

**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA MÁQUINA
INVERSORA DE CILINDROS DE GNV TIPO 1**

NELSON ENRIQUE HERNANDEZ CELY

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2008

***DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA MÁQUINA
INVERSORA DE CILINDROS DE GNV TIPO 1***

NELSON ENRIQUE HERNANDEZ CELY

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

Director

RICARDO JAIMES

Ingeniero Mecánico

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA, SEPTIEMBRE DE 2008**

AGRADECIMIENTOS

A Ricardo Jaimes, ingeniero mecánico, director del proyecto, por su respaldo, confianza y colaboración oportuna.

A Leonardo Payares, ex compañero de proyecto y amigo, por su apoyo y colaboración en la elaboración y desarrollo del plan de proyecto.

A mis padres y hermanos por sus invaluable esfuerzos que a lo largo de mi vida me han significado su amor y comprensión y por los que he logrado esta etapa en mi formación profesional.

A mi amada Paola Andrea por su amor, ternura y su constante ánimo para alcanzar esta meta.

A todos mis amigos, por estar dispuestos a servir cuando más se necesitan.

Nelson Enrique Hernández Cely

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	4
GAS NATURAL	4
CILINDROS PARA ALMACENAMIENTO DE GNCV	8
CILINDROS PARA GNCV TIPO – 1	10
LABORATORIO DE PRUEBAS HIDROSTATICAS	13
JUSTIFICACIÓN	17
OBJETIVOS	32
OBJETIVOS GENERALES	32
OBJERIVOS ESPECÍFICOS	32
1. GENERALIDADES Y DESCRIPCIÓN DE LA MAQUINA	34
1.1. GENERALIDADES	34
1.2. DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA	35
1.2.1. Canastilla	35
1.2.2. Correa de ajuste de cilindro	37
1.2.3 Bandeja de soporte cilindro	38
1.2.4 Eje	39
1.2.5 Chasis	40
1.2.6. Sistema de potencia	41
1.2.7. Sistema de control	43
2. DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA DE LA MAQUINA	47
2.1. PARÁMETROS DE DISEÑO	47
2.1.1 Velocidad de balanceo para el lavado	47

2.1.2	Tiempo de lavado	47
2.2.	DISEÑO DE LOS COMPONENTES MECÁNICOS	48
2.2.1.	Análisis cinemático	49
2.2.2.	Análisis dinámico	53
2.2.2.1	Cargas en el chasis	54
2.2.2.2	Cargas en el eje	55
2.2.2.3.	Cargas en la canastilla	56
2.2.2.4.	Cargas en los pasadores del actuador hidráulico	57
2.2.2.5.	Bandeja de soporte de la canastilla	59
2.2.3.	Análisis estructural	60
2.2.3.1.	Análisis de esfuerzos de la Canastilla	61
2.2.3.2.	Análisis de esfuerzos en el Eje	62
2.2.3.3.	Análisis de esfuerzos de pasadores del actuador hidráulico	63
2.2.3.4.	Análisis de esfuerzos en el chasis	65
2.2.3.5.	Bandeja de soporte de la canastilla	66
3.	DISEÑO DEL SISTEMA HIDRÁULICO	69
3.1	Cálculo del desplazamiento de la bomba	71
3.2	Potencia del motor eléctrico	72
4.	DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL	75
4.1.	Circuito mando de potencia	75
4.2.	Circuito mando de válvula direccional	77
4.2.1.	Circuito de mando de modo manual	77
4.2.2.	Circuito de mando Modo automático	79
5.	MANUAL DE OPERACIÓN DE LA MAQUINA	82
6.	PRUEBAS PROTOTIPO DE LA MÁQUINA	92
7.	MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LA MAQUINA	95
8.	CONCLUSIONES	101
9.	RECOMENDACIONES	102
	BIBLIOGRAFÍA	103
	ANEXOS	105

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Reservas probadas de Gas Natural en el mundo.	1
Figura 2. Evolución de vehículos convertidos a GNV en Colombia	2
Figura 3. Cadena del gas natural	5
Figura 4. Etapas del gas natural comprimido	6
Figura 5. Esquema de las etapas del sistema de GNCV y domiciliario.	7
Figura 6. Procedimiento seguido para realizar una prueba hidrostática	15
Figura 7. Secuencia del procedimiento manual.	17
Figura 8. Diseño de la máquina con rotación de 360 grados y motor hidráulico	19
Figura 9. Curva de consumo de potencia para la rotación de 360 grados en la alternativa 1	20
Figura 10. Curva de consumo de potencia para la inversión de 180 grados en la alternativa 1	21
Figura 11. Curva de consumo de potencia para la rotación 360 grados, alternativa 1	22
Figura 12. Máquina de inversión del cilindro con rotación de 360 grados impulsada por motor eléctrico con servofreno y reductor	23
Figura 13. Máquina inversora de cilindros, con actuador hidráulico	24
Figura 14. Posiciones de carga, descarga y lavado de la alternativa 3	25
Figura 15. Curva del consumo de potencia para la inversión de 120 grados en la alternativa 3	26
Figura 16. Curva del consumo de potencia para el balanceo de 70 grados en la etapa de lavado para la alternativa 3	26
Figura 17. Máquina inversora de cilindros de GNV	34
Figura 18. Canastilla	36

Figura 19. Correa de ajuste del cilindro a la canastilla	38
Figura 20. Bandeja de soporte del cilindro	38
Figura 21. Eje	39
Figura 22. Chasis	40
Figura 23. Detalles del grupo del sistema de potencia	42
Figura 24. Módulo del Sistema de control	44
Figura 25. Panel de control	45
Figura 26. Secuencia de movimiento posición descarga aposición de carga	49
Figura 27. Gráfica de Velocidad del vástago del actuador vs. tiempo	50
Figura 28. Gráfica de la carrera del actuador vs. Tiempo	51
Figura 29. Gráfica de Aceleración del vástago del actuador	52
Figura 30. Gráfica del Ángulo recorrido por la canastilla	52
Figura 31. Gráfica de la fuerza suministrada por el actuador a lo largo de la secuencia carga – descarga	54
Figura 32. Gráfica de las Cargas aplicadas al chasis	55
Figura 33. Gráfica de las cargas aplicadas al eje	56
Figura 34. Gráfica de las cargas aplicadas a la canastilla	57
Figura 35. Gráfica de las cargas aplicadas al pasador que articula el vástago del actuador hidráulico con la canastilla	58
Figura 36. Gráfica de cargas aplicadas al pasador que articula el chasis con el actuador hidráulico	59
Figura 37. Fuerzas y reacciones en la bandeja de la canastilla	60
Figura 38. Esfuerzos en la canastilla	61
Figura 39. Esfuerzos en el eje	62
Figura 40. Esfuerzos en el pasador que articula el vástago del actuador hidráulico con la canastilla	64
Figura 41. Esfuerzos en el pasador que articula el chasis con el actuador hidráulico	64
Figura 42. Esfuerzos en el chasis	65

Figura 43. Modificaciones hechas al chasis	66
Figura 44. Esfuerzos en la bandeja de soporte de la canastilla	67
Figura 45. Gráfica del circuito hidráulico	69
Figura 46. Especificaciones de la bomba seleccionada	74
Figura 47. Esquema de conexión circuito mando de potencia y mando de maniobra para motor eléctrico	76
Figura 48. Esquema de conexión mando manual	78
Figura 49. Esquema de conexión mando automático	80
Figura 50. Vista general de la máquina Inversora	82
Figura 51. Detalle del ajuste del cilindro a la canastilla de la Inversora	85
Figura 52. Panel de control de la máquina inversora	86
Figura 53. Detalle del temporizador asociado al circuito automático	88
Figura 54. Detalle de la posición de descarga del cilindro en la Inversora	89
Figura 55. Detalle 1, de los temporizadores del circuito de control automático. Detalle 2, del totalizador	90
Figura 56. Fotos de la realización de pruebas prototipo	94
Figura 57. Punto de lubricación de rodamientos	97

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Cilindros para GNV suministrados por Cilbras S.A.	12
Tabla 2. Costos de fabricación de la Estructura	28
Tabla 3. Costos de los accesorios de la estructura	29
Tabla 4. Costo de fabricación del módulo del sistema de control	29
Tabla 5. Partes y accesorios del sistema de control	30
Tabla 6. Partes y accesorios del sistema de potencia	31
Tabla 7. Costo total invertido en el proyecto	31
Tabla 8. Lista de partes de la inversora de cilindros	35
Tabla 9. Lista de partes de la canastilla	37
Tabla 10. Lista de partes del eje	40
Tabla 11. Lista de partes del chasis	41
Tabla 12. Lista de partes del sistema de potencia	42
Tabla 13. Lista de partes del módulo del sistema de control	44
Tabla 14. Lista de partes del panel de control	46
Tabla 15. Pruebas de prototipo de la máquina inversora de cilindros	93

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Hoja de especificaciones de material	106
Anexo B. Hoja de datos de la correa de ajuste de cilindros	107
Anexo C. Hoja de datos de la Bomba de paletas	108
Anexo D. Hoja de datos del motor eléctrico	109
Anexo E. Hojas de datos de controles eléctricos	110
Anexo F. Hoja de datos de la manguera Tipo SAE 100 R2	114
Anexo G. Hoja de datos de Rodamientos	115
Anexo F. Plano del circuito eléctrico	116
Anexo H. Planos de la máquina	117

LISTA DE PLANOS

No.	NOMBRE	REFERENCIA
1	INVERSORA DE CILINDROS GNV	0-00-00-00
2	CANASTILLA	0-02-00-00
3	DIMENSIONES CANASTILLA	0-02-01-00
4	OREJA CONEX. ACTUADOR Y TAPA	
	CONTACTO CILINDRO	0-02-02-00
5	COLUMNA CANASTILLA	0-02-03-00
6	TAPAS SUPERIOR, INFERIOR Y	
	POSTERIOR COSTILLA	0-02-04-00
7	OREJA DE SUJECIÓN CORREA	0-02-05-00
8	BANDEJA SOPORTE DE CILINDROS	0-03-00-00
9	DIMENSIONES BANDEJA SOPORTE DE	
	CILINDROS	0-03-01-00
10	PLATÔ DE APOYO DE CILINDROS	0-03-02-00
11	PLACA POSTERIOR	0-03-03-00
12	SOPORTE DOBLADO	0-03-04-00
13	EJE	0-04-00-00
14	DIMENSIONES EJE	0-04-01-00
15	BARRA EJE	0-04-02-00
16	CORTE LATERAL	0-04-03-00
17	CORTE FRONTAL	0-04-04-00
18	CHASIS	0-05-00-00
19	DIMENSIONES CHASIS	0-05-01-00
20	BASE LATERAL	0-05-02-00

21	CARTELA BASE Y PLACA DE APOYO RODAMIENTOS	0-05-03-00
22	PERFIL BASE ACTUADOR	0-05-04-00
23	COLUMNA Y PESTAÑA DE CONEX. ACTUADOR BASE TRANSVERSAL Y CARTELA BASE	0-05-05-00
24	RODAMIENTO	0-05-06-00
25	SISTEMA DE CONTROL	0-06-00-00
26	ESTRUCTURA BASE	0-06-01-00
27	GAVETA SIST DE CONTROL	0-06-02-00
28	TAPA GAVETA SIST DE CONTROL	0-06-03-00
29	LEVA DE ACCIONAMIENTO FINAL DE CARRERA	0-06-04-00
30	SISTEMA DE POTENCIA	0-07-00-00
31	DIMENSIONES SISTEMA DE POTENCIA	0-07-01-00
32	ACTUADOR HIDRÁULICO	0-07-02-00
33	DIMENSIONES ACTUADOR HIDRÁULICO	0-07-03-00
34	PASADORES ACTUADOR HIDRÁULICO	0-07-04-00

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA MAQUINA INVERSORA DE CILINDROS DE GNV, TIPO 1*

AUTOR: Nelson Enrique Hernández Cely **

PALABRAS CLAVES: Diseño, inversora, GNV, Laboratorio.

CONTENIDO:

Este proyecto se desarrolla buscando un significativo mejoramiento en los niveles de salud y seguridad ocupacional de los operarios de un laboratorio de pruebas hidrostáticas, así como también en el deseo de incrementar la productividad del mismo y por lo tanto, ofrecer un mayor beneficio económico para la empresa dedicada este negocio.

El diseño de la máquina construida fue realizado usando el software especializado Cosmosmotion y Cosmosworks del programa Solidworks. Con este software se realizó el análisis dinámico y estructural de las partes que componen la máquina.

Con la construcción de esta máquina se ha logrado facilitar, mejorar y optimizar el proceso relacionado con el lavado de los cilindros de GNV tipo 1, que se preparan para la realización de la prueba hidrostática. Proceso, al que deben someterse dichos cilindros cada 5 años de servicio en el laboratorio especializado de pruebas hidrostáticas de cilindros de GNV tipo1. Y que en una segunda instancia, luego de la realización de la prueba, se deben invertir para generar la descarga por gravedad del líquido contenido dentro de los mismos. Las pruebas hidrostáticas a las que deben ser sometidos los cilindros usados para el servicio de GNV en Colombia, están reglamentadas por la Ley en la Resolución 8 0928 de 1996 del Ministerio de Minas y Energía.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Director de Proyecto Ing. Ricardo Jaimes.

SUMMARY

TITLE: DESIGN AND MANUFACTURE OF MACHINERY INVESTORS CYLINDER GNV'S TYPE 1*

AUTHORS: Nelson Enrique Hernández Cely**

KEY WORDS: Design, investment, GNV, Laboratory.

DESCRIPTION:

This project develops looking for a significant improvement in the levels of health and occupational safety of the workmen of a laboratory of hydrostatic tests, as well as also in the desire to increase the productivity of the same one and therefore, to offer a major economic benefit for the dedicated company this business.

The design of the constructed machine was realized using the specializing software Cosmosmotion and Cosmosworks of the program Solidworks. With this software it was realized the dynamic and structural analysis of the parts that compose the machine.

With the construction of this machine it has been achieved to facilitate, improved and to optimize the process related to the wash of GNV's cylinders type 1, which is prepared for the accomplishment of the hydrostatic test. Proofs, to that they must submit the above mentioned cylinders every 5 years of service in the specializing laboratory of hydrostatic tests of GNV's cylinders tipo1. And that in the second instance, after the accomplishment of the test, must be invested to generate the unload for gravity of the liquid contained inside the same ones. The hydrostatic tests(proofs) to which they must be submitted the cylinders used for GNV's service in Colombia, are regulated by the Law in the Resolution 8 0928 of 1996 of the Ministry of Mines and Energy.

* Degree Work.

** Physical-Mechanical Engineering Faculty, Mechanical Engineering School, Project Director Eng. Ricardo Jaimes.

INTRODUCCIÓN

En la última década, las tecnologías que fomentan el uso del gas natural como combustible para la industria, el consumo doméstico y los vehículos automotores han crecido de forma exponencial en todo el mundo, y esto se debe principalmente a las ventajas que posee este hidrocarburo entre las cuales sobresalen: su bajo índice de contaminación atmosférica, la abundancia de este recurso natural en todos los continentes (ver figura 1), el menor costo de producción y transporte frente al alto precio y escasez del petróleo y las exigencias del protocolo de Kyoto, entre otras.¹

Colombia ha sido uno de los países más afortunados del continente en la masificación del uso de este recurso no renovable. Esto gracias a los sustanciales hallazgos de reservas de gas natural, que permitieron su explotación desde la segunda mitad del siglo XX, y cuya producción se estima podrá ser sostenida durante la próxima década, ya sea con el descubrimiento de nuevos grandes pozos gasíferos, o bien con el aporte generoso de los países vecinos como Venezuela, Brasil y Bolivia.²

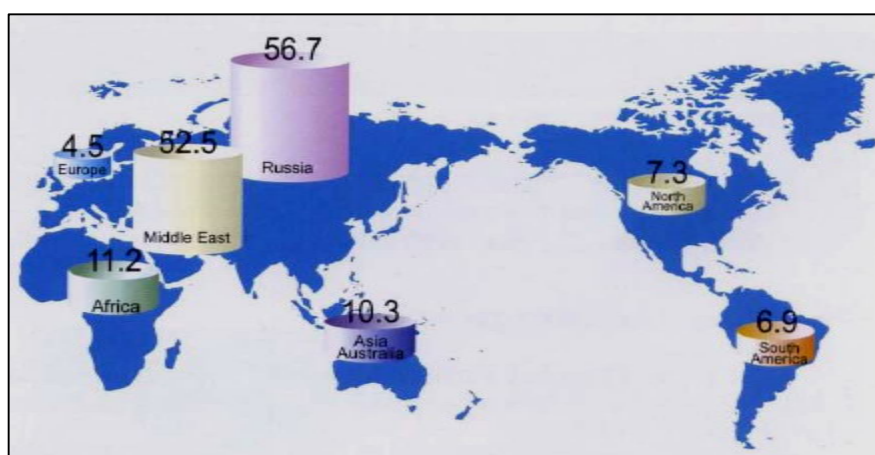


Figura 1. Reservas probadas de Gas Natural en el mundo. (x100 BPCs) ⁽¹⁾

¹ Fuente: NEVICO, Natural Energy Vehicle Infrastructure. John Lee. GNV Colombia 2007. ORVISA

² Fuente: Hernán Martínez. Ministerio de Minas y Energía. GNV Colombia 2007. ORVISA

Ahora bien, es necesario hacer una mención especial sobre el crecimiento impetuoso del negocio del gas natural vehicular, que sigue ganando terreno en la canasta energética nacional, como resultado de las políticas de sustitución de combustibles derivados del petróleo, en el país. El 2006 mostró un balance muy positivo para el mercado del GNV en el país. Se lograron convertir 73.202 nuevos vehículos a Gas Natural Vehicular. Estos resultados representan un crecimiento entre 2005 y 2006 del 69%. Durante el 2007 se convirtieron 65.939 nuevos vehículos (ver Figura 2, escala lado derecho)³. Para el 2008 se espera contar en el país con 372 estaciones de servicio (ver Figura 2, escala lado izquierdo), 285 talleres de conversión y más de 300.000 vehículos convertidos a GNV; los cuales consumen un promedio de 32 millones de pies cúbicos día de gas natural que constituyen una sustitución en consumo de gasolina de aproximadamente 6500 barriles día, que representa un 10% del consumo de este combustible líquido.⁴

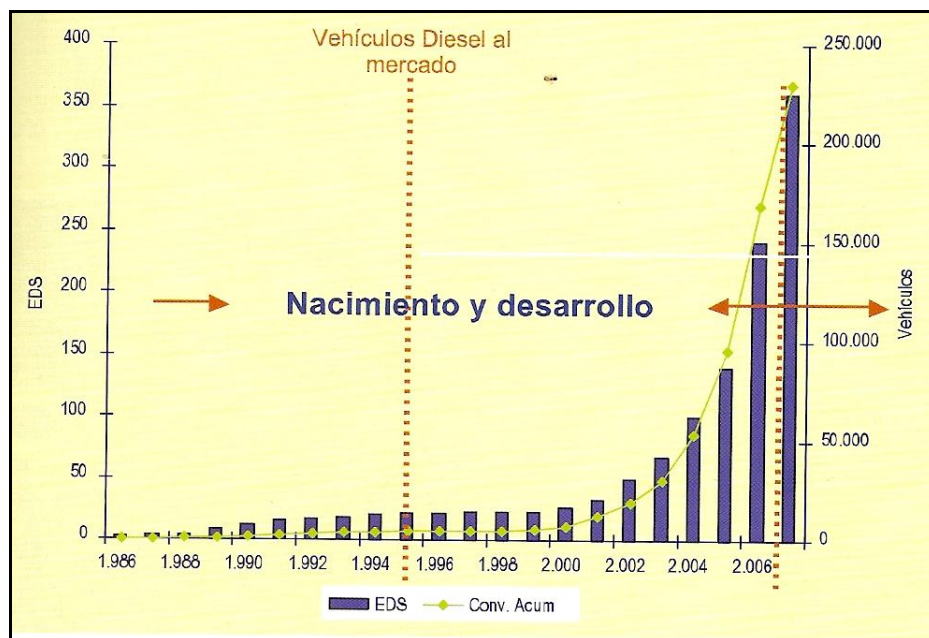


Figura 2. Evolución de vehículos convertidos a GNV en Colombia.

³ Fuente: Hernán Martínez. Ministerio de Minas y Energía. GNV Colombia 2007. ORVISA

⁴ Fuente: Periódico GNV. Edición 7. Grupo Comunicar. Bogotá. 2008

Siendo así, las expectativas para la industria y los usuarios particulares del sector de GNV son muy alentadoras. Particularmente en el área metropolitana de Bucaramanga ya se cuenta con 14 Estaciones de Servicio de GNV, 12 talleres de conversión y mantenimiento de GNV y más de 12.000 vehículos convertidos entre el año 2001 fecha en la que inició el programa de masificación de GNV en la Ciudad y hasta el presente. Pensando en ello y con una visión global de las necesidades del mantenimiento del negocio en el corto, mediano y largo plazo, se desarrolla este proyecto, que surge con el deseo de aportar soluciones prácticas y efectivas que faciliten y mejoren las tareas relacionadas con el ciclo de pruebas de verificación y validación de vida útil de los cilindros de GNV usados en vehículos automotores. Revisiones periódicas a las que tienen que ser sometidos todos los cilindros de GNV tipo 1 cada cinco años de servicio o cada dos años de almacenamiento contados desde la fecha de fabricación de los mismos. Estas revisiones incluyen una prueba hidrostática que debe realizarse únicamente en los laboratorios de pruebas hidrostáticas de cilindros acreditados por la Superintendencia de Industria y Comercio⁵. Los cilindros de GNC acumulan impurezas como aceites, agua y oxido durante su tiempo de servicio, por ello deben ser lavados antes de la realización de la prueba hidrostática, así mismo deben ser descargados completamente una vez realizada la misma.

Este proyecto se desarrolla buscando un significativo mejoramiento en los niveles de salud y seguridad ocupacional de los operarios de un laboratorio de pruebas hidrostáticas, así como también en el deseo de incrementar la productividad del mismo y por lo tanto, ofrecer un mayor beneficio económico para la empresa dedicada este negocio.

⁵ Fuente: ARTICULO 88. RESOLUCIÓN 8 0582 DE 1996 DEL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA.

ANTECEDENTES

GAS NATURAL

El gas natural es una mezcla gaseosa en condiciones normales de presión y temperatura. No tiene olor ni color, y por lo general se encuentra en forma natural mezclado con otros hidrocarburos fósiles. Al momento de su extracción, el gas natural contiene impurezas como agua, ácido sulfhídrico, dióxido de carbono y nitrógeno que tienen que ser removidas antes de su transporte y comercialización. Típicamente el gas natural comercial está compuesto en un 95% o más de metano y el 5% restante de una mezcla de etano, propano y otros componentes más pesados. Es más liviano que el aire, por lo que su uso como combustible en un ambiente controlado es muy seguro para aplicaciones industriales y domiciliarias. Por encontrarse en estado gaseoso se mezcla muy fácilmente con el aire, permitiendo una quema completa de la mezcla; además por su bajo contenido de carbono es el combustible menos contaminante que existe, es decir es un combustible ecológico.⁶

Etapas del proceso de producción

Para llevar el gas natural desde los campos de producción hasta los usuarios finales, es necesario recorrer diferentes etapas (Ver Figura 3):

- ✓ La exploración y producción: donde se busca, se extrae y se procesa el gas natural.

⁶ Fuente: Comisión de regulación de energía y gas, CREG. Estudio de transporte de gas. Bogotá, 2001

- ✓ El transporte: para llevar el gas natural desde los campos de producción hasta los centros de consumo se pueden utilizar gasoductos de alta presión, o se puede licuar o comprimir el gas y transportarlo en tanques.
- ✓ La distribución: una vez se dispone del gas en las poblaciones, mediante redes subterráneas de distribución para su utilización.

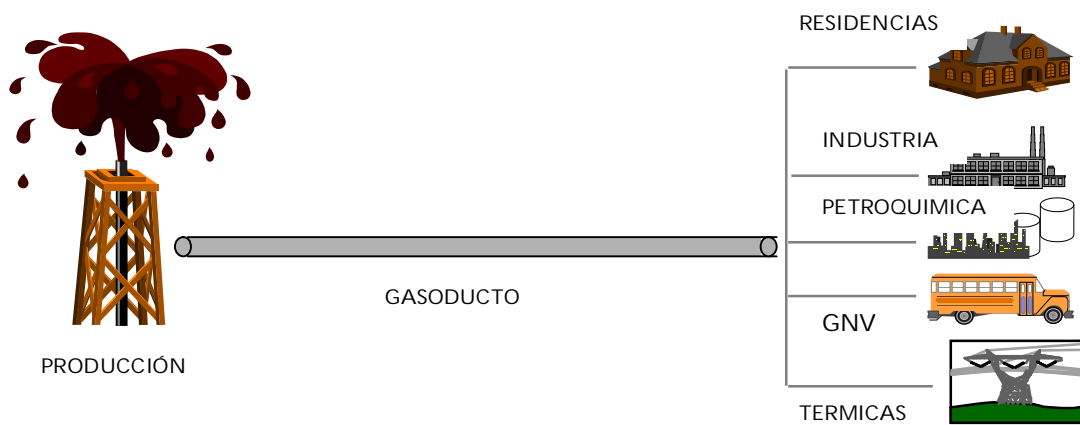


Figura 3. Cadena del gas natural

El transporte del gas se hace normalmente mediante gasoductos de alta presión. Sin embargo, hay ocasiones donde el gasoducto no es aplicable, bien sea porque la distancia es muy grande o porque los volúmenes son pequeños y no justifican económicamente la construcción del gasoducto, entonces se utilizan otros sistemas de transporte como el gas natural licuado (GNL) o el gas natural comprimido (GNC).

Gas Natural Comprimido

Al aumentar la presión del gas natural, manteniéndolo aún como gas, también se aumenta su densidad energética y, por tanto, se disminuyen los costos unitarios de transporte.

Para el proceso de transporte de GNCV también se requieren tres etapas, como se ilustra en la Figura 4:

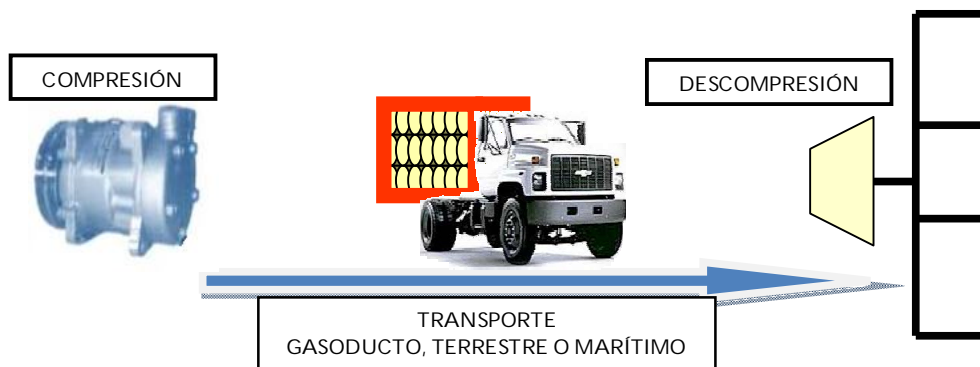


Figura 4. Etapas del gas natural comprimido

- ✓ La compresión: se toma el gas del campo de producción, del gasoducto o de las redes de distribución y mediante compresores se aumenta sustancialmente la presión del gas.
- ✓ El transporte: el gas presionado se almacena en tanques y se transporta a su destino, llevándolos sobre vehículos bien sea por tierra o por agua. En los trayectos económicamente viables, son usados los gasoductos.
- ✓ La descompresión: utilizando válvulas para expandir el gas se reduce la presión y se entrega a las redes de distribución o a usuarios finales.

El sistema de transporte con gas natural comprimido se ha usado para evitar la construcción de gasoductos en diferentes aplicaciones: cuando se ha encontrado gas en un campo y es necesario hacer pruebas de producción extensivas o el campo no es muy grande y, bien sea por la cantidad de gas o por el tiempo de producción, no es rentable la construcción del gasoducto. Cuando hay poblaciones retiradas de los gasoductos y la demanda de gas no justifica económicamente la construcción del gasoducto, se puede utilizar el sistema de gas natural comprimido.

Gas Natural Comprimido para uso Vehicular

El gas natural comprimido vehicular, GNCV, es el mismo Gas Natural que utilizamos en nuestras casas, el mismo que utilizan las termoeléctricas y la industria en general, solo que el GNCV, es comprimido a 3.000 PSI para almacenar una mayor cantidad de masa de combustible y por tanto de energía en los cilindros dispuestos para tal fin, para así brindar una autonomía adecuada al vehículo que se moviliza con este combustible. Esta compresión de gas a altas presiones se realiza en estaciones de compresión de gas natural vehicular y generalmente es compartida para el llenado de los módulos de transporte de gas natural comprimido en las horas de más baja demanda de consumo en vehículos. En este caso el gas tomado del pozo y tratado es comprimido y transportado por gasoductos, al llegar a una Estación de suministro de GNV, es nuevamente comprimido por etapas hasta alcanzar la presión de despacho a los vehículos usuarios.

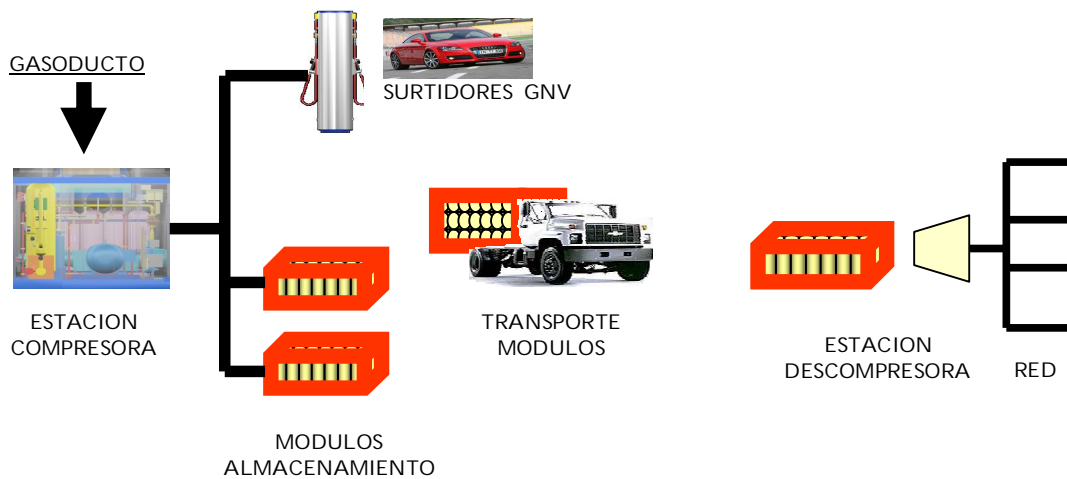


Figura 5. Esquema de las etapas del sistema de GNCV y domiciliario.

CILINDROS PARA ALMACENAMIENTO DE GNCV.

Los cilindros de alta presión para almacenamiento de gas natural utilizado como combustible para vehículos automotores son fabricados en acero sin costura con un espesor de pared de 6 a 9mm, resisten una presión de trabajo de 3.000 PSI. La longitud, diámetro y peso varían según sea la capacidad de almacenamiento por cilindro. Comercialmente sus capacidades pueden variar entre 33 y 120 litros de agua. Son protegidos contra la corrosión. Son fijados al vehículo por medio de herrajes que evitan el desplazamiento, rotación y el contacto directo entre metales y por ende un posible desgaste por fricción; adicionalmente se coloca una banda de caucho entre el herraje y el cilindro, con el fin de evitar todo tipo de desgaste por fricción o rozamiento.

Normatividad técnica para cilindros de GNCV

La norma técnica Colombiana NTC 3847⁷, define y establece todos los temas relacionados con los cilindros de alta presión para almacenamiento de gas natural utilizado como combustible para vehículos automotores. Esta norma emitida por el ICONTEC es una adopción idéntica por traducción de la norma internacional ISO 11439 que reglamenta a nivel mundial lo concerniente al tema.

Los cilindros fabricados para uso de GNCV deben cumplir con los siguientes requisitos generales:

- ✓ Los cilindros construidos bajo esta norma tendrán una vida por fatiga superior a la vida de servicio especificada.
- ✓ Cuando un cilindro falle por fatiga en presión de ciclado, presentará fuga pero no ruptura.

⁷ Norma Técnica Colombiana NTC 3847. Cilindros de alta presión para almacenamiento de gas natural utilizado como combustible para vehículos automotores. ICONTEC.2002.Bogotá.

- ✓ Los valores de esfuerzo a presión de estallido por sobre presión de trabajo excederán los valores especificados.

Deben estar diseñados para resistir la exposición eventual a los siguientes factores:

- ✓ Agua, por inmersión intermitente o salpicadura de la carretera.
- ✓ Sal, cuando el vehículo se encuentra cerca al mar.
- ✓ Radiación ultravioleta de la luz solar.
- ✓ Impacto de la gravilla.
- ✓ Solventes, ácidos, álcalis y fertilizantes.
- ✓ Líquidos para automotores, líquidos hidráulicos, ácido de batería, glicol, aceites y gasolina.
- ✓ Gases del tubo de escape.

Clasificación de cilindros para GNV según NTC 3847

Los cilindros se designan según los materiales de fabricación de los mismos, conforme a lo establecido por la NTC 3847, así:

- ✓ Cilindros para GNCV TIPO - 1; cilindros metálicos, de acero sin costura.
- ✓ Cilindros para GNCV TIPO - 2; cilindros con recubrimiento circunferencial de resinas, con cilindro interno metálico sin costura.
- ✓ Cilindros para GNCV TIPO - 3; cilindros con recubrimiento total de resinas, con cilindro interno metálico sin costura.
- ✓ Cilindros para GNCV TIPO - 4; cilindros con recubrimiento total de resinas, con cilindro interno no metálico, generalmente de fibras de carbono.

CILINDROS PARA GNCV TIPO - 1

Composición química:

Los Cilindros metálicos para GNV tipo 1, son construidos según la norma, con acero calmado al aluminio y/o silicio. Su composición química presenta contenido de carbón, manganeso, aluminio y silicio; a demás se usan diversas aleaciones que agregan cromo, níquel, molibdeno, boro, vanadio, y en algunos casos presentar niveles normales de azufre y fósforo.

Métodos de protección:

Existen diversos métodos utilizados para la protección de los cilindros metálicos tipo 1:

- ✓ Acabado superficial mediante metal rociado sobre el aluminio, anodizado.
- ✓ Recubrimiento protector, como pintura o revestimiento orgánico o que cumpla con los referentes de la norma
- ✓ Cubierta impermeable a químicos establecidos en la norma.

El revestimiento aplicado debe facilitar la inspección posterior en servicio del cilindro. El fabricante debe suministrar pautas sobre el tratamiento del revestimiento para asegurar la continua integridad del cilindro.

Métodos de ensayo para servicio:

Los ensayos de materiales a los que son sometidos los lotes antes de salir a servicio son:

- ✓ Resistencia a la tracción
- ✓ Impacto
- ✓ Resistencia al agrietamiento por esfuerzos de sulfuro
- ✓ Corrosión
- ✓ Resistencia al agrietamiento por carga sostenida

- ✓ Ensayo de rotura por presión hidrostática
- ✓ Presión de rotura > presión mínima de rotura
- ✓ Ensayo de ciclos de presión a temperatura ambiente, mínimo 45000 ciclos
- ✓ Ensayo LBB, fuga antes de rotura.
- ✓ Ensayo de fuego.
- ✓ Ensayo de penetración.

Marcación:

La norma NTC 3847 (ISO 11439) establece un método claro y concreto de realizar la marcación de los cilindros de GNV:

- ✓ Las marcas deben ser claras y permanentes en cada cilindro, de no menos de 6mm de alto.
- ✓ Se deben hacer por medio de etiquetas incorporadas en las capas de resina, etiquetas pegadas con adhesivo, sellos de bajo esfuerzo utilizados en los extremos engrosados de los diseños GNCV-1 y GNCV-2.

La norma establece que deben ser marcados con la siguiente leyenda:

- ✓ “solo GNCV”
- ✓ “NO USAR DESPUES DE XX/XXXX”
- ✓ Identificación del fabricante
- ✓ Identificación del cilindro (número de serie exclusivo para cada uno)
- ✓ Presión de trabajo a temperatura
- ✓ “NTC 3847:2002 (ISO 11439:2000)”
- ✓ SOLO PARA EL USO APROBADO POR EL FABRICANTE – “PRD APROBADO”
- ✓ Clase de cilindro y el número del certificado de registro
- ✓ Fecha de fabricación (mes / año)

- ✓ Cualquier marca adicional exigida por el inspector de la empresa certificadora.

Adicionalmente se debe rociar un inhibidor de corrosión, por ejemplo con contenido de aceite, a los cilindros tipo 1 y a los cilindros tipo 2, antes de despacharlos.

Referencias de los cilindros utilizados comercialmente para almacenamiento de GNV

Tabla 1. Cilindros para GNV suministrados por Cilbras S.A.⁸

REFERENCIA	Capacidad Hidráulica (Lts)	Diámetro Ext. (mm)	Altura (mm)	Peso (Kg)	Volumen (m³ a 3000 PSI)
47.340.200	47	340	718	55.40	11.40
55.340.200	55	340	823	62.40	13.40
59.340.200	59	340	868	65.00	14.30
65.340.200	65	340	948	70.30	15.80
68.340.200	68	340	988	72.30	16.50
74.340.200	74	340	1063	77.30	18.00
80.340.200	80	340	1133	83.80	14.40
90.340.200	90	340	1258	89.50	21.90
100.340.200	100	340	1380	98.00	24.30
107.340.200	107	340	1478	103.70	26.00
120.340.200	120	340	1638	113.80	29.20

⁸ Fuente: www.cilbras.com.br

Válvulas para cilindros de GNCV

Son válvulas manuales que se encuentran normalmente abiertas y que permiten la entrada y la salida de gas de los cilindros; puede ser de bola o cierre rápido de ¼ de vuelta tipo compuerta o cierre a varias vueltas; en ambos casos se abre en sentido anti horario, a la izquierda y cierran en sentido horario es decir a la derecha.

Poseen un sistema de seguridad por exceso de flujo, en caso de un escape grande, se cierran o bloquean automáticamente evitando que siga fugando gas y solo podrán ser puestas en estado normal en los talleres autorizados. Otros de los sistemas de seguridad con que vienen provistas son disco de ruptura por sobre presión y disco de ruptura por sobre temperatura.

