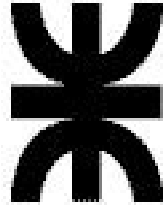


CARLOS GASTÓN DUTTO



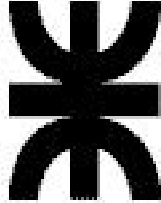
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

Facultad Regional Reconquista

**UNIDAD DE ENSAYO - GENERADOR DE AIRE COMPRIMIDO PARA
EQUIPOS VIGIA NM**

Reconquista, 2023

CARLOS GASTÓN DUTTO



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
Facultad Regional Reconquista

**UNIDAD DE ENSAYO - GENERADOR DE AIRE COMPRIMIDO PARA
EQUIPOS VIGIA NM**

Proyecto Final presentado en cumplimiento de las exigencias de la Carrera Ingeniería Electromecánica de la Facultad Regional Reconquista, realizada por el estudiante Carlos Gastón Dutto.

Docentes de la cátedra: Mg. Ing. Daniel Antón
Esp. Ing. Gabriel Colman.

Asesores: Mg. Ing. Elisandro Colussi.
Esp. Ing. Alejandro Fabbro.
Ing. Claudio Starna.

Reconquista, Santa Fe
República Argentina
Año 2023

DEDICATORIA

Dedico este logro académico y profesional a mi familia, en especial a mi madre Nilsen y a mi hermana Denis, por apoyarme incondicionalmente durante todo el camino recorrido.

También dedico este objetivo cumplido a mi compañera de carrera, Constanza.

Gracias por ser mis pilares y compartir conmigo la alegría de ser ingeniero.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por la vida y la fuerza de voluntad de cada día.

A la Universidad Tecnológica Nacional, en especial a la Facultad Regional Reconquista, por su compromiso en preparar profesionales para servir y representar al país.

A profesores y compañeros, por las enseñanzas y experiencias vividas a lo largo de la carrera.

A mi colega y amigo Nicolás, por el acompañamiento mutuo en nuestra carrera de ingeniería.

A COL-VEN S.A por permitirme presentar este proyecto y acompañarme durante su proceso de elaboración y documentación.



RESUMEN

La *Unidad de Ensayo - Generador de aire comprimido para equipos VIGIA NM* se proyecta como una mejora tecnológica en el abastecimiento neumático del área de Investigación y Desarrollo de la empresa COL-VEN S.A. Uno de sus productos más importantes son los Calibradores de Neumáticos VIGIA NM. Estos necesitan de aire comprimido para funcionar, proveniente del compresor propio del vehículo en donde va instalado o de una unidad exterior. El desarrollo de estos demanda numerosas pruebas neumáticas que hace imperativo contar con un sistema de alimentación acorde a las altas exigencias en caudal y presión de aire. Por lo tanto, este trabajo presenta la novedad de ser una creación diseñada a medida de las solicitudes, utilizando elementos homólogos a los existentes en el campo de aplicación de los dispositivos a ensayar. El objetivo es lograr resultados que reflejen los escenarios reales de funcionamiento, derivando en la materialización de esta herramienta y su adaptación hasta cumplir su fin. Se arribó entonces a una solución concreta, siendo hoy fundamental para el área de Prueba de Productos de la empresa. A futuro, se planifica integrar esta máquina con otro proyecto titulado “*Unidad de Ensayo – Circuito neumático para equipos VIGIA*”. Esta vinculación permitirá realizar diversas pruebas con diferentes configuraciones de elementos y conexiones, según los requerimientos que presenten los productos a ensayar y el mercado de aplicación. De esta manera, se buscará eficientizar el uso del tiempo en la preparación de los ensayos y obtener conclusiones más precisas.

Palabras claves: aire comprimido, ensayos, máquina, requerimientos, productos.



ÍNDICE GENERAL

1.	INTRODUCCIÓN.....	10
1.1	Fundamentación.....	10
1.2	Planteamiento del problema.....	10
1.3	Objetivos.....	11
1.4	Ubicación y beneficiarios	11
2.	MARCO CONTEXTUAL.....	12
2.1	Contexto general.....	12
2.2	Calibradores de Neumáticos VIGIA NM	12
2.3	Etapas del desarrollo de un calibrador.....	12
2.4	Proceso de validación	14
2.5	Unidad de Ensayo: finalidad y enfoque.....	15
2.6	Requerimientos	15
3.	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	16
3.1	Análisis de la Demanda	16
3.2	Análisis de la Oferta	16
3.3	FODA	17
4.	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA.....	19
4.1	Partes de la Unidad de Ensayo.....	19
4.2	Sistema Neumático:	20
4.3	Sistema Eléctrico:	23
4.4	Sistema de Lubricación:.....	27
4.5	Sistema de Refrigeración:	29
4.6	Sistema de Transmisión Mecánica y Sujeción:	31
5.	FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE LA UNIDAD DE ENSAYO.....	33
6.	SELECCIÓN DE EQUIPOS	37
6.1	Componentes del Sistema Neumático:	37
6.1.1	Compresor de aire.....	37
6.1.2	Admisión filtrada de aire	42
6.1.3	Presostato.....	44
6.1.4	Unidad de procesamiento de aire (APU) y válvula multicircuito.....	46
6.1.5	Sistema de despresurización	48
6.1.6	Depósitos de aire.....	49
6.1.7	Purgadores de aire automáticos	50
6.1.8	Válvulas de seguridad.....	51
6.1.9	Manómetros de aguja.....	53
6.1.10	Conexiones neumáticas.....	55



6.2	Componentes del Sistema Eléctrico:	56
6.2.1	Guardamotor trifásico:	56
6.2.2	Variador de frecuencia trifásico:.....	59
6.2.3	Motor asincrónico trifásico:.....	63
6.2.4	Fuente de alimentación conmutada CA/CC:.....	65
6.3	Componentes del Sistema de Lubricación:.....	67
6.3.1	Depósito de aceite:.....	67
6.3.2	Filtro de aceite:	68
6.3.3	Bomba inyectora de aceite:.....	69
6.4	Componentes del Sistema de Refrigeración:	69
6.4.1	Depósito de líquido refrigerante:	69
6.4.2	Panel radiador y electroventilador:	71
6.4.3	Bomba impulsora de líquido refrigerante:	71
6.5	Componentes del Sistema de Transmisión Mecánica y Sujeción:.....	73
6.5.1	Acople directo bridado con amortiguación de goma:	73
6.5.2	Unión motor-acople:	77
6.5.3	Unión compresor-acople:.....	79
6.5.4	Estructuras de sujeción:	84
7.	CONCLUSIONES	87
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:.....	89
	ANEXO 1: CONFIGURACIÓN VARIADOR DE FRECUENCIA	90
	Cómo programar el variador de frecuencia	91
	HMI y programación básica.....	91
	Indicaciones en el display de la HMI	92
	Modos de operación de la HMI.....	94
	Instrucciones para ajustes de programación	95
	ANEXO 2: CATÁLOGOS Y HOJAS TÉCNICAS.....	108
	ANEXO 3: PLANOS	134
	ANEXO 4: SIMULACIÓN DE ESFUERZOS ESTRUCTURALES.....	141
	ANEXO 5: COMPUTO Y PRESUPUESTO DE MATERIALES	145

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Unidad de Ensayos en ex Sala de Pruebas de Ingeniería, en Planta N°1 COL-VEN S.A. ...	19
Figura 2: Diagrama del sistema neumático de la Unidad de Ensayo.	20
Figura 3: Interior gabinete principal.	23
Figura 4: Conexiones externas entre gabinetes y actuadores.	24
Figura 5: Conexión externa del presostato.	24
Figura 6: Esquema eléctrico del sistema electromotriz que mueve al compresor.	25



Figura 7: Interior gabinete secundario.	27
Figura 8: Alimentación CA/CC al conjunto bomba-electroventilador.	27
Figura 9: Purgadores automáticos.	27
Figura 10: Esquema hidráulico del sistema de lubricación.	28
Figura 11: Conexiones del sistema de lubricación (depósito-filtro-bomba-compresor y retorno).	29
Figura 12: Esquema hidráulico del sistema de refrigeración.	29
Figura 13: Conexiones entre radiador, bomba y conexión de entrada del circuito de refrigeración del cabezal.	30
Figura 14: Conexiones entre depósito, radiador, y salida del circuito de refrigeración del cabezal. ...	30
Figura 15: Acoplamiento directo.	31
Figura 16: Unión bridada amortiguada.	31
Figura 17: Placa de sujeción del compresor.	32
Figura 18: Vistas de la estructura metálica de soporte y alojamiento de los sistemas neumático, eléctrico, de lubricación, de refrigeración y de transmisión mecánica.	32
Figura 19: Regulación de presiones para interruptores Danfoss.	34
Figura 20: Interfaz Hombre Máquina (HMI) del CFW500.	34
Figura 21: Placa de datos característicos del inversor de frecuencia CFW500.	35
Figura 22: Placa característica motor trifásico WEG - W22 - IE1 - 380[V] - 50[Hz] - 5,5[kW].	36
Figura 23: Datos generales del compresor.	37
Figura 24: Diagrama de estado de un gas al ser comprimido por un compresor.	39
Figura 25: Unidades y escalas para la medida de presión.	41
Figura 26: Vista superior del cabezal del compresor.	42
Figura 27: Cabezal del compresor restaurado KNORR-BREMSE LP49.	43
Figura 28: Toma de aire filtrada modificada.	43
Figura 29: Imagen ilustrativa del presostato Danfoss KP36.	44
Figura 30: Recorte de ajustes.	45
Figura 31: Recorte del plano, señalando el puerto N°1 y las salidas 21 y 22.	46
Figura 32: Recorte del plano, señalizando la brida de conexión (1).	47
Figura 33: Fotografía de la Unidad de Ensayo señalando las conexiones entre componentes.	47
Figura 34: Recorte del sistema de gestión de la empresa, con el código de la electroválvula del PM (X1101.A010-1).	48
Figura 35: Sentido de circulación del aire a través de la electroválvula.	48
Figura 36: Depósitos de aire de la Unidad de Ensayo, señalizados bajo norma.	50
Figura 37: Programación de tiempos del Purgador Automático de aire.	50
Figura 38: Funcionamiento y aplicación del Purgador Automático de aire.	51
Figura 39: Modelo de corte con denominación.	52
Figura 40: Válvula de seguridad AERRE 1700 colocada en el depósito ASP17-24-015.	53



Figura 41: Recorte de descripción de la línea de manómetros 213.53.	53
Figura 42: Imagen del cabezal, señalando la conexión con la APU (izquierda) y la conexión con el manómetro (derecha).	54
Figura 43: Funciones principales.	57
Figura 44: Posición y Estado.....	57
Figura 45: Visión General Guardamotor AZ MPW40-3-U020.	59
Figura 46: Recorte de los recursos del convertidor.	61
Figura 47: Conexiones de Potencia.....	62
Figura 48: Conexiones de Control.	63
Figura 49: Caja de conexiones motor WEG - W22 - IE1 - 380[V] - 50[Hz] - 5,5[kW].	64
Figura 50: Fuente conmutada CA/CC, ETHEOS FSI-1230, 12[V] – 30[A].	66
Figura 51: Depósito de aceite del sistema de lubricación.	67
Figura 52: Aceite semisintético utilizado en el Sistema de Lubricación.	68
Figura 53: Flujo del aceite.	68
Figura 54: Circulación de lubricante entre la bomba y el compresor.	69
Figura 55: Depósito de líquido refrigerante.	70
Figura 56: Líquido refrigerante TOTAL GLACELF SUPRA concentrado.	70
Figura 57: Conjunto radiador-electroventilador.	71
Figura 58: Bomba centrífuga sin escobillas TOPSFLO TL-C01-A.	72
Figura 59: Circuito de refrigeración bomba, culata, radiador-electroventilador.	72
Figura 60: Acoplamiento Elástico GUMMI-A50.	73
Figura 61: Datos del eje del compresor.	74
Figura 62: Datos mecánicos del motor WEG-W22-IE1 Standard Efficiency, carcasa 132S.	76
Figura 63: Análisis del esfuerzo aplicado a una vinculación por chaveta entre un eje y un cubo.	78
Figura 64: Teoría de conos utilizada para definir dimensiones de la punta cónica del compresor.	80
Figura 65: Esquema demostrativo de las dimensiones analizadas en un acople de fricción de tipo cónico.	81
Figura 66: Demostraciones de las dos hipótesis de tipos de acoples cónicos posibles y sus fórmulas.	81
Figura 67: Sujeción del compresor en voladizo para vincularse al motor a través del acoplamiento elástico GUMMI.	85
Figura 68: Resultado de la fabricación primitiva del armazón de la Unidad de Ensayo.	86
Figura 69: Unidad de Ensayo finalizada, funcionando en ex Sala de Pruebas de Ingeniería, en Planta N°1 COL-VEN S.A.	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características del compresor y constantes adoptadas.....	40
Tabla 2: Magnitudes intervinientes durante la transformación del gas.	40
Tabla 3: Prestaciones de servicio del compresor KNORR para diferentes motores SCANIA.	41



Tabla 4: Datos técnicos.	45
Tabla 5: Sistema de contacto y aplicación.	45
Tabla 6: Magnitudes eléctricas del variador de frecuencia y el motor asincrónico.	58
Tabla 7: Valores de Selección.	58
Tabla 8: Recorte de las especificaciones del convertidor.	60
Tabla 9: Comparativa de potencia requerida por el compresor y potencia entregada por el motor eléctrico.	63
Tabla 10: Recorte de datos eléctricos del motor.	64
Tabla 11: Consumos eléctricos en CC.	65
Tabla 12: Datos característicos de la instalación.	74
Tabla 13: Datos del eje delantero del motor.	74
Tabla 14: Factores de servicio en función de aplicaciones generales para acoplamientos GUMMI. ...	74
Tabla 15: Tabla de tamaño de acoplamiento GUMMI en función de las rpm y potencia nominal.	75
Tabla 16: Tamaño de acoplamiento GUMMI en función del torque nominal y los diámetros de ejes admisibles.	76
Tabla 17: Datos característicos del acoplamiento y de la punta de eje delantera del motor.	77
Tabla 18: Valores mecánicos del régimen de trabajo del sistema.	77
Tabla 19: Dimensiones cono macho del compresor.	79
Tabla 20: Coeficientes de fricción estática y fricción cinética según rozamiento entre par de materiales.	82
Tabla 21: Datos necesarios para el cálculo de F.	82
Tabla 22: Datos característicos del perno y esfuerzos aplicados.	83
Tabla 23: Diámetros y áreas de pernos roscas métricas de paso grueso y fino.	83
Tabla 24: Clase de propiedad mecánica de pernos métricos.	83
Tabla 25: Factores del par de torsión según la condición del perno.	84

LISTA DE ABREVIATURAS

- APU: air processing unit (unidad de procesamiento de aire).
- ASP: aparato sometido a presión.
- CA: corriente alterna.
- CC: corriente continua.
- DI: digital input (entrada digital).
- GND: ground (tierra).
- HMI: human machine interface (interfaz hombre máquina).
- LOC: local.
- MAX: máximo.
- MÍN: mínimo.
- OFF: pagado.
- PE: puesta a tierra.
- PTFE: politetrafluoroetileno.
- REM: remoto.
- UE: unidad de ensayo.
- VM: válvula multicircuito.



1. INTRODUCCIÓN

En este apartado se exponen detalles generales del proyecto, como son los argumentos para su desarrollo, los objetivos planteados y el impacto en su aplicación.

1.1 Fundamentación

Los productos utilizados para el análisis y diseño de este dispositivo pertenecen a la empresa COL-VEN S.A, del rubro metalmecánica, que tiene su planta matriz en la localidad de Guadalupe Norte, provincia de Santa Fe. Esta es la organización para la cual se presenta una alternativa innovadora, destinada para llevar a cabo los ensayos de los Calibradores de Neumáticos VIGIA NM¹.

Debido a la política empresarial de innovación, desarrollo y mejora continua, se busca mantener y mejorar los estándares de calidad de sus productos. En función de los avances que se proponen, es necesario realizar una gran cantidad de ensayos de laboratorio y de campo.

Primero se realizan ensayos en las instalaciones de la empresa, necesitando que estas sean una representación de los circuitos de unidades reales. Se continúa con las pruebas en vehículos facilitados por clientes, que en su mayoría cuentan con escasa disponibilidad de tiempo o la necesidad de realizar una logística previa para dar seguimiento del ensayo.

Entonces, el nivel de experimentación justifica la creación de una unidad de ensayos, capaz de representar de manera fiel el circuito de aire comprimido de una unidad modelo. Este proyecto brindaría la flexibilidad y el control apropiado que se necesitan para testear diferentes tipos de configuraciones y equipos calibradores. Así se lograrían reducir los tiempos de ensayos, al acercarlos a la realidad, obteniendo una retroalimentación eficaz.

1.2 Planteamiento del problema

La empresa realiza testeos de sus productos para comprobar su funcionamiento y a su vez, lograr la mejora continua de los Calibradores de Neumáticos VIGIA NM, los cuáles necesitan aire comprimido para cumplir su función.