En los vehículos cuyos cilindros estén ubicados dentro del baúl o habitáculo de pasajeros, se pueden utilizar válvulas con sistemas de auto contenedor.

LABORATORIO DE PRUEBAS HIDROSTATICAS PARA CILINDROS DE GNCV TIPO 1.

Generalidades

La prueba hidrostática para cilindros de almacenamiento de gas natural comprimido se requiere para cilindros nuevos así como para recalificación de cilindros usados. La ley colombiana exige que a todos los cilindros usados para almacenamiento de GNV estar certificados por las reglamentaciones establecidas en su país de origen y así mismo cumplir con los lineamientos de la Resolución 8 0582 del 8 de abril de 1996 del Ministerio de Minas y Energía, “Por la cual se reglamenta el almacenamiento, manejo y distribución del gas natural comprimido, para uso en vehículos automotores, la conversión de los mismos y se delegan otras funciones”. Específicamente en los artículos 87 y 88 de la mencionada resolución se dictan las disposiciones

que deben cumplir los cilindros en cuanto a presión de operación y revisiones periódicas a las que deben ser sometidos, los cuales rezan de la siguiente forma:

Artículo 87. Los cilindros para Gas Natural Comprimido GNC que se fabriquen en el país o que se importen para ser instalados en los vehículos como parte del equipo de conversión, deben operar a una presión normal de trabajo de 200 bar (3000 pis) a $21^{\circ} + 1^{\circ} \text{C}$

Artículo 88. A todos los cilindros de GNC instalados se les deberá realizar una revisión periódica anual a partir de la fecha de instalación en el vehículo, y una obligatoria cada cinco (5) años, siendo la primera a partir de los cinco años de la fecha de fabricación del cilindro, con el fin de verificar el cumplimiento de los requisitos técnicos mínimos para su seguro y adecuado funcionamiento, de tal manera que puedan ser puestos nuevamente en servicio.

Parágrafo 1. Para dar cumplimiento a lo establecido en el presente artículo, los talleres de conversión deberán desmontar el o los cilindros instalados en el vehículo en cualquiera de los siguientes casos:

- a. Por cumplimiento del periodo de cinco (5) años definido en el artículo.
- b. Cuando durante la revisión anual se detecten signos de corrosión, abolladuras, picaduras, fisuras, daños por fuego o calor.....)

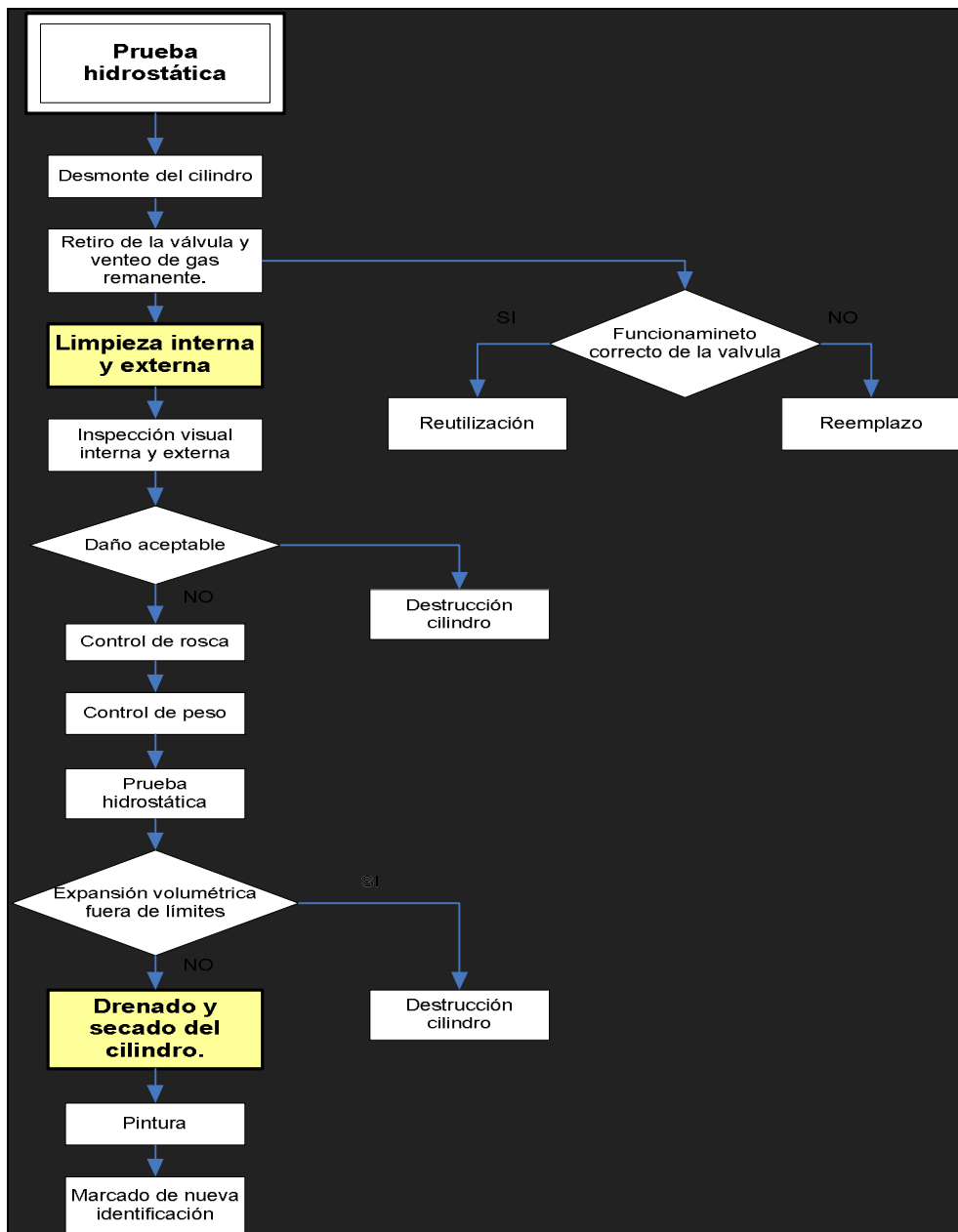
Parágrafo 2. Una vez definida la necesidad de desmonte de los cilindros, estos serán enviados a un establecimiento que efectúe las siguientes pruebas...

Procedimiento seguido para realizar una prueba hidrostática

En la figura 6, se aprecia el diagrama de flujo utilizado por un Laboratorio de realización de pruebas hidrostáticas que cumple con los lineamientos del

parágrafo 2 del artículo 88 de la resolución 8 0582 de 1996 del Ministerio de Minas y Energía.

Figura 6. Procedimiento seguido para realizar una prueba hidrostática. (En amarillo se aprecia las etapas del proceso en donde se usa la máquina)



Métodos para la realización de la prueba hidrostática

Para la realización de la prueba hidrostática los métodos referenciados por la NTC 3847 son:

- ✓ El método de camisa de agua; aplicable a toda prueba cuando se requiera determinar la expansión volumétrica.
- ✓ El método de expansión directa; también aplicable a pruebas que requieran determinar la expansión volumétrica, sin embargo, tiene en la práctica limitaciones en su uso.

El método de presión de prueba; es permitido donde las regulaciones no requieren la determinación de la expansión total y la permanente.

La ley Colombiana actualmente exige que todos los cilindros de GNCV Tipo - 1, que son importados, cumplan con la certificación en su país de origen con la norma ISO 11439, que exige para las pruebas hidrostáticas el método de camisa de agua, entre otras pruebas para la certificación de su uso. Esta misma reglamentación aplica a la re prueba que deben presentar los cilindros cada 5 años de servicio, tomados desde la fecha de fabricación o si han estado sin uso, correctamente almacenados en bodegas por un periodo igual o superior a dos años. Dichos laboratorios de pruebas hidrostáticas deben acreditarse ante la Superintendencia de Industria y Comercio como organismos de inspección y cumplir los lineamientos y requisitos de la Norma Técnica Colombiana NTC-ISO-IEC 17025⁹, que especifica los requisitos generales de competencia de laboratorios de ensayos y calibración.

⁹ Norma Técnica Colombiana NTC-ISO-IEC 17025: Requisitos generales de competencia de laboratorios de ensayo y calibración. ICONTEC. 2001. Bogotá.

JUSTIFICACIÓN

Con la construcción de esta máquina se ha querido facilitar, mejorar y optimizar el proceso relacionado con el lavado de los cilindros de GNV, tipo 1, que se prepara para el proceso de prueba hidrostática, e inversión del cilindro para descarga final de los mismos una vez se a concluido dicha prueba en el laboratorio especializado de pruebas hidrostáticas de cilindros. Procedimientos que hasta el presente se han realizado en forma manual.



Figura 7. Secuencia del procedimiento manual

Por ello se espera elevar los niveles de salud y seguridad ocupacional de los operarios involucrados en estas tareas; así como disminuir los tiempos de operación en cada etapa, mejorando de esta forma la productividad en cada etapa del proceso en el que se use esta máquina, y por lo tanto ofrecer un mayor beneficio económico para la empresa dedicada este negocio.

Para definir la mejor opción para la construcción de la máquina se han tenido en cuenta tres factores fundamentales de diseño:

- ✓ Dinámicos
- ✓ Estructurales
- ✓ Económicos

Con los cuales se han analizando tres posibles alternativas de diseño:

- Un primer diseño para una máquina capaz de rotar el cilindro 360 grados e impulsada con fuerza motriz electro hidráulica.
- Un segundo diseño para una máquina capaz de rotar el cilindro 360 grados e impulsada con fuerza motriz de un grupo electro mecánico.
- Un tercer diseño para una máquina capaz de rotar el cilindro un ángulo de 120 grados e impulsada con fuerza motriz electro hidráulica.

Primera alternativa

El primer diseño analizado contempla una maquina inversora con capacidad de rotación del cilindro de 360 grados y fuerza motriz de rotación suministrada por un motor electro hidráulico.

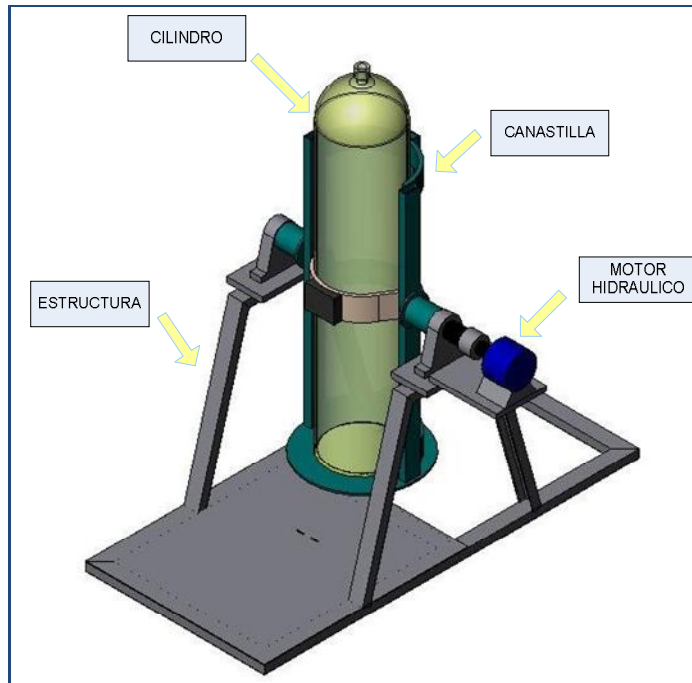


Figura 8. Diseño de la máquina con rotación de 360 grados y motor hidráulico

Entre los análisis previos hechos a esta alternativa, se ha considerado a través de un software de simulación las cargas dinámicas que debería suministrar el motor bajo distintas condiciones de movimiento, para así hallar la situación crítica, donde se presentan los mayores esfuerzos y mayor consumo de energía. Analizaremos primero el proceso de lavado del cilindro de 180 centímetros de longitud completamente lleno de agua, cuyo peso es aproximadamente de 250 kilogramos. La Figura 9 representa la curva de consumo de potencia necesaria para rotar la canastilla y el cilindro un ángulo de 360° a una velocidad de 20 grados/seg. Se puede apreciar que la potencia máxima requerida para realizar este movimiento no sobrepasa 0.1 Hp. Este es el caso para un ciclo de lavado del cilindro; considerando que un ciclo es un movimiento de rotación del cilindro de 360 grados para esta alternativa.

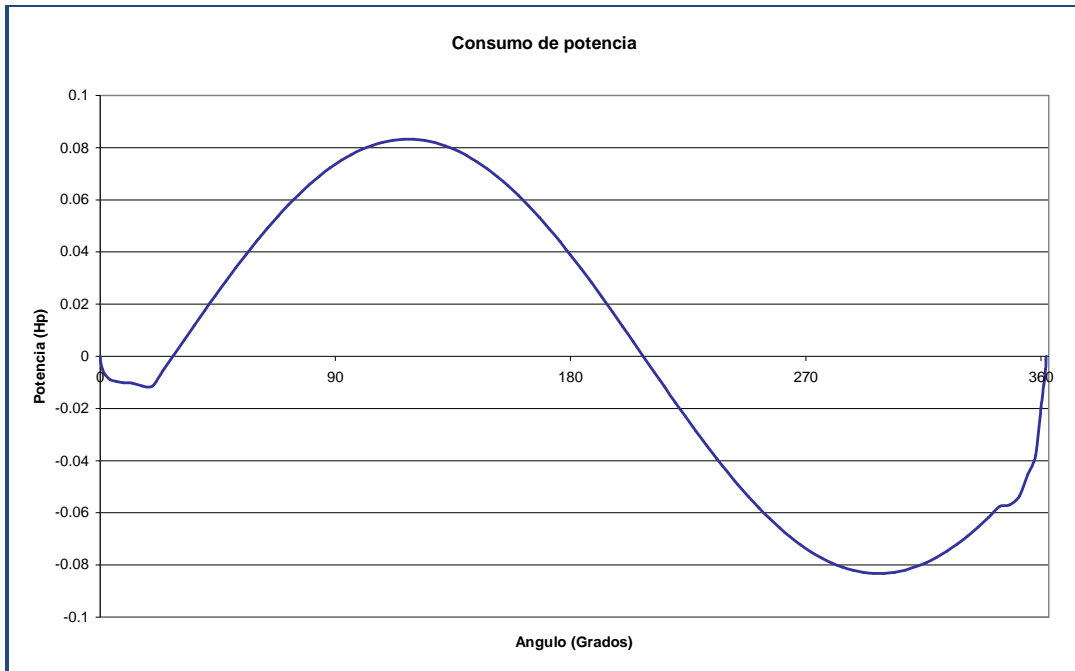


Figura 9. Curva de consumo de potencia para la rotación de 360 grados en la alternativa 1

Para el caso de la inversión del cilindro para la descarga del agua, una vez ha terminado la prueba hidrostática, la posición más adecuada es con rotación de 180 grados, a partir del punto de carga teniendo en cuenta el posicionamiento visto en la figura 8. Para este proceso, a una velocidad promedio de 20 grados/seg, el consumo de potencia lo podemos apreciar en la figura 10. Como es de esperar el pico de potencia no excede el encontrado en la figura 9.

Podemos concluir que esta es una opción con un buen comportamiento dinámico y energético, ya que el consumo de potencia al realizar los procesos de lavado e inversión son bastante discretos.

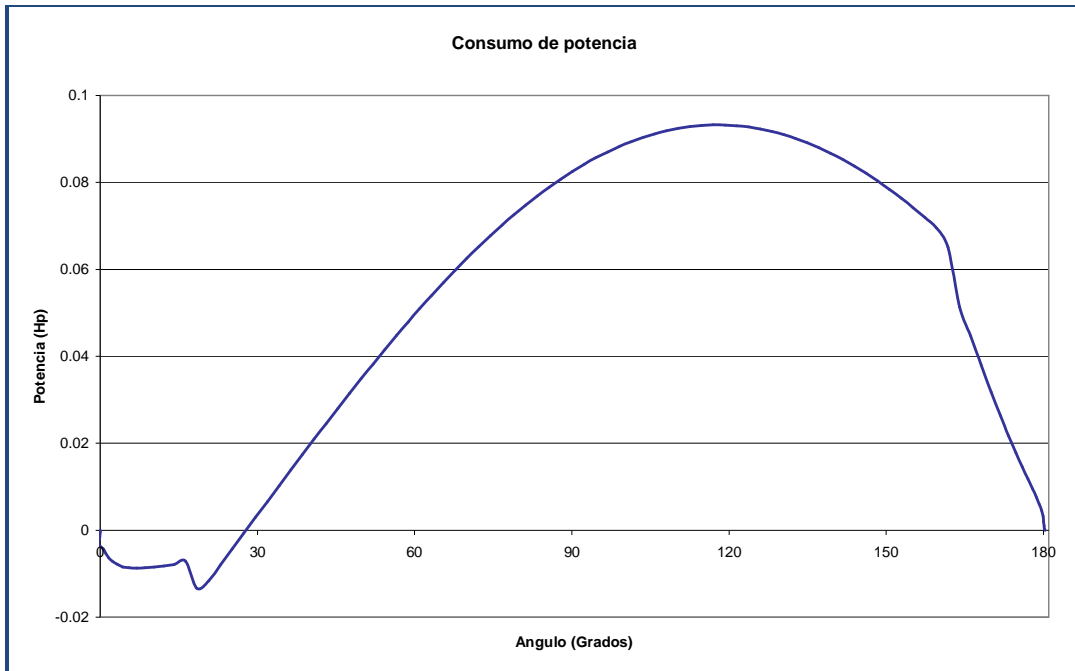


Figura 10. Curva de consumo de potencia para la inversión de 180 grados en la alternativa 1

Así mismo es necesario considerar las cargas inerciales cuando la inversora es utilizada para el proceso de lavado de los cilindros con la mitad de su volumen lleno de agua y mezcla jabonosa, como se aprecia en la figura 11. En esta situación se presentan los picos de consumo de potencia mas elevados de esta alternativa y por consiguiente se generan en la estructura cargas críticas, que para ser soportadas se requiere una estructura más robusta.

Adicionalmente se debe tener en cuenta que como los cilindros varían en su longitud es necesario crear un sistema que permita el posicionamiento del cilindro sobre su eje longitudinal, de tal forma que queden balaceados al colocarlos en la maquina, y así, se minimicen las cargas inerciales generadas por efectos de la rotación.

La mayor desventaja que representa este sistema son los altos costos de los motores hidráulicos, así como el de sus elementos de control.

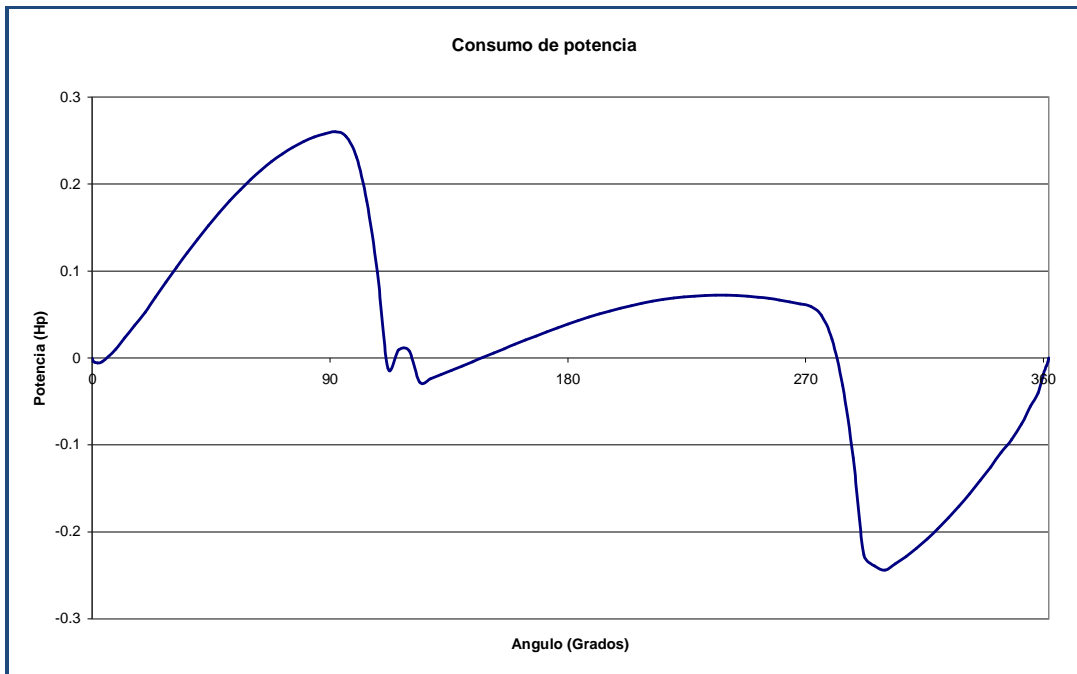


Figura 11. Curva de consumo de potencia para la rotación 360 grados, alternativa 1

Segunda alternativa

La segunda opción presenta las mismas especificaciones del primer caso, pero utilizando fuerza motriz de un grupo electro mecánico, moto reductor, con un sistema de servo freno incorporado al motor, como se muestra en la figura 12; en el cual deberían considerarse las mismas especificaciones de diseño de la primera alternativa, así mismo el control de velocidad de rotación y posicionamiento del cilindro para la descarga, se hace complejo para esta alternativa. Esta opción es notablemente más costosa que la primera alternativa por los costos adicionales del motor con servo freno incorporado y el reductor, según las consideraciones realizadas.

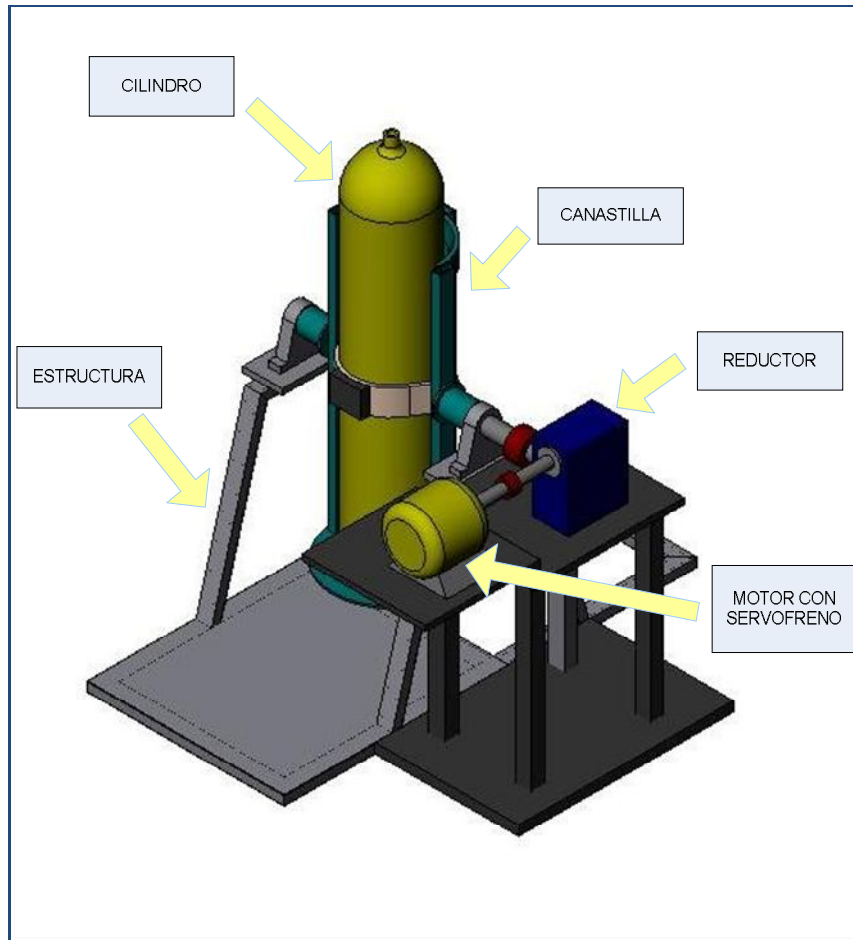


Figura 12. Máquina de inversión del cilindro con rotación de 360 grados impulsada por motor eléctrico con servofreno y reductor

Tercera Alternativa

Finalmente tenemos el tercer caso, que se diferencia de los anteriores por limitar el ángulo de inversión o balanceo del cilindro en la máquina, y por utilizar como fuente de movimiento un grupo electro hidráulico, motor eléctrico, bomba y actuador hidráulico. Esta tercera alternativa cumple con las especificaciones solicitadas por el grupo de ingeniería del laboratorio.

En la figura 13, se puede apreciar el diseño de la inversora de cilindros, con fuerza motriz aplicada por un actuador hidráulico, capaz de generar un movimiento de rotación de 120 grados a la canastilla de la inversora, desde una posición de carga de 50 grados tomados desde el eje vertical, y que también puede ser utilizada para el lavado de cilindros. En figura 14, se aprecian las posiciones de operación para esta alternativa.

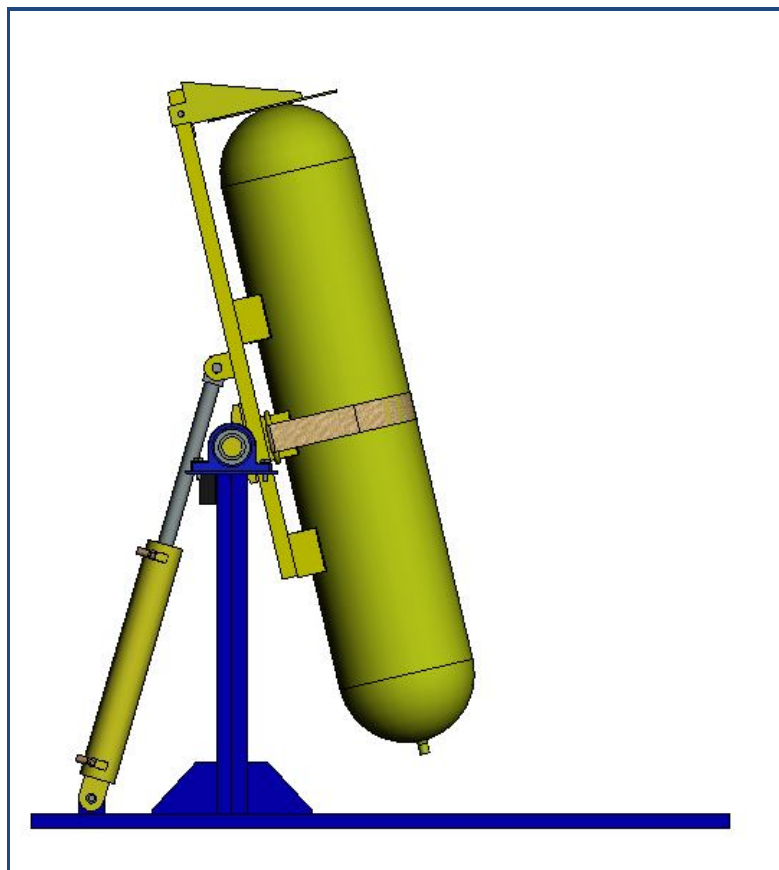


Figura 13. Máquina inversora de cilindros, con actuador hidráulico.

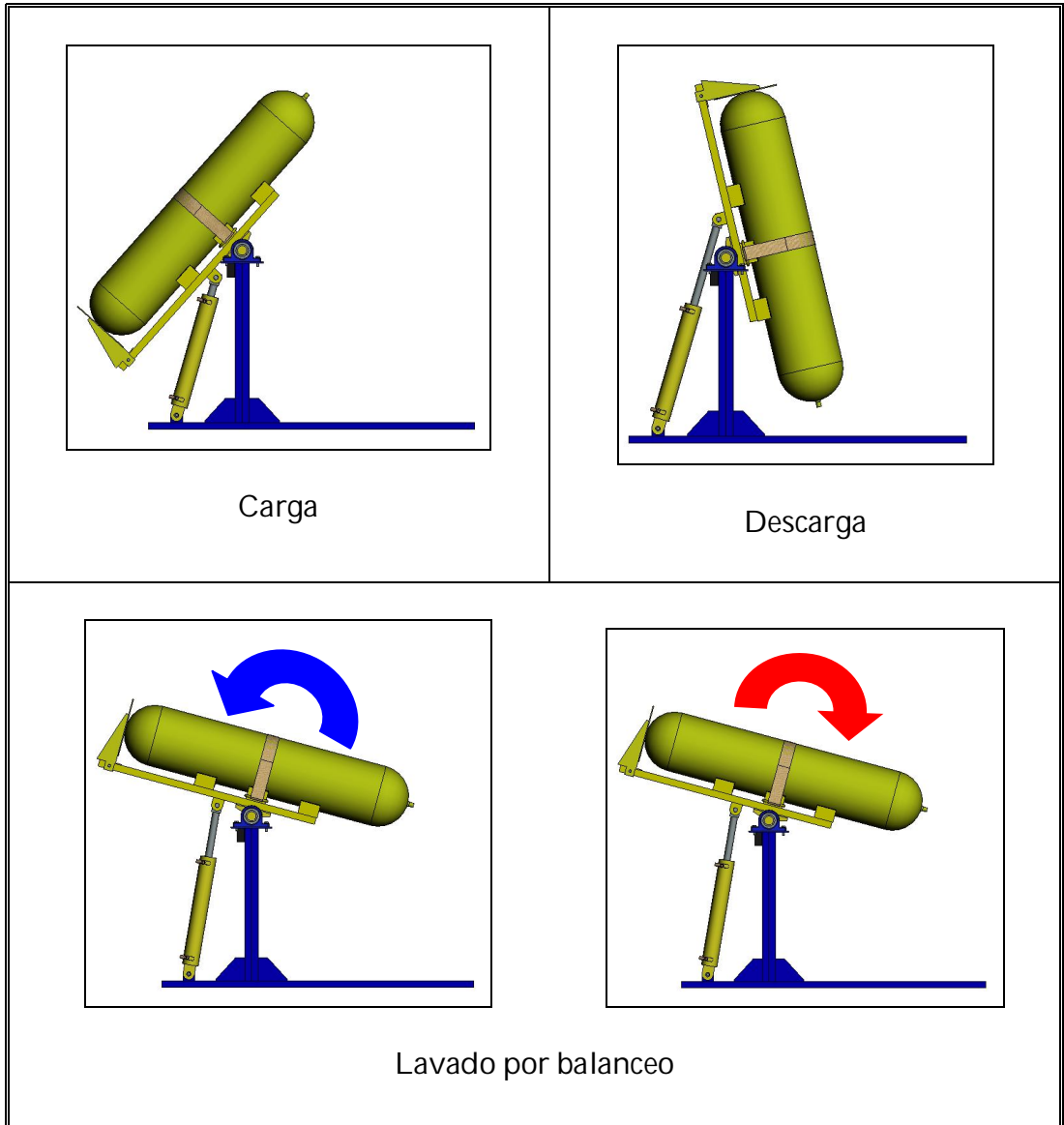


Figura 14. Posiciones de carga, descarga y lavado de la alternativa 3

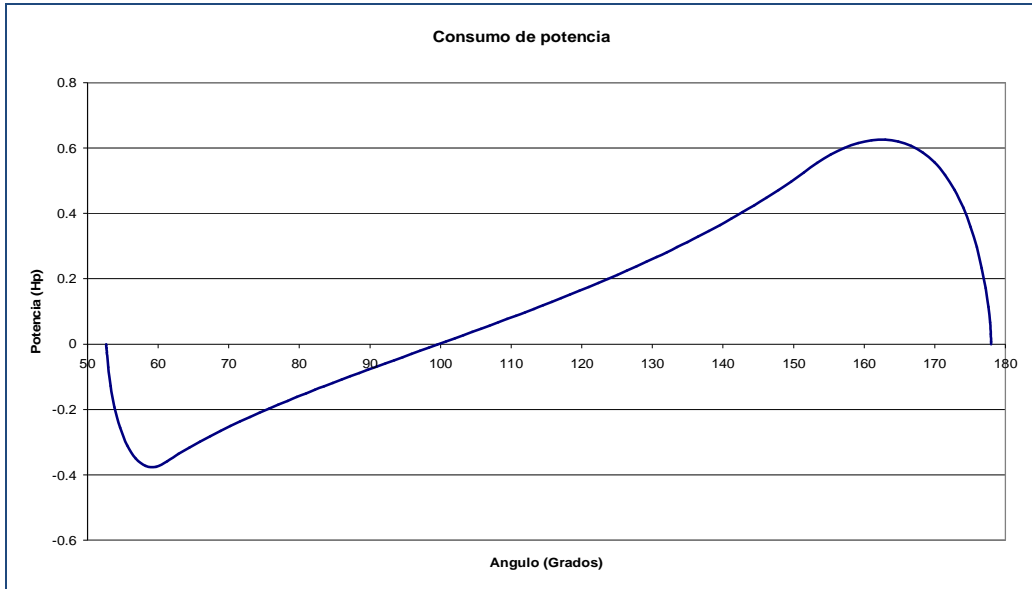


Figura 15. Curva del consumo de potencia para la inversión de 120 grados en la alternativa 3

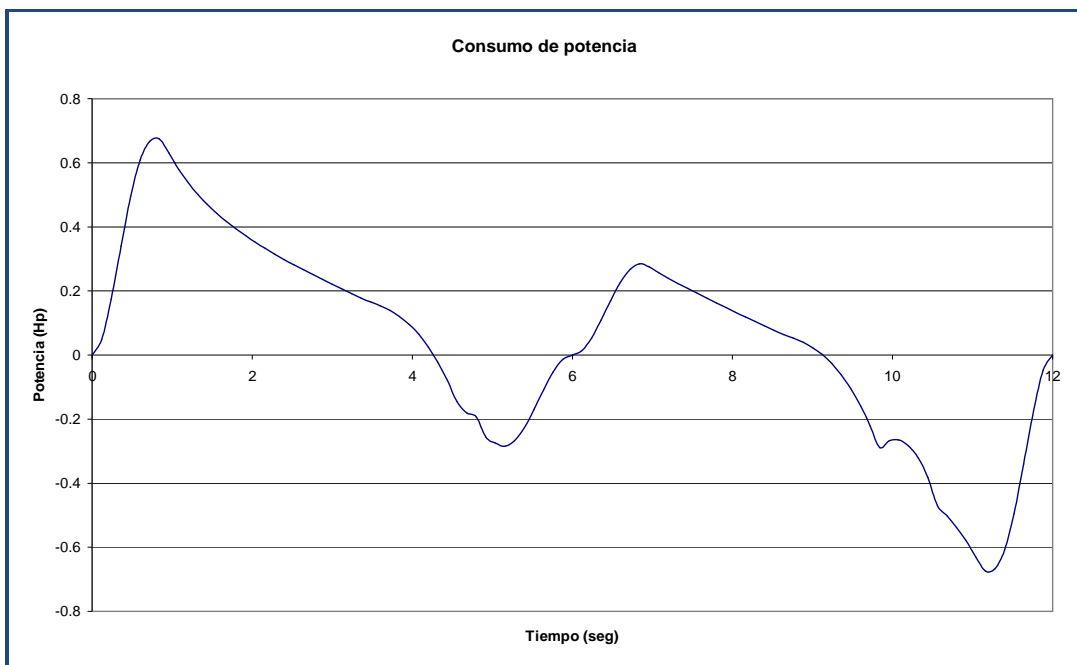


Figura 16. Curva del consumo de potencia para el balanceo de 70 grados en la etapa de lavado para la alternativa 3

Una vez analizados las tres alternativas debe entenderse, que el objetivo funcional de la maquina inversora es lograr voltear el cilindro de tal forma que los líquidos ya sean de lavado o los utilizados para efectos de la prueba hidrostática, sean desalojados por efectos de la acción de la gravedad. Teniendo en cuenta que para todos los casos los consumos de potencia y las implicaciones de manufactura son muy similares, el criterio de decisión a aplicar para la selección de la alternativa a construir es el económico. Desde este punto de vista, el costo inicial de las alternativas uno y dos, son mucho más elevados que la tercera, y requieren controles adicionales que encarecen el mantenimiento de dichos equipos, en el mediano y largo plazo. Por esta razón la alternativa más favorable es la tercera, cuyo costo final cumple con las expectativas de presupuesto como se explica a continuación. Situación que inicialmente había generado mejores expectativas económicas a las directivas del laboratorio de pruebas hidrostáticas.

Análisis de costos económicos de la alternativa seleccionada

A continuación se presenta el análisis de costos de fabricación y adquisición de los diferentes componentes que integran la maquina construida; cuyo diseño y selección de partes se argumenta en los capítulos 2, 3 y 4 del presente trabajo. Los costos se dividieron en tres bloques conformados por:

- ✓ Costos de la estructura: Aquí se incluyen los gastos relacionados con la construcción de la canastilla, bandeja de cilindros, y chasis; así como partes y accesorios.

- ✓ Costos del sistema de control: Son los gastos concernientes a la estructura, y accesorios integrantes del sistema de control.

- ✓ Costos del sistema de potencia: Incluye los gastos de compra del sistema de potencia, accesorios y conexiones de este.

Costos de la estructura:

Los costos de la estructura se dividieron en dos tablas. Una que contiene los costos de materiales y mano de obra y otra con el costo de accesorios y partes.

Tabla 2. Costos de fabricación de la Estructura

COSTOS DE FABRICACIÓN DE LA ESTRUCTURA (VALORES EN PESOS)						
DETALLE	MATERIAL	DIMENSIONES	VALOR	MANUFACTURA	VALOR	TOTAL PARCIAL
Perfil en C tipo americano 3 x 4.1	ASTM A 36	6 metros de longitud.	2x230.000	Corte oxicorte	27.600	487.600
Lámina 3/16"	ASTM A 36	1.2 X 6 metros	89.056	Corte oxicorte y doblado	23.428	112.484
Lámina 1/4"	ASTM A 36	1.2 X 6 metros	29.393	Corte oxicorte y doblado	27.600	56.993
Barra 3"	AISI SAE 4140	1 metro de longitud.	80.000			80.000
Mano de obra	NA	NA	NA	Uniones por soldadura y pintura		600.000
					TOTAL	1.337.077

Tabla 3. Costos de los accesorios de la estructura

COSTOS DE LOS ACCESORIOS DE LA ESTRUCTURA (VALORES EN PESOS)			
COMPONENTE	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	VALOR TOTAL
Rodamiento de bolas NKB P 211	125.000	2	250.000
		TOTAL	\$250.000

Costos sistema de control.