Cada vez los vehículos de transporte requieren de mayores caudales de aire y trabajan con mayores presiones en sus sistemas neumáticos. Esto requiere que todos los elementos fabricados por la empresa sean capaces de cumplir las nuevas exigencias del mercado.

¹ Dentro de la marca VIGIA existe una línea de productos llamada “NM” que hace referencia a todos los modelos de calibradores de neumáticos. También existe otra línea denominada “PM”, la cual no se describirá en este trabajo.



Entonces, las instalaciones de la compañía que se utilizan para probar los desarrollos mencionados anteriormente deben satisfacer la gran demanda que requieren los ensayos.

Esta situación data de los últimos años y en caso de no ser correctamente afrontada, continuará y acrecentará la deficiencia en este servicio crítico. Por lo tanto, el interrogante principal que formula el problema de este proyecto final es: ¿Cómo generar el gran caudal de aire, a elevada presión, que se necesita para la realización de los ensayos de los Calibradores de Neumáticos VIGIA NM para la empresa COL-VEN S.A.?

1.3 Objetivos

Objetivo general:

Diseñar y elaborar un generador de aire comprimido, para la empresa COL-VEN S.A, que permita ensayar los Calibradores de Neumáticos VIGIA NM para las distintas configuraciones donde son utilizados.

Objetivos específicos:

- Recrear una unidad generadora de aire comprimido de un camión.
- Seleccionar los componentes que den origen a la unidad de ensayo.
- Diseñar las conexiones eléctricas, neumáticas e hidráulicas necesarias.
- Determinar las protecciones requeridas para los circuitos.
- Proyectar y ejecutar la vinculación entre los dispositivos.
- Evaluar el resultado de la interacción entre partes y su funcionamiento.
- Lograr el control de las variables intervinientes, buscando la mayor automatización posible.

1.4 Ubicación y beneficiarios

El proyecto se desarrollará en la actual Sala de Ensayos de Ingeniería, dentro de la empresa COL-VEN S.A. ubicada en Guadalupe Norte, provincia de Santa Fe.

Se proyecta trasladar la Unidad de Ensayo hacia la localidad de Avellaneda, provincia de Santa Fe, donde se integrarán en un mismo lugar todas las pruebas que la empresa necesita realizar para testear sus productos y prototipos.

El proyecto, una vez en servicio, involucrará y beneficiará de forma directa al personal de la organización de los sectores de Ingeniería y Técnica.

De manera indirecta beneficiará a los usuarios de los equipos VIGIA NM, al mejorar el testeado requerido para garantizar la calidad y mejora continua de los productos.



2. MARCO CONTEXTUAL

Este apartado se focaliza más profundamente en los lineamientos y en los requerimientos que dan marco a las expectativas que este proyecto debería cumplir.

2.1 Contexto general

COL-VEN S.A. es una empresa argentina dedicada a la fabricación y venta de productos para la industria automotriz y agrícola. Entre sus ofertas se encuentran diversos modelos de calibradores de neumáticos VIGIA NM, donde su campo de aplicación son los camiones, ómnibus, remolques, tractores, en sus diferentes configuraciones y presiones.

Este proyecto se verá inmerso dentro de una empresa autopartista que fabrica y comercializa equipos a medida y necesidad, llevándose a cabo en el área de investigación y desarrollo, de la cual el autor de este proyecto final es parte.

Dado que el contexto local, nacional, y global cambian constantemente, se nos demanda adaptarnos y prepararnos para continuar realizando aportes de valor que permitan resultados exitosos y permanentes.

Es por esto, que el diseño de un banco de pruebas especializado y enfocado en uno de los productos con mayor salida del mercado de la empresa representa una valiosa decisión.

2.2 Calibradores de Neumáticos VIGIA NM

Calibrar significa regular la presión de aire de los neumáticos a través del inflado hasta un valor definido. Por eso, este producto permite la regulación y mantenimiento de la presión de aire en los neumáticos ante alguna avería o en condición de funcionamiento normal.

Dichos valores de presión se definen según las características propias del transporte (peso de la unidad y peso de la carga a transportar) y en base a las condiciones de manejo (tipo de ruta a transitar y velocidad de rodado). Son estas variables y condiciones las que se tienen en cuenta para designar la calibración correcta para cada neumático.

Vale destacar, que estos dispositivos necesitan ser alimentados mediante un compresor de aire, siendo el mismo utilizado por el camión o maquinaria para proveer aire a sus sistemas neumáticos, como ser frenos, suspensión, embrague, etc. Si la unidad a calibrar no posee este generador de aire comprimido, es necesario añadir uno para lograr un sistema autónomo y así poder calibrar (no es objetivo de este trabajo entrar en detalle sobre este caso).

2.3 Etapas del desarrollo de un calibrador

El diseño de todo nuevo producto atraviesa diferentes fases, para lograr un proceso de calidad. Por lo tanto, se describe la metodología implementada por COL-VEN S.A para el desarrollo de los calibradores de neumáticos marca VIGIA, en la cual los ensayos intervienen dentro de las etapas y son estos el punto de interés que el proyecto tiene por meta fortalecer.



- 1) Idea del proyecto o producto. Para esbozar una nueva creación, se parte de los datos de entrada disponibles, ya sea algún estudio de mercado, alguna nueva necesidad presentada por los mismos clientes o nuevas aplicaciones demandadas.
- 2) Diseño inicial. Involucra tanto el boceto (planos), como todo lo necesario para obtenerlo, por ejemplo: investigación de materiales disponibles, tratamientos, principios de funcionamiento, elementos comerciales disponibles, etc.
- 3) Realización del prototipo. En este punto se materializa el bosquejo diseñado en una primera versión que estará sujeta a ensayos, optimizaciones y validaciones.
- 4) Experimentación del prototipo de acuerdo con la norma competente. En este punto se comienza a probar el modelo propuesto en función de las reglamentaciones intervinientes para la aplicación. Esto requerirá exponer a los prototipos a condiciones controladas de laboratorio, para obtener resultados específicos. Por lo tanto, en caso de no poder realizar todos los ensayos demandados con las herramientas disponibles, se deberá recurrir a tercerizar el servicio.

A partir de esta fase, toma gran importancia la unidad de ensayos que se propone porque permitiría realizar todos los ensayos neumáticos necesarios para la creación de nuevos calibradores y optimizar los ya existentes sin tener que derivar estas pruebas a otras entidades. Además, posibilitaría tener control total sobre las condiciones de manipulación, los procedimientos utilizados, disponibilidad inmediata de resultados, menor tiempo de respuesta, entre otras ventajas.

- 5) Ajustes en el prototipo. En función de los resultados obtenidos en el punto anterior, deberá adaptarse el diseño o el proceso para mejorar su performance. En caso de que alguna de las pruebas no sea satisfactoria, se necesitará analizar e investigar nuevas alternativas de procesos constructivos, materiales utilizados, tolerancias, etc.
- 6) Pruebas del prototipo optimizado. El punto 4 y 5 representan un ciclo constante de mejora del producto y se repetirán tantas veces como sea necesario, hasta cumplir con los requerimientos y las homologaciones que el producto demande.
- 7) Confección del herramental para la confección de las piezas definitivas. Este herramental se fabrica a partir de los lineamientos definidos en las etapas 1 y 2.
- 8) Fabricación piloto con herramental definitivo. Primera preserie de las piezas para validación del método productivo y los elementos involucrados.
- 9) Ensayos con el producto definitivo. Al igual que en el punto 4, se deberán ensayar los prototipos obtenidos, dado que debemos garantizar que el herramental definitivo y los procesos desarrollados cumplen con las condiciones necesarias para obtener un producto



de calidad. En cuanto a los tiempos, al igual que en el punto 4, los mismos dependen de donde se realicen los ensayos.

- 10) Homologación del producto bajo normas. Dicha aprobación debe realizarse por organismos acreditados. El lograr ensayar los desarrollos en las condiciones adecuadas dentro de la empresa, incrementa considerablemente la probabilidad de sobrepasar exitosamente dichas validaciones. Por el contrario, la falta de verificación previa puede generar observaciones por parte de la entidad competente, derivando en la necesidad de repetir el proceso, con la dilatación de plazos que esto implica.
- 11) Pruebas a campo del elemento paralelamente a las validaciones técnicas. Son el otro apartado de ensayos de gran importancia, ya que se realizan directamente en los vehículos donde van a funcionar posteriormente dichos productos. Para esto, es crucial poder analizar todo lo posible en los ensayos de laboratorio, para llegar a esta fase con un elemento apto para las solicitudes y así buscar evitar resultados negativos tempranos.
- 12) Primera producción. Partida inaugural apta para su aplicación.