Los costos del sistema de control se dividieron en dos tablas. Una que contiene los costos de materiales y mano de obra y otra con el costo de accesorios y partes.

Tabla 4. Costo de fabricación del módulo del sistema de control

COSTOS DE FABRICACIÓN DEL MÓDULO DEL SISTEMA DE CONTROL (VALORES EN PESOS)						
DETALLE	MATERIAL	DIMENSIONES	VALOR	MANUFACTURA	VALOR	TOTAL PARCIAL
Lámina cold rolled calibre 18	Latón	2 x 1 metros.	48.000			48.000
Tubo cuadrado 3/4"	ASTM A 36	6 metros de longitud.	2x10.000			20.000
Mano de obra	NA	NA	NA	Uniones por soldadura y pintura		150.000
					TOTAL	\$218.000

Tabla 5. Partes y accesorios del sistema de control

PARTES Y ACCESORIOS SISTEMA DE CONTROL (VALORES EN PESOS)			
COMPONENTE	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	VALOR TOTAL
Contactador 32-10	45.000	1	45.000
Relé 12-18	20.000	1	20.000
Totalizador 30 Amp.	90.000	1	90.000
Final de carrera	45.000	2	90.000
Riel de partes eléctricas	3.000	1	3.000
Pulsador On-Off piloto	15.000	3	45.000
Portafusible y fusible 2 Amp.	1.300	1	1.300
Rele 8 pines 110 V	20.000	2	40.000
Temporizador 6 s	52.500	2	105.000
Temporizador Digital timer 999 seg ajustable	65.000	1	65.000
Base 8 pin	3000	2	6000
Cable #18 3x8 metros	5.500	3	5.500
Elevador 110 V A 220V AV 200W	42.000	1	42.000
		TOTAL	\$557.800

Costos sistema de potencia.

El sistema de potencia fue adquirido como conjunto, ya que en el mercado se consiguió una unidad de potencia que cumplía con los requisitos establecidos para la aplicación. Los costos del sistema de potencia se dividieron en dos

tablas. Una que contiene los costos de materiales y mano de obra y otra con el costo de accesorios y partes.

Tabla 6. Partes y accesorios del sistema de potencia

TABLA DE PARTES Y ACCESORIOS SISTEMA DE POTENCIA (VALORES EN PESOS)			
COMPONENTE	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	VALOR TOTAL
Unidad sistema de potencia	3.500.000	1	3.500.000
Actuador Hidráulico	800.000	1	800.000
Manguera hidráulica R2	45.000	3	135.000
Racor 3/8" NPT para 5000 Psi.	5.000	4	20.000
		TOTAL	\$4.455.000

Costo total de la inversora de cilindros de GNV tipo 1.

Considerando gastos de transporte y costo de producción intelectual además de los gastos antes mencionados se tiene:

Tabla 7. Costo total invertido en el proyecto

ÍTEM	SISTEMAS Y REQUERIMIENTOS	TOTAL PARCIAL (VALORES EN PESOS)
1	ESTRUCTURA	1.587.077
2	SISTEMA DE CONTROL	775.800
3	SISTEMA DE POTENCIA	4.455.000
4	PRODUCCIÓN INTELECTUAL	9.600.000
5	TRANSPORTE	300.000
TOTAL		\$16.717.877

OBJETIVOS

Objetivos generales

- ✓ Hacer efectiva y práctica la misión de la Universidad Industrial de Santander, al dar continuidad a los procesos de investigación para el mejoramiento tecnológico de las empresas dedicadas al desarrollo de los servicios relacionados con el uso de energías limpias como el gas natural vehicular, que proporciona una mejor calidad de vida no sólo a los usuarios, sino también a los municipios y regiones asociadas a estos proyectos que son considerados amigos de del medio ambiente.
- ✓ Crear un espacio propicio para la investigación y desarrollo de nuevos proyectos relacionados con el mejoramiento tecnológico enfocado a procesos de diseño que aplican a la ingeniería mecánica.

Objetivos específicos

- ✓ Diseñar y construir una máquina inversora de cilindros utilizados para almacenar gas natural comprimido vehicular, tipo 1; cilindros de acero sin costura, con la capacidad de inversión de 120 grados desde la posición de carga; con un sistema motriz que permita ejecutar el proceso de lavado de cilindros que cumplan con las siguientes especificaciones:
 - Cilindros con diámetro exterior desde los 25 hasta los 45 centímetros.

- ❑ Cilindros hasta de 180 centímetros de altura.
 - ❑ Cilindros con peso máximo de 250 kilogramos en prueba, esto es, completamente lleno de agua.

- ✓ Presentar en las memorias finales, los estudios realizados con software de simulación para los análisis dinámicos, estructurales y de costos económicos, desarrollados en cada una de las opciones justificadas en el presente plan de proyecto, los cuales permitirán seleccionar la mejor opción de diseño. El software que se utilizará será SolidWorks 2007 y Microsoft Project 2003.

- ✓ Verificar el correcto funcionamiento del equipo construido y el cumplimiento de los requisitos establecidos en el diseño mediante pruebas de prototipo.

- ✓ Elaborar el manual de operación y mantenimiento para el equipo construido, de tal forma que se garantice el correcto funcionamiento en el proceso de inversión y lavado de los cilindros de GNV.

1. GENERALIDADES Y DESCRIPCIÓN DE LA MAQUINA INVERSORA DE CILINDROS DE GNV

1.1 GENERALIDADES

El diseño final de la maquina de lavado e inversión de cilindros de GNV se puede apreciar en la figura 17. Su construcción es tipo modular, lo que facilita las operaciones de transporte, y mantenimiento de las partes. La acción de lavado interno y descarga se logra balanceando de un lado al otro el cilindro montado en la canastilla, en torno a un eje; para el lavado de los cilindros de utilizan mezclas de agua y detergente como agente de limpieza

Figura 27. Máquina inversora de cilindros de GNV

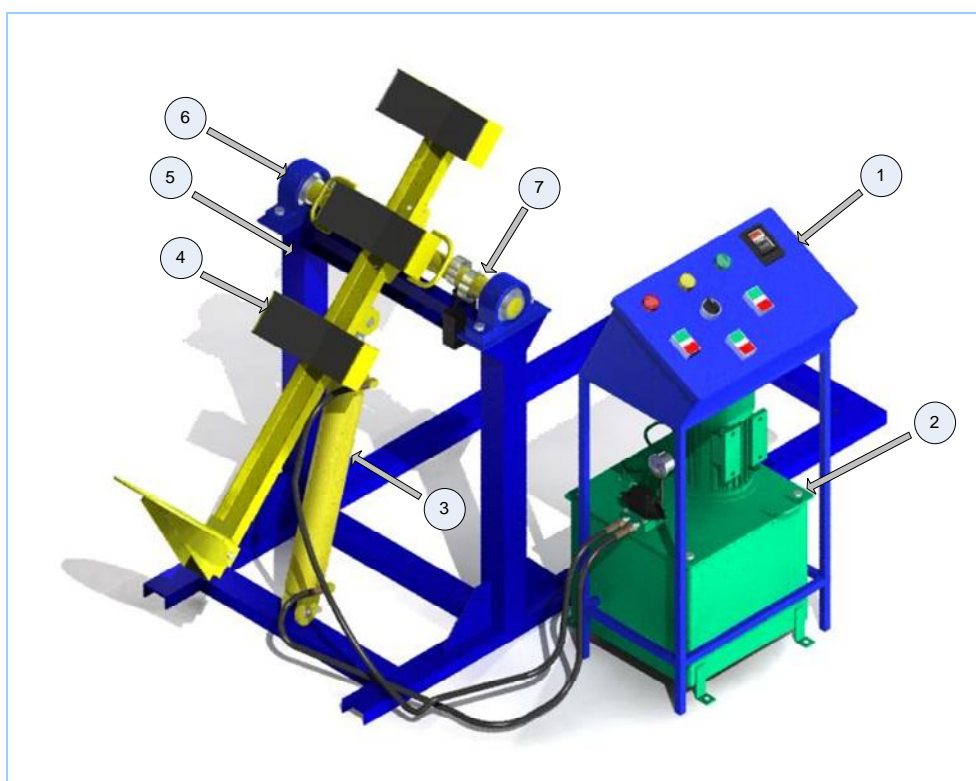


Tabla 8. Lista de partes de la inversora de cilindros

Nº	NOMBRE
1	SISTEMA DE CONTROL
2	SISTEMA DE POTENCIA
3	ACTUADOR
4	CANASTILLA
5	ESTRUCTURA
6	RODAMIENTO
7	LEVAS

El movimiento de balanceo se logra controlando el movimiento de un actuador hidráulico por medio de dos finales de carrera y dos levas que son las encargadas de fijar los límites de balanceo. Estos últimos están ubicados en el eje de la máquina.

El sistema de control diseñado brinda la posibilidad de trabajar la máquina en modo manual o modo automático, y permite escoger el tiempo de lavado, de acuerdo al grado de suciedad de los cilindros.

1.2 DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA

1.2.1 Canastilla

La canastilla es el elemento encargado de sujetar los cilindros de GNV para realizar las operaciones de lavado y vaciado. Su constitución, de bajo peso, fue pensada con el objetivo de reducir las cargas de dinámicas, ya que este elemento va a ser movido junto con los cilindros de GNV, en torno a un eje

por el actuador hidráulico. Su diseño estético le brinda a la máquina mejor presentación.

Su estructura esta constituida por una columna perfil en C tipo americano de 3X4.1 ASTM A 36 (ver anexo A), y por tres costillas que permiten el contacto entre los cilindros y la maquina. Estas costillas están fabricadas de cortes de lámina calibre 3/16" ASTM A 36. También cuenta con unas pestañas fabricadas de lámina calibre 1/4 que permiten la conexión entre la canastilla y el actuador hidráulico.

Figura 18. Canastilla

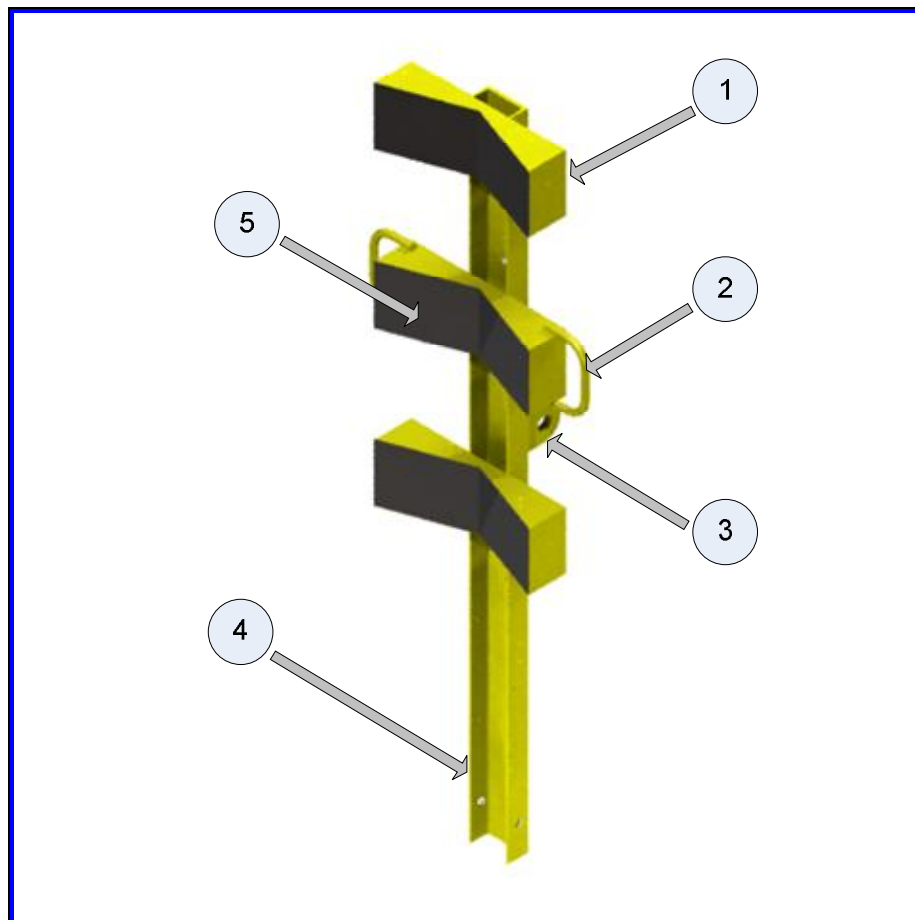


Tabla 9. Lista de partes de la canastilla

LISTA DE PARTES DE LA CANASTILLA	
Nº	NOMBRE
1	Costillas
2	Oreja de sujeción de la correa
3	Pestaña de conexión con actuador
4	Perfil en c
5	Recubrimiento de caucho

Para asegurar una mejor sujeción entre los cilindros y las caras de contacto de la canastilla, se agregaron a estas últimas un revestimiento de caucho, mientras que unas orejas soldadas a la costilla central, permiten fijar una correa que abrazará al cilindro GNV para ajustarlo con respecto a la canastilla.

1.2.2. Correa de ajuste de cilindro

La correa de ajuste del cilindro es un accesorio de la canastilla y hace parte fundamental de esta. Su función es asegurar el cilindro a la canastilla y para ello esta provista de un sistema de ajuste manual tipo guinche, el cual puede proporcionar la tensión necesaria para que el cilindro no deslice de la canastilla una vez este totalmente invertido en la máquina. Ver figura 19.

Posee dos ganchos de acero que son los que se acoplan en las orejas de sujeción de la correa y están unidos en forma permanente a la misma. La banda de la correa es de fibras sintéticas de alta resistencia y esta construida para soportar tensiones de hasta 5 toneladas. (Ver anexo B)

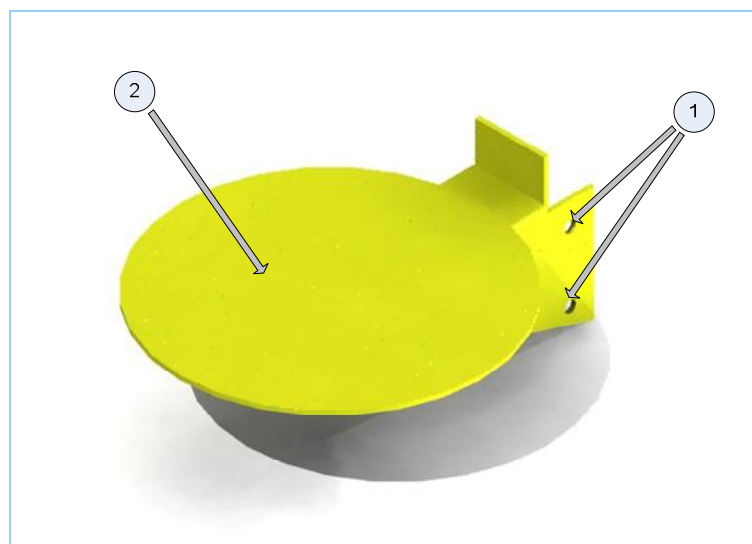
Figura 19. Detalle de la correa de ajuste del cilindro a la canastilla



1.2.3 Bandeja de soporte cilindro.

Esta bandeja permite apoyar la base del cilindro para posicionarlo en la maquina al momento de alistarlo para el lavado. Esta ligado a la canastilla por medio de dos pasadores.

Figura 20. Bandeja de soporte del cilindro



Esta bandeja esta construida de cortes de lámina doblada ASTM A 36 calibre 3/16, los cuales se unieron por medio de cordones de soldadura 6013. En la figura 20 se aprecian los detalles: número1, los orificios pasadores de conexión con la canastilla y número 2, el plato de soporte del cilindro.

1.2.4 Eje

El eje de la maquina es el encargado de permitir el movimiento de balanceo de la canastilla y de transmitir las cargas dinámicas al chasis. Este de conecta con la canastilla por medio de dos pernos de 3/8" y con el chasis a través de dos rodamientos de bolas NKB P 211 (Ver Anexo G).

El eje esta constituido por una barra circular de 3" de diámetro, de acero ASTM 4140, y de cortes de lámina ASTM A 36 calibre 1/4", unidas mediante soldadura.

Figura 21. Eje

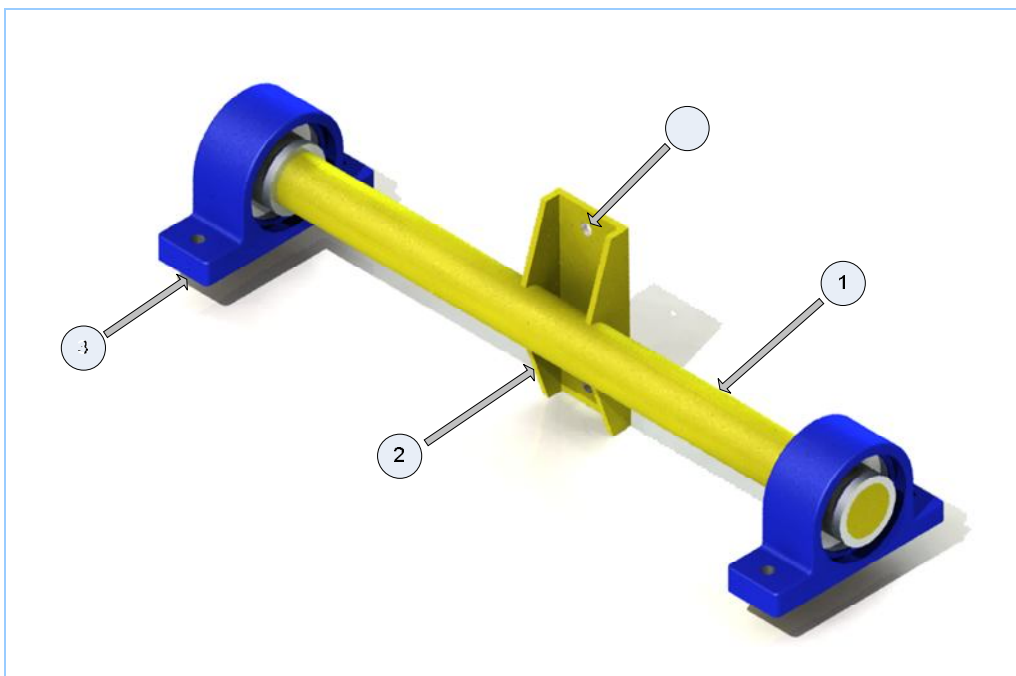


Tabla 10. Lista de partes del eje

LISTA DE PARTES EJE	
Nº	NOMBRE
1	EJE DE 3"
2	PLACA DE CONEXIÓN EJE - CANASTILLA
3	ORIFICIO DE TORNILLO CONEXIÓN EJE - CANASTILLA
4	RODAMIENTO DE BOLAS NKB P 211

1.2.5 Chasis

El chasis es la estructura encargada de sostener los elementos móviles de la maquina. Soporta las cargas generadas por el actuador hidráulico y las cargas transmitidas por el eje.

Figura 22. Chasis

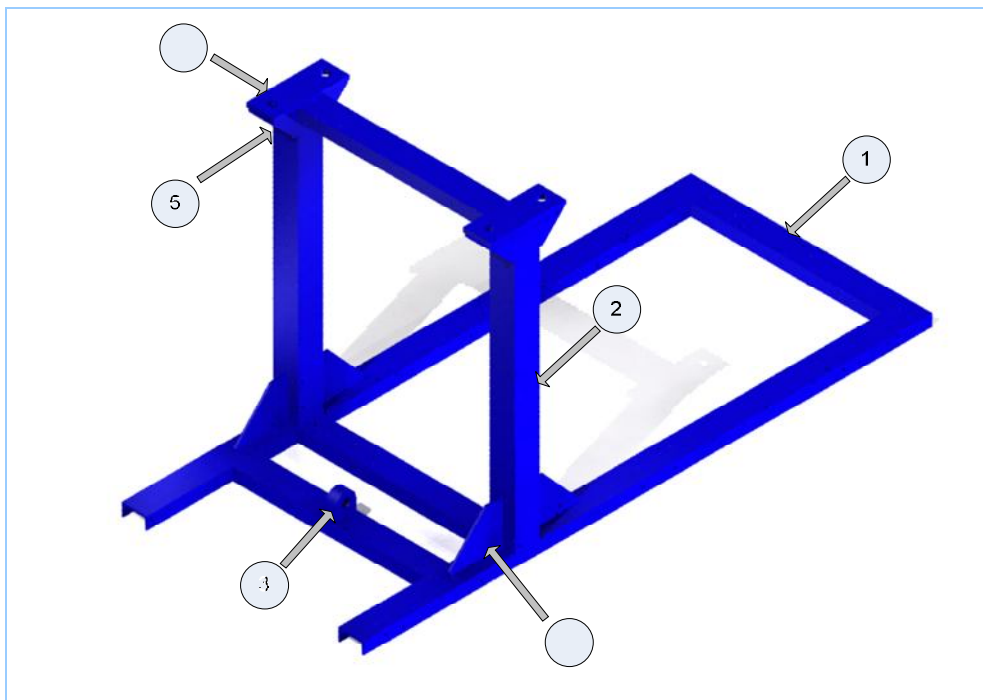


Tabla 11. Lista de partes del chasis

LISTA DE PARTES CHASIS	
Nº	NOMBRE
1	Plataforma de soporte en perfil en c
2	Columnas en perfil en c
3	Cartela base
4	Pestaña de conexión con actuador
5	Refuerzo placa base de rodamiento
6	Placa base de rodamiento

Esta constituido en su mayoría por perfiles en C tipo americano de 3X4.1 ASTM A 36. Las cartelas y placa de base de rodamientos están construidas de cortes de lámina ASTM A 36 calibre ¼”.

1.2.6. Sistema de potencia

El sistema de potencia cumple la función de suministrar la potencia hidráulica al actuador de doble efecto, encargado de balancear el conjunto canastilla – cilindro GNV para realizar el lavado y descarga.

Como se puede apreciar en los detalles de la figura 23, el sistema de potencia seleccionado cuya justificación se presenta en el capítulo 3, está conformado por un motor eléctrico marca Leroy Somer de 5 Hp, 3 fases, y 1200 RPM. Una bomba hidráulica de paletas, tipo sumergible marca Atos, Modelo PFE-31016, de 16 cm³/rev de desplazamiento volumétrico y 1800psi de presión admisible y válvula de seguridad. El acople entre el motor eléctrico y la bomba está construido por un acople flexible marca Lovejoy. Para el control de flujo cuenta con una válvula direccional pilotada centro

abierto, de la marca *Parker*. Para la verificación de la presión de trabajo se cuenta con un manómetro, con rango de medición de 0 a 2000 PSI. El tanque de almacenamiento de aceite hidráulico tienen capacidad de 13 galones (49 litros) y constituye además, la base de soporte de todo el grupo que conforma la unidad de potencia. Las especificaciones de estos equipos se encuentran en los anexos C y D.

Figura 23. Detalles del grupo del sistema de potencia

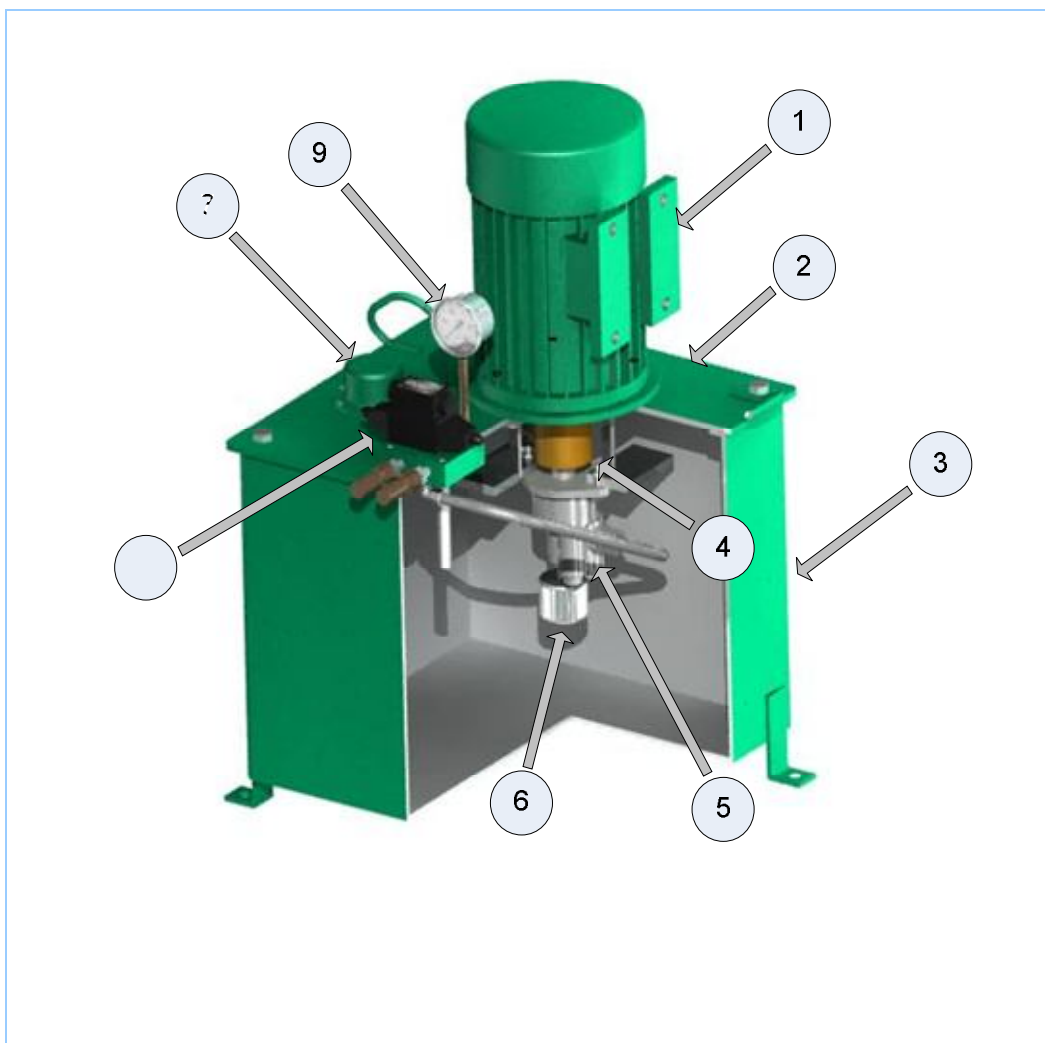


Tabla 12. Lista de partes del grupo del sistema de potencia

LISTA DE PARTES SISTEMA DE POTENCIA.	
Nº	NOMBRE
1	Motor Leroy Somer 5 Hp – 1200 rpm
2	Tapa tanque de aceite
3	Tanque de aceite
4	Acople motor – bomba hidráulica
5	Bomba hidráulica
6	Filtro de aceite admisión
7	Válvula direccional Parker pilotada centro abierto
8	Tapa de suministro de aceite
9	Manómetro

1.2.7. Sistema de control

El sistema de control permite al operario disponer de la potencia hidráulica para mover la inversora bajo unos ciclos de lavado conformes al grado de suciedad de los cilindros de GNV.

Este sistema esta compuesto por el tablero de control, que es la interfaz de comunicación hombre – máquina; elementos necesarios para la lógica cableada como son finales de carrera, relés (contactores), temporizadores, pulsadores, y elementos de protección del motor como un seleccionador o taco, un contactor con relé térmico, y un fusible. Como el voltaje de trabajo del motor eléctrico es diferente al voltaje de trabajo del sistema de control, se cuenta con un transformador, que permite reducir el voltaje de 220 V a 110 V.

Figura 24. Módulo del Sistema de control

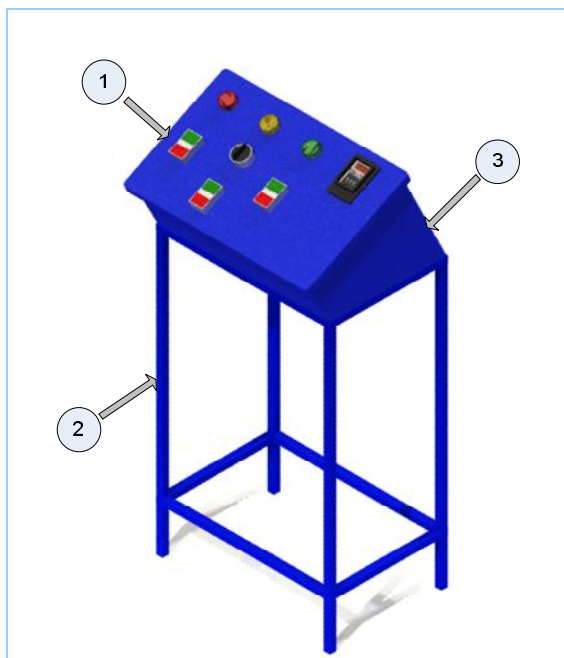


Tabla 13. Lista de partes del módulo del sistema de control

LISTA DE PARTES SISTEMA DE CONTROL.	
Nº	NOMBRE
1	Panel de control
2	Estructura de soporte
3	Gaveta de componentes del sistema de control

El panel de control según se aprecia en la figura 25, fue construido cumpliendo con los siguientes requerimientos:

- Adaptabilidad a los diferentes tiempos de lavado: Esto se logra programando un temporizador digital que permite escoger el tiempo de lavado de los cilindros. Se puede graduar el tiempo del temporizador hasta 999 segundos, tiempo suficiente para conseguir una limpieza adecuada del cilindro.

- sencillez de operación: El panel de control es de fácil manejo, y comprensión para los operarios.
- Modos de operación: El panel de control admite la operación de la maquina en un modo automático que es el usado en el procedimiento de lavado de los cilindros; así como un modo manual que permite manipular la maquina para la realización de una inversión total del cilindro y retorno del mismo, específicamente para el uso en el proceso de descarga. Además, un tercer modo de operación llamado “*stand by*”, mantiene a la maquina en una condición de reposo que es fundamental para el arranque del sistema hidráulico y da la espera mientras se selecciona ya plica el tipo de servicio requerido.

Figura 25. Panel de control

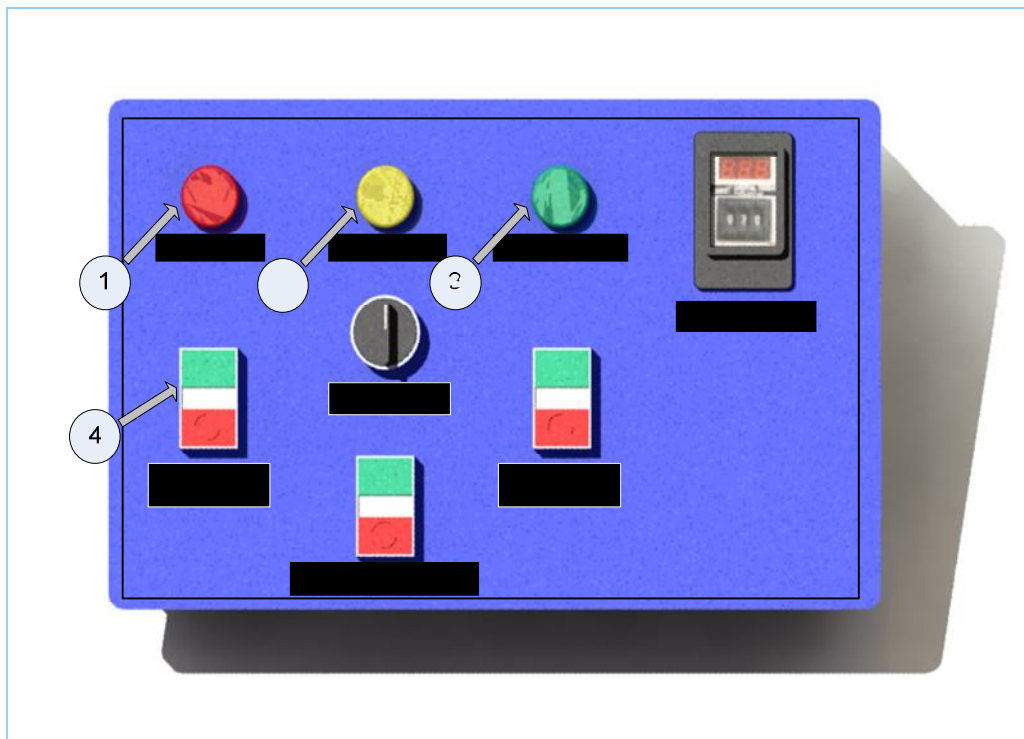


Tabla 13. Lista de partes del panel de control

LISTA DE PARTES PANEL DE CONTROL.	
Nº	NOMBRE
1	Indicador piloto del modo manual
2	Indicador piloto del modo stand by
3	Indicador piloto del modo automático
4	Pulsador Start – Stop (Idem para cada modo)

2. DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA MAQUINA

2.1. PARÁMETROS DE DISEÑO

A continuación, se listan los parámetros principales que necesariamente se deben tener en cuenta para enfocar el diseño:

2.1.1 Velocidad de balanceo para el lavado

Después de analizar detalladamente el proceso de lavado actual, se pudo observar que para que la mezcla jabonosa bañe la superficie interna del cilindro de forma adecuada y se logre un lavado uniforme, la canastilla de la inversora debe rotar a una velocidad promedio de *30 grados/seg.* Con esto se asegura que gracias al movimiento de rotación se forme turbulencia dentro del cilindro.

2.1.2 Tiempo de lavado

El tiempo de lavado de los cilindros depende de dos parámetros:

- El nivel de suciedad: En la inspección visual preliminar se determina el grado de suciedad del cilindro.
- El tamaño del cilindro: Los cilindros de mayor tamaño requerirán más tiempo de lavado que los cilindros pequeños.

De acuerdo a estos dos parámetros se determinó que el tiempo máximo de lavado se presentaría en los cilindros de 120 litros que tengan un alto grado de suciedad. El tiempo de lavado depende del número de oscilaciones que se requieran, que para el caso de los cilindros más grandes es de 15 oscilaciones, un promedio de 2 minutos con 30 segundos.

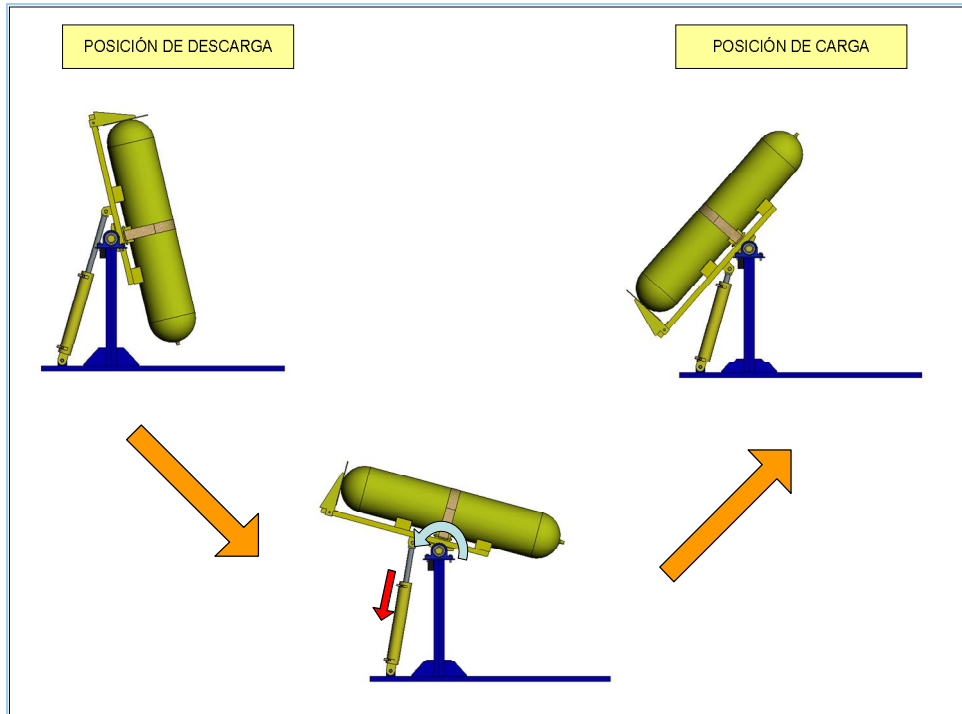
2.2. DISEÑO DE LOS COMPONENTES MECÁNICOS

Por medio de este análisis se permitió analizar el estado de cargas y esfuerzos de las diferentes partes que componen la máquina. Para la realización del análisis dinámico y estructural se utilizó las herramientas *Cosmosmotion* y *Cosmosworks* del programa Solidworks; con los que se pudo optimizar el diseño inicialmente propuesto; es por esto que varias partes han sufrido modificaciones en cuanto a su geometría, ya que fueron modificadas debido a que en su forma original no cumplían con las exigencias de cargas a que fueron sometidas. Por medio de este análisis se optimizó la forma de los componentes de la máquina.

Analizando los distintos movimientos de la máquina en busca de identificar la *condición crítica*, se planteó la situación en donde el cilindro de 120 litros, que es el de mayor peso; se colocara completamente lleno de agua en la máquina. Este es el mayor peso que la máquina podría manejar.

La situación donde el actuador emplea una mayor fuerza para mover la canastilla y el cilindro de mayor tamaño lleno de agua; se presenta al momento de llevar la máquina desde la posición de descarga hasta la posición de carga, tal como se puede observar en la figura 26, por lo tanto el sistema de potencia debe suministrar mayor presión para realizar la operación de retorno.

Figura 26. Secuencia de movimiento posición descarga a posición de carga



El actuador hidráulico, al momento de recogerse para llevar al cilindro a la posición de carga, debe ejercer la fuerza con el área anular, lo que conlleva a que se necesite una mayor presión para suministrar la fuerza necesaria para realizar el movimiento.

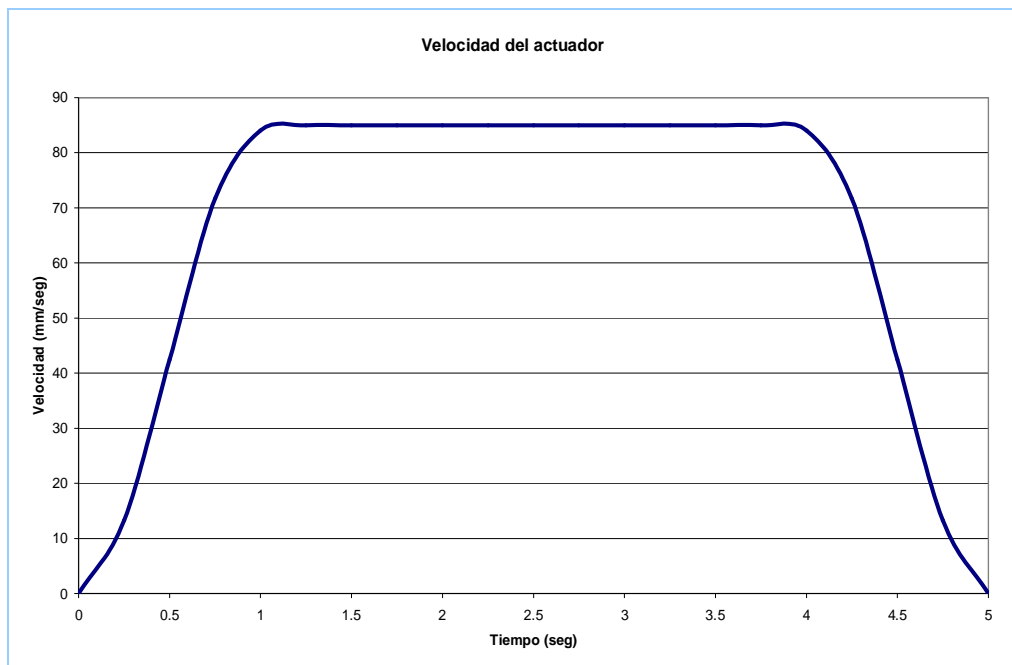
2.2.1. Análisis cinemático

Una vez identificado que en el movimiento que consiste en llevar la maquina desde la posición de descarga hasta la posición de carga, es donde se producen las mayores cargas; se procede a realizar el análisis cinemático. Tomando como dato de entrada que la velocidad de rotación en la canastilla necesaria para lograr un lavado adecuado en los cilindros es de 30 grados/seg, se pudo verificar por medio del programa Cosmosmotion que la velocidad del actuador hidráulico necesaria para hacer rotar la canastilla a

una velocidad angular promedio de 30 grados/seg, es 85 mm/seg. Cabe anotar que la velocidad de la canastilla no es constante, debido a que el punto de acción del actuador con la canastilla no describe un radio constante con respecto al eje de rotación de la canastilla a lo largo de todo el movimiento.

El tiempo que la maquina consume al moverse desde la posición de descarga a la posición de carga es de 5 segundos. Por consiguiente las abscisas de las gráficas en la figura 27, están representadas en segundos partiendo de 0 segundos para la posición de descarga, y 5 segundos para cuando la maquina llega a la posición de carga.

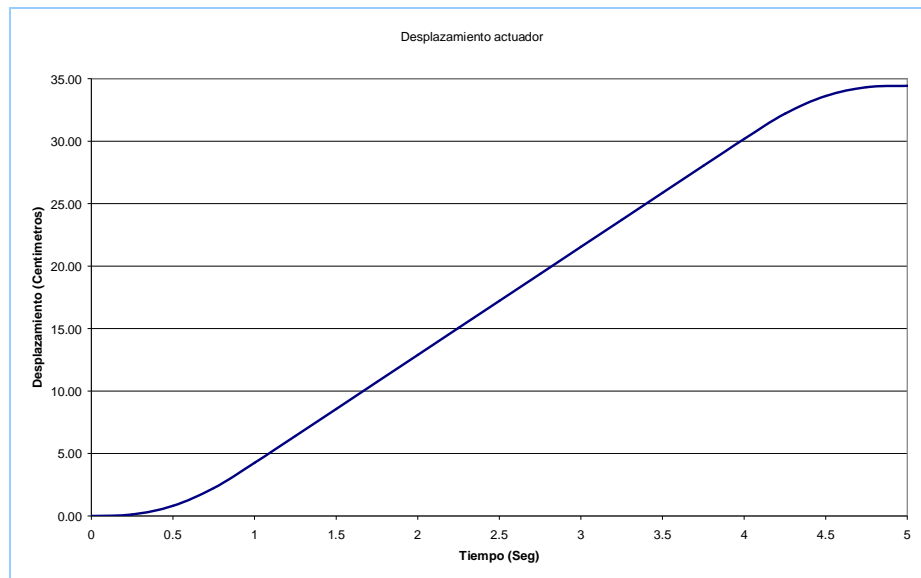
Figura 27. Gráfica de Velocidad del vástago del actuador vs. tiempo



La carrera del actuador al realizar este movimiento es de 34.43 centímetros, como se muestra en la figura 28. De esta forma se selecciona el actuador

adecuado, y entre los actuadores disponibles en el mercado local, se escogió uno de carrera de 50 cm.

Figura 28. Gráfica de la carrera del actuador vs. tiempo



También se pueden observar las aceleraciones a las que está expuesto el vástago del actuador. Como podemos observar en la figura 29, solo se presenta aceleración en los instantes inicial y final del movimiento del actuador, ya que en el resto del movimiento la velocidad es constante.

En la figura 30, se muestra el ángulo que recorre la canastilla y la velocidad angular a lo largo del movimiento desde la posición de descarga a la posición de carga. Este es el mayor ángulo que describe la canastilla, y que cumple con los requisitos de diseño solicitados.

Figura 29. Gráfica de Aceleración del vástago del actuador

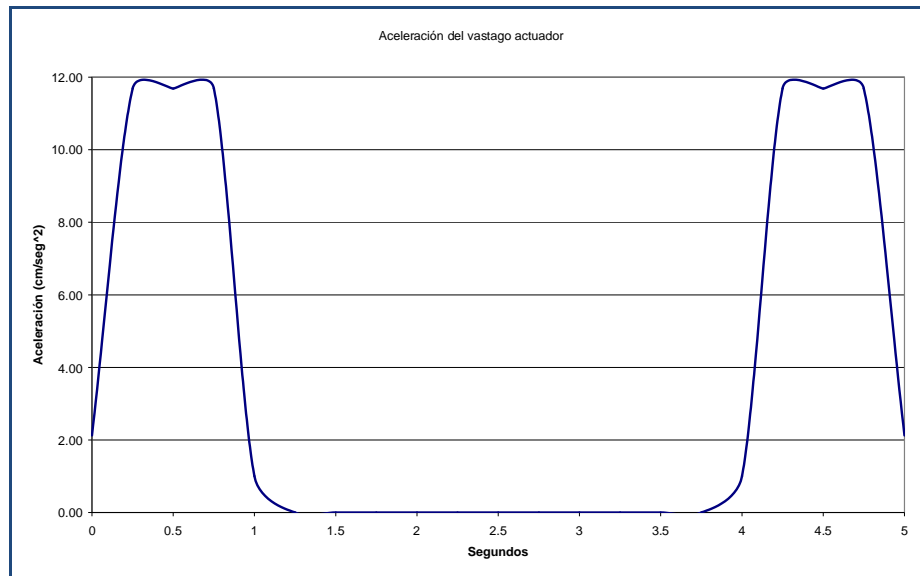
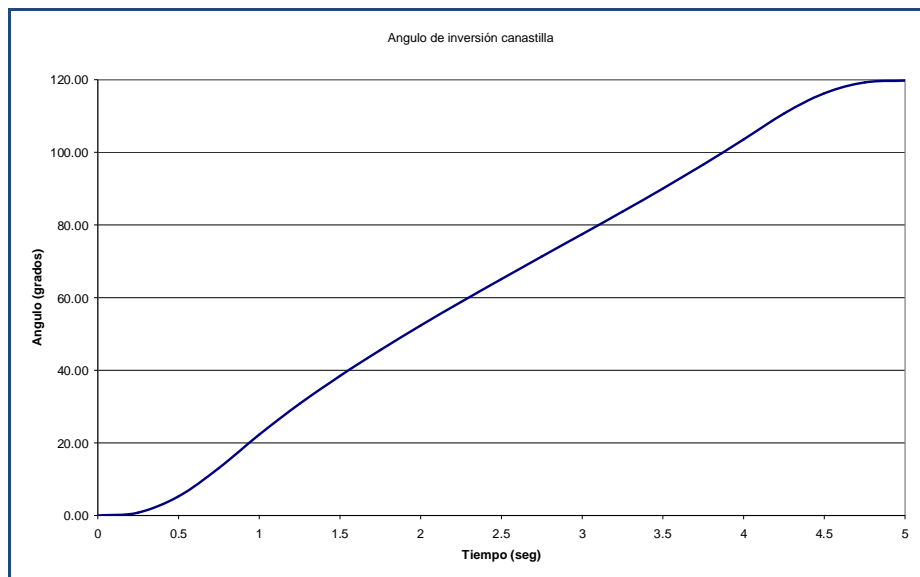


Figura 30. Gráfica del Ángulo recorrido por la canastilla



2.2.2. Análisis dinámico

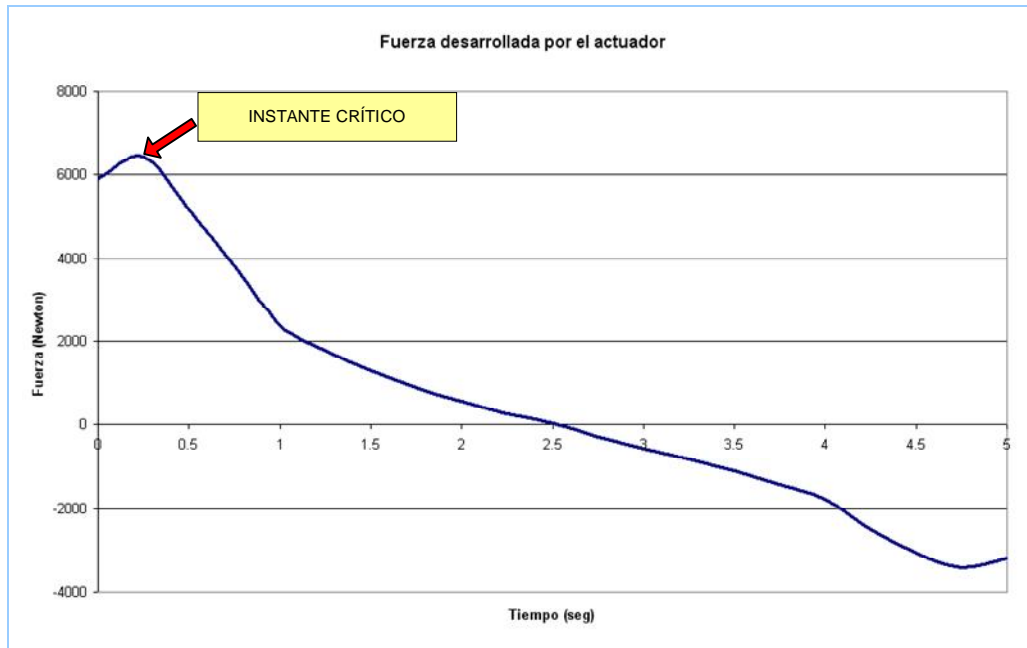
Al asignar el perfil de velocidad mostrado en la figura 27, al movimiento lineal del actuador, el programa Cosmosmotion, calcula la aceleración y la distancia recorrida por el actuador, es decir la carrera, y con las propiedades de masa y geometría que se le asignan a las partes de la maquina, el programa calcula la dinámica del movimiento bajo estos parámetros.

Como se puede apreciar en la figura 31, es al comienzo del movimiento donde el actuador tiene que disponer de la mayor fuerza para mover la canastilla a la velocidad especificada. La máxima fuerza aplicada por el actuador es *6454.75 Newton*. Este fenómeno se presenta porque al comienzo del movimiento se debe vencer la inercia de las partes móviles como son la canastilla, el eje, y el cilindro, sin embargo, una vez vencida la inercia, a medida que avanza el movimiento a la posición de carga de la máquina, se presenta menor requerimiento de fuerza al actuador hidráulico para mover el cilindro.

En el instante de tiempo donde se presenta la máxima fuerza ejercida por el actuador, es donde se generaran los mayores esfuerzos en algunas partes de la maquina; es por esto que el estudio de esfuerzos mecánicos se hará en este instante crítico, para las partes afectadas por la fuerza del actuador.

En la figura 32 se presentan las fuerzas que actúan en las partes y piezas sometidas a las cargas dinámicas desarrolladas en el instante crítico. Se debe tener en cuenta la orientación y dirección de las componentes de las fuerzas, tomando como referencia el sistema de coordenadas ubicado en la parte inferior izquierda de las figuras.

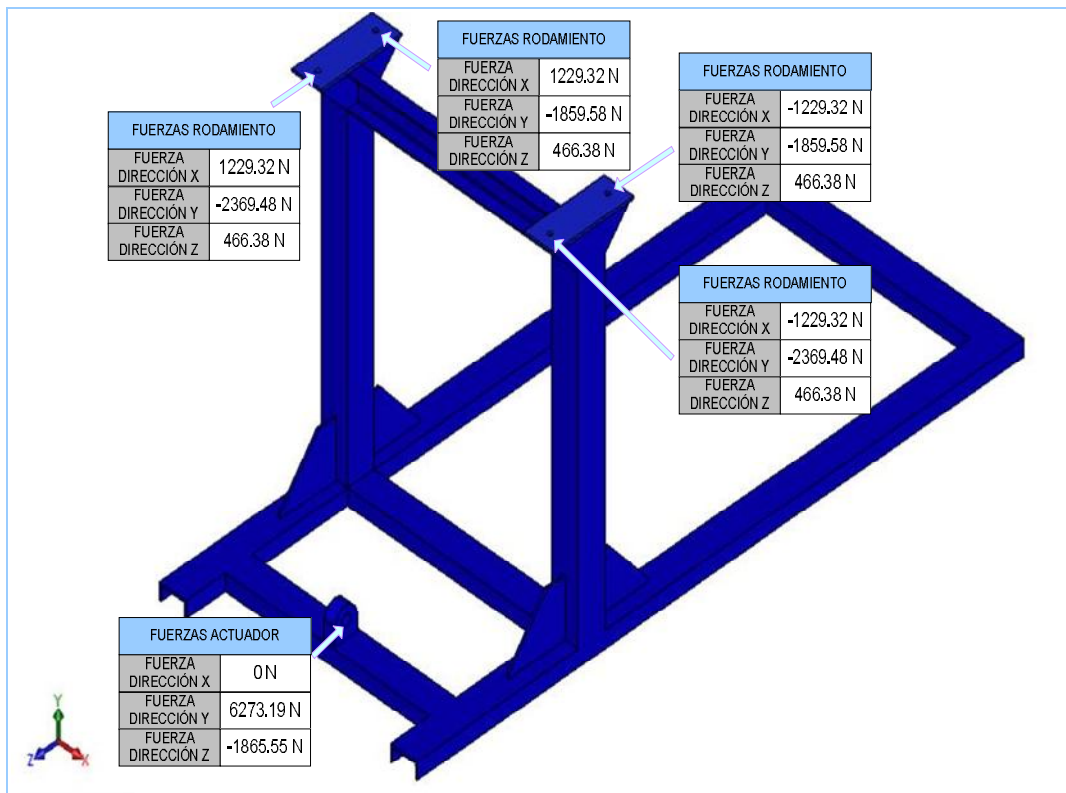
Figura 31. Gráfica de la fuerza suministrada por el actuador a lo largo de la secuencia carga - descarga



2.2.2.1. Cargas en el chasis

El chasis debe soportar las cargas transmitidas por el actuador y por los rodamientos. En la figura 32 se observan las fuerzas que actúan en él, donde se distinguen las cargas transmitidas por el pasador que une el actuador hidráulico con el chasis (pestaña en la parte inferior del chasis), y las cargas que soportan las placas base de los rodamientos, en donde las cargas se transmiten por medio de los pernos que unen los rodamientos con el chasis, es por esto que las cargas fueron aplicadas a los orificios de la placa base de rodamientos.

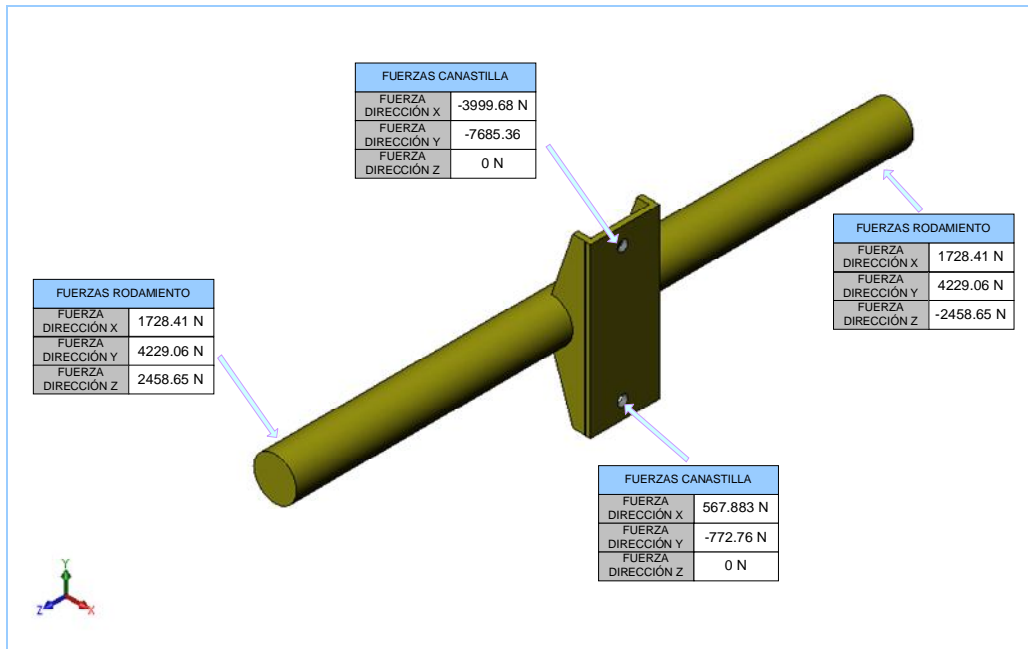
Figura 32. Cargas aplicadas al chasis



2.2.2.2. Cargas en el eje

En el eje actúan las fuerzas transmitidas por la canastilla y las reacciones que se producen en los rodamientos ubicados en los extremos de este. La canastilla transmite las cargas al eje a través la placa de conexión eje – canastilla, por medio de dos pernos de unión. En la figura 33 se detallan las cargas a las que se ven sometidos los diferentes puntos de la pieza.

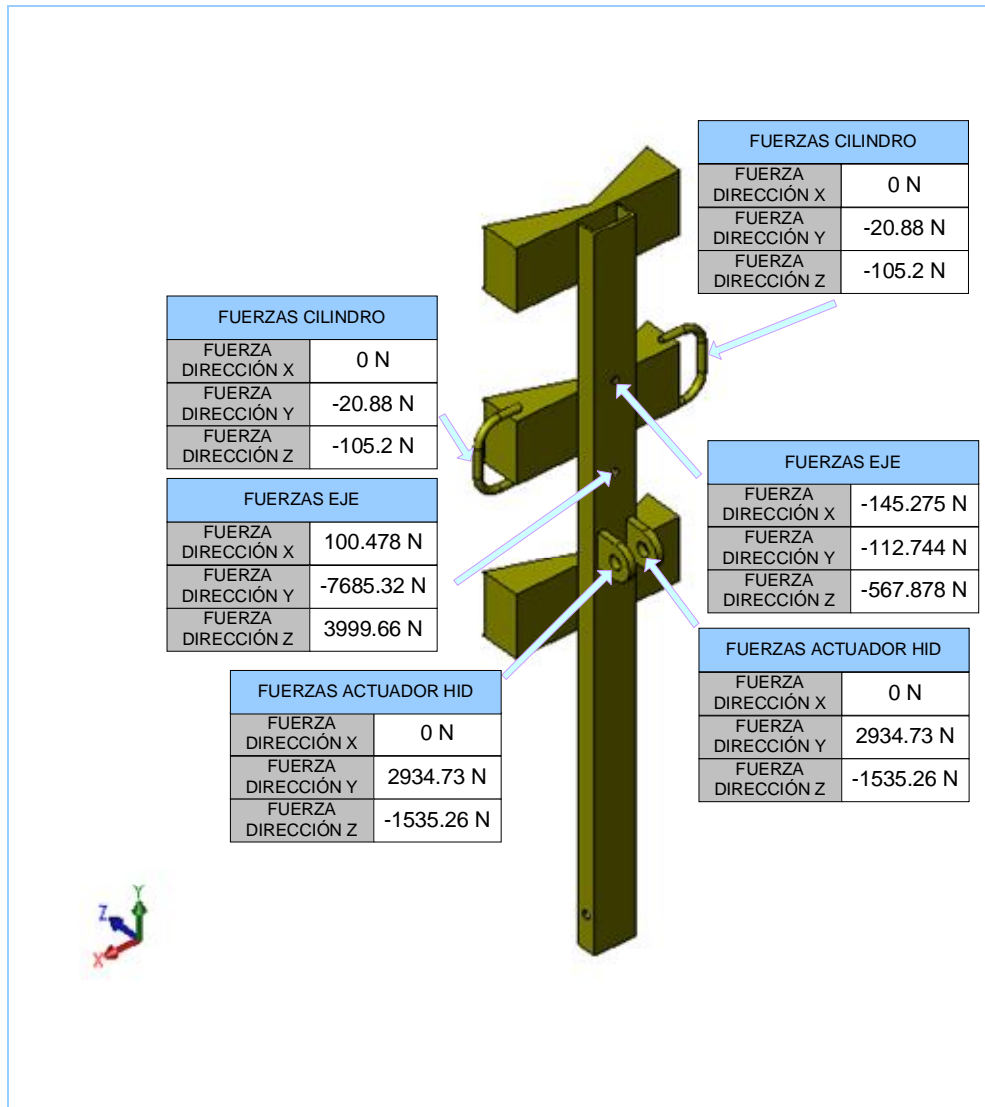
Figura 33. Cargas aplicadas al eje



2.2.2.3. Cargas en la canastilla

La canastilla soporta variedad de esfuerzos debido a que esta ligada con el actuador hidráulico, el cilindro de GNV, y el eje; los cuales producen reacciones de importancia. En la figura 34 se observan las cargas aplicadas. El actuador hidráulico transmite las cargas a la canastilla a través de un pasador que conecta ambas piezas. Este pasador articula con la canastilla por medio de las dos pestañas ubicadas en la parte posterior de esta última. El cilindro de GNV, también transfiere cargas a través de una correa que sujeta a este con las orejas de sujeción de la canastilla; y por último, la conexión a través de pernos entre el eje de la máquina y la canastilla, aporta cargas que son soportados por los dos orificios de alojamiento de los pernos, taladrados en el perfil en c de la canastilla.

Figura 34. Cargas aplicadas a la canastilla

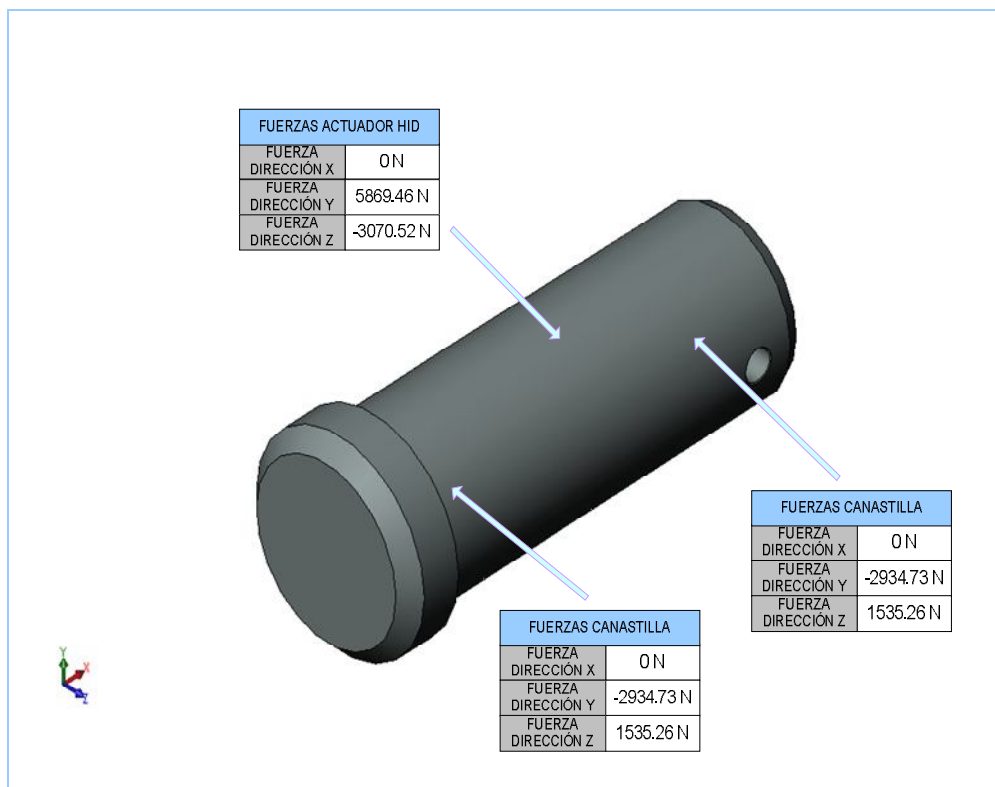


2.2.2.4. Cargas en los pasadores del actuador hidráulico

El actuador hidráulico se acopla con el chasis y la canastilla por medio de dos pasadores de 1" de diámetro que permiten un grado de libertad de movimiento, rotación en torno al eje x. Los pasadores están sometidos a cargas de corte que tienden a seccionarlos.

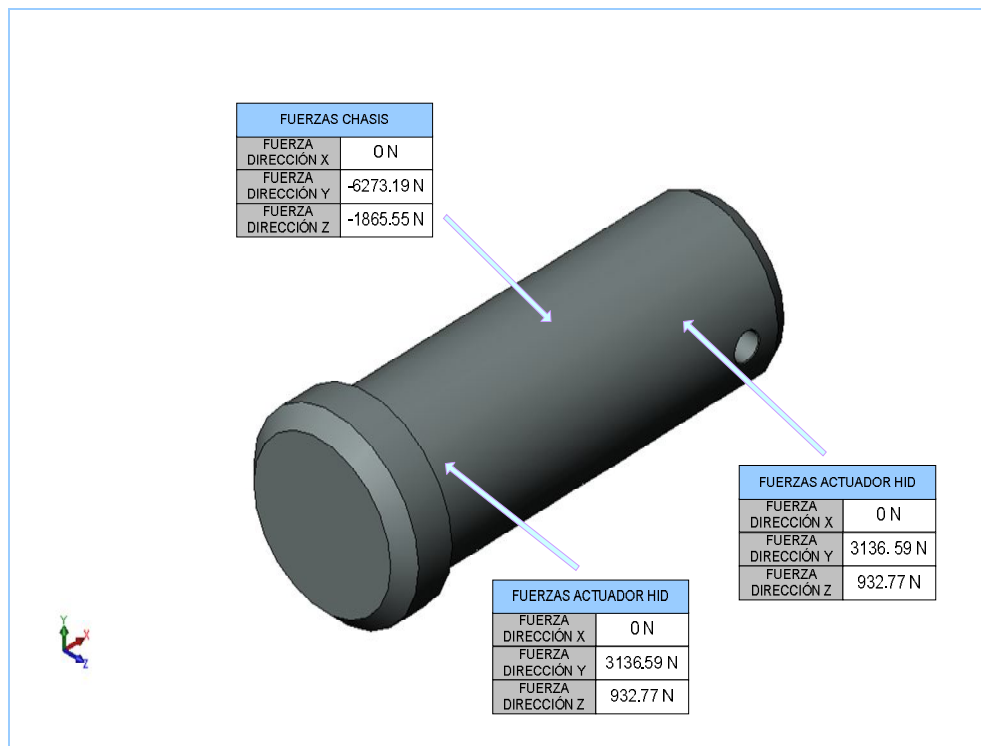
El pasador de conexión canastilla – actuador, que se aprecia en la figura 35, soporta la fuerza de las pestañas de la canastilla en sus extremos, y la fuerza del actuador hidráulico en la parte central.

Figura 35. Cargas aplicadas al pasador que articula el vástago del actuador hidráulico con la canastilla



Por su parte, el pasador de conexión chasis – actuador que se aprecia en la figura 36, soporta la fuerza de las pestañas del actuador en sus extremos, y la reacción de la pestaña del chasis en la parte central.

Figura 36. Cargas aplicadas al pasador que articula el chasis con el actuador hidráulico

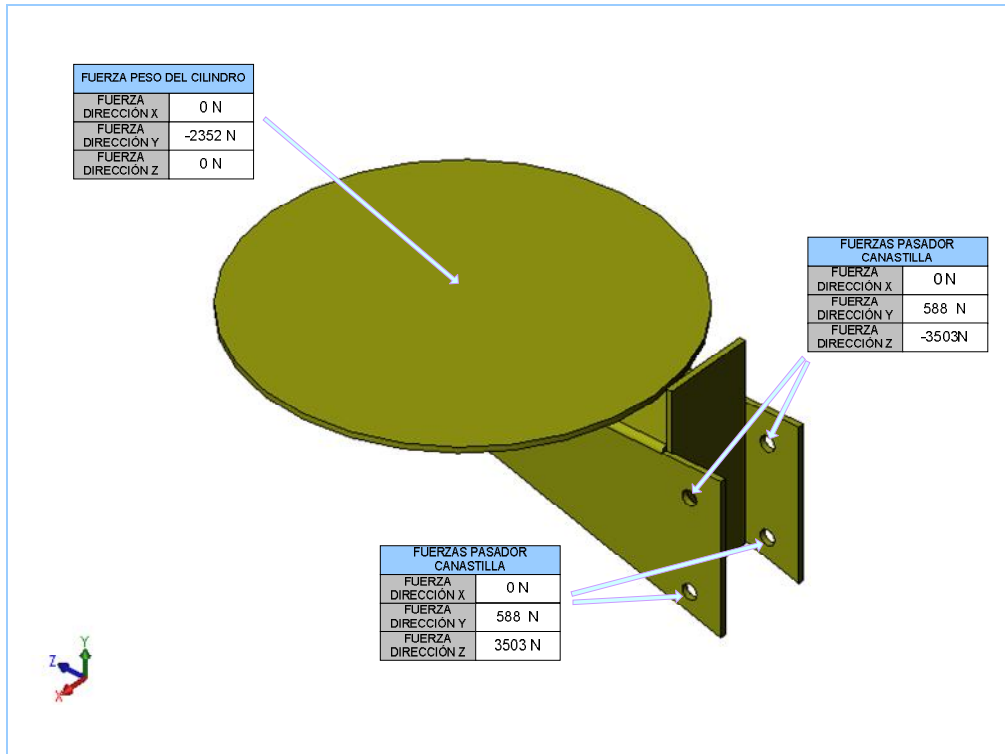


2.2.2.5. Bandeja de soporte de la canastilla

Este elemento a diferencia de los anteriormente estudiados, no está vinculado directamente a las fuerzas que el actuador hidráulico; es por esto que el estado de cargas máximo en este elemento no se presenta en el instante de tiempo definido en la figura 31.

Sobre la base de la canastilla actúan solamente el peso de los cilindros de GNV, cuando la máquina está en posición de carga. Las fuerzas en la bandeja al momento de soportar el cilindro de mayor peso, esto es 240 Kg, se muestran en la figura 20.

Figura 37. Fuerzas y reacciones en la bandeja de la canastilla



Sobre la bandeja de la canastilla actúa, la fuerza producida por el peso del cilindro (2352 N) y las reacciones de los dos pernos que unen este elemento a la canastilla.

2.2.3 Análisis estructural

Por medio de la herramienta de cálculo de elementos finitos del software *Cosmosworks 2007*, se realiza la comprobación de esfuerzos máximos, y puntos críticos de las piezas sometidas a cargas de considerable importancia. El análisis por elementos finitos se realiza para los siguientes elementos:

- Canastilla.

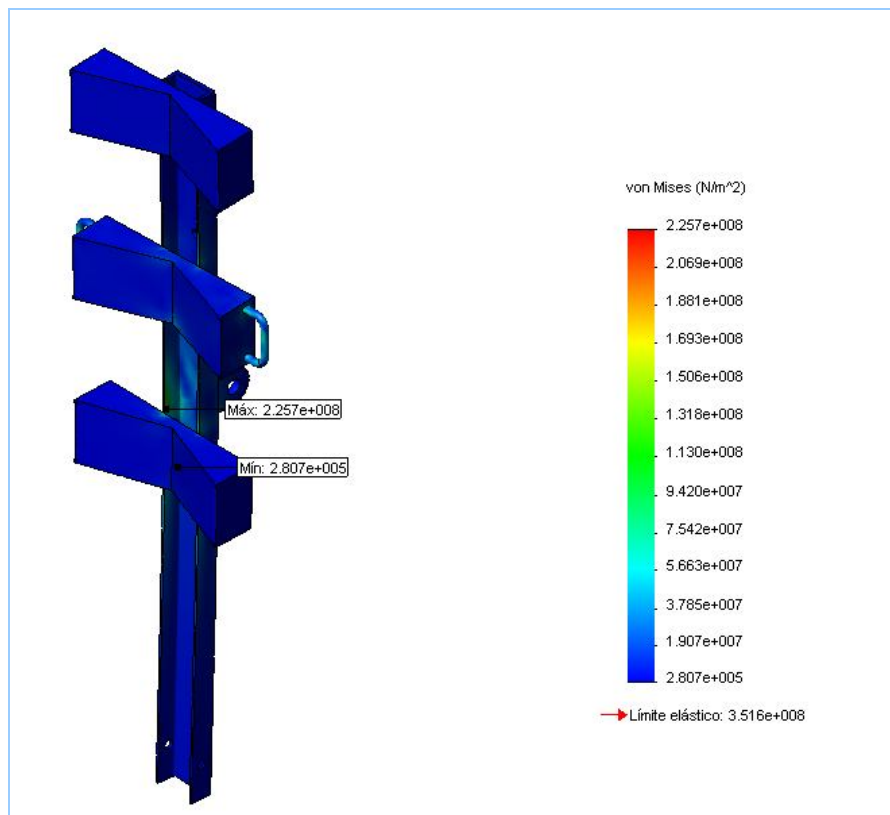
- Eje.
- Chasis.
- Pasadores de conexión actuador hidráulico.
- Bandeja de soporte de cilindros.

El método para calcular los esfuerzos presentados a continuación es basado en la teoría de máxima energía de distorsión para materiales dúctiles.

2.2.3.1. Análisis de esfuerzos de la Canastilla

En la figura 38 se puede apreciar que el esfuerzo máximo se encuentra en las alas del perfil en c, con un valor de $2.257 \times 10^8 \text{ N/m}^2$. En este punto crítico el factor de seguridad es igual a 1,6.

Figura 38. Esfuerzos en la canastilla

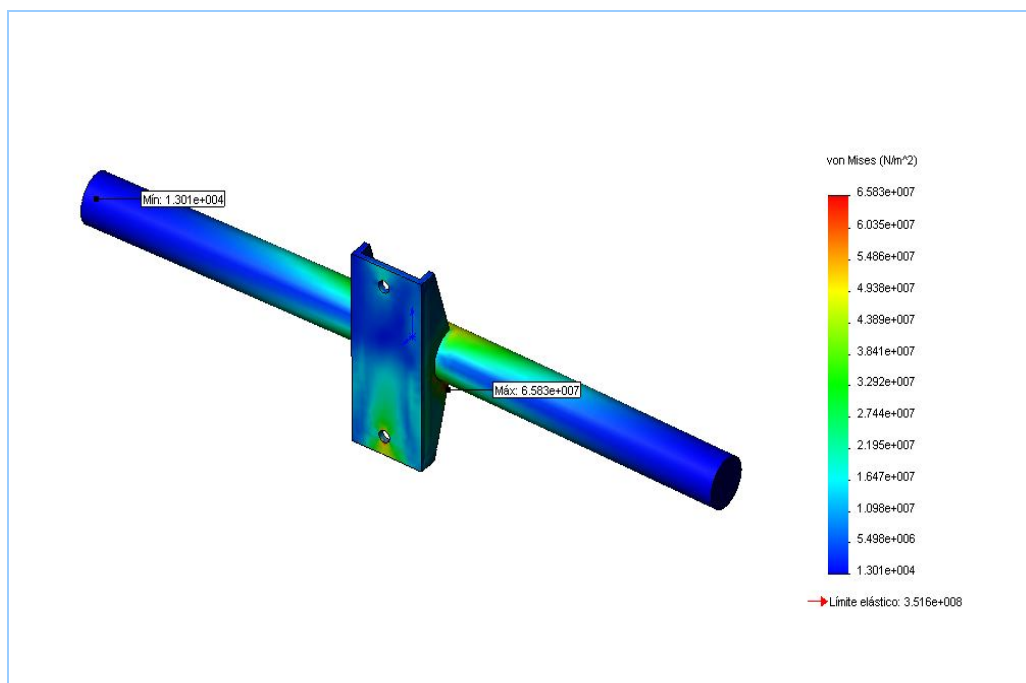


También se aprecia que en partes como las orejas donde se sujeta la correa, el esfuerzo es aceptable y no produce ningún riesgo de falla. De igual forma, los orificios de conexión con los pernos del eje registran esfuerzos pequeños.

2.2.3.2. Análisis de esfuerzos en el Eje

Es esfuerzo máximo que se desarrolla en la pieza es de $6.583 \times 10^7 \text{ N/m}^2$, lo que representa un factor de seguridad de 5,3. Los elevados valores de esfuerzos en la zona de unión entre el eje y las láminas de conexión con la canastilla, sugieren un buen trabajo de soldadura en este punto para asegurar la integridad estructural de la pieza al momento de someterla a estos esfuerzos, para el caso se uso soldadura número E 6018.

Figura 39. Esfuerzos en el eje



Este elemento sufrió modificaciones a partir del diseño inicialmente propuesto, ya que las cargas que actúan sobre la placa de conexión con la canastilla, producían la falla de esta. Este problema se solucionó agregando unos refuerzos laterales, y aumentando el calibre de la lámina utilizada. Ver planos anexo J.

2.2.3.3. Análisis de esfuerzos de pasadores del actuador hidráulico

Los pasadores son de acero 1020, maquinados en torno, tienen un diámetro de 1", capaces de soportar sin mayor problema los esfuerzos generados por el actuador hidráulico.

El factor de seguridad de estos pasadores supera el valor de 10, lo que indica que estos elementos no representan en realidad riesgo de falla. Este comportamiento se presenta porque los pasadores fueron dimensionados de acuerdo al tamaño de los orificios del actuador, y no en concordancia con los esfuerzos a que están sometidos. Sin embargo el diseño robusto de estos elementos permiten mayor estabilidad en los movimientos de cada proceso y d mejor presentación a la máquina.