2.4 Proceso de validación

Como se mencionó anteriormente, en el proceso de validación de un producto, sea de COL-VEN S.A. o cualquier empresa del rubro, se requiere someter los elementos a diversos ensayos. Podemos diferenciar dos grupos:

Pruebas de laboratorio: donde se simulan posibles escenarios a través de un medio con variables controladas, experimentando con los dispositivos evaluados para así generar y recaudar información de su respuesta bajo determinadas condiciones.

Representan la primera instancia necesaria para poder evaluar los diseños eficientemente, ya que el tiempo invertido en conocer las fortalezas y debilidades de cada alternativa, posibilitará la creación de un prototipo optimizado, capaz de pasar a la siguiente fase de ensayos con elevadas probabilidades de éxito.

Pruebas a campo: donde se expone al dispositivo a las condiciones reales de funcionamiento y estas pueden variar según el espacio-tiempo donde se realicen las pruebas. Si bien puede haber cierta similitud entre los ensayos, son condiciones aleatorias, brindando diferentes resultados que representan los verdaderos comportamientos al momento del testeado en el campo de aplicación.

Entonces, para lograr una validación eficaz y evitar demoras prematuras, es muy importante focalizar los esfuerzos en los ensayos de laboratorio, ya que serán los cimientos para lograr ejemplares aptos para su evaluación a campo.



Por lo tanto, para el área de investigación y desarrollo de la organización, es crucial contar con la posibilidad de una unidad de ensayo de neumática, que mejore el tiempo requerido para cada análisis y permita inspeccionar las variables implicadas.

2.5 Unidad de Ensayo: finalidad y enfoque

El propósito de la Unidad de Ensayos - Generador de aire comprimido es garantizar las condiciones necesarias para poder experimentar de forma controlada los Calibradores de Neumáticos de la marca VIGIA modelos NM. Para lograr esto, es necesario manipular la presión y el caudal de aire comprimido suministrado a lo largo del tiempo que perduren los ensayos, utilizando la misma tecnología o similar a la presente en los camiones, donde son instalados estos equipos. Por tal motivo, es que el enfoque del generador está centrado en ser un banco de pruebas de laboratorio, con el fin de potenciar la primera etapa de los experimentos que deben transitar los productos, donde se define el escenario teórico de aplicación y la metodología de examinación según requisitos reglamentarios.

La meta es obtener información confiable respecto del comportamiento de los equipos bajo condiciones simuladas, que permitan realizar los rediseños necesarios hasta lograr un prototipo apto para los ensayos a campo (condiciones reales).

Todo lo mencionado representa el argumento principal que justifica este proyecto de ingeniería, debido a que una vez superadas todas las pruebas, se considera el producto validado para su implementación, con la importancia que esto representa como la fase final detrás de todo el desarrollo e investigación involucrado.

2.6 Requerimientos

Las variables fundamentales por controlar en los ensayos con los Calibradores de Neumáticos VIGIA NM son el caudal y la presión de aire. Dicho aire comprimido se almacena en un depósito de donde se alimenta el equipo VIGIA NM para poder inflar los neumáticos de la unidad. Por lo tanto:

- La presión de aire (P) representa la fuerza necesaria que debe tener el aire para su capacidad de inflado, siendo: $P = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Superficie}} \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$.
- El caudal de aire (Q) constituye la rapidez con la cual se abastece al punto de consumo, donde el calibrador es quién distribuye el aire a los neumáticos, siendo: $Q = \frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}} \left[\frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \right]$.

Con esto se pretende exponer la importancia de conocer y controlar dos variables fundamentales en un sistema neumático, que son de interés durante los ensayos mencionados.



3. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

En esta sección se comparan las opciones que fueron planteadas para resolver el inconveniente descrito en el primer capítulo, analizando cuál de ellas es la mejor.

3.1 Análisis de la Demanda

El consumo de aire comprimido en la empresa es de los servicios más requeridos, ya que prácticamente toda la planta precisa de conexiones neumáticas para sus procesos y funcionamiento del instrumental utilizado, siendo alimentados por una red de baja presión.

El área de Investigación y Desarrollo utiliza la red de alta presión por encima de 8 [bar], existiendo dos puntos de consumo: Laboratorio de Neumática y Sala de Ensayos de Ingeniería.

En ambos lugares se necesita disponer de elevada presión y caudal de aire, ya que se realizan las siguientes operaciones:

- Pruebas de equipos derivados del área de reparaciones, que son estudiados cuando el sector no puede resolver los inconvenientes que presentan.
- Comprobación del funcionamiento de los equipos calibradores, bajo situaciones puntuales de interés, como así también la examinación del comportamiento del resto de los equipos y partes que la integran (sean paneles de visualización, módulos de reporte de datos, conexiones, etc.).
- Experimentación con los prototipos y rediseños neumáticos, destinando tiempo a los ensayos necesarios para obtener datos y resultados.
- Ensayos específicos, repetitivos y bajo condiciones normalizadas o preestablecidas. Estos son de vital importancia para afrontar los procesos de restauración, modificación y validación de todos los productos intervinientes en los sistemas neumáticos VIGIA NM.

Por todo esto, podemos decir con certeza que el consumo de aire presurizado es elevado y es imperativo abordar esta problemática.

3.2 Análisis de la Oferta

Para afrontar esta situación resulta evidente pensar en adquirir un nuevo compresor que garantice mayores caudales y presiones de aire que el sistema actual.

Se analizaron las siguientes alternativas, mencionando luego sus pros y contras:

- 1) Adquirir un compresor industrial, con mayores y mejores prestaciones.
- 2) Conseguir una cabina de camión, que permita utilizar todo el sistema neumático integrado.
- 3) Diseñar una unidad de ensayos a partir de un compresor de camión y las partes intervinientes que sean necesarias.



- 1) Compresor industrial: es un equipamiento pensado y diseñado para entregar aire comprimido bajo las condiciones estipuladas, es decir, que cualquier equipo que posea los valores de trabajo pretendidos funcionaria correctamente. Esto es una ventaja, ya que no habría nada por adaptar para obtener la alimentación neumática deseada.

En contra partida, a la hora de asemejarse a condiciones reales de funcionamiento y poseer la versatilidad de presiones y caudales presentes en un camión, existe una diferencia notable. Otra desventaja es su elevado costo, encontrándose fuera del alcance de la institución la compra de este equipo para esta aplicación. En conclusión, es demasiado costoso para la función requerida y no brindaría la versatilidad necesaria.

- 2) Camión: se trata básicamente de un tractor, con el aprovechamiento del sistema motor-neumático y sus conexiones, el cual resuelve la necesidad de la generación de aire comprimido, bajo el consumo que requerimos y bajo la forma que se alimentan en la calle los calibradores neumáticos. Se probarían todas las partes que componen los tableros neumáticos VIGIA NM (conexiones, mangueras, tubos, rotores, bajadas, válvulas, módulos, paneles, etc.).

Sin embargo, las principales desventajas que presenta son el gran espacio físico que demandaría y el elevado costo que implica conseguir un camión, teniendo que adaptarlo para el objetivo de aplicación. Esta es la opción menos viable.

- 3) Unidad de ensayos: implicaría un desarrollo del área de ingeniería, con el objetivo de combinar las ventajas que poseen las anteriores opciones y buscando reducir los puntos en contra (costos, tamaño, espacio, principio de funcionamiento, etc.). Por lo tanto, representaría un sistema generador de aire comprimido de elevada presión y caudal, donde su funcionamiento y partes sería semejante al sistema neumático de los camiones. También, requeriría menor espacio, ya que sería una estructura compacta, diseñada a medida de la solicitud. En cuanto a costos esta alternativa sería la más económica, ya que los recursos serían aportados por la empresa, ajustando los elementos necesarios para lograr todo lo mencionado. Además, al ser construida con el fin de poder variar sus revoluciones (rpm) para entregar diferentes valores de caudal y presión, obtendríamos la versatilidad que demandan los futuros ensayos neumáticos.

Habiendo mencionado todos estos aspectos, se procederá a analizar la alternativa N°3, el fundamento de este proyecto.

3.3 FODA

Se presenta un breve análisis crítico de los aspectos a considerar al abordar la propuesta de “unidad de ensayos”, diseñada y pensada para probar los equipos VIGIA NM.