El pasador que articula el actuador con la canastilla, que se aprecia en la figura 40, presenta su mayor esfuerzo en la base de la cabeza ($3.58 \times 10^6 \text{ N/m}^2$), en la zona donde hay un cambio de sección que opera como concentrador de esfuerzos.

El pasador que une el chasis con el actuador, en la figura 41, también exhibe su mayor esfuerzo en la base de la cabeza, donde esta el concentrador de esfuerzo, sin embargo, este no es lo suficientemente crítico como para crear una deformación plástica del material.

Figura 40. Esfuerzos en el pasador que articula el vástago del actuador hidráulico con la canastilla

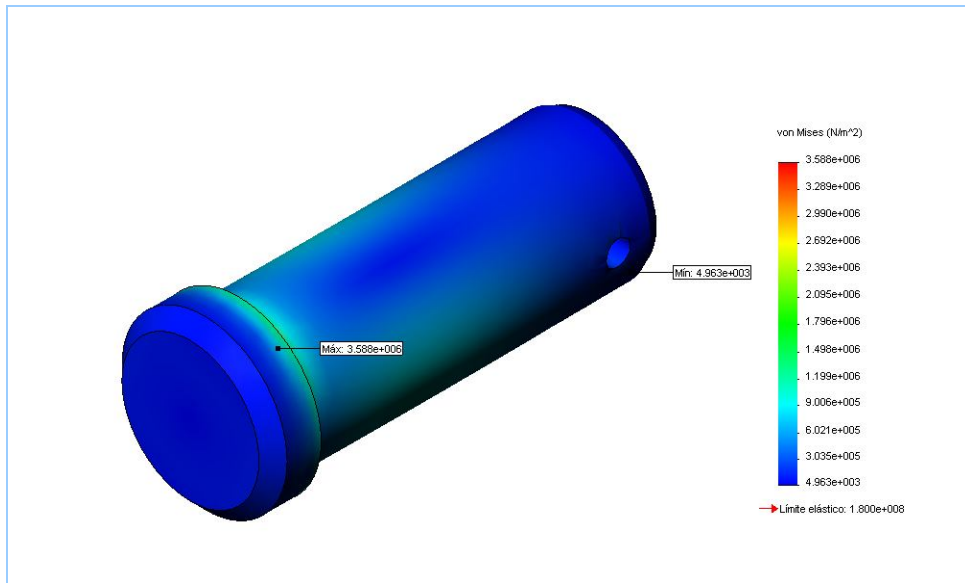
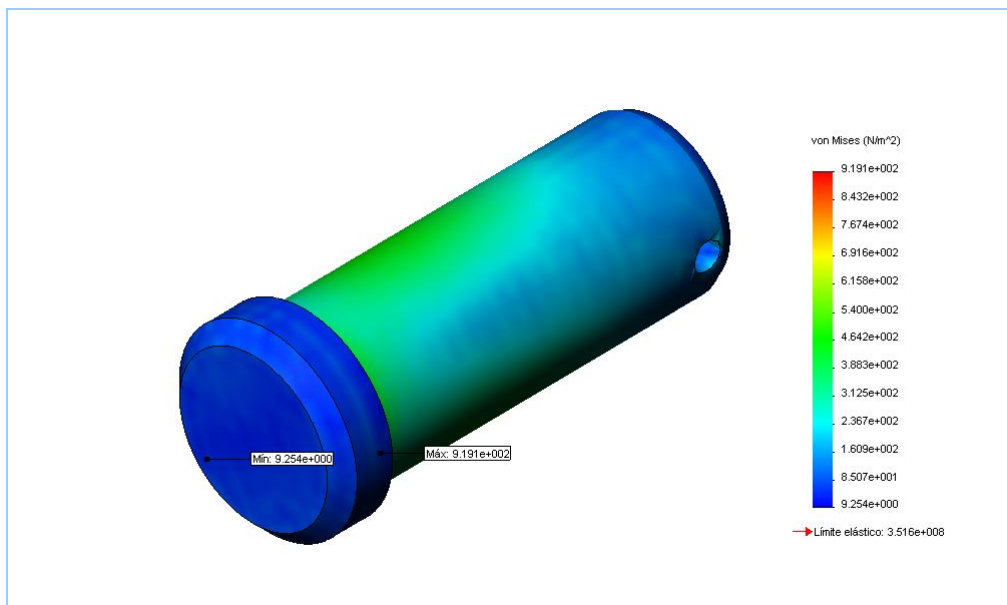


Figura 41. Esfuerzos en el pasador que articula el chasis con el actuador hidráulico

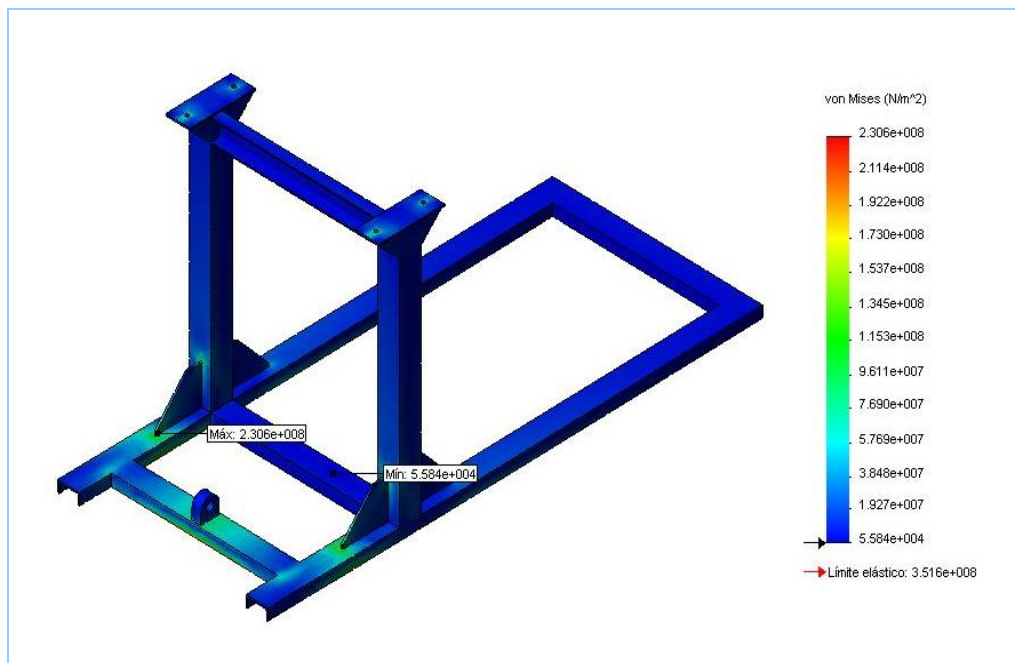


2.2.3.4. Análisis de esfuerzos en el chasis

Las partes del chasis sometidas a esfuerzos de consideración son las placas base de rodamientos, y la pestaña de conexión con el actuador hidráulico.

Se aprecian importantes esfuerzos en la base de las cartelas o refuerzos ubicados en las patas del chasis, producto de la fuerza que produce el actuador hidráulico en la pestaña de conexión. Es en este punto donde se produce el mayor esfuerzo ($2.3 \times 10^8 \text{ N/m}^2$), sin embargo, este no logra superar el límite elástico del material, por tanto, la estructura diseñada tiene un factor de seguridad de 1,6.

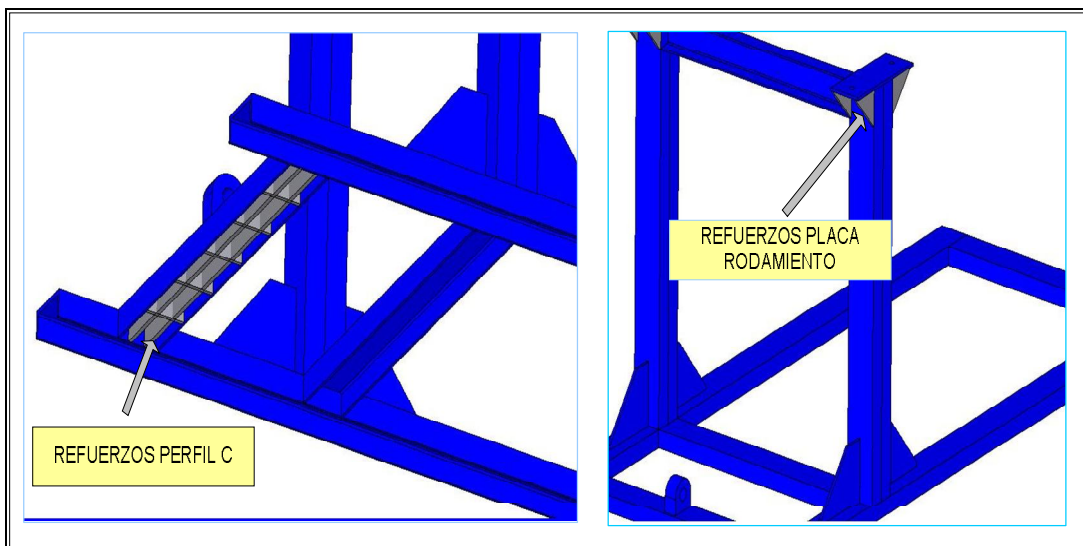
Figura 42. Esfuerzos en el chasis



El chasis inicialmente propuesto, presentaba fallas en el corte de perfil donde esta soldada la pestaña de conexión; es por esto que este perfil se reforzó

con unas laminas de acero 1020 calibre $\frac{1}{4}$, que se soldaron a la parte cóncava de este, como se muestra en la figura 43. De la misma manera, la placa donde se sujetan los rodamientos se reforzó con cuatro cartelas por cada placa, para evitar la falla en esta parte de la estructura.

Figura 43. Modificaciones hechas al chasis



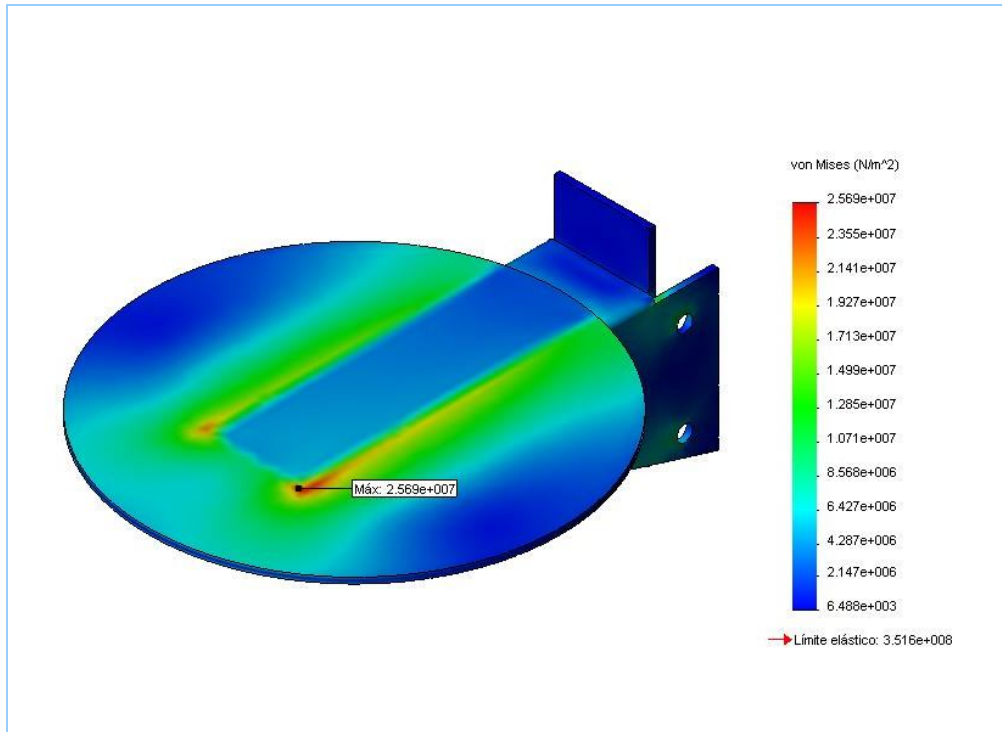
2.2.3.5. Bandeja de soporte de la canastilla

La bandeja presenta su mayor esfuerzo en la unión entre el plato circular y la chapa de lámina que conecta los pernos con la canastilla, sin embargo, este esfuerzo no supera el límite elástico del material utilizado.

El factor de seguridad mínimo en este elemento es de 13.68, lo cual lo ubica entre los elementos no críticos de la máquina.

En la figura 44 se aprecian los detalles de los esfuerzos determinados por el análisis de elementos finitos generados por el software.

Figura 44. Esfuerzos en la bandeja de soporte de la canastilla



Los pernos que aseguran esta bandeja a la canastilla, están sometidos a esfuerzo cortante en dos planos de corte, y cuyo valor es:

$$\tau = \frac{V}{A_t} \quad (1)$$

Donde:

τ = Esfuerzo cortante en el perno.

V = Fuerza de corte que actúa tangente al plano de corte.

A_t = Área del plano de corte

Para esta unión se utilizaron pernos de 3/8" de acero SAE 1020. El área de corte del perno es:

$$A_t = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{\pi \times (9.525 \times 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 7.12 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \quad (2)$$

La fuerza de corte es resultante de las componentes de fuerza que actúan en los orificios de los pernos de la bandeja que se muestran en el análisis presentado en la figura 37, es:

$$V = \sqrt{(588 \text{ N})^2 + (3503 \text{ N})^2} = 3552 \text{ N} \quad (3)$$

Entonces el esfuerzo a que esta sometido cada pasador es:

$$\tau = \frac{V}{A_t} = \frac{3552 \text{ N}}{7.12 \times 10^{-5} \text{ m}^2} = 49873900.17 \text{ Pa} = 49.8 \text{ Mpa}.$$

Considerando que el esfuerzo admisible al corte del material del perno es 175.8 Mpa, el factor de seguridad del perno es:

$$N = \frac{\tau_{adm}}{\tau} = \frac{175.8 \text{ Mpa}}{49.8 \text{ Mpa}} = 3.53 \quad (4)$$

Donde:

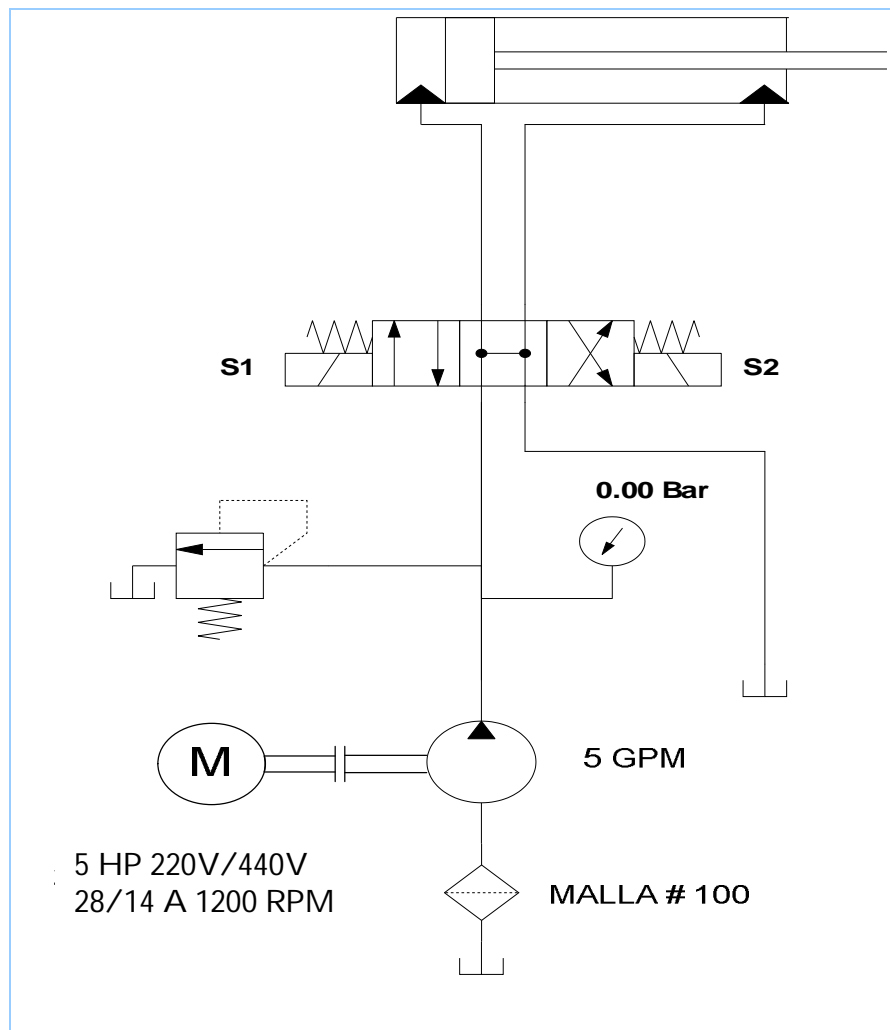
N = Factor de seguridad.

τ_{adm} = Esfuerzo de corte admisible.

3. DISEÑO DEL SISTEMA HIDRÁULICO

El circuito hidráulico se diseño de la forma más funcional y sencilla posible; esta constituido por un motor eléctrico de 5 Hp, una bomba hidráulica de paletas con válvula de seguridad incorporada, una electro válvula direccional 4 puertos y tres posiciones, pilotada, centro abierto, centrada por resortes, un manómetro de 2000 Psi, un actuador de 50 cm de carrera y mangueras de conexión R2.

Figura 45. Gráfica del circuito hidráulico



Después de haber expuesto que la velocidad de recogimiento del cilindro para conseguir rotar la canastilla a una velocidad adecuada, es de 8.5 cm/seg¹⁰, procede a hallar el caudal nominal necesario para mover un actuador hidráulico con las siguientes características:

Características de actuador:

$$D = 3 \text{ pul}$$

$$d = 1.5 \text{ pul}$$

$$\text{Carrera} = 19.68 \text{ pul} = 50 \text{ cm}$$

$$\text{Distancia entre pasadores} = 29.52 \text{ pul} = 75 \text{ cm}$$

Donde:

D = Diámetro mayor del actuador.

d = Diámetro del vástago.

El área anular del cilindro hidráulico es:

$$A_a = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi}{4} [(3 \text{ pul})^2 - (1.5 \text{ pul})^2] = 5.29 \text{ pul}^2 = 34.18 \text{ cm}^2 \quad (5)$$

Donde:

A_a = Área anular del actuador hidráulico.

Con los valores de velocidad lineal del actuador y área anular del actuador, se haya el caudal nominal que entra al cilindro para llenar el área anular:

$$Q_N = V_C \times A_a = 8.5 \text{ cm/seg} \times 34.18 \text{ cm}^2 = 290.53 \text{ cm}^3 / \text{seg} = 4.6 \text{ GPM} \quad (6)$$

¹⁰ Ver capítulo 2.2.1 Análisis cinemático.

Donde:

Q_N = Caudal nominal.

V_C = velocidad lineal del cilindro.

3.1 Cálculo del desplazamiento de la bomba

Una vez se tiene el caudal necesario para mover el actuador a la velocidad especificada, se procede con el cálculo de el desplazamiento de la bomba hidráulica. El desplazamiento de la bomba se puede hallar, despejando la siguiente ecuación:

$$Q_N = N_B \times Despl_B \times \eta_{VB} \quad (7)$$

Donde:

N_B = Velocidad de rotación de la bomba.

η_{VB} = Eficiencia volumétrica de la bomba.

$Despl_B$ = Desplazamiento de la bomba.

Considerando un motor eléctrico estándar que mueva la bomba a 1200 RPM y una eficiencia volumétrica de una bomba de engranajes de 0.9, se conoce el desplazamiento de la bomba:

$$Despl_B = \frac{Q_N}{N_B \times \eta_{VB}} = \frac{4.6 \text{ GPM}}{1200 \text{ RPM} \times 0.9} = 2.95 \times 10^{-3} \text{ Gal} / \text{rev} = 16.12 \text{ cm}^3 / \text{rev}$$

Por lo tanto, una bomba de engranajes de 16 cm³/rev de desplazamiento sería la apropiada para esta aplicación.

3.2 Potencia del motor eléctrico

Considerando la máxima fuerza de retracción¹¹ que debe suministrar el actuador hidráulico de 6500 Newton aproximadamente y el área anular del cilindro, se calcula la presión que debe ejercer el fluido hidráulico en este instante.

$$P_{MAX\ CIL} = \frac{F_{MAX}}{A_a} = \frac{6500\ N}{34.18 \times 10^{-4}\ m^2} = 1901.6\ KPa = 275.8\ 1Psi\ (8)$$

Se asumen las pérdidas de presión en los racores, manqueras, válvula direccional es $P_{PERD} = 80\ Psi$.

Entonces se tiene que la presión formada por la carga en el cilindro y por las pérdidas es:

$$P_B = P_{MAX\ CIL} + P_{PERD} = 275.8Psi + 80Psi = 355.8Psi. (9)$$

Por último, la presión máxima que desarrollará la bomba, es la presión de taraje de la válvula de seguridad, que se escogió más o menos 30 Psi mayor a la presión P_B ; entonces la presión de taraje será de 380 Psi.

La potencia que debe suministrar el motor eléctrico viene dada por la siguiente ecuación:

$$Pot_{MOTOR} = \frac{Q_N \times P_{TARAJE}}{\eta_{VB} \times \eta_{MECB}}\ (10)$$

¹¹ Que es donde se genera la mayor presión por ser el área anular más pequeña que el área del cilindro.

Donde:

Pot_{MOTOR} = Potencia que debe suministrar el motor eléctrico.

Q_N = Caudal nominal de la bomba.

P_{TARAJE} = Presión de taraje de la válvula de seguridad.

$\eta_{MEC B}$ = Eficiencia mecánica de la bomba hidráulica.

Entonces la potencia del motor eléctrico es:

$$Pot_{MOTOR} = \frac{4.6 \text{ GPM} \times 380 \text{ Psi}}{1714 \times 0.9 \times 0.9} = 1.26 \text{ Hp}$$

En el mercado local se obtuvo un paquete de potencia con las siguientes características:

Características del motor:

Marca : Leroy Somer.

Modelo : FR184 TC.

Potencia : 5Hp (3.7kW).

Velocidad : 1200 rpm.

Fases : 3.

Frecuencia : 60 Hertz.

Características de la bomba: (Ver Anexo C)

Marca: Atos

Modelo: PEF – 031016

Tipo: Paletas

Presión nominal: 1800 Psi.

Desplazamiento: 16 cm³ / rev.

Eficiencia volumétrica @ 1200 Psi t @ 25°C = 0.9

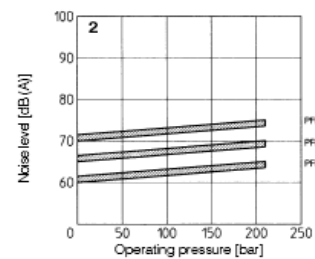
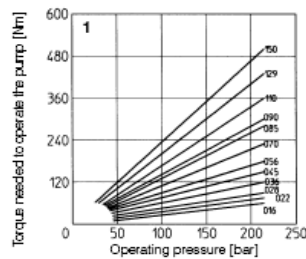
Figura 46. Especificaciones de la bomba seleccionada

3 MAIN CHARACTERISTICS OF VANE PUMPS TYPE PFE-*1	
Installation position	Any position.
Loads on the shaft	Axial and radial loads are not allowed on the shaft. The coupling should be sized to absorb the power peak.
Ambient temperature	from -20°C to +70°C
Fluid	Hydraulic oil as per DIN 51524...535; for other fluids see section 11
Recommended viscosity	800 mm ² /s 100 mm ² /s 24 mm ² /s 10 mm ² /s
Fluid contamination class	ISO 19/16 (filters at 25 μm value with β ₂₅ ≥ 75 recommended)
Fluid temperature	-20°C +60°C -20°C +50°C (MWG seals) -20°C +80°C (PFE seals)
Recommended pressure on inlet port	from -0,15 to 1,5 bar for speed up to 1800 rpm; from 0 to +1,5 bar for speed over 1800 rpm

4 DIAGRAMS (based on mineral oil ISO VG 46 at 50°C)

1 = Torque versus pressure diagram

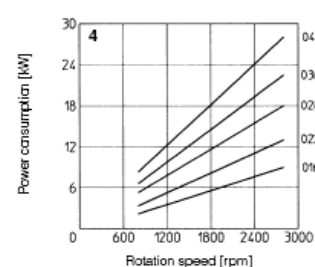
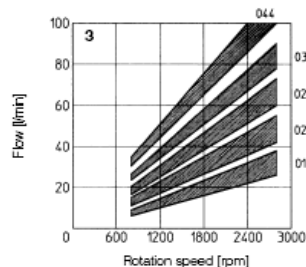
2 = Ambient noise levels measured in compliance with ISO 4412-1 oleohydraulics -Test procedure to define the ambient noise level - Pumps Shaft speed: 1450 rpm.



PFE-31:

3 = Flow versus speed diagram with pressure variation from 7 bar to 210 bar.

4 = Power consumption versus speed diagram at 140 bar. Power consumption is proportional to operating pressure.



4. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

Se decidió implementar el sistema de control por medio de lógica cableada, considerando la sencillez del proceso a automatizar, inmutabilidad de la programación y costos.

El sistema de control consta de dos circuitos:

- Circuito mando de potencia: Es el encargado de gobernar y proteger el motor eléctrico. Trabaja con un voltaje trifásico de 220 V.
- Circuito mando de válvula direccional: Este circuito controla los solenoides de la válvula direccional que sirve de pre actuador, del actuador hidráulico. Trabaja con un voltaje monofásico de 110 V.

4.1. Circuito mando de potencia

Como en el diseño del automatismo se consideró que el motor va a ser arrancado sin carga, ya que la válvula direccional centro abierto estará ubicada en la posición central, la forma de arranque del motor puede ser directa, en la que el motor recibe la tensión de servicio una vez es accionado. Si el motor arrancara con carga, se produciría un aumento en la corriente en el devanado.

Los componentes utilizados en el sistema de arranque del motor son los siguientes¹² :

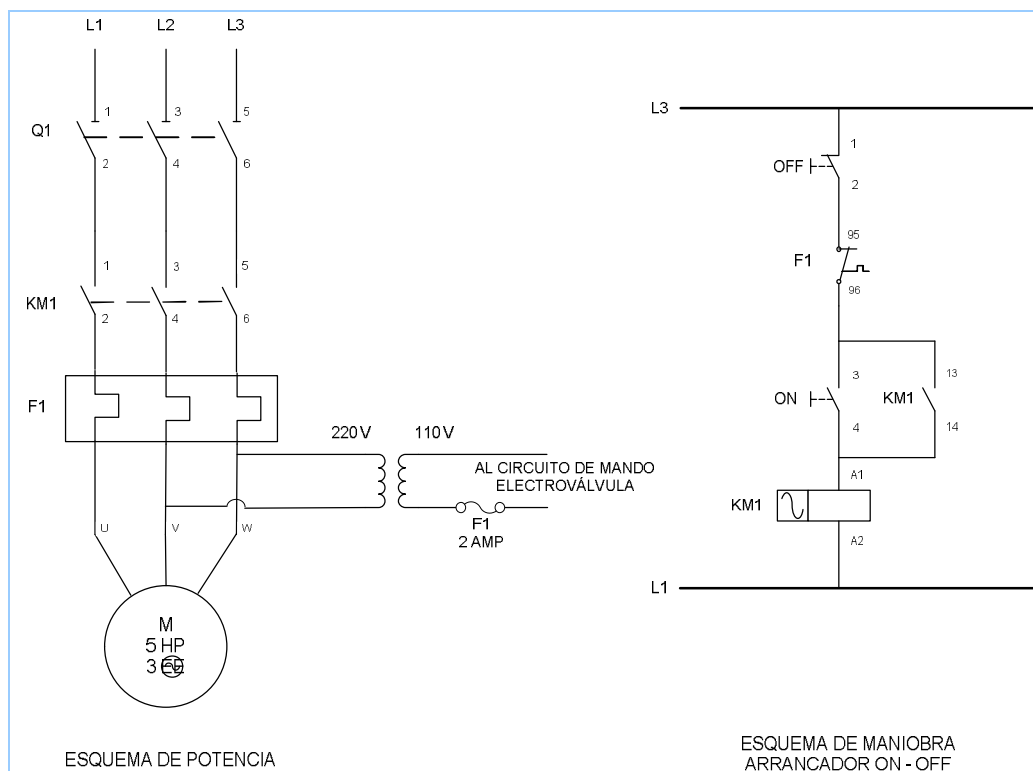
¹² Ver características de componentes eléctricos en el anexo H.

Seleccionador trifásico (Q1): Se encarga de suministrar y contar la corriente que llega al circuito de potencia.

Contactador (KM1): El contactor es un relé que permite cerrar y abrir varios contactos de gran amperaje por medio de pulsadores. La bobina del contactor se energiza con una fuente de bajo voltaje.

Relé térmico (F1): Este elemento protege al circuito de potencia contra sobre intensidad de corriente, producidas por exceso de carga en el motor, falta de una fase o caída de tensión.

Figura 47. Esquema de conexión circuito mando de potencia y mando de maniobra para motor eléctrico



4.2. Circuito mando de válvula direccional

Este circuito es el que realiza las secuencias de lavado y descarga de cilindros. Consta de tres modos de operación que son seleccionados por medio de un interruptor selector de tres posiciones. A continuación se describen los tres modos de operación de la maquina:

4.2.1. Circuito de mando de modo manual

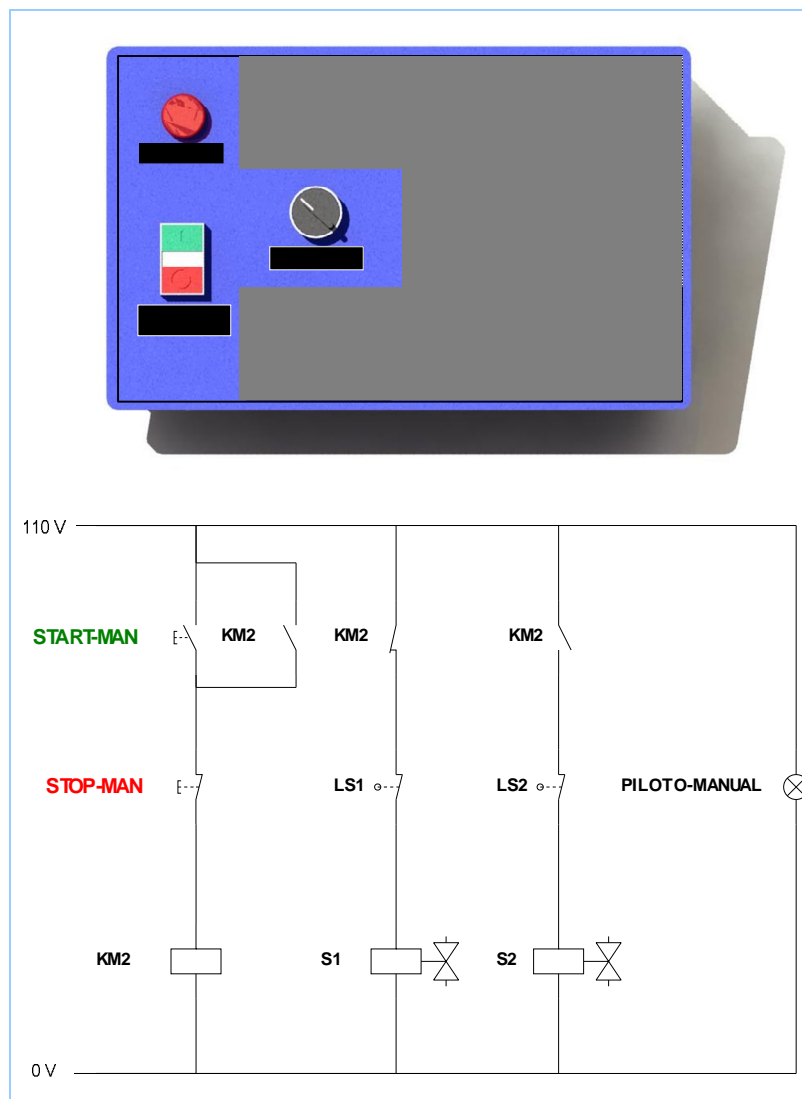
Este modo permite al operador manipular el giro de la canastilla a través de la extensión y retracción del actuador hidráulico. Para activar el mando manual, primero se debe girar el selector en sentido contrario a las manecillas del reloj; en esta posición la válvula direccional es controlada por el circuito mostrado en la figura 48.

Este circuito está programado para llevar la canastilla a la posición de carga en caso de no estarlo por haber quedado en una posición intermedia, producto de un paro de emergencia o cualquier otro motivo. Es por esto que a momento de llevar el selector a la posición manual, y si la canastilla no se encuentra en la posición de carga, esta se mueve automáticamente hasta activar el final de carrera "LS1" que indica que se ha llegado a esta posición.

Cuando se acciona el pulsador "START-MANUAL", se energiza el solenoide 2 que permite que el actuador se extienda para llevar la canastilla a la posición de descarga. La extensión del actuador se detiene cuando se acciona el final de carrera "LS2" que indica que la canastilla ha llegado a la posición de descarga.

Al accionar el pulsador “STOP-MANANUAL”, se energiza el solenoide 1 que permite que e actuador se retraiga, llevando consigo a la canastilla a la posición de carga, hasta que se accione el final de carrera “LS1”.

Figura 48. Esquema de conexión mando manual



START-MANUAL : Pulsador Start (verde) del modo manual.

STOP-MANUAL: Pulsador Stop (rojo) del modo manual.

S1: Solenoide 1 de la válvula direccional.

S2: Solenoide 2 de la válvula direccional.

LS1: Final de carrera posición de carga.

LS2: Final de carrera posición de descarga.

4.2.2. Circuito de mando Modo automático

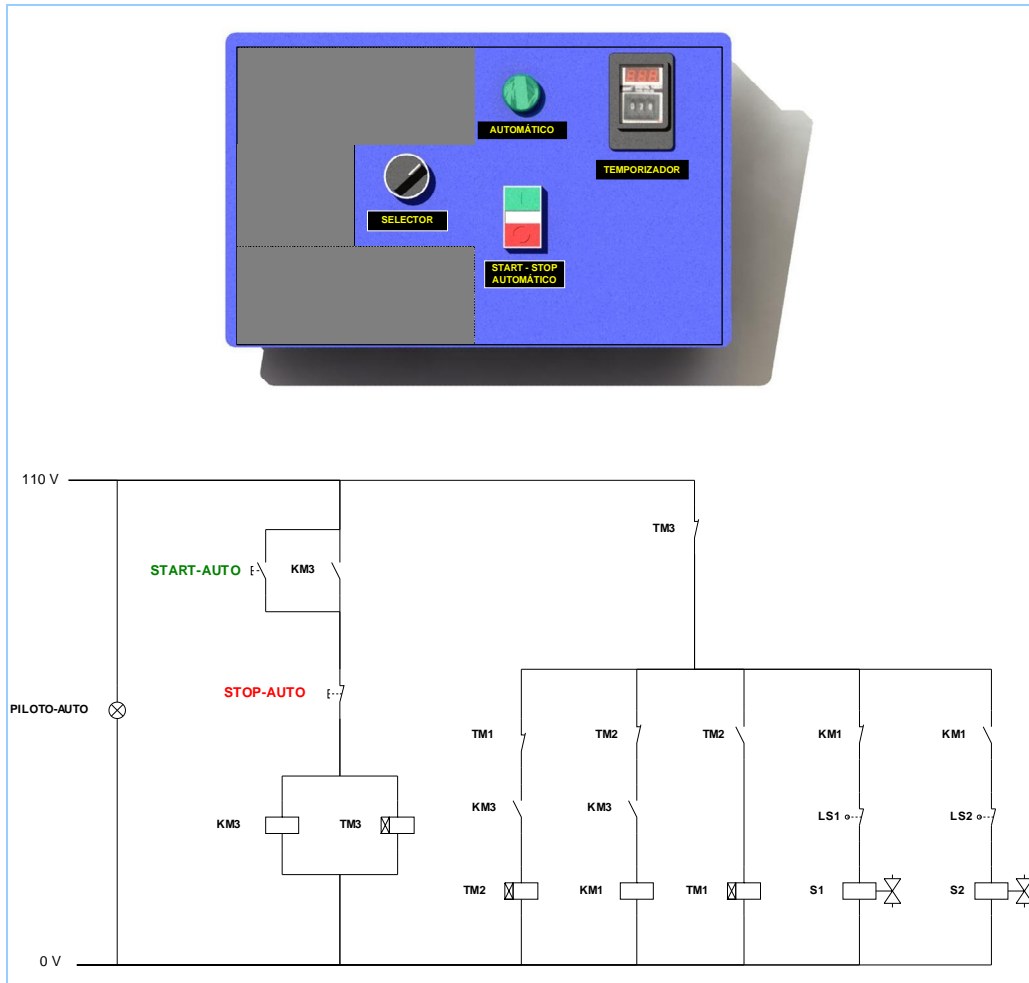
Este modo permite al operador realizar la secuencia de lavado, que consiste en balancear los cilindros de un lado a otro, y se activa al girar el selector de modos en sentido de las manecillas de reloj hasta llevarlo a la posición mostrada en la figura 49.

Una vez que el selector esta en la posición automático, el piloto luminoso de color verde se enciende, indicando que el circuito de mando de la válvula direccional es ahora el mostrado en al figura 49. Con el temporizador, ajustable para contar hasta 999 segundos, se escoge el tiempo de lavado por balanceo de los cilindros, dependiendo del grado de suciedad que estos presenten.

Este circuito, al igual que el modo manual, esta programado para llevar la canastilla a la posición de carga en caso de no estarlo por haber quedado en una posición intermedia.

Al accionar el pulsador “*START-AUTO*”, de color verde, la canastilla porta cilindros empieza a balancearse controladamente para realizar el lavado del cilindro. Este movimiento de vaivén es controlado por los temporizadores *TM1* y *TM2*, hasta que el temporizador ajustable *TM3* (ubicado en la posición superior – derecha del tablero de control), interrumpe la operación. Seguidamente, se debe pulsar el botón “*STOP-AUTO*”, para llevar la canastilla a la posición de carga.

Figura 49. Esquema de conexión mando automático



Al accionar el pulsador “START-AUTO”, de color verde, la canastilla porta cilindros empieza a balancearse controladamente para realizar el lavado del cilindro. Este movimiento de vaivén es controlado por los temporizadores *TM1* y *TM2*, hasta que el temporizador ajustable *TM3* (ubicado en la posición superior – derecha del tablero de control), interrumpe la operación. Seguidamente, se debe pulsar el botón “STOP-AUTO”, para llevar la canastilla a la posición de carga.

Modo Stand - by: Este modo sitúa a la maquina en una etapa de espera. Al llevar el selector de modos a su posición central, se enciende el piloto luminoso de color amarillo, que indica que la maquina esta en modo stand – by.

En este modo no hay actuación alguna sobre la válvula direccional, que se encuentra en el centro abierto, y permite descargar el fluido a tanque.

En el anexo I, se aprecia el circuito general del montaje del control eléctrico de la maquina.

5. MANUAL DE OPERACIÓN DE LA MAQUINA INVERSORA DE CILINDROS DE GNV TIPO1

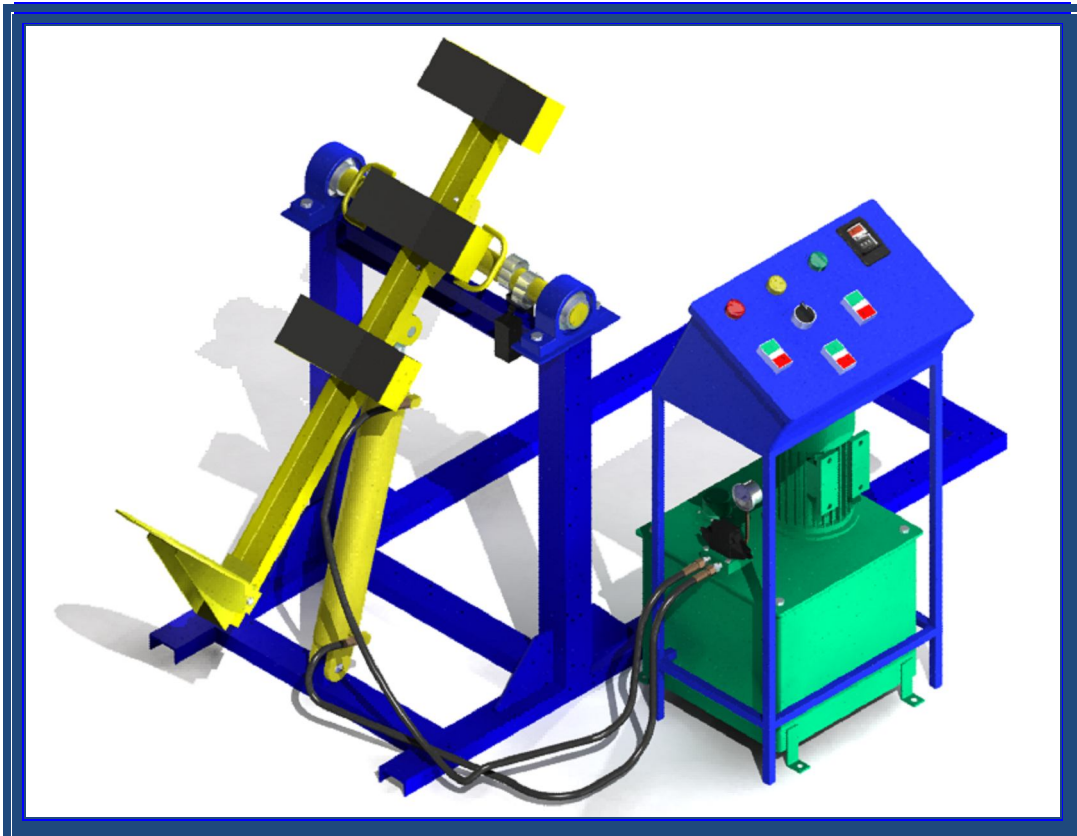


Figura 50. Vista general de la máquina Inversora

⚠ ¡ATENCIÓN!

- No opere esta máquina hasta que no haya leído cuidadosamente y comprendido completamente este manual.
- Su seguridad personal y la de terceros dependen de su cuidado y atención al operar este equipo.
- Es necesario asegurarse de que el procedimiento seleccionado sean seguros para usted y los demás. Asimismo, debería asegurarse de que la máquina no sufra daños o de no poner en peligro la seguridad de la máquina.

SEGURIDAD EN LA OPERACIÓN DE LA MÁQUINA INVERSORA

La seguridad es importante. No deje de informar acerca de cualquier anomalía durante la puesta en marcha o el funcionamiento de la máquina. Informe si:

- ❑ **OYE** golpes o cualquier otro ruido poco común.
- ❑ **HUELE** aislante quemado, metal caliente, goma quemada, aceite quemado, o gas natural.
- ❑ **SIENTE** cambios en el funcionamiento del equipo.
- ❑ **VE problemas** en las conexiones y los cables, en las conexiones hidráulicas o en luces piloto.



INFORME Sobre cualquier cosa que vea, sienta, huelga u oiga que pueda ser insegura o diferente de lo esperado.

Utilice vestimenta de protección adecuada

Como parte fundamental de los requisitos que debe cumplir un operario que trabaja en un laboratorio de pruebas hidrostáticas de cilindros de GNV tenemos:

- ❑ Utilice un casco, guantes, zapatos de seguridad, anteojos de protección, y cualquier otro equipo de protección personal que sea necesario.
- ❑ Quítese las joyas y anillos y no use vestimenta suelta, ni pelo largo que se pueda enganchar en los controles o partes móviles de la máquina Inversora o de las máquinas auxiliares del proceso.



Precauciones en el manejo del sistema hidráulico de la Inversora

A pesar de que las presiones hidráulicas de esta máquina son bajas en comparación con otros equipos hidráulicos, es importante recordar que un escape repentino de aceite hidráulico puede causar lesiones graves, incluso puede ser fatal si la presión es lo suficientemente alta. Los escapes de fluido bajo presión pueden penetrar la piel y causar lesiones graves. Por ello es importante atender las siguientes recomendaciones:

- ❑ Mantenga las manos y el cuerpo alejados de aberturas que puedan eyectar fluido bajo presión.
- ❑ Utilice un pedazo de cartón o papel para localizar los escapes.
- ❑ Si el fluido penetra en la piel, deberá ser extraído de forma inmediata por un médico familiarizado con este tipo de lesiones.



⚠ ¡CUIDADO!

- ❑ Use anteojos de seguridad y mantenga la cara alejada del área cuando el sistema hidráulico este operando para evitar que en caso de fugas el aceite le salpique los ojos.

⚠ ¡ATENCIÓN!

- ❑ Es necesario asegurarse que los cables de alimentación tengan una conexión adecuada a tierra. Es importante tener en cuenta que trabaja en un ambiente húmedo con instrumentos eléctricos. La conexión adecuada a tierra disminuye el peligro de recibir una descarga eléctrica.

CONEXIÓN ELÉCTRICA DE LA MÁQUINA INVERSORA

La máquina inversora de cilindros de CNV tipo 1, esta alimentada por medio de una conexión eléctrica trifásica de 220 V, que está conectada al totalizador eléctrico ubicado en la caja de control de la cual se derivan dos circuitos: uno para la alimentación del motor eléctrico de potencia de la unidad hidráulica y otro para un transformador de corriente bifásica a monofásica de 220 V a 110 V para la alimentación del circuito del tablero de control. Es importante verificar la adecuada conexión eléctrica de la máquina.

Posicionamiento y ajuste del cilindro

- ✓ El primer paso antes de iniciar cualquier operación de la máquina debe ser posicionar y sujetar el cilindro a la canastilla por medio de la correa de la canastilla y generar la suficiente tensión para garantizar el ajuste apropiado del cilindro a la canastilla de la inversora, como se ilustra en la figura 33.

Figura 51. Detalle del ajuste del cilindro a la canastilla de la Inversora



Arranque de la máquina.

- ✓ En el tablero de control ubicamos el interruptor “POWER-ON-OFF”. Para arrancar el motor, verifique la conexión de la línea principal de alimentación de corriente y pulse el interruptor “POWER-ON” el cual activa simultáneamente una luz piloto o testigo de color amarillo señalada con el rotulo “STAND BY”, que indica que el motor está en funcionamiento y que a su vez se ha energizado el selector del circuito de control de mando de la máquina. Como se ve en la figura 34.

Figura 52. Panel de control de la máquina inversora



Accionamiento del modo “MANUAL”

- ✓ Si se desea activar el proceso de inversión en forma manual, se debe girar el selector del tablero de control a la izquierda, de esta forma se activa la luz piloto de color roja la cual esta rotulada con el respectivo nombre.

- ✓ El interruptor “START-STOP-MANUAL” ubicado en la parte inferior del piloto de luz roja, activa o desactiva el mando de control del circuito, generando de esta forma la acción del actuador hidráulico que al proyectarse causa el efecto de la inversión de la canastilla del cilindro.
- ✓ Para invertir el cilindro pulse el botón verde; esta acción está sincronizada con un tope o final de carrera el cual controla el actuador, la cual detiene automáticamente el movimiento de rotación de la canastilla una vez se alcance la posición máxima de inversión del cilindro.
- ✓ Para retornar la canastilla porta cilindro a la posición inicial o interrumpir el proceso de inversión en cualquier momento y retornar la canastilla inmediatamente a la posición de carga se debe pulsar el botón rojo, del respectivo control manual.

Sugerencia:

Como el proceso de inversión manual se usa para invertir el cilindro y generar la descarga por gravedad de los líquidos que contenga el cilindro, es propio que se deba dar un tiempo adecuado para que esto ocurra. Por ello se recomienda que cuando se este en este proceso de descarga, se retorne el selector a la posición central o Stand by, y se apague el motor pulsando el botón rojo “OFF”.

⚠ ¡ATENCIÓN!

Toda vez que la canastilla porta cilindro se encuentre en la posición de inversión de cilindro y se haya apagado el motor, al pulsar el botón Start para energizar los circuitos y arrancar nuevamente el motor, siempre que se gire el “Selector” a cualquiera de los modos de mando bien sea manual o automático, la canastilla retornará inmediatamente a la posición de carga de cilindros, sin que se pulse ningún otro botón, pues por defecto el circuito eléctrico guarda siempre la memoria de la posición de carga.

Accionamiento del modo “AUTOMATICO”

Para el caso de la selección del modo automático diseñado para la utilización de la inversora el lavado del cilindro podemos considerar los siguientes pasos:

- ✓ Primero posicione el cilindro preparado en la canastilla, por medio de la correa y genere la suficiente tensión a la correa para garantizar el ajuste apropiado del cilindro a la canastilla de la inversora.
- ✓ A continuación establezca y seleccione el tiempo en unidades de segundos de la operación requerida en el temporizador, el cual tiene un rango de 0 a 999 segundos. Ver figura 35.

Figura 53. Detalle del temporizador asociado al circuito automático



- ✓ Verifique que el selector se encuentra en la posición Stand by y seguidamente arranque el motor pulsando el botón “POWER-ON”.
- ✓ Gire el selector a la derecha para seleccionar el modo automático, notará que la luz piloto o testigo de color verde se enciende y que el temporizador muestra el tiempo programado para la duración del ciclo

automático. Si desea hacer ajustes al tiempo programado en este momento aún se pueden realizar.

- ✓ Una vez este listo, pulse el botón verde respectivo para iniciar el proceso. En el modo automático la canastilla porta cilindro se balancea repetidamente durante el tiempo programado.

Figura 54. Detalle de la posición de descarga del cilindro en la Inversora

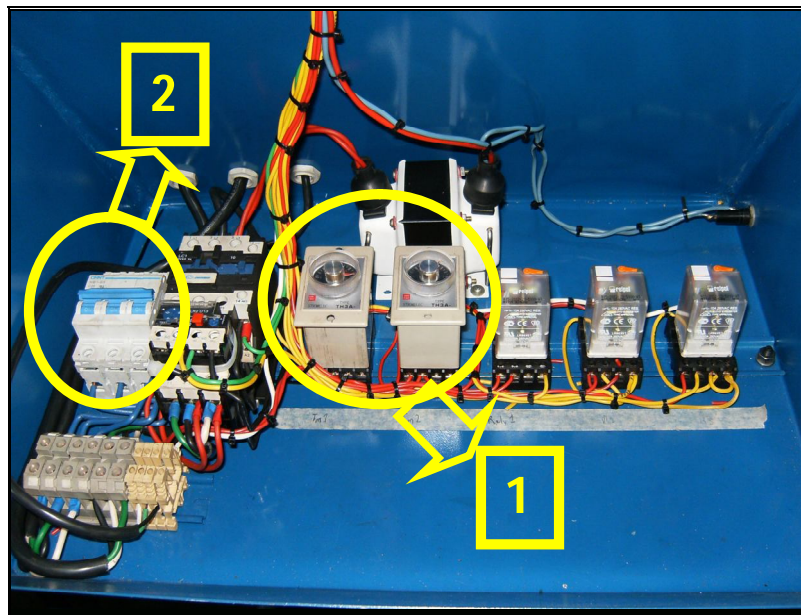


- ✓ Una vez terminado el ciclo automático según el tiempo programado, retire el tapón del cuello del cilindro y deje descargar por gravedad los líquidos usados en el lavado Ver figura 36. Inyecte más agua a presión para el enjuague final.
- ✓ Pulse el botón rojo para retornar la canastilla porta cilindro a la posición de carga y verifique por inspección visual la correcta limpieza interna del cilindro.

Sugerencia:

En el modo automático, los ángulos de inversión y retorno de la canastilla pueden ser modificados previamente, ajustando los temporizadores ubicados en la parte interior de la caja de control. Se recomienda mantener la calibración pre establecida. Ver detalle 1, de la figura 37.

Figura 55. Detalle 1, de los temporizadores del circuito de control automático de la Inversora. Detalle 2, del totalizador de la cabina de control



⚠ ¡ATENCIÓN!

Para suspender el ciclo automático en cualquier momento pulse el botón rojo del respectivo control automático; notará que la canastilla retornará a la posición de carga del cilindro.

Parada de emergencia y apagado

Dado que en el laboratorio de pruebas Hidrostáticas de cilindros de GNV, solo esta autorizada la presencia de personal entrenado y calificado, no es necesario instalar paradas de emergencia remotas adicionales al equipo.

- ✓ Para apagar la máquina en cualquier momento, incluida una parada de emergencia, pulse el botón rojo "POWER-OFF". Este mando desenergiza inmediatamente los circuitos de motor eléctrico y control.
- ✓ Para realizar el apagado total de la máquina en condiciones normales de operación, gire el selector a la posición central "Stand by" y seguidamente pulse el botón rojo "POWER-OFF".
- ✓ Para garantizar un mayor nivel de protección a la unidad, en periodos largos de no uso, se recomienda aplicar la posición "OFF" en el totalizador que se encuentra en la parte interior de la consola de control. Ver detalle 2, de la figura 37.

6. PRUEBAS PROTOTIPO DE LA MÁQUINA

Para la verificación del correcto funcionamiento y logro de los objetivos del proyecto se realizaron pruebas con tres tipos de cilindros de diferentes gamas, cuyas características se detallan en la tabla 15.

Las pruebas fueron realizadas en el laboratorio de pruebas hidrostáticas y en ellas fueron usadas las herramientas de apoyo y control usadas cotidianamente. A cada uno de ellos se aplicó un procedimiento de inversión y retorno en el modo manual, así como también un procedimiento de modo automático para el cual se estableció un periodo de tiempo estándar de 20 ciclos, esto es aproximadamente 2 minutos.

Procedimiento:

- ✓ Selección de los cilindro a usar en la pruebas.
- ✓ Pesaje del cilindro en vacío.
- ✓ Pesaje del cilindro totalmente lleno de agua.
- ✓ Montaje y ajuste del cilindro en la máquina inversora.
- ✓ Aplicación de la prueba en modo manual.
- ✓ Descarga del cilindro hasta el 50 % del su capacidad de llenado.
- ✓ Realización de la prueba en modo automático.
- ✓ Descarga total del contenido del cilindro.
- ✓ Desmonte del cilindro de la maquina inversora.

Tabla 15. Pruebas prototipo de la máquina inversora de cilindros

MARCA	SERIAL	FECHA FABRICACIÓN REPRUEBA (Mes / año)	DIAMETRO EXTIOR (cm)	CAPACIDAD HIDRAULICA (Litros)	PESO VACIO (KG)	PESO LLENO (KG)	PRUEBA REALIZADA ¹	CONCLUSIÓN
BONGAS	10W844320UJ	03 / 2008	30	40	40	79,2	Manual	Satisfactoria
BONGAS	10W844320UJ	03 / 2008	30	40	40	79,2	Automático	Satisfactoria
CILBRAS	2366457	10 / 2002 12 / 2007	34	64	69,5	133,3	Manual	Satisfactoria
CILBRAS	2366457	10 / 2002 12 / 2007	34	64	69,5	133,3	Automático	Satisfactoria
CILBRAS	2330574	08 / 2002 08 / 2007	38	120	115,9	235,2	Manual	Satisfactoria
CILBRAS	2330574	08 / 2002 08 / 2007	38	120	115,9	235,2	Automático	Satisfactoria

1. Manual: procedimiento de inversión y retorno en el modo manual. Automático: un procedimiento en modo automático para el cual se estableció un periodo de tiempo estándar de 20 ciclos, esto es aproximadamente 2 minutos.

Figura 56. Fotos de la realización de pruebas prototipo.
1. Pesaje cilindro de 40 L; 2 y 3. Pesaje del cilindro de 120 L; 5 y 6 estado de inversión de los cilindros de 64 L y 120 L.



7. MANUAL DE MANTENIMIENTO MAQUINA INVERSORA DE CILINDROS DE GNV TIPO 1

PRECAUCIONES

Para asegurar un rendimiento óptimo, limpie la maquina regularmente y realice un mantenimiento constante.

Con un cuidado y mantenimiento razonable, esta maquina tendrá una vida útil de muchos años, por lo tanto es necesario tener un programa establecido para su mantenimiento.



HERRAMIENTAS

- ✓ Juego de llaves de boca fija de ¼", 3/8" y 1"
- ✓ Juego de destornilladores pala y estrella.
- ✓ Pinza voltiamperimétrica.
- ✓ Pistola engrasadora neumática.
- ✓ Llave de expansión.
- ✓ Brocha pequeña de cerdas suaves.



Advertencia:

- Nunca inspeccione las manqeras, y equipo sometido a la presión del aceite, durante la operación y mantenimiento de la maquina. Riesgo de serias lesiones.
- Antes de realizar cualquier operación de mantenimiento es necesario desconectar el sistema del suministro de corriente



POR SU SEGURIDAD UTILICE:



- ✓ **GAFAS,**
- ✓ **CASCO,**
- ✓ **BOTAS**
- ✓ **GUANTES DE
SEGURIDAD**



Es necesario asegurarse que los cables de alimentación tengan una conexión adecuada a tierra. Es importante tener en cuenta que trabaja en un ambiente húmedo con instrumentos eléctricos. La conexión adecuada a tierra disminuye el peligro de recibir una descarga eléctrica.

**MANUAL DE MANTENIMIENTO MAQUINA
INVERSORA DE CILINDROS DE GNV TIPO 1**

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Diariamente:

Antes de empezar la jornada de trabajo:

1. Realice una inspección visual para comprobar fugas en el sello del actuador hidráulico, y conexiones racores.
2. En caso de que la maquina no encienda al pulsar el botón de arranque revise el compartimiento del fusible ubicado en la gaveta del sistema de control.

Limpieza después de pruebas:



1. Apague y desconecte la máquina antes de limpiar.
2. Limpiar con un paño de algodón la canastilla y el chasis al final de la jornada de trabajo diaria.
3. No utilizar elementos abrasivos para limpiar la maquina.

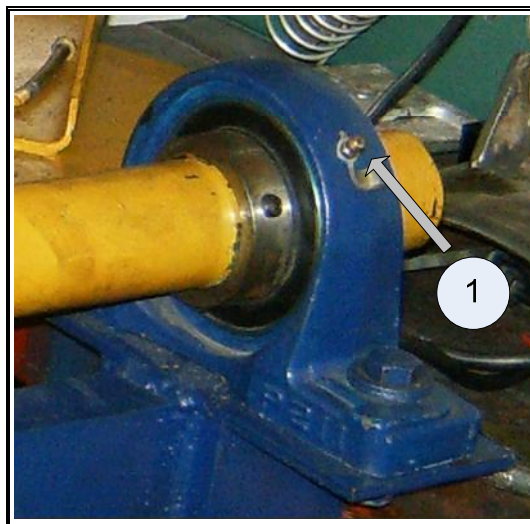
Nota: La maquina debe lavarse con agua y jabón siempre que sea necesario.

**MANUAL DE MANTENIMIENTO MAQUINA
INVERSORA DE CILINDROS DE GNV TIPO 1**

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Semanalmente:

Figura 57. Punto de lubricación de rodamientos



1. Engrasar con la pistola las graseras de los rodamientos y zonas de engrase, por ejemplo los detallados en la zona número 1 de la figura 57.
2. Verificar nivel de aceite hidráulico.
3. Inspección de soldaduras y uniones en chasis y canastilla.
4. Verificar estado de adherencia de los recubrimientos de caucho de la canastilla.

**MANUAL DE MANTENIMIENTO MAQUINA
INVERSORA DE CILINDROS DE GNV TIPO 1**

MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Mensualmente:

1. Limpieza de filtro de admisión de la bomba hidráulica.
2. Revisión del nivel de suciedad, color y textura del aceite hidráulico.
3. Verificación de estado de pintura.
4. Limpieza del tablero de control.

Nota 1: La limpieza del filtro de admisión se realiza desmontándolo primero, luego se lava en un recipiente que contenga gasolina como agente de limpieza, y utilizando un cepillo que permita retirar impurezas de la malla del mismo.

Nota 2: El aceite hidráulico no debe tener partículas sólidas, burbujas de aire o agua, y debe presentar un color no muy oscuro.

Nota 3: La limpieza del tablero de control se realiza con una brocha pequeña de cerdas suaves que permita retirar el polvo que se haya acumulado en este. No utilice solventes o cualquier liquido para limpiar esta parte.

Nota 4: En caso de encontrar el aceite hidráulico en malas condiciones, se debe cambiar. El aceite a utilizar es Tellus oil T32 150 SSU.

**MANUAL DE MANTENIMIENTO MAQUINA
INVERSORA DE CILINDROS DE GNV TIPO 1**

MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Semestralmente:

1. Inspección y limpieza del filtro de admisión de la bomba hidráulica.
2. Inspección del nivel del aceite hidráulico y limpieza del mismo de ser necesario.
3. Revisión del estado de las botoneras y conexiones del panel de control.
4. Realizar pruebas eléctricas al devanado del motor. La primera es la prueba de resistencia a tierra y la segunda comparación de impedancias entre fases.
5. Revisión de rodamientos de eje.
6. Verificar nivel de ruido y mantenimiento de presión de la bomba hidráulica.
7. Verificar estado del estado de la correa de sujeción de cilindros.
8. Inspeccionar cables de alimentación y del circuito de control.

NOTA 1: Las inspecciones realizadas en los mantenimientos semestrales pueden sugerir algún tipo de corrección, calibración o cambio de partes o componentes de la máquina. Antes de tomar cualquier decisión solicite la verificación de un experto según sea el caso que se presente y tenga muy en cuenta la siguiente sugerencia.

NOTA 2: En caso de detectar alguna anomalía, se recomienda no abrir, ni manipular componentes que requieran atención especializada como motor eléctrico, bomba hidráulica, actuador, etc, solicite la atención de un experto.

HOJA DE VIDA MÁQUINA INVERSORA DE CILINDROS GNV TIPO 1.



Motor eléctrico.	
Marca	Leroy Somer
Potencia	5 Hp
Modelo	FR184TC
Revoluciones	1200 RPM
Fases	3

Bomba hidráulica	
Marca	Atos
Tipo	Paletas
Presión nominal	1800 psi
Desplazamiento Vol.	16 cm ³ /rev

HISTORIAL MANTENIMIENTO

FECHA	TIPO MTTO		OBSERVACIONES	REPUESTOS	REALIZÓ
	Correctivo	Preventivo			

8. CONCLUSIONES

- ✓ El desarrollo de este proyecto es una máquina con sistema de potencia hidráulica y control de lógica cableada, que cumple con los requisitos de diseño establecidos, esto es, capaz de invertir cilindros de GNV Tipo 1, hasta de 120 Litros, 180 centímetros de largo y 45 centímetros de diámetro. Con posibilidad de funcionamiento en un proceso de inversión y retorno simple en modo manual, o bien ser utilizada en el proceso de lavado de los cilindros usando el modo automático. Que puede ser controlada por un solo operario por su diseño sencillo y práctico. Por su diseño modular la máquina es transportable y de fácil mantenimiento.

- ✓ Con la demostración satisfactoria del funcionamiento de la máquina inversora a través de las pruebas prototipo se establecen las capacidades reales de funcionamiento del diseño construido, y se establece el cumplimiento de la misión institucional de la Universidad Industrial de Santander, de aportar a la empresa local, soluciones efectivas y eficaces que generan mejoramiento de la calidad del ambiente laboral y salud ocupacional de los trabajadores y que redundan en beneficios económicos para los empresarios.

- ✓ Los perfiles de proyectos como el desarrollado en este trabajo ha permitido la integración y confrontación práctica de las herramientas informáticas de vanguardia con los conocimientos teóricos del futuro profesional. De esta forma se establece la gran utilidad de dichas herramientas informáticas por sus altos grados de simulación de los comportamientos reales de materiales y estructuras, que por tal razón permiten arreglos y modificaciones plenas en la etapa de diseño.

RECOMENDACIONES

- Para facilitar las operaciones y garantizar el correcto funcionamiento de la Inversora de Cilindros, se recomienda realizar el anclaje de la máquina en el sitio acondicionado para el funcionamiento de la misma.

- Debido a las condiciones inherentes al sitio de trabajo, como lo son salpicaduras de fluidos que generalmente incluyen sustancias jabonosas altamente oxidantes, aceite lubricante, polvo y trabajo pesado, es necesario tener un programa de mantenimiento establecido y controlado. A demás de un cuidado razonable de los diferentes componentes de la máquina que garantizará a la misma una vida útil de muchos años.

- Con el fin de facilitar el posicionamiento de los cilindros de menor altura a la de diseño, sin tener que generar el desplazamiento del plato de la canastilla, se puede construir una o dos bases de apoyo con las alturas apropiadas para las series de cilindros de mayor instalación en el mercado local.

BIBLIOGRAFÍA

VICKERS, Systems. Manual de óleo hidráulica industrial. 1993.

SMITH, Carlos / CORRIPIO, Armando. Control Automático de Procesos, Aplicaciones y Prácticas. Limusa. 1999.

MONTMOLLIN, Maurice D. Introducción a la ergonomía. Editorial Limusa, México D.F. 1996.

PARADA, Alfredo J. El proceso básico de diseño, Conferencias de clase. UIS. 2000

HIBBELER, Russel. C. Dinámica. Prentice Hall, México. 1996.

NORTON, Robert L. Diseño de maquinas. Prentice Hall, Mexico. 1999.

POPOV, Egor P / BALAN, Toader A. Mecánica de sólidos. Pearson educación. México, 2000.

NORMA TECNICA COLOMBIANA; NTC 4828. Métodos para inspección de cilindros y sus sistemas de montaje empleados en vehículos que operan con gas natural comprimido. ICONTEC. 2001.

NORMA TECNICA COLOMBIANA; NTC 2699. Inspección periódica y ensayo de cilindros de acero sin costura. ICONTEC. 1997.

NORMA TECNICA COLOMBIANA; NTC 5171. Métodos de pruebas hidrostáticas para cilindros de gas comprimido. ICONTEC. 2003.

NORMA TECNICA COLOMBIANA; NTC 3847. Cilindros de alta presión para almacenamiento de gas natural utilizado como combustible para vehículos automotores. ICONTEC. 2002.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Comisión de regulación de energía y gas, CREG. Estudio de transporte de gas. Bogotá.

www.minminas.gov.co

PERIODICO GNV. Edición 7. Grupo Comunicar. Bogotá. 2008

www.orvisacomunicaciones.com.co

ANEXOS

ANEXO A

Hoja de especificaciones de material

Cia. General de Aceros S.A.

Es respaldo!

AISI/SAE 1020

DIN C - 22 UNI C-20
AFNO CC-20 AISI/S 1020
R AE

COMPOSICION QUIMICA	C %	Mn %	P Max %	S Max %	Si Max %
Análisis típico en %	0,18 0,23	0,3 0,6	0,04	0,05	0,15 0,3

PROPIEDADES MECANICAS					
Estado De Suministro	Resistencia a la Tracción kg/mm ²	Limite elástico kg/mm ²	Alargamiento %	Reducción de Area %	Dureza Brinell Aprox
Laminado En Caliente	40	31	25	45	140 /180
Calibrado	55	38	15	30	180/220

TRATAMIENTO TERMICO	TEMPERATURA °C	MEDIO DE ENFRIAMIENTO
FORJA	1000-1200	ARENA SECA
NORMALIZADO	880-920	AIRE
RECOCIDO	660-720	HORNO
CEMENTACION	900-930	HORNO/AGUA
TEMPLE CAPA CEMENTADA	760-800	AGUA
REVENIDO CAPA CEMENTADA	150-200	AIRE

CARACTERISTICAS DE EMPLEO

Este acero puede utilizarse en estado cementado, laminado en caliente o estirado en frío (Calibrado). Se utiliza en elementos de maquinaria que requieran gran tenacidad junto con una dureza no muy elevada.

APLICACIONES

Se usa principalmente para partes de vehículos y maquinaria, las cuales no estén sometidas a grandes esfuerzos mecánicos como ejes, eslabones para cadenas, pasadores, bujes cementados, tornillería corriente, bridas, clavos para ferrocarril, grapas etc.

SOLDADURA

Este acero se puede soldar fácilmente, se recomienda soldadura A.W.S clase E-6010, E-6011 E-6013 de la American Welding Society.

ANEXO B

Hoja de datos de la correa de ajuste de cilindros

PFEIFER

Correa de amarre, LxA 8 m x 50 mm, solicitud 5000 kg, de una pieza,
UE 2 unid.



Cantidad mínima de pedido	UE	1
Unidad de embalaje	unid.	2
Solicitud	kg	5000
Longitud	m	8
Anchura	mm	50
Color identificador		naranja
Modelo de correas de amarre		de una pieza
Material		poliéster
Material de los herrajes		acero galvanizado
Solicitud en tracción recta	kg	2500

<http://www.kaiserkraft.es/Product/423340>

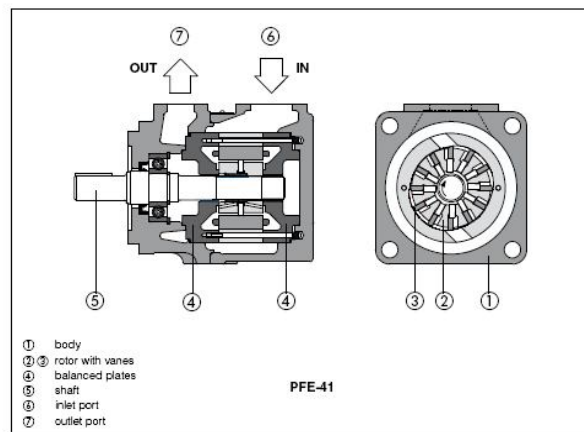
ANEXO C

Hoja de datos de la Bomba de paletas



Table A005-14/E

Vane pumps type PFE-31, PFE-41, PFE-51 fixed displacement - cartridge design



PFE are fixed displacement-twelve-vane pumps, ② ③ cartridge design with integral hydraulic balancing ④ for high pressure operation and long service life with low noise level.

Suitable for hydraulic oils according to DIN 51524...535 or synthetic fluids having similar lubricating characteristics.

These pumps are available as single, multiple or with through-shaft configuration. Mounting according to SAE J744 standard.

Easy installation as inlet and outlet ports can be assembled in any of four relative positions.

Easy maintenance as the pumping cartridge can be replaced in a few minutes.

Wide variety of displacements up to 150 cm³/rev.
Max pressure 210 bar.

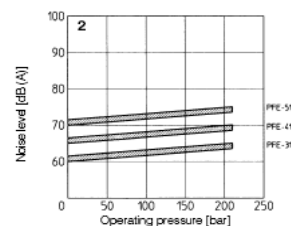
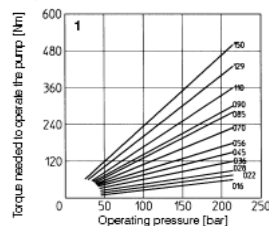
3 MAIN CHARACTERISTICS OF VANE PUMPS TYPE PFE-1

Installation position	Any position.		
Loads on the shaft	Axial and radial loads are not allowed on the shaft. The coupling should be sized to absorb the power peak.		
Ambient temperature	from -20°C to +70°C		
Fluid	Hydraulic oil as per DIN 51524...535; for other fluids see section 1		
Recommended viscosity	max at cold start	800 mm ² /s	
	max at full power during operation	100 mm ² /s	
	min at full power	24 mm ² /s	
		10 mm ² /s	
Fluid contamination class	ISO 19/16 (filters at 25 μm value with β ₂₅ ≥ 75 recommended)		
Fluid temperature	-20°C +60°C	-20°C +50°C (AWG seals)	-20°C +80°C (PFE seals)
Recommended pressure on inlet port	from -0,15 to 1,5 bar for speed up to 1800 rpm; from 0 to +1,5 bar for speed over 1800 rpm		

4 DIAGRAMS (based on mineral oil ISO VG 46 at 50°C)

1 = Torque versus pressure diagram

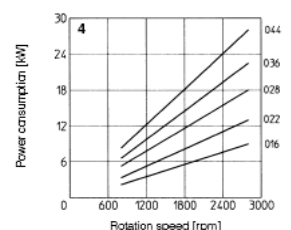
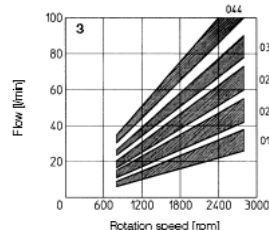
2 = Ambient noise levels measured in compliance with ISO 4412-1 oleohydraulics -Test procedure to define the ambient noise level - Pumps Shaft speed: 1450 rpm.



PFE-31:

3 = Flow versus speed diagram with pressure variation from 7 bar to 210 bar.

4 = Power consumption versus speed diagram at 140 bar. Power consumption is proportional to operating pressure.



ANEXO D

Hoja de datos del motor eléctrico

LS totally enclosed single-phase asynchronous motors

General information



Totally enclosed, single-phase asynchronous motors, LS series, according to IEC 60034, 60039, 60072. Power 0.30 to 5.5 kW. Frame size from 56 to 132 mm², 2, 4 and 6 poles.

Main supply
230 V $\pm 10\%$, -10%, 50 Hz.

Protection
Standard version IP 55 providing a good sealing to liquid projection and to dust in an industrial environment.

Class F standard winding, made on automatic machines providing reproducibility and reliability. Impregnated on automatic assembly line with a tropicalised varnish class H providing a good operation in humid environments (up to 90 % relative humidity).

Aluminium squirrel-cage rotor poured under pressure, providing the rigidity of the rotating component, dynamically balanced.

Possibilities

For applications that require a high starting torque and a high permanent torque : model "PR" (with relay) and start condenser, plus permanent condenser) up to and including frame size 90 inclusive.

For applications that do not require a high starting inertia : model "P" (with permanent condenser).

Individual controls before expedition

- routine testing (testing without load, dielectric testing, resistance control and control of the direction of rotation).
- vibration level according to the class N and noise level in accordance with IEC 60034-9.

Finishing

Assembled with protected screws. Painting: RAL 6002 finish (green). Protection of the flange and shaft and against atmospheric corrosion. Individual anti-shock packing.