Fortalezas

- Capacidad de brindar los niveles necesarios de aire presurizado para realizar los diferentes ensayos que la empresa necesita.
- Versatilidad para controlar las variables intervinientes, como ser las revoluciones de giro del compresor, el caudal de aire, la presión de salida, entre otras.
- Posibilidad de probar los equipos calibradores y las conexiones neumáticas intervinientes bajo las mismas circunstancias a las que estarían expuestos en su campo de aplicación.
- Capacidad de modificarse según los resultados que arrojen los ensayos.
- Precio: demanda de un reducido costo comparado con las otras alternativas.
- Características: compacto, móvil, con la virtud de poder ser utilizado donde se lo requiera, mediante básicas instrucciones de uso.

Oportunidades

- Ocasión valiosa para reducir los tiempos de ensayos, logrando un mayor control de estos y así poder obtener resultados más certeros.
- Nuevo y mejor enfoque en la planificación y realización de pruebas exhaustivas, con el objetivo mantener y aumentar la calidad funcional de los futuros productos neumáticos VIGIA NM y una optimización de los equipos actuales.
- Independencia del servicio de aire comprimido compartido, consiguiendo una generación exclusiva y a medida.
- Generación de posibilidades de mejora continua en los rediseños y prototipos, teniendo disponible una herramienta adaptable a las exigencias que los mercados presenten.

Debilidades

- Tiempo que conlleva el desarrollo e implementación de la unidad de ensayos, abordándose las diferentes tareas de manera paralela con los demás proyectos y extendiendo así su ejecución.
- La inexperiencia en este tipo de aplicaciones, donde cada paso a dar implica de investigación y consulta para lograr un avance seguro.
- Necesidad de contar una con capacitación integral para poder utilizar correctamente el banco de pruebas.

Amenazas

- Incumplimiento de las expectativas del tiempo y el equipamiento invertido.
- Ineficiencia en la manipulación del conjunto.



4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

Para favorecer a la comprensión del lector y que pueda tener una panorámica general de cómo está constituida la Unidad de Ensayo, se presenta una breve descripción de los sistemas involucrados y sus partes.

4.1 Partes de la Unidad de Ensayo

Este proyecto integra diferentes conjuntos de partes y principios de funcionamiento con el objetivo de cumplir la misión principal: entregar elevados caudales de aire a una elevada presión, de manera constante y controlada.

En la Figura 1 se visualiza la Unidad de Ensayos materializada, con sus sistemas Neumático, Eléctrico, de Transmisión Mecánica, de Lubricación, de Refrigeración y Armazón. La combinación de ellos permite la creación de esta herramienta de pruebas móvil, capaz de generar aire presurizado y almacenarlo para su utilización en el punto de consumo que se desee.

Todo el conjunto requiere de alimentación eléctrica trifásica en 380 [V_{CA}] y monofásica en 220 [V_{CA}] para energizar sus sistemas. También requiere de una breve capacitación a los usuarios que decidan operar el banco de pruebas, para conocer donde realizar las configuraciones acordes a los ensayos que se pretendan llevar a cabo con el aire comprimido que genera este dispositivo y las medidas de seguridad.



Figura 1: Unidad de Ensayos en ex Sala de Pruebas de Ingeniería, en Planta N°1 COL-VEN S.A.

Fuente: Fotografía tomada en la empresa.

Una vez alimentados eléctricamente los sistemas, se habilita automáticamente el purgado de los tanques para comenzar el ciclo de eliminación de la humedad presente en ellos. Luego, en caso de precisar alimentación neumática del Generador para alguna aplicación, debe encenderse el sistema motriz para generar y almacenar el aire presurizado apto para su consumo. También se deberá habilitar la refrigeración del sistema, para garantizar el correcto funcionamiento y evitar calentamientos contraproducentes. Por otro lado, la lubricación del compresor de aire se realiza inmediatamente al comenzar a girar dicho elemento, ya que tiene aparejado una bomba de engranajes que inyecta aceite con el mismo movimiento del cigüeñal.

Por consiguiente, se procederá a explicar la interacción de cada grupo de elementos y su función en dentro de la Unidad de Ensayos (U.E).

4.2 Sistema Neumático:

Tiene por objetivo generar, almacenar, distribuir y controlar el caudal y la presión de aire que la U.E sea capaz de disponer para la realización de los ensayos con los equipos Calibradores de Neumáticos VIGIA NM.

En la Figura 2 se puede apreciar el conexionado neumático del sistema y todos los elementos intervinientes. Para favorecer la comprensión, se explicará el recorrido del aire a través de los circuitos y la función de estos.

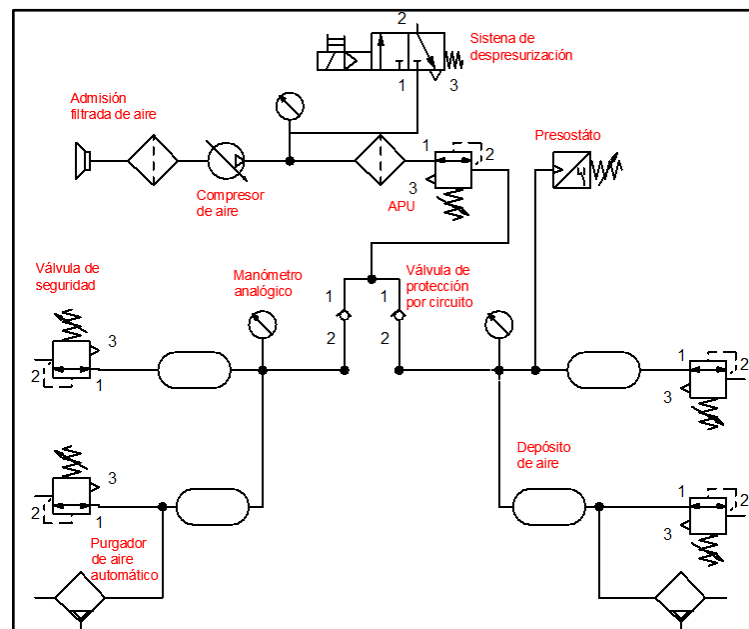


Figura 2: Diagrama del sistema neumático de la Unidad de Ensayo.

Fuente: Elaboración propia.

→ El aire atmosférico ingresa al sistema a través de la admisión filtrada, que está conectada a la entrada de aire del compresor. Dicho elemento comprime al fluido y lo expulsa hacia la APU para que retenga su humedad antes de su ingreso a los depósitos. Debajo de la



APU se encuentra una válvula de alivio regulable para liberar el exceso de presión del sistema, si supera el máximo valor de presión configurado.

- El aire comprimido llega hasta la válvula de protección por circuito que lo distribuirá a los 4 tanques. Cada par posee conexiones para consumo del aire, encontrándose también un manómetro para visualizar su presión interna. De una de estas uniones se extrae una señal neumática que se conecta al presostato de la unidad, para que detenga el compresor cuando la presión máxima es alcanzada, y en contra partida, cuando la presión llega a los valores mínimos, ponga en funcionamiento nuevamente el compresor. Cuando el presostato detiene el compresor, se activa el sistema despresurizador para eliminar la presión remanente en el cabezal y así poder reiniciar la compresión sin carga.
- Los depósitos inferiores poseen purgadores automáticos que eliminen periódicamente la humedad alojada en su interior. Por otro lado, cada contenedor posee una válvula de seguridad calibrada para actuar en caso de que la presión se eleve a niveles críticos.

Elementos:

- **Compresor de aire:** es la máquina principal de este proyecto, encargada de aspirar y comprimir el aire que luego será utilizado por los calibradores neumáticos. Consiste en un block de dos cilindros por donde internamente los émbolos realizan su carrera aspirando, comprimiendo y expulsando el fluido hacia los depósitos. Este proceso se realiza gracias al movimiento del cigüeñal mediante la transmisión de potencia del motor eléctrico.
- **Admisión filtrada de aire:** consiste en la toma de aire del compresor, donde se coloca un filtro de papel para evitar el ingreso de partículas.
- **Presostato:** es un interruptor neumático-eléctrico, que se encarga de la detención del compresor. Mediante un resorte regulable se define la presión máxima a la cuál queremos el compresor se detenga y con otro resorte más pequeño se regula a que presión reiniciar su funcionamiento. Entonces, cuando la presión de aire llega a los valores ajustados, el presostato cambia de estado los contactos eléctricos para habilitar el giro del compresor o detenerlo. De esta forma, además de controlar los arranques y paradas es el primer elemento de protección contra sobrepresiones del sistema.
- **Unidad de procesamiento de aire (APU):** es el dispositivo encargado de filtrar el aire comprimido que sale del compresor y derivarlo seco hacia la válvula que lo distribuirá a los tanques de almacenamiento. Posee una válvula de alivio regulable que es utilizada para drenar la humedad alojada en el cartucho cuando se llega a la presión de corte. Esto



también sirve para liberar la presión de aire en caso de que el compresor no detenga su funcionamiento, representando el 2° dispositivo de seguridad contra sobrepresiones.