Description of the aluminium standard single-phase motors

Component	Materials	Remarks
Fixed housing	Aluminium alloy	<ul style="list-style-type: none"> - with bolt-on or cast foot, or without foot - pressure die cast for frame size ≤ 132 - 4 or 6 mounting holes for the foot baseings - lifting rings, option in 132 and 112 - earth terminal available, optional
Stator	Insulated low carbon magnetic steel laminations Electrolytic copper	<ul style="list-style-type: none"> - the low carbon content guarantees long term stability of the characteristics - assembled lamination pack - semi-enclosed slots - insulation system class F
Rotor	Insulated low carbon magnetic steel laminations Aluminium (ALU)	<ul style="list-style-type: none"> - inclined slots - squirrel cage pressure die cast in aluminium (or alloy for special applications) - mounted on the shaft by heat shrinking - dynamically balanced rotor
Shaft	Steel	<ul style="list-style-type: none"> - for frame size < 132 : <ul style="list-style-type: none"> • centre hole fitted with a screw and a shaft end washer • closed keyway
End shields	Aluminium alloy Cast iron	<ul style="list-style-type: none"> - LS 56 - 63 - 71 front and rear - LS 80 - 90 front (B3, B14) and rear - LS 80 - 90 front in B5 (available as an optional extra for LS 80 and 90 rear) - LS 100 to 132 front and rear
Bearings and lubrication		<ul style="list-style-type: none"> - ball bearings 2RB set C3 - type ZZ lubricated for life - near preloaded bearings
Labyrinth seals Lip seals	Technopolymer or steel Synthetic rubber	<ul style="list-style-type: none"> - front jet deflector for all flange motors (joint as an optional extra) - low passage, jet deflector or deflector for foot motor (joint as an optional extra)
Fan	Composite material	- 2 directions of rotation : straight blades
Fan cover	Composite material or steel sheet metal	- fitted, on request, with a drip cover for vertical operation, shaft end directed to the bottom
Terminal box	Aluminium alloy	<ul style="list-style-type: none"> - B755 - rotatable in 3 directions, mounted opposite position to feet - fitted with a standard 6 steel stud terminal board (brass as an optional extra) - terminal box delivered fitted with cable glands (without cable glands as an optional extra) - 1 earth terminal in all terminal boxes
Permanent condenser	Fitted polypropylene film	- 400 V, class B, 25/085/21 according to EN 60252-1
Start condenser	Fitted polypropylene film	- 250 V
Start relay		

ANEXO E

Hojas de datos de controles eléctricos

R15

przełączniki przemysłowe - małogabarytowe








129



R15 2P

R15 3P

R15 4P

• Przełączniki ogólnego zastosowania • Do gniazd wtykowych, montaż na szynie 35 mm wg EN 50022 lub na płycie • Styki bez kadmu - przełączniki R15 2P, R15 3P
 • WT (wskaźnik zadziałania, mechaniczny + przycisk testujący, czołowy z funkcją blokowania) - wyposażenie standardowe przełączników R15 2P, R15 3P w obudowie, do gniazd wtykowych. Do przełączników oferowane są przyciski testujące bez funkcji blokowania styków typu P oraz zaślepki - str. 215 • **Spełniają wymagania morskie - certyfikat Lloyd's Register (LR) - R15...WT 2P, R15...WT 3P**
 • Uznanie, certyfikaty, dyrektywy: RoHS,       

Dane styków

Ilość i rodzaj zestyków		2P, 3P, 4P
Material styków		2P, 3P: AgNi, AgNi/Au 0,2 µm, AgNi/Au 5 µm 4P: AgCdO, AgCdO/Au 0,2 µm, AgCdO/Au 5 µm
Maksymalne napięcie zestyków	AC/DC	250 V / 250 V
Minimalne napięcie zestyków		2P, 3P: 5 V AgNi, 5 V AgNi/Au 0,2 µm, 5 V AgNi/Au 5 µm 4P: 10 V AgCdO, 10 V AgCdO/Au 0,2 µm, 5 V AgCdO/Au 5 µm
Znamionowy prąd obciążenia w kategorii	AC1 DC1	10 A / 250 V AC 10 A / 24 V DC
Minimalny prąd zestyków		2P, 3P: 5 mA AgNi, 5 mA AgNi/Au 0,2 µm, 2 mA AgNi/Au 5 µm 4P: 10 mA AgCdO, 10 mA AgCdO/Au 0,2 µm, 2 mA AgCdO/Au 5 µm
Maksymalny prąd załączania		20 A
Obciążalność prądowa trwała zestyku		10 A
Maksymalna moc łączeniowa w kategorii	AC1	2 500 VA
Minimalna moc łączeniowa		2P, 3P: 0,3 W AgNi, 0,3 W AgNi/Au 0,2 µm, 0,05 W AgNi/Au 5 µm 4P: 0,5 W AgCdO, 0,5 W AgCdO/Au 0,2 µm, 0,05 W AgCdO/Au 5 µm
Rezystancja zestyków		≤ 100 mΩ
Maksymalna częstotaść łączeń		1 200 cykli/h
• przy obciążeniu znamionowym w kategorii AC1		12 000 cykli/h
• bez obciążenia		

Dane cewki

Napięcie znamionowe	AC DC	2P, 3P: 6...240 V 50/60 Hz 6...220 V	4P: 6...240 V 50 Hz, 60 Hz
Napięcie odpadowe		AC: ≥ 0,15 U _n	DC: ≥ 0,1 U _n
Roboczy zakres napięcia zasilania		patrz Tabele 1, 2, 3, 4	
Prąd znamionowy dla wykonań prądowych		AC: 0,1...4,5 A	DC: 0,1...2,5 A
Roboczy zakres prądu zasilania dla wyk. prąd.		patrz Tabele 5, 6	
Znamionowy pobór mocy		AC: 2,8 VA 50 Hz 2,5 VA 60 Hz	DC: 1,5 W

Dane izolacji

Wymagania izolacyjne		2P, 3P: C250	4P: B250
Znamionowe napięcie izolacji		250 V AC	
Znamionowe napięcie udarowe		2 500 V AC	
Kategoria przepięciowa		III wg PN-EN 60664-1	
Stopień zanieczyszczenia izolacji		3	
Napięcie probiercze	• pomiędzy cewką a stykami • przerwy zestykowej • pomiędzy torami prądowymi	2 500 V AC 1 500 V AC 2 000 V AC	
Odległość pomiędzy cewką a stykami	• w powietrzu / • po izolacji	2P, 3P, 4P: ≥ 3 mm / 2P, 3P: ≥ 4,2 mm, 4P: ≥ 3,2 mm	

Pozostałe dane

Czas zadziałania (wartość typowa)		AC: 12 ms	DC: 18 ms
Czas powrotu (wartość typowa)		AC: 10 ms	DC: 7 ms
Trwałość łączeniowa	• w kategorii AC1 • w zależności od cosφ	≥ 2 x 10 ⁸ 10 A, 250 V AC patrz Wykres 2	
Trwałość mechaniczna (cykle)		≥ 2 x 10 ⁷	
Obciążenie silnikowe - wg UL 508		2P: 1/3 KM 120 V AC, silnik jednofazowy 3P: 1/3 KM 120 V AC, silnik jednofazowy 3P: 1/2 KM 240 V AC, silnik trójfazowy	1/2 KM 240 V AC, silnik jednofazowy 1/2 KM 240 V AC, silnik jednofazowy
Wymiary (a x b x h)		2P, 3P: 35 x 35 x 54,4 mm	4P: 35 x 42,5 x 54,5 mm
Masa		2P, 3P: 83 g	4P: 95 g
Temperatura otoczenia		składowania: -40...+85 °C pracy: AC: -40...+55 °C DC: -40...+70 °C	
Stopień ochrony obudowy		IP 40	
Ochrona przed oddziaływaniem środowiska		RTI wg PN-EN 116000-3	
Odporność na udary \ Odporność na wibracje		10 g \ 5 g 10...150 Hz	
Temperatura kąpieli lutowniczej		maks. 270 °C	
Czas lutowania		maks. 5 s	

Dane zaznaczone pogrubionym drukiem dotyczą standardowych wykonań przełączników.



Dział Marketingu Tel./Fax +48 68 47 90 830 • Wspieranie Techniczne Tel. +48 68 47 90 820

www.repol.com.pl

NB1-63 Series Miniature Circuit Breakers

General

Certifications: CB, ESC, FI, KEMA, SEMKO, UL, VDE, UKREST, PCT, and RCC

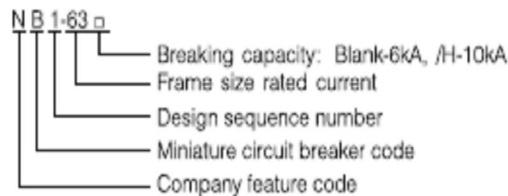
Standards: IEC60898, GB10963
UI1077, IEC60947-2



Features

- ☆ Much higher short circuit breaking capacity.
- ☆ Dual-connection convenient for both standard busbar and wire connection.
- ☆ Improved safety of operators offered by special design of terminals.
- ☆ Much longer service life thanks to energy-storage operating mechanism.
- ☆ A variety of modular auxiliaries allows for easy and quick installation.
- ☆ Enclosure and functional parts made of imported plastics with flame-retardant, heat-resistant, and impulse-proof properties.
- ☆ Higher current-limiting capacity ensuring a cost-effective range of products.

Model Meaning



Technical Data

Main Specifications

Model	NB1-63□				
Number of poles	1	2	3	4	
Rated current I _n (A)	1, 2, 3, 4, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63				
Rated voltage U _n (V)	230/400	400	400	400	
Type of instantaneous release	B, C, D	B, C, D	B, C, D	B, C, D	
Rated short circuit breaking capacity (kA)	NB1-63	6	6	6	
	NB1-63/H	10	10	10	
Life (operations)	1~32A	Electrical life	4,000	4,000	4,000
		Mechanical life	10,000	10,000	10,000
	40~63A	operation frequency	240	240	240
		Electrical life	4,000	4,000	4,000
		operation frequency	120	120	120
		Mechanical life	10,000	10,000	10,000
operation frequency	240	240	240		

ASY-3D Digital Timer.



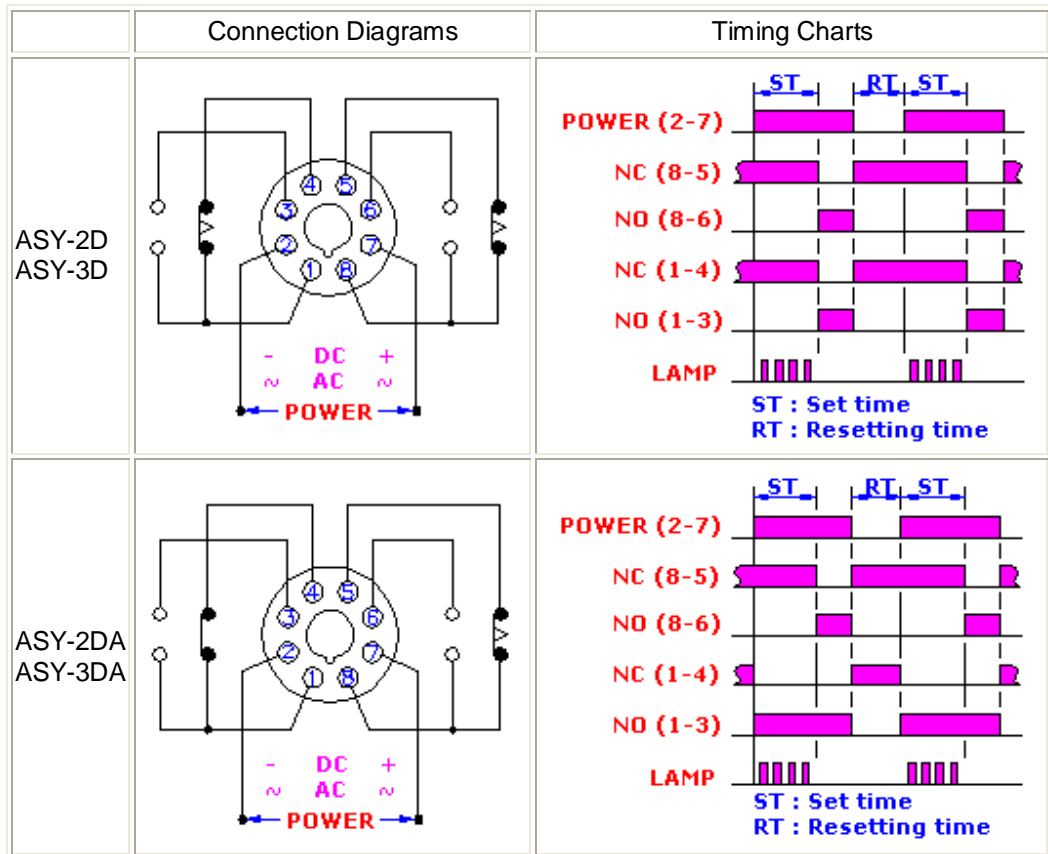
Main Features

- Using crystal oscillator, temperature and voltage fluctation have no influence on timer accuracy
- Clear and firm digital setting, obviates setting errors

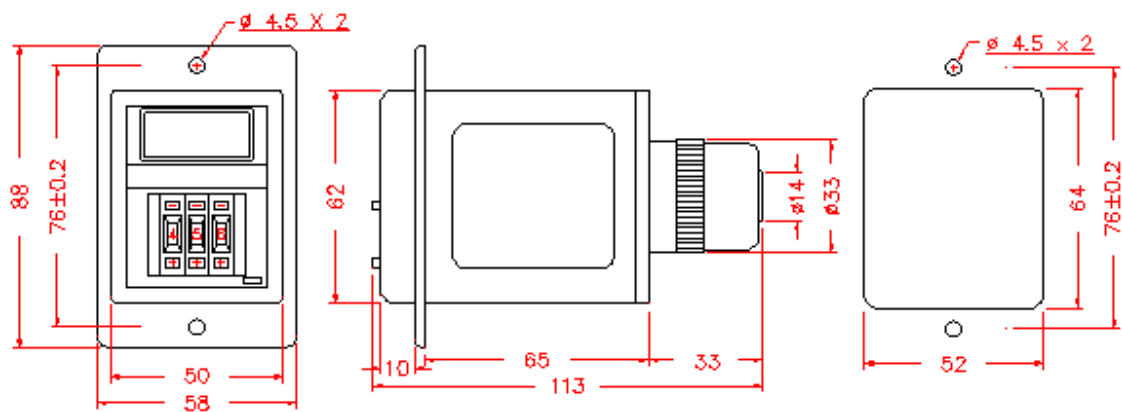
Specifications

MODEL		ASY	
DIMENSIONS(mm)		61H x 48W x 80D	88H x 58W x 80D
MOUNTING & SOCKET	SURFACE(-N)	8PFA	
	FLUSH(-Y)		US-08, P3G-08
FULL TIMING RANGE		2D	3D
		SEC:9.9, 99	9.99, 99.9, 999
		MIN:9.9, 99	99.9, 999
		H R:9.9, 99	99.9, 999
RATED VOLTAGE		DC(V) : 12, 24 AC(V) : 12, 24, 110, 220, 240, 380, 415, 440, 50/60Hz	
INDICATOR OPERATING		After contact transfer	
TYPE		ASY-2D ASY-3D	ASY-2DA ASY-3DA ASY-2DG ASY-3DG
O/P Contact (5A)		Time Limit 2C	Time Limit 1C Instant. 1C Time Limit 1C 1+4Gate,1+3Reset

Connection Diagrams / Timing Charts



Dimensions



ANEXO F

Datos de la manguera Tipo SAE 100 R2

 **CASUCCI AUTOMATIZACION S.A.** MAXIMA CONFIABILIDAD

[Uniones para tubos] | [Tubos] | [Multitubo®] | [Accesorios] | [Válvulas y Manifolds] | [Dekoron®-Unitherm®]

MANGUERAS HIDRÁULICAS

**Tipo SAE 100 R1**
Manguera con una trenza de acero
Constituida por un tubo interior de caucho sintético resistente al aceite, reforzada con una trenza de acero de alta resistencia y una cubierta exterior de caucho sintético resistente a la abrasión, se utiliza en líneas de aceite y agua de mediana presión.

Tipo SAE 100 R2A
Manguera con dos trenzas de acero
Constituida por un tubo interior de caucho sintético resistente al aceite, reforzada con dos trenzas de acero de alta resistencia y una cubierta exterior de caucho sintético resistente a la abrasión, se utiliza en líneas de aceite y agua de alta presión.

**Tipo SAE 100 R4**
Manguera con un espiral de acero
Constituida por un tubo interior de caucho sintético resistente al aceite, reforzada con dos envolturas de fibra textil y un espiral de alambre de acero de alta resistencia, y una cubierta exterior de caucho sintético resistente a la abrasión, se utiliza en líneas de succión y retorno de baja presión.

Tipo SAE 100 R9
Manguera con cuatro espirales de acero
Constituida por un tubo interior de caucho sintético resistente al aceite, reforzada con cuatro capas de espiraladas sucesivas constituidas de alambre de acero de alta resistencia sobre una capa trenzada con fibra textil (altos valores de adherencia garantizan la unidad de las capas componentes.) y una cubierta exterior de caucho sintético resistente a la abrasión, se utiliza en líneas hidráulicas de aceite de extrema presión.

**Tipo SAE 100 R10**
Manguera con cuatro espirales de acero
Constituida por un tubo interior de caucho sintético resistente al aceite, reforzada con cuatro capas de espiraladas sucesivas constituidas de alambre de acero de mayor diámetro y de alta resistencia sobre una capa trenzada con fibra textil (altos valores de adherencia garantizan la unidad de las capas componentes.) y una cubierta exterior de caucho sintético resistente a la

ANEXO G

Hoja de datos de Rodamientos

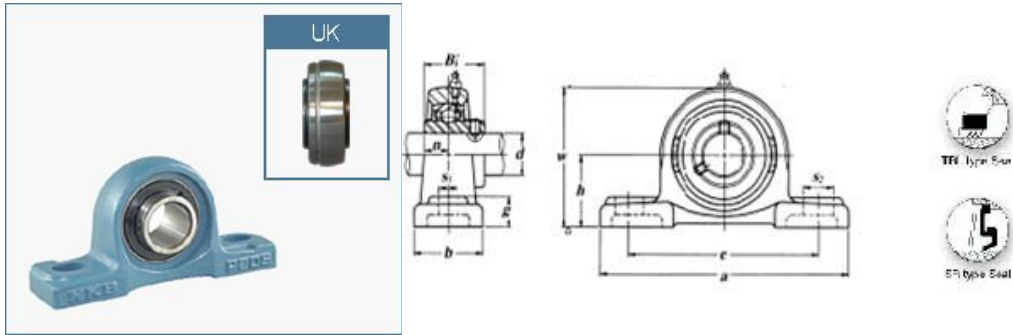
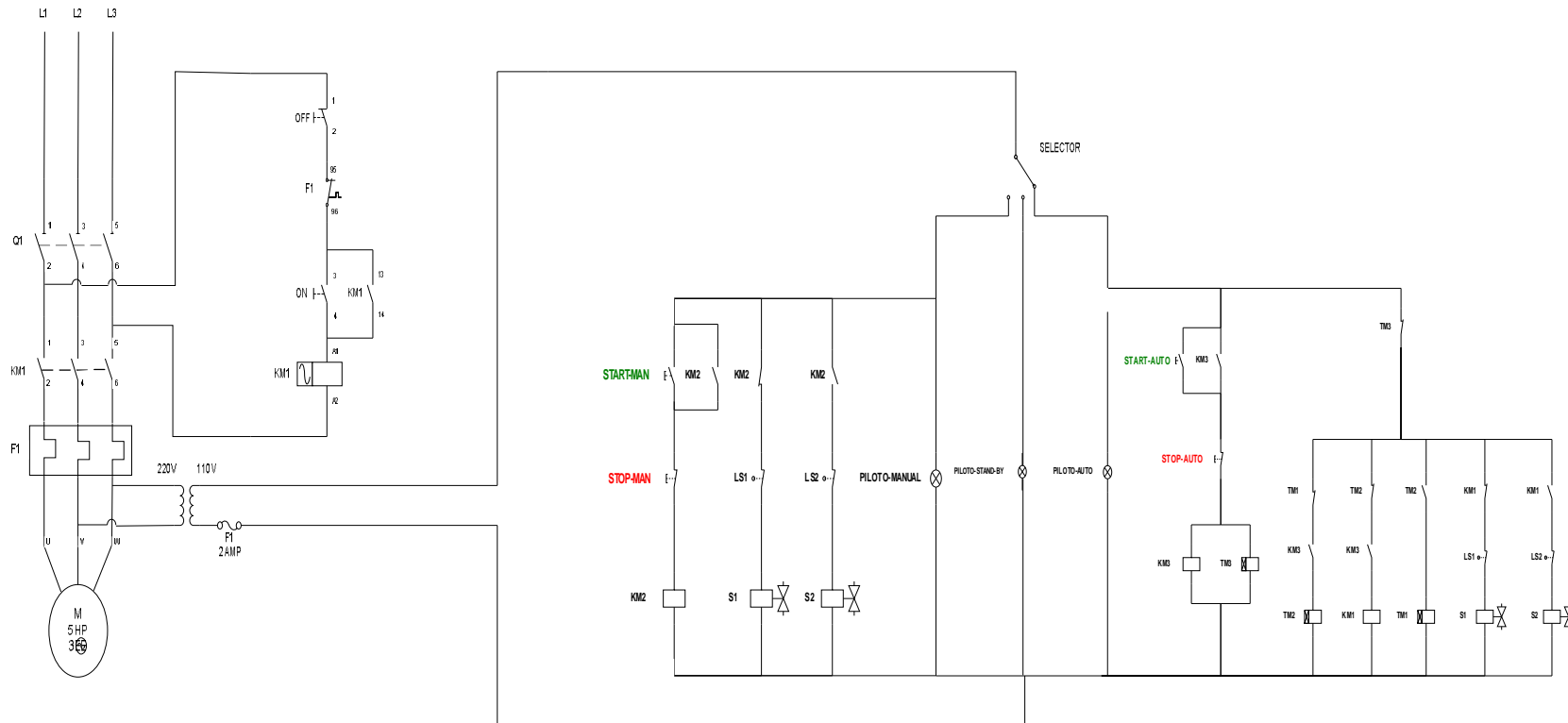


Tabla de especificaciones de Rodamientos NKB													
(Referencia Figura 48)													
Unit	d		Dimensions (mm)										
No.	(in)	(mm)	h	a	e	b	S2	S1	g	w	Bi	n	
UCP	205-16	1											
UCP	206-18	1 1/8		1 11/16	6 1/2	4 3/4	1 7/8	13/16	21/32	45/64	3 17/64	1.5	0.626
	206		30	42.9	165	121	48	21	17	18	83	38.1	15.9
	206-19	1 3/16											
UCP	207-20	1 1/4											
	207-21	1 5/16		1 7/8	6 9/16	5	1 7/8	13/16	21/32	3/4	3 45/64	1.689	0.689
	207-22	1 3/8		47.6	167	127	48	21	17	19	94	42.9	17.5
	207		35										
	207-23	1 7/16											
UCP	208-24	1 1/2		1 15/16	7 1/4	5 13/32	2 1/8	29/32	21/32	3/4	3 15/16	1.937	0.748
	208-25	1 9/16		49.2	184	137	54	23	17	19	100	49.2	19
	208		40										
UCP	209-26	1 5/8											
	209-27	1 11/16		2 1/8	7 15/32	5 3/4	2 1/8	29/32	21/32	25/32	4 1/4	1.937	0.748
	209-28	1 3/4		54	190	146	54	23	17	20	108	49.2	19
	209		45										
UCP	210-30	1 7/8		2 1/4	8 1/8	6 1/4	2 3/8	1	25/32	55/64	4 31/64	2.0315	0.748
	210-31	1 15/16		57.2	206	159	60	25	20	22	114	51.6	19
	210		50										
UCP	211-32	2		2 1/2	8 5/8	6 23/32	2 3/8	1	25/32	55/64	4 61/64	2.189	0.874
	211-34	2 1/8											
	211		55	63.5	219	171	60	25	20	22	126	55.6	22.2
	211-35	2 3/16											
UCP	212-36	2 1/4											

Anexo H

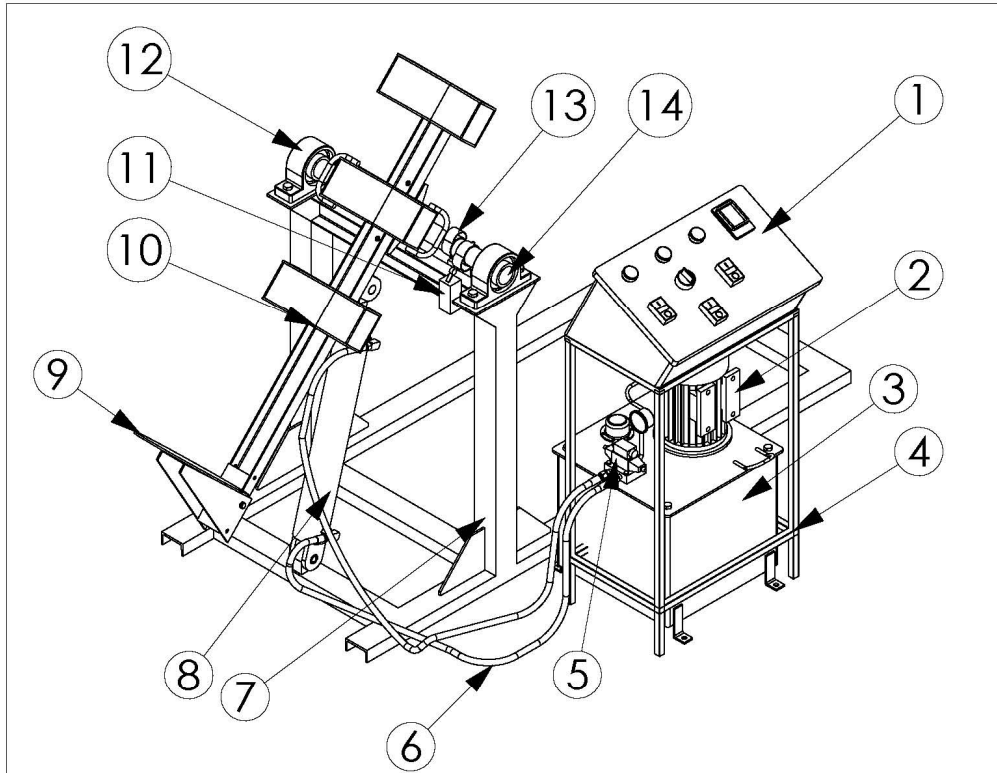
Esquema del circuito Eléctrico



ANEXO I

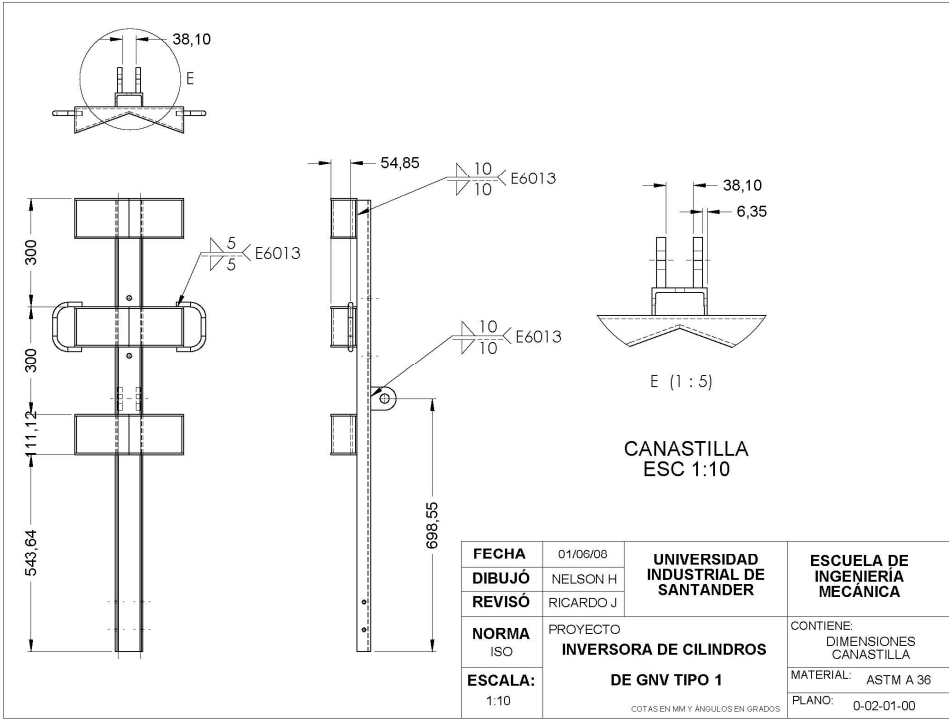
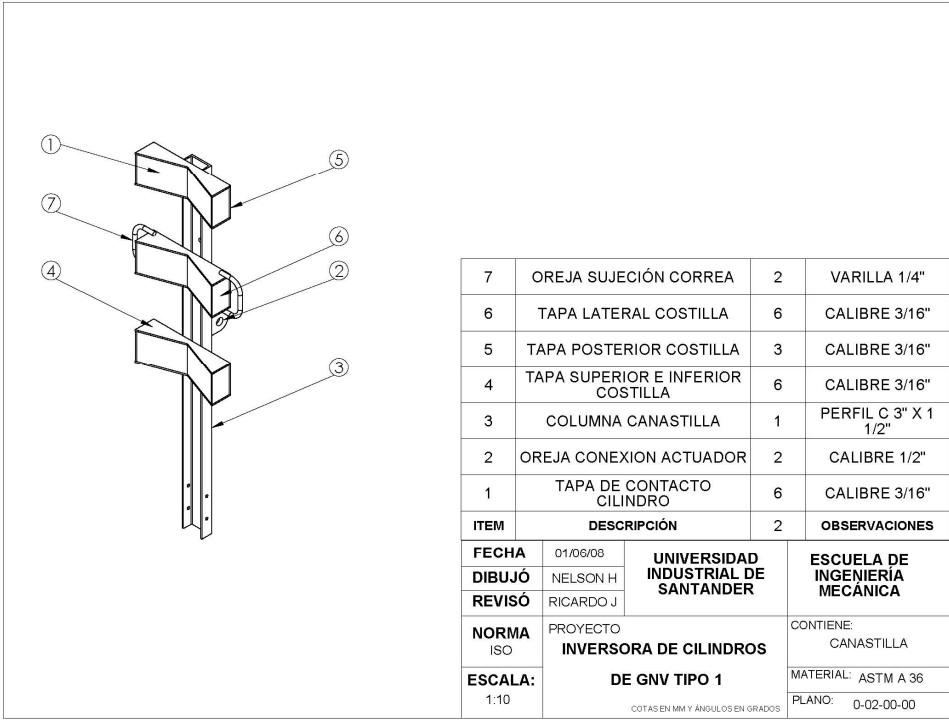
PLANOS DE LA MÁQUINA

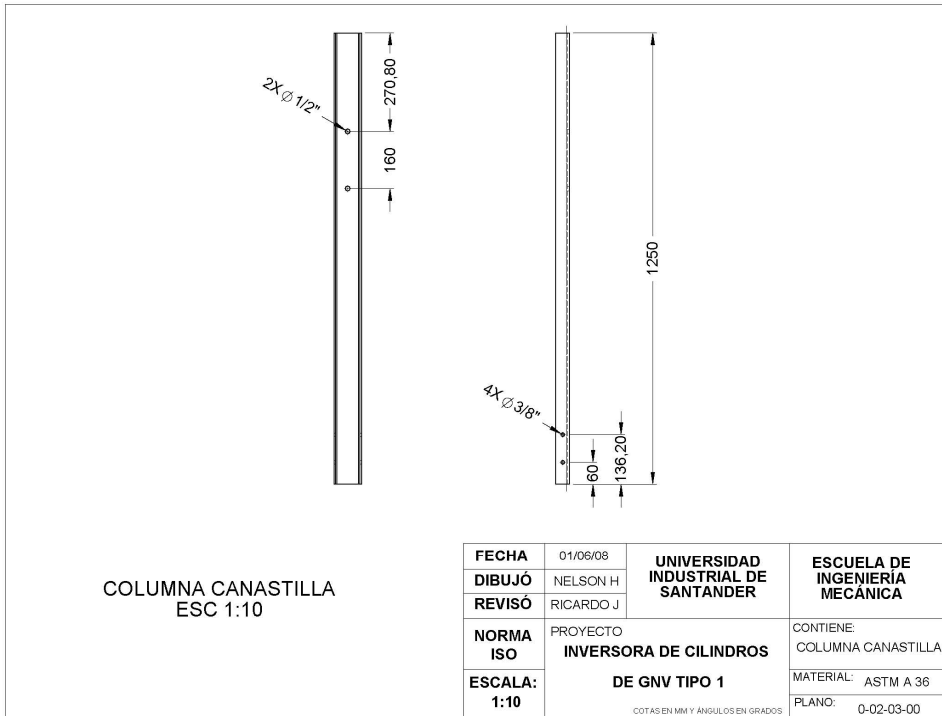
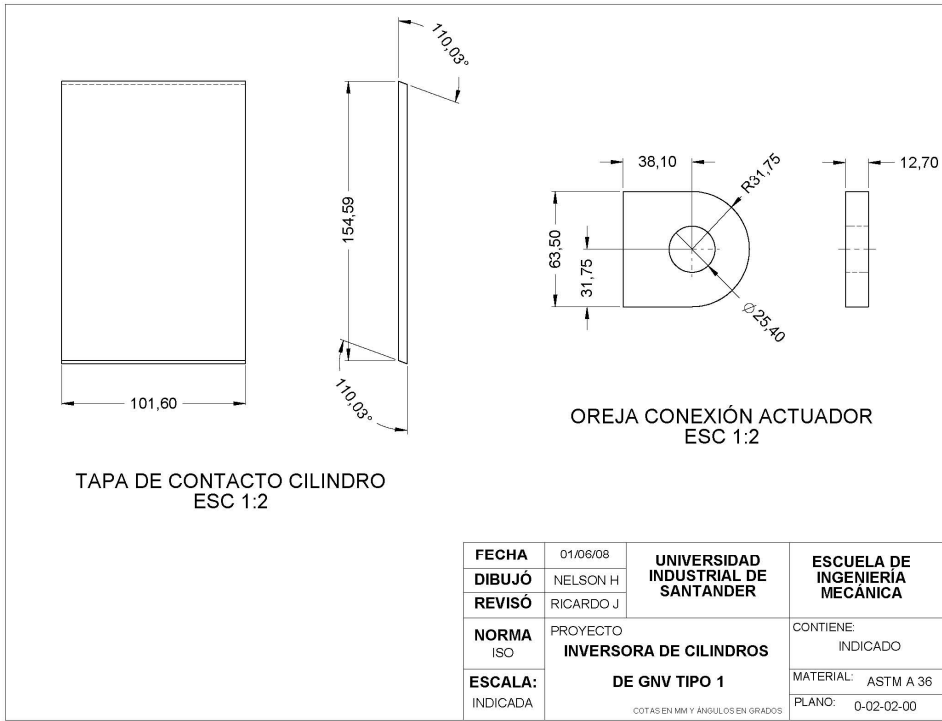
(Ver páginas siguientes)

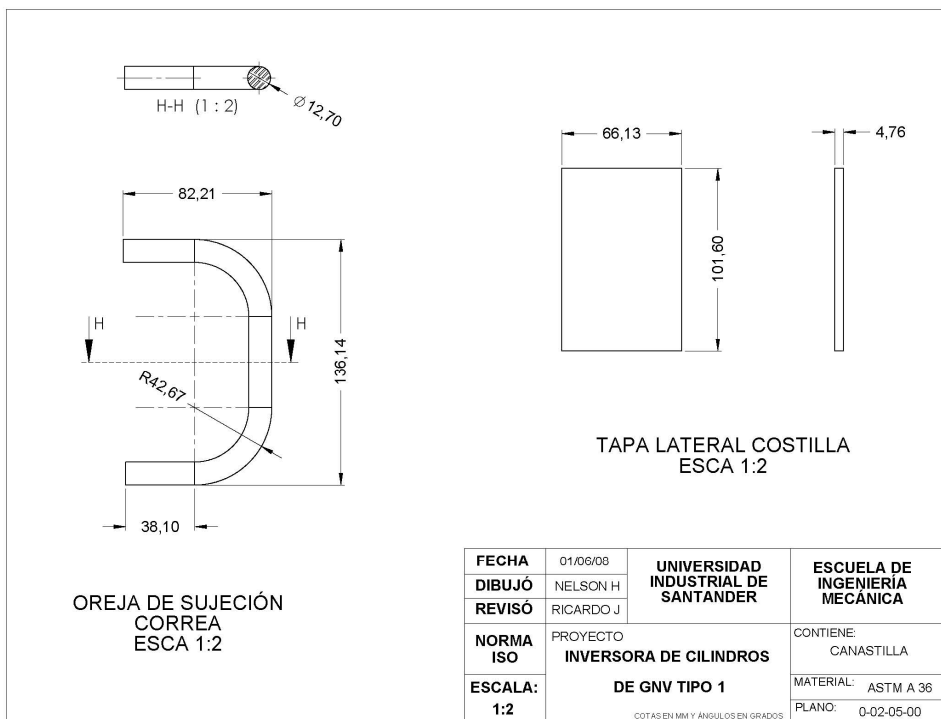
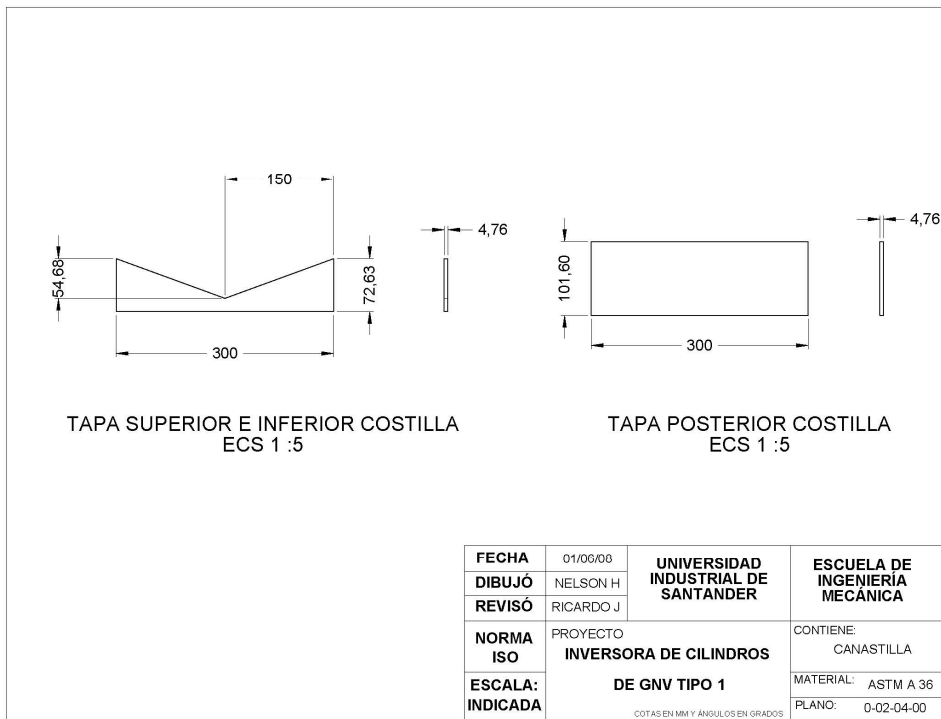


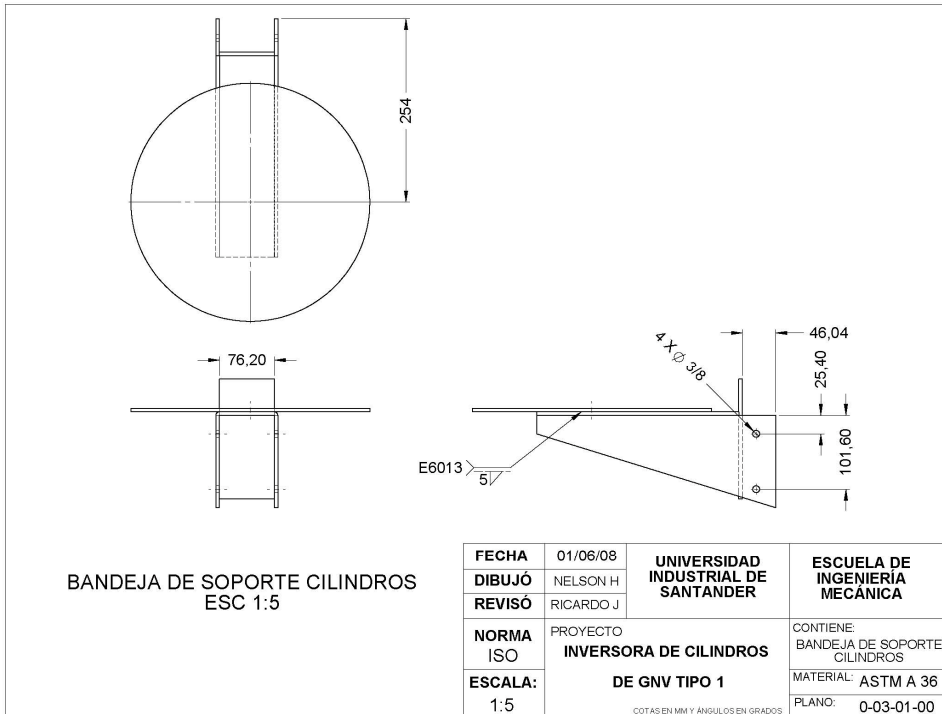
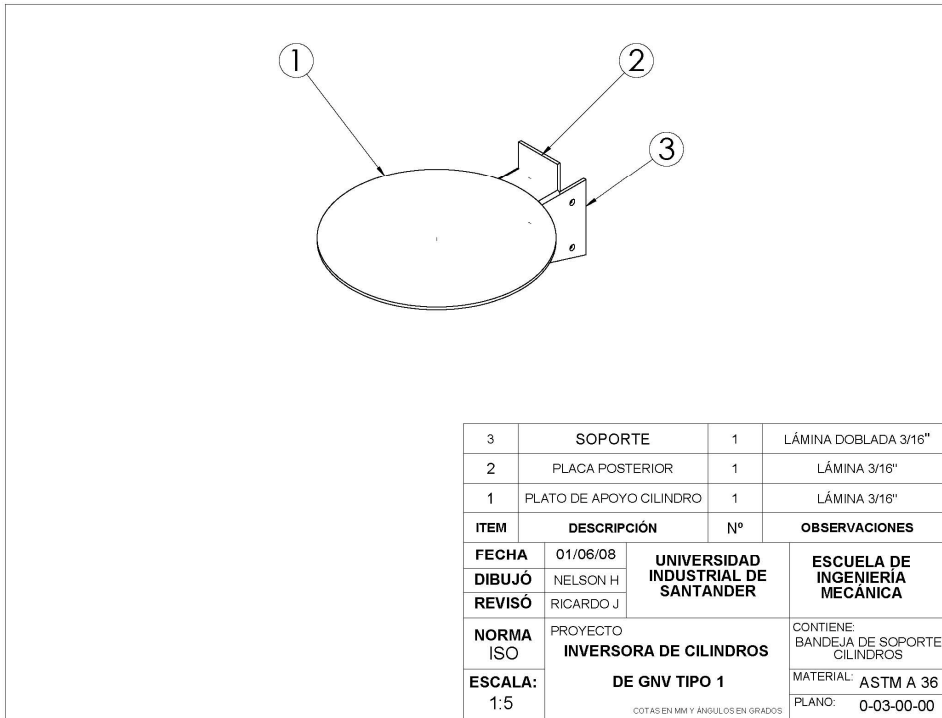
7	CHASIS	14	EJE
6	MANQUERA	13	LEVA
5	VÁLVULA DIRECCIONAL	12	RODAMIENTO DE BOLAS
4	ESTR BASE SIST CONTROL	11	FINAL DE CARRERA
3	TANQUE DE ACEITE	10	CANASTILLA
2	MOTOR ELÉCTRICO	9	BANDEJA SOPORTE CILINDROS
1	PANEL DE CONTROL	8	ACTUADOR HIDRÁULICO

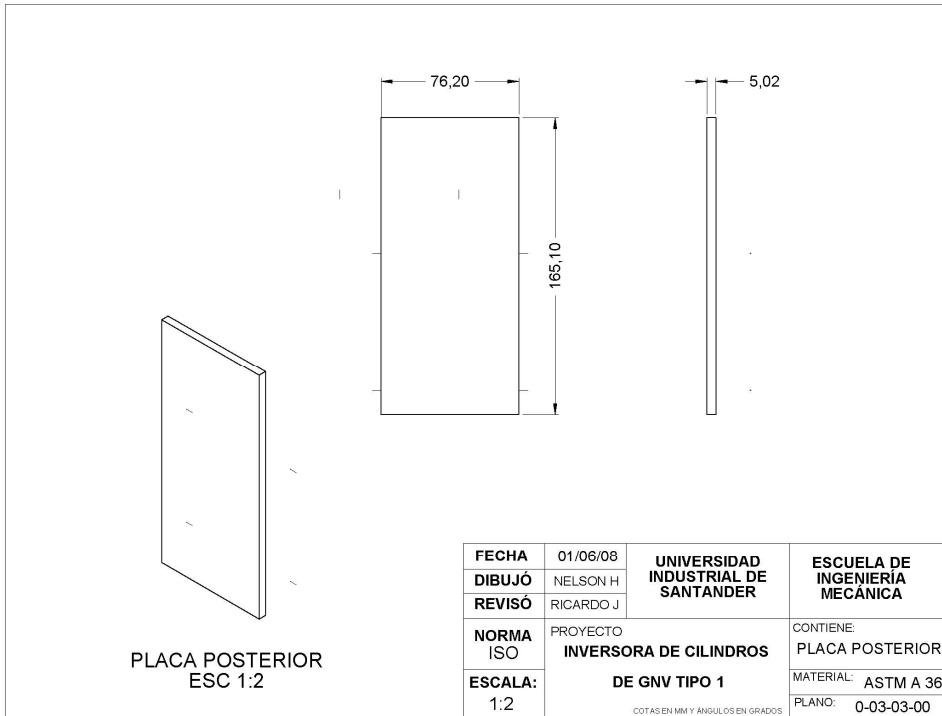
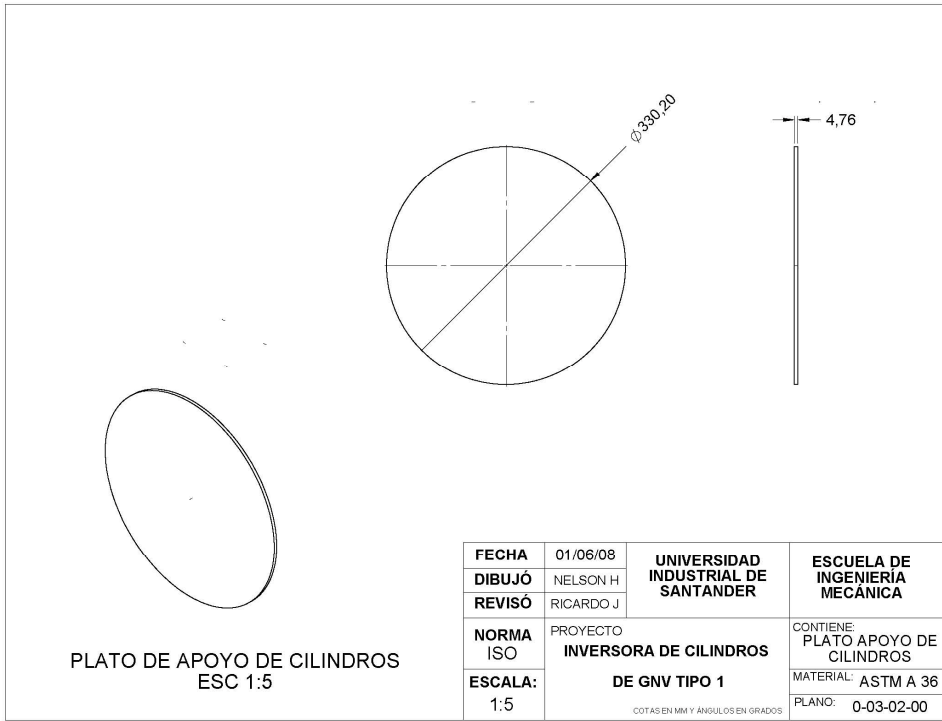
ITEM	DESCRIPCIÓN	ITEM	DESCRIPCIÓN
FECHA	01/06/08	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
DIBUJÓ	NELSON H		
REVISÓ	RICARDO J		
NORMA ISO	PROYECTO INVERSORA DE CILINDROS	CONTIENE: INVERSORA DE CILINDROS	
ESCALA: 1:13	DE GNV TIPO 1	MATERIAL:	
	COTAS EN MM Y ÁNGULOS EN GRADOS	PLANO: 0-00-00-00	

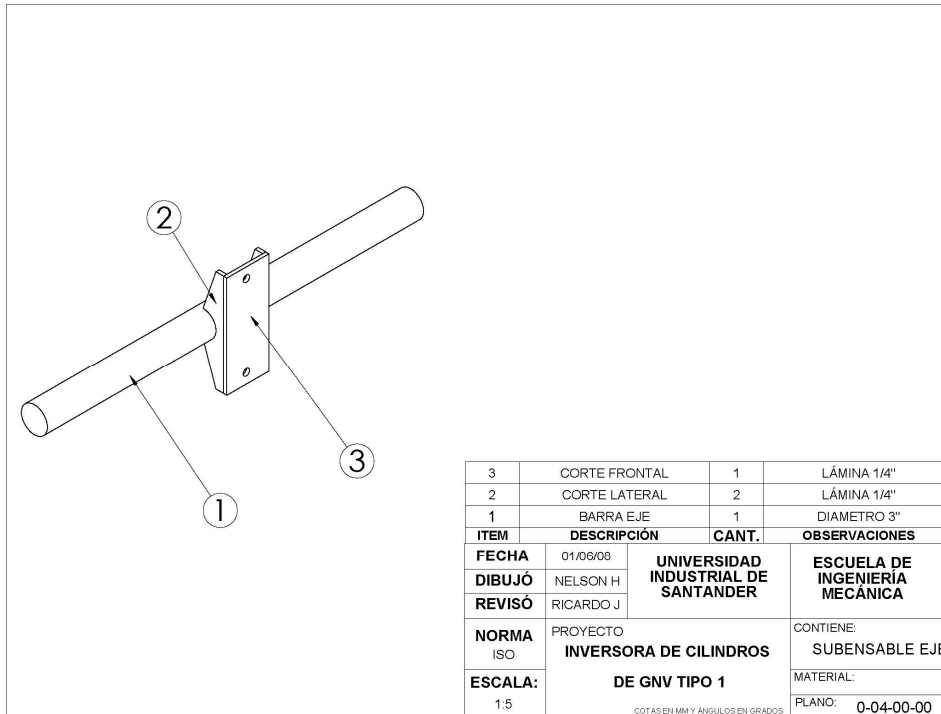
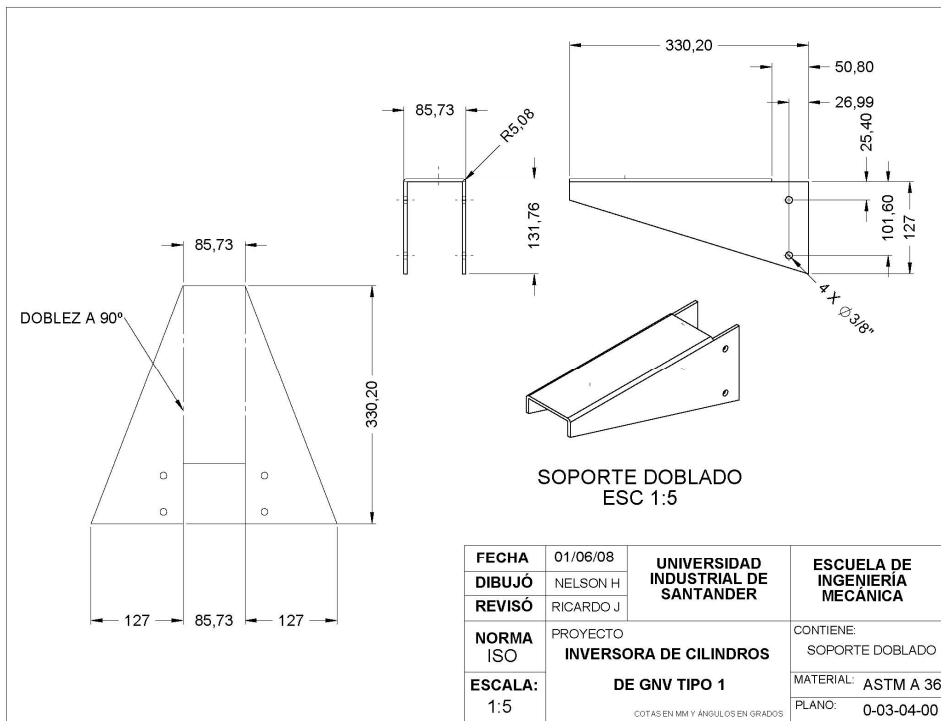


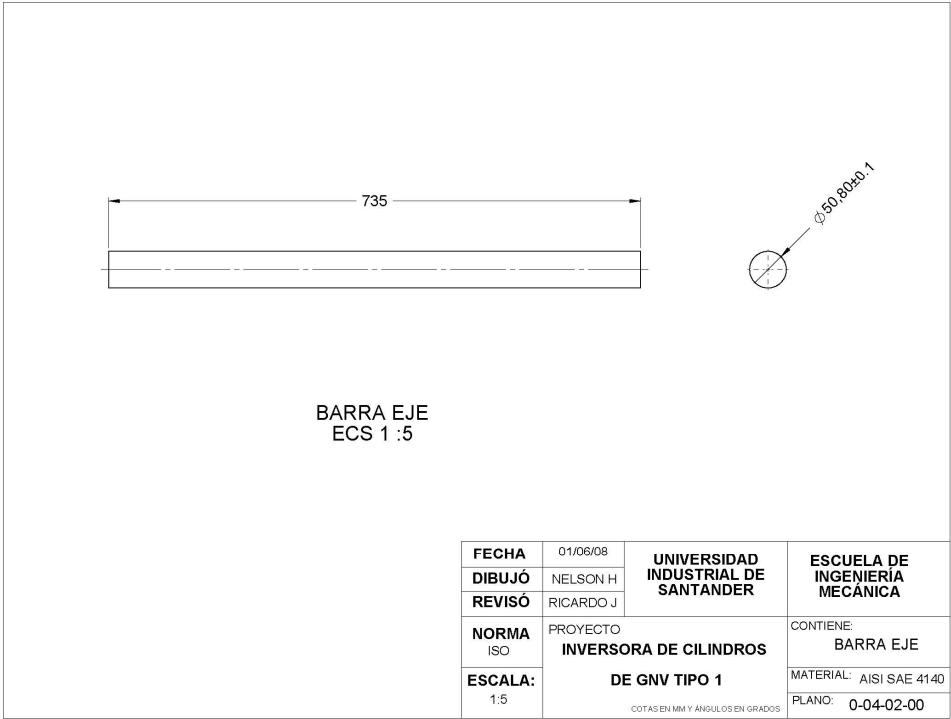
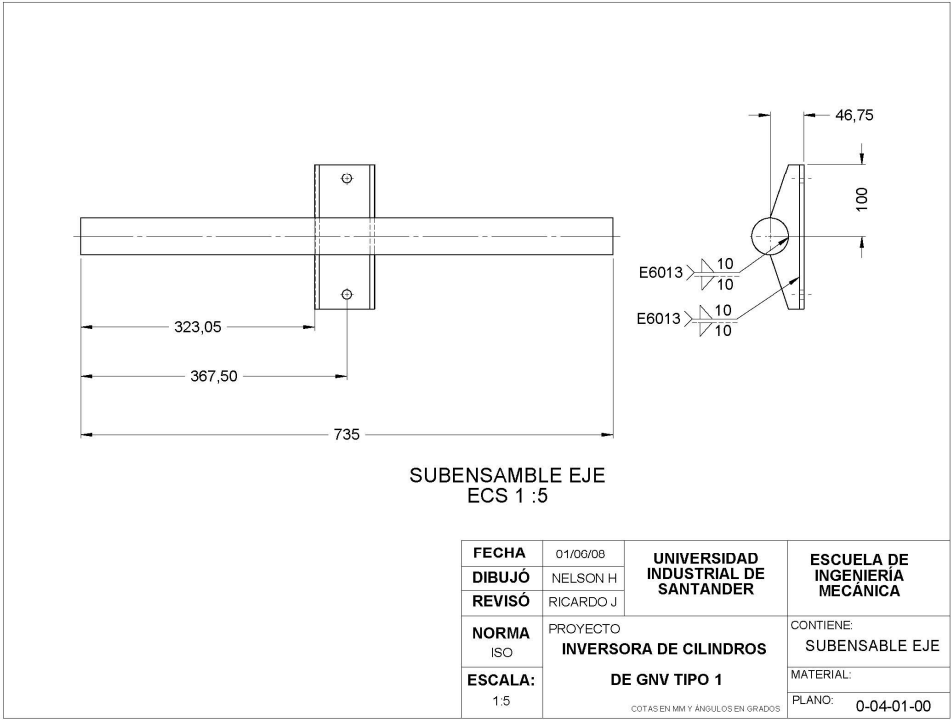


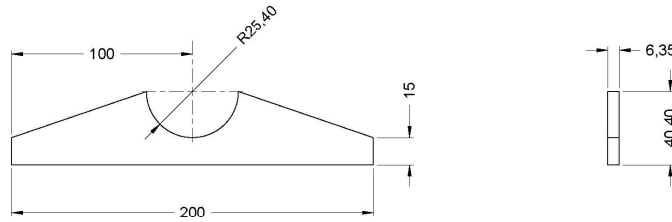






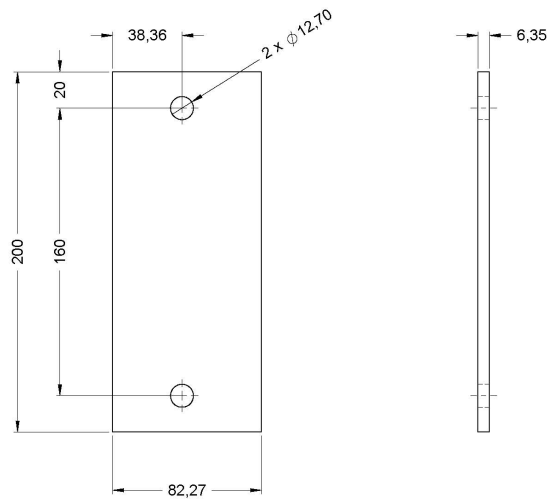






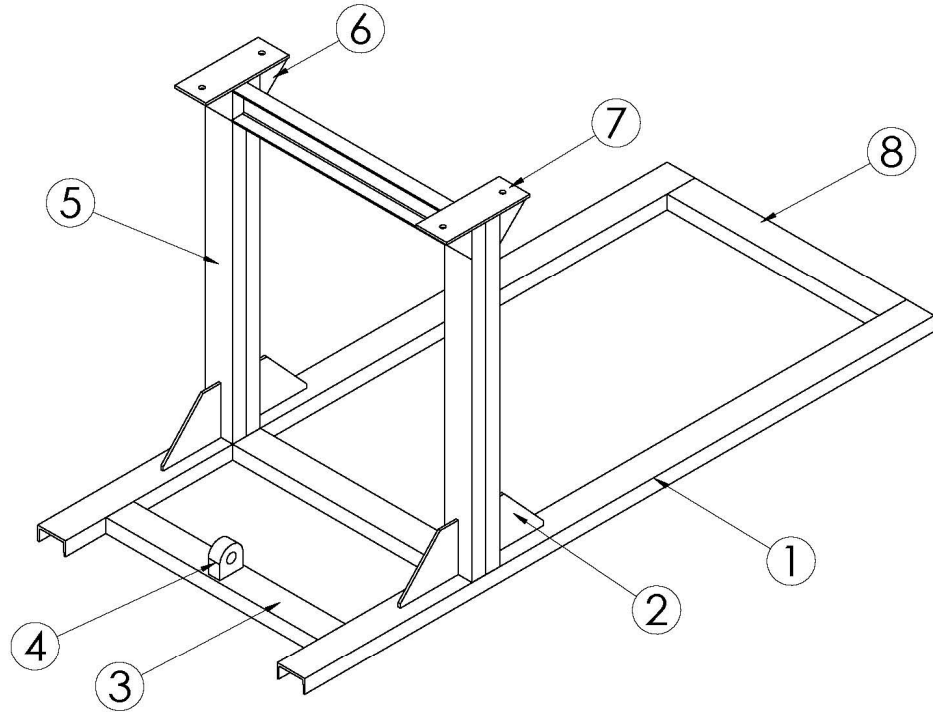
CORTE LATERAL
ECS 1 :2

FECHA	01/06/08	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
DIBUJÓ	NELSON H		
REVISÓ	RICARDO J		
NORMA ISO	PROYECTO INVERSORA DE CILINDROS	CONTIENE: CORTE LATERAL	
ESCALA: 1:2	DE GNV TIPO 1	MATERIAL:	ASTM A 36
	<small>COTAS EN MM Y ANGULOS EN GRADOS</small>	PLANO:	0-04-03-00



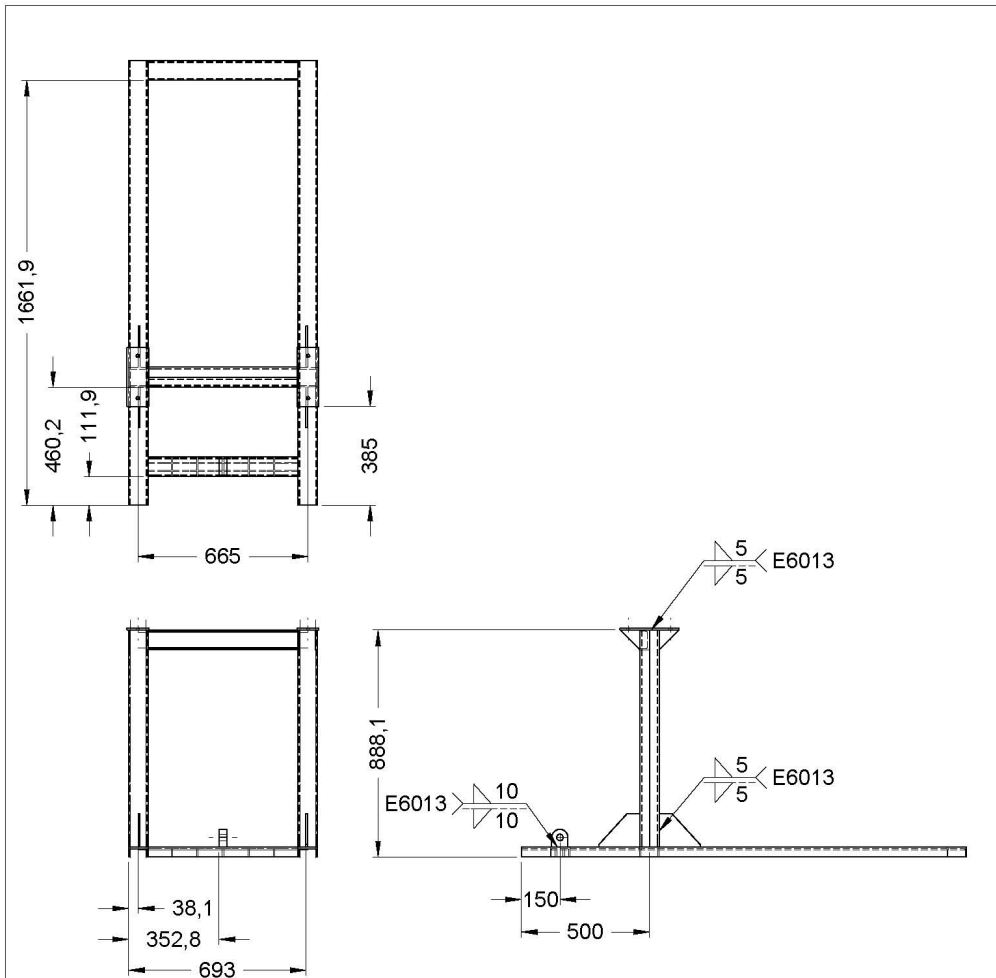
CORTE FRONTAL
ECS 1 :2

FECHA	01/06/08	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
DIBUJÓ	NELSON H		
REVISÓ	RICARDO J		
NORMA ISO	PROYECTO INVERSORA DE CILINDROS	CONTIENE: CORTE FRONTAL	
ESCALA: 1:2	DE GNV TIPO 1	MATERIAL:	ASTM A 36
	<small>COTAS EN MM Y ANGULOS EN GRADOS</small>	PLANO:	0-04-04-00



8	BASE TRANSVERSAL	3	PERFIL EN C 3 X 4.1"
7	PLACA BASE RODAMIENTO	2	LÁMINA 1/4"
6	CARTELA BASE RODAMIENTO	8	LÁMINA 1/4"
5	COLUMNA	4	PERFIL EN C 3 X 4.1"
4	PESTAÑA CONEXIÓN ACTUADOR	1	
3	PERFIL BASE ACTUADOR	1	PERFIL EN C 3 X 4.1"
2	CARTELA BASE	4	LÁMINA 1/4"
1	BASE LATERAL	2	PERFIL EN C 3 X 4.1"

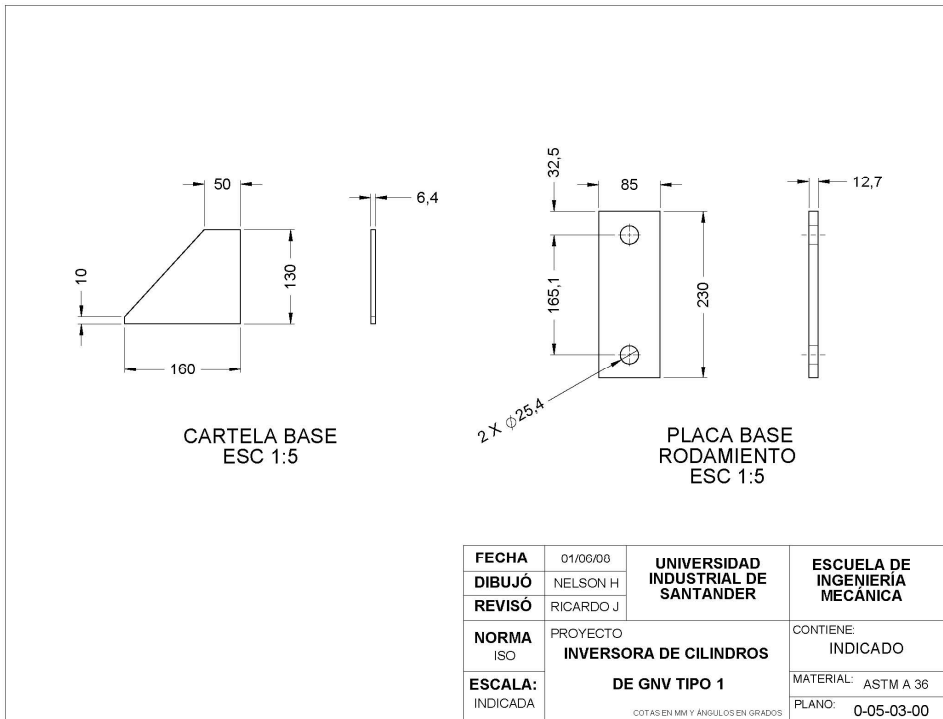
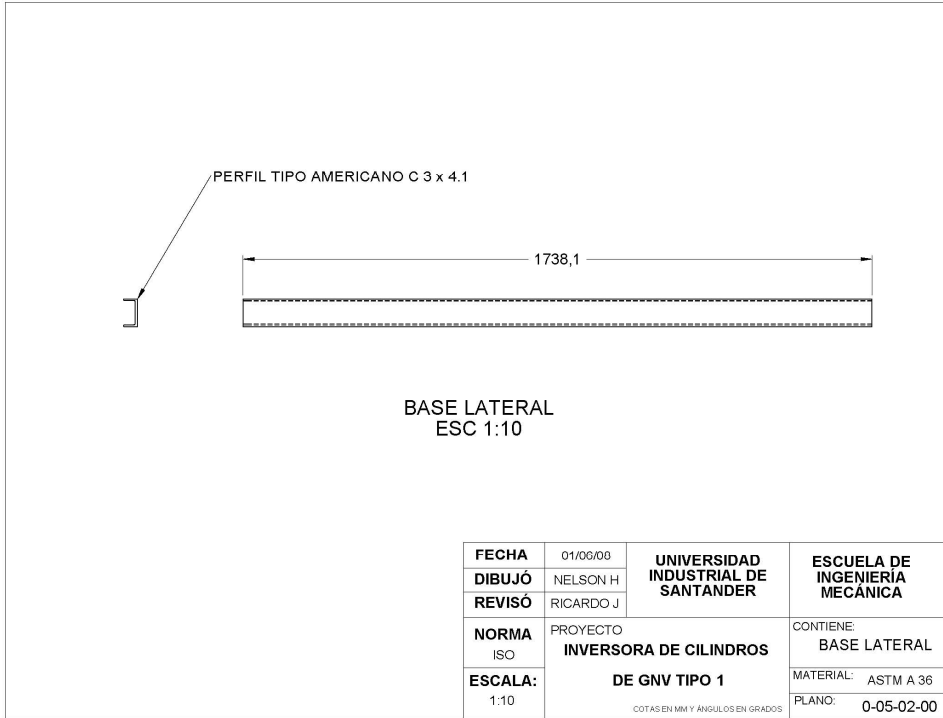
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT	OBSERVACIONES
FECHA	01/06/08	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
DIBUJÓ	NELSON H		
REVISÓ	RICARDO J		
NORMA ISO	PROYECTO INVERSORA DE CILINDROS		CONTIENE: CHASIS
ESCALA: 1:10	DE GNV TIPO 1		MATERIAL: ASTM A 36
	<small>COTAS EN MM Y ÁNGULOS EN GRADOS</small>		PLANO: 0-05-00-00

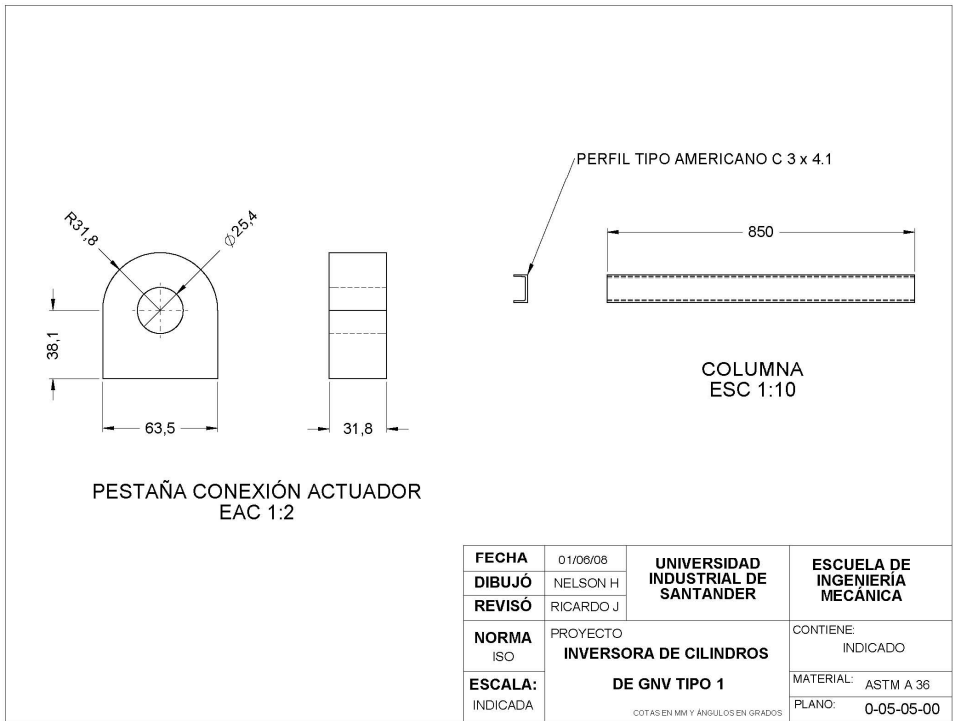
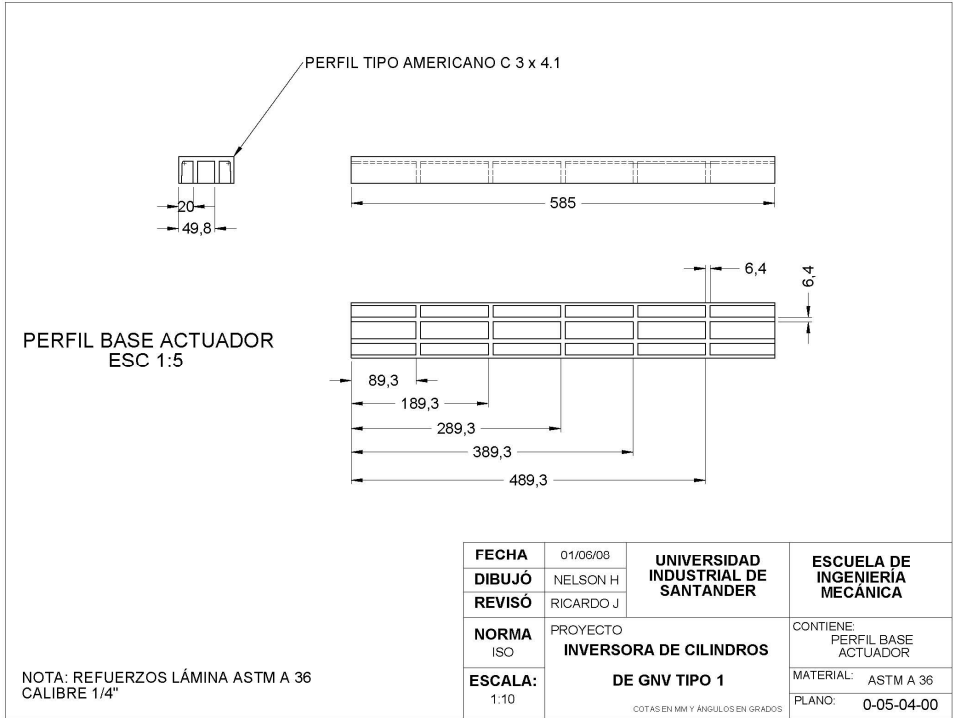


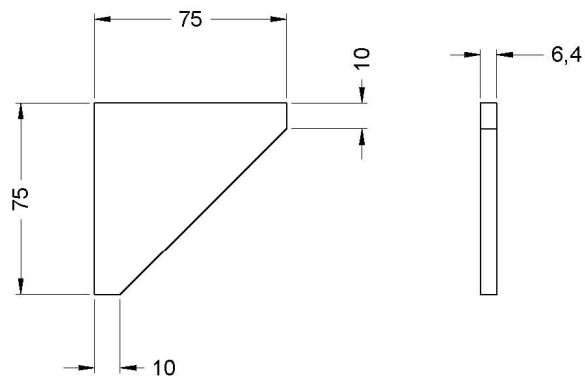
CHASIS
ESC 1:20

FECHA	01/06/08	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
DIBUJÓ	NELSON H		
REVISÓ	RICARDO J		
NORMA	PROYECTO	CONTIENE: CHASIS	
ISO	INVERSORA DE CILINDROS		
ESCALA:	DE GNV TIPO 1	MATERIAL:	ASTM A 36
1:20		PLANO:	0-05-01-00

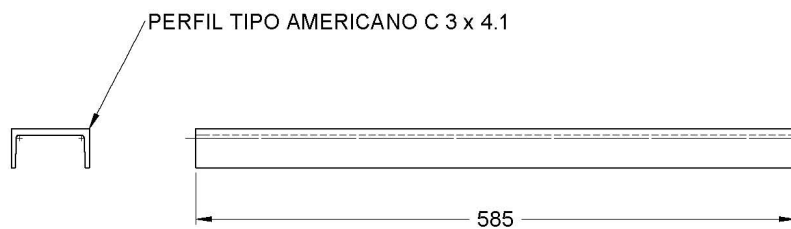
COTAS EN MM Y ÁNGULOS EN GRADOS







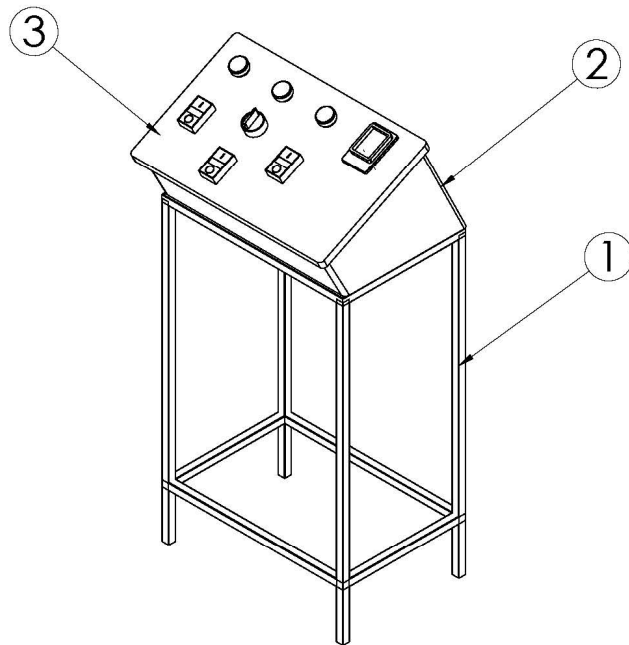
CARTELA BASE RODAMIENTO
ESC 1:2



PERFIL TIPO AMERICANO C 3 x 4.1

BASE TRANSVERSAL
ESC 1:5

FECHA	01/06/08	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
DIBUJÓ	NELSON H		
REVISÓ	RICARDO J		
NORMA ISO	PROYECTO INVERSORA DE CILINDROS	CONTIENE: INDICADO	
ESCALA: INDICADO	DE GNV TIPO 1	MATERIAL: ASTM A 36	
	<small>COTAS EN MM Y ÁNGULOS EN GRADOS</small>	PLANO: 0-05-06-00	



3	TAPA GAVETA SISTEMA DE CONTROL	1	LÁMINA ALUMINIO
2	GAVETA SISTEMA CONTROL	1	LÁMINA ALUMINIO
1	ESTRUCTURA BASE	1	PERFÍL CUADRADO 3/4"
ITEM	DESCRIPCIÓN	Nº	OBSERVACIONES
FECHA	01/06/08	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
DIBUJÓ	NELSON H		
REVISÓ	RICARDO J		
NORMA ISO	PROYECTO	CONTIENE: SISTEMA DE CONTROL	
ESCALA: 1:10	INVERSORA DE CILINDROS DE GNV TIPO 1	MATERIAL:	
	COTAS EN MM Y ÁNGULOS EN GRADOS		PLANO: 0-06-00-00