- **Válvula multicircuito:** es la encargada de distribuir el aire hacia los depósitos, pudiendo regular la presión de aire de forma independiente en cada conexión. En este caso, se utilizan dos salidas sin regulación de presión.
- **Sistema de despresurización:** una vez que el presostato detiene el funcionamiento del sistema es necesario liberar la presión remanente en la cámara de compresión, porque cuando el motor eléctrico quiera mover el compresor su eje estará frenado y, por lo tanto, no será posible reiniciar el ciclo de trabajo. Este procedimiento se realiza mediante una conexión auxiliar conectada al acople del manómetro de presión de salida. Por lo tanto, se aprovecha el cambio de estado producido en el interruptor neumático-eléctrico para alimentar la electroválvula que se abre para liberar la presión del cabezal.
- **Depósitos de aire:** son los encargados de retener el aire comprimido que genera la U.E y que luego será usado para alimentar los equipos VIGIA. Cada uno tiene 3 conexiones disponibles, donde irán colocados los manómetros, las válvulas de seguridad, las conexiones de alimentación y los purgadores automáticos. De esta forma se tendrá gran cantidad de aire a elevada presión, disponible y seguro para los ensayos.
- **Purgadores de aire automáticos:** tienen por misión drenar la humedad contenida dentro de los depósitos, liberando durante unos segundos aire por debajo de los tanques inferiores (donde se decanta la humedad del todo el sistema) y luego permanecen cerrados por una cantidad definida de minutos hasta la próxima apertura. El ciclo de tiempos es programable según los requerimientos necesarios.
- **Válvulas de seguridad:** representan el último dispositivo de seguridad contra las sobrepresiones. Las mismas están calibradas de fábrica para garantizar que su apertura será a la presión máxima estipulada. Por consiguiente, en caso de que los anteriores elementos de seguridad fallen o que por algún motivo los depósitos incrementen su presión incontroladamente, estas válvulas se abrirán y liberarán la sobrepresión de aire. Por lo tanto, la unidad cuenta con diferentes niveles de seguridad.
- **Manómetros de aguja:** necesarios para conocer la presión existente instantánea en el cabezal del compresor y en los depósitos. Se utilizan escalas sumergidas en glicerina para soportar las vibraciones y garantizar lecturas confiables.
- **Conexiones flexibles de poliamida:** las instalaciones neumáticas de los camiones suelen estar combinadas entre tubos metálicos y tubos plásticos. Para la U.E se optó por utilizar conexiones flexibles de poliamida para alta temperatura y buscando utilizar diámetros

eficientes para la conducción del aire. Estas representan la forma más práctica para vincular los elementos entre sí y, a su vez, se pueden fabricar niples y acoples a medida.

→ **Conexiones roscadas de latón:** como se mencionó anteriormente, la forma que se eligió para vincular los distintos elementos del circuito neumático es a través de tubos de poliamida. Para lograr esto, en sus extremos, se conectan espigas de latón (introduciéndolas dentro del tubo) y luego se aseguran mediante tuercas roscadas. Los niples espigados, en su parte posterior, estarán enroscados a los elementos que se desean enlazar, logrando así una comunicación segura y adaptativa a cada entrada o salida de los dispositivos.

4.3 Sistema Eléctrico:

Tiene por objetivo brindar la potencia y el torque requerido por el compresor para la generación de aire comprimido. También alimentará con corriente continua a los sistemas auxiliares de refrigeración y purgado automático de los depósitos de aire.

La Figura 3 muestra las conexiones dentro del gabinete, donde se interconectan:

- 1) La alimentación trifásica con el guardamotor.
- 2) El guardamotor con el variador de frecuencia.
- 3) El variador de frecuencia con el motor asincrónico trifásico.
- 4) Señal del presostato a los bornes de entradas digitales del variador.

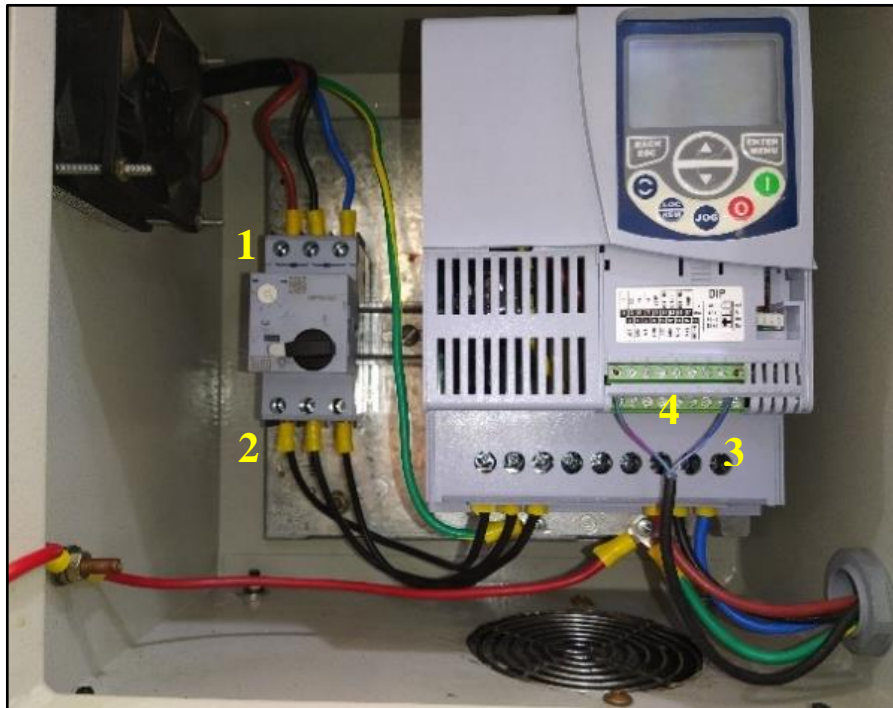


Figura 3: Interior gabinete principal.
Fuente: Fotografía tomada en la empresa.

En la Figura 4 se aprecian las conexiones que ingresan al gabinete y también se observa la instalación eléctrica que vincula el variador de frecuencia con el motor asincrónico trifásico.

También se observa la conexión del tablero de control del sistema de refrigeración, alimentado por la fuente de CA/CC debajo del gabinete principal (gabinete secundario).



Figura 4: Conexiones externas entre gabinetes y actuadores.
Fuente: Fotografía tomada en la empresa.

En la Figura 5 se puede observar la señal neumática que utiliza el presostato para su operación. También se visualiza el cableado que ingresa al gabinete para comandar el encendido y frenado del conjunto motriz a través del variador de frecuencia, según los valores de presión seteados en el interruptor electroneumático.



Figura 5: Conexión externa del presostato.
Fuente: Fotografía tomada en la empresa.

En la Figura 6 se observa el conexionado de alimentación trifásica del sistema, que se aloja dentro del gabinete principal, como muestra la Figura 3.

Para que el motor pueda funcionar, se debe energizar el sistema a través del tablero seccional correspondiente, habilitando la energización protegida del variador de frecuencia a través del guardamotor para que sea responsable de controlar y proteger al motor eléctrico.

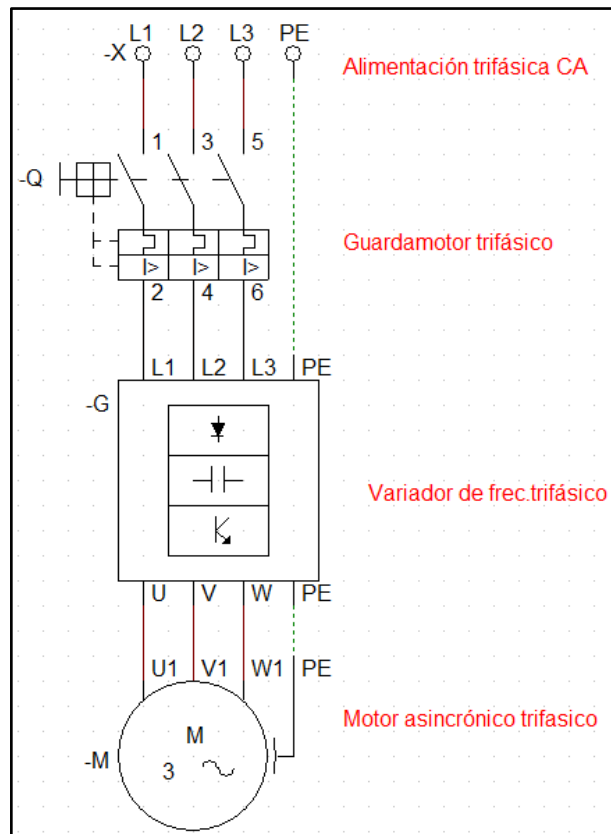


Figura 6: Esquema eléctrico del sistema electromotriz que mueve al compresor.

Fuente: Elaboración propia.

Elementos:

- **Guardamotor trifásico:** es un interruptor magnetotérmico especialmente diseñado para la protección de motores eléctricos, garantizando las funciones de seccionamiento y protección contra cortocircuitos y sobrecargas. Va colocado al principio del circuito eléctrico, siendo el encargado de recibir la alimentación trifásica para abastecer de manera controlada al conjunto variador-motor trifásico.
- **Variador de frecuencia trifásico:** es el dispositivo que comandará y protegerá al motor eléctrico. Entre sus principales funciones está poder acelerar-desacelerar de forma controlada el motor, regulando también su velocidad de funcionamiento, evitando consumos elevados de corriente y garantizando un torque constante. Además, permite invertir el sentido de giro y operar de manera remota mediante señales digitales como ser un presostato, sensores, pulsadores, llaves, etc.
- **Motor asincrónico trifásico:** es la máquina que transmite la potencia y el torque al compresor de aire para poder funcionar. Trabaja de manera controlada a través del variador de frecuencia, que actúa traduciendo las órdenes del usuario para que el motor las realice, con el objetivo de poder obtener el caudal y la presión de aire necesarios para los ensayos.



- **Instalación eléctrica entre el variador y el motor:** vincula de manera eléctrica ambos elementos, para que el motor responda según las instrucciones que reciba del variador, ya que es el responsable de alimentar y comandar al motor.
- **Instalación eléctrica entre el presostato y el variador:** como se mencionó anteriormente, el presostato funciona como interruptor cuándo la presión alcanza los valores seteados. Por lo tanto, este envía una señal eléctrica que ingresa en el variador para definir el encendido y apagado del motor.
- **Instalación eléctrica para electroválvula de despresurizado:** aprovechando los cambios de estado que el presostato realiza, se conecta al mismo la electroválvula de despresurización del cabezal del compresor. Esto se hace para que se abra y libere el aire remanente en la cámara cuándo se detiene el giro de motor, producto de la señal emitida por el interruptor. Caso contrario, cuando caiga la presión de aire debajo del valor seteadado en el presostato y este invierta sus contactos, que se cierre para que el compresor reinicie su proceso. De esta manera se garantiza que el motor mueva al compresor sin carga.
- **Fuente de alimentación conmutada CA/CC:** la unidad de ensayos utiliza elementos auxiliares que necesitan de corriente continua para funcionar, como ser la bomba de líquido refrigerante, el electroventilador, válvula de despresurización, purgadores automáticos, etc. Para ello se utiliza una fuente conmutada o “switching” que transforme y rectifique la corriente eléctrica que dichos artefactos requieren.
- **Instalación eléctrica de comando del electroventilador y la bomba de alimentación de líquido refrigerante:** se utiliza para alimentar y comandar el funcionamiento del circuito refrigerante, a través de cables e interruptores.
- **Gabinetes de protección para el variador, la fuente y los comandos:** los artefactos responsables del control y manejo de potencia eléctrica son alojados y protegidos mediante gabinetes estancos, para evitar riesgo eléctrico por contacto y/o deterioro.
- **Instalación eléctrica de purgadores automáticos:** los purgadores son alimentados y controlados mediante una plaqueta electrónica, que realiza las aperturas de las electroválvulas durante un determinado tiempo y luego las mantiene cerradas hasta el próximo ciclo de drenaje. Estos lapsos son ajustables en función del uso. El sistema se alimenta de manera directa de la fuente conmutada CA/CC, al igual que lo hace la electroválvula de despresurización.



En la Figura 8 se observa parte del conexionado de alimentación monofásica del sistema, donde la fuente conmutada se aloja dentro del gabinete secundario, como muestra la Figura 7.

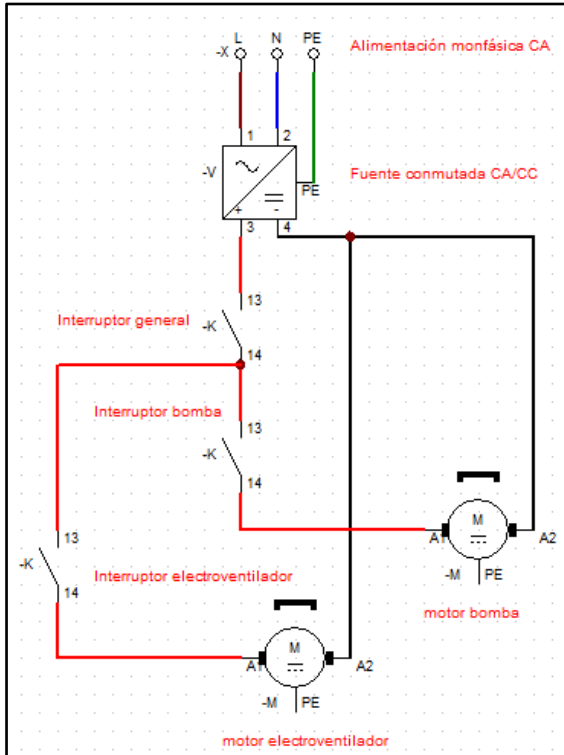


Figura 7: Interior gabinete secundario.
Fuente: Fotografía tomada en la empresa.

Figura 8: Alimentación CA/CC al conjunto bomba-electroventilador.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 9 se observan los purgadores automáticos alojados en la parte inferior de los depósitos, destinados a evacuar la humedad que se aloja en ellos mediante ciclos de drenaje.

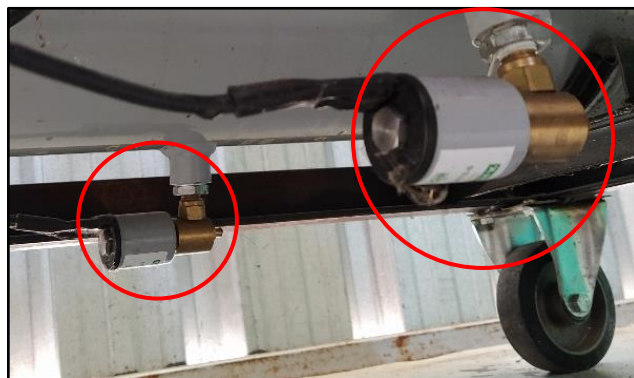


Figura 9: Purgadores automáticos.
Fuente: Fotografía tomada en la empresa.

4.4 Sistema de Lubricación:

Tiene por objetivo lubricar los mecanismos internos del compresor, ya sea cojinetes, cigüeñal, bielas, camisas, émbolos, etc. Para eso, utiliza una bomba de engranajes que está acoplada al mismo eje motriz motor-compresor en la parte posterior del mismo, que succiona el lubricante, pasando primero por el filtro y luego lo inyecta a presión por las vías internas de lubricación. El excedente, decanta hacia el depósito para cerrar el circuito. Ver Figura 10.

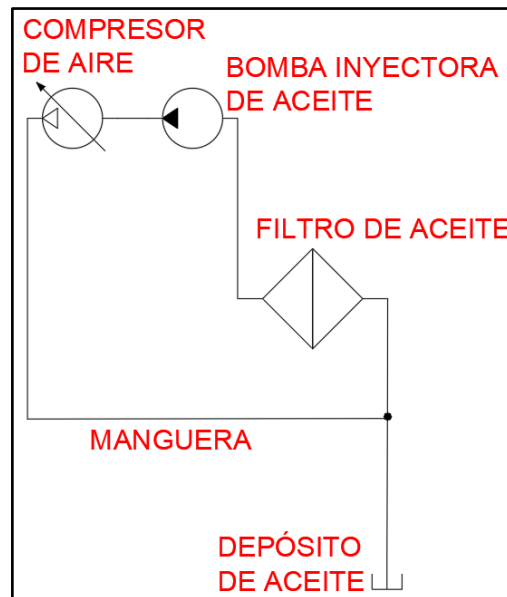


Figura 10: Esquema hidráulico del sistema de lubricación.
Fuente: Elaboración propia.

Elementos:

- **Depósito de aceite:** va sujetado al armazón de la unidad de ensayo y su misión es alojar el aceite que la bomba utilizará para inyectar a presión dentro del compresor y así lubricar los mecanismos. En dicho contenedor se encuentra una conexión de succión y otra de descarga, ya que el excedente de lubricante dentro del block se drena hacia el tanque, logrando un circuito cerrado. También posee acoplado un manómetro de aguja, para poder ver a que presión se encuentra el sistema.
- **Filtro de aceite:** al igual que el filtro de aire, es de tipo celulósico y tiene por objetivo retener las partículas que puedan contaminar el circuito lubricante.
- **Bomba inyectora de aceite:** está acoplada en la parte trasera del compresor, accionada mediante el mismo eje cigüeñal. Por su funcionamiento mediante engranajes, tiene la capacidad de transportar gran caudal de lubricante, que succiona del depósito, pasa por el filtro, ingresa por la bomba y luego va inyectado por un niple que está en la parte frontal del compresor (ver Figura 11). Para esta aplicación, el aceite seleccionado fue consultado con profesionales para utilizar el requerido por el compresor y que sea apto para este tipo de bombas.
- **Mangueras y conexiones:** para este tipo de instalaciones se utiliza mangueras hidráulicas de baja presión (hasta 300 [psi]). Estas admiten el paso de fluidos como el aceite lubricante, a elevadas temperaturas de trabajo, permitiendo así vincular los diferentes elementos del circuito mediante uniones roscadas con espiga y aseguradas mediante abrazaderas metálicas.

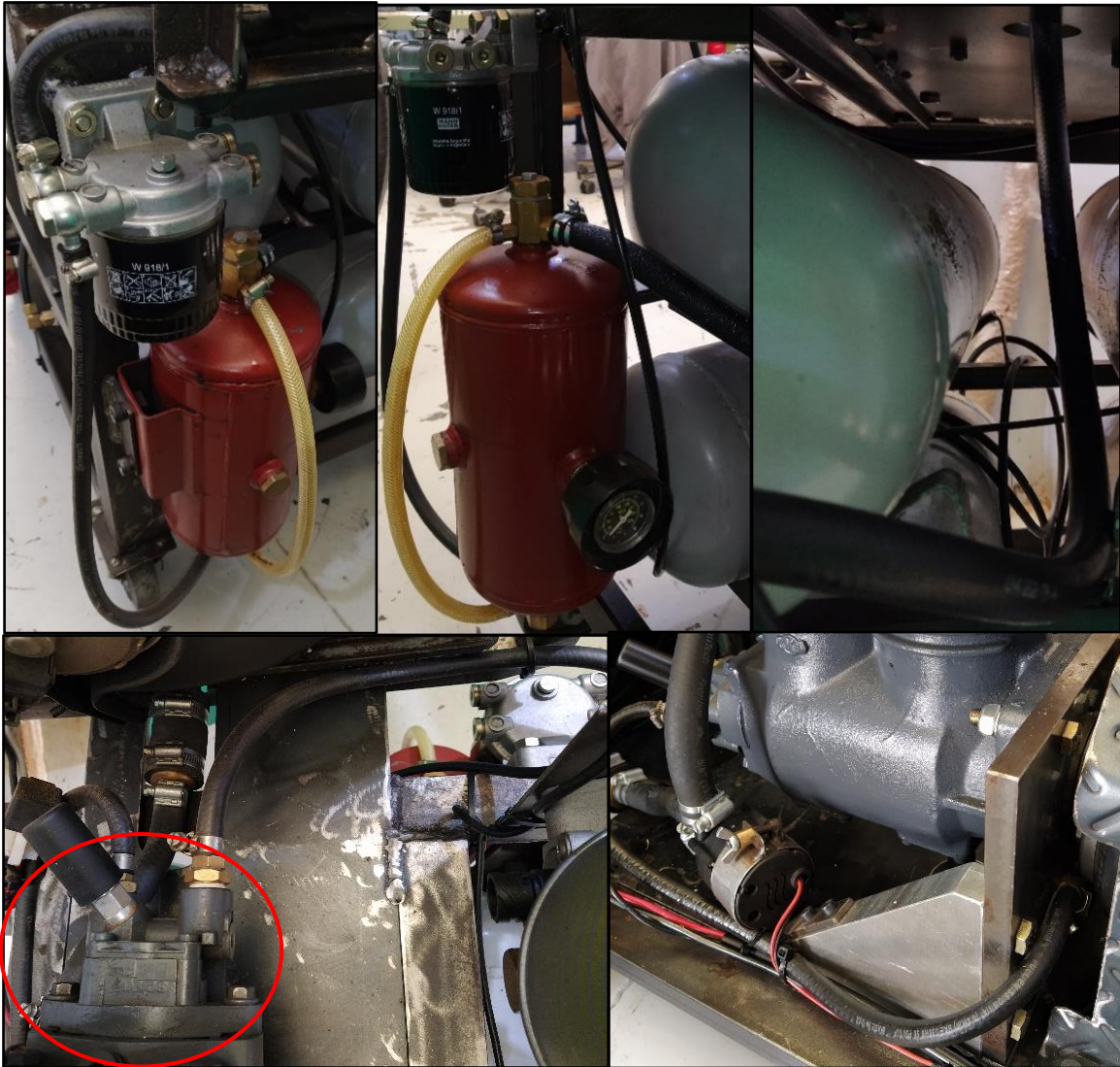


Figura 11: Conexiones del sistema de lubricación (depósito-filtro-bomba-compresor y retorno).
 Fuente: Fotografía tomada en la empresa.

4.5 Sistema de Refrigeración:

Tiene por objetivo evacuar el calor que emana el cabezal del compresor por la compresión del aire, mediante la utilización de un líquido refrigerante y un sistema intercambiador de calor de tiro forzado de aire. En las figuras 12,13 y 14 se pueden apreciar sus partes y conexiones.

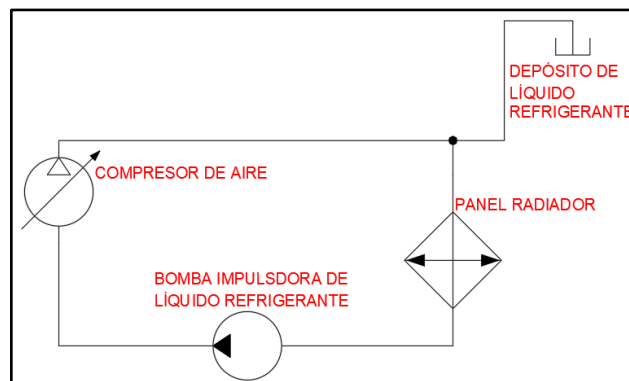
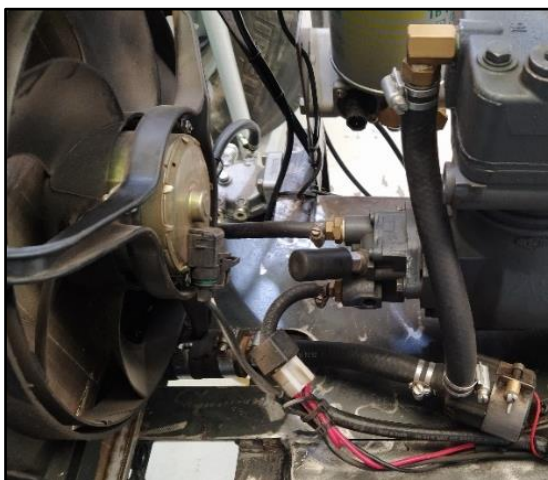


Figura 12: Esquema hidráulico del sistema de refrigeración.
 Fuente: Elaboración propia.



Elementos:

- **Depósito de líquido refrigerante:** reservorio destinado a contener el excedente del líquido refrigerante que utilizará el circuito, funcionando como depósito de expansión y respiro, según las condiciones de funcionamiento.
- **Panel radiador:** representa el intercambiador de calor que será utilizado para evacuar la energía calórica que recolecta el líquido refrigerante al pasar por las zonas calientes del circuito, ya que al circular a través de este y mediante el tiro forzado de aire, el fluido será enfriado para lograr extraer el calor del sistema.
- **Electroventilador:** es el encargado de impulsar el viento que refrigerará al líquido refrigerante cuando circula por el panel aleteado, estando detrás del mismo.
- **Bomba impulsora de líquido refrigerante:** es el elemento que permite transportar el líquido refrigerante a través de todos los elementos del circuito, logrando así la recirculación y el intercambio térmico.
- **Mangueras y conexiones afines:** para vincular todos los componentes se utiliza conexiones flexibles de caucho, aptas para líquidos, acopladas entre sí mediante conexiones roscadas con espiga, sujetándose mediante abrazaderas metálicas.
- **Interruptores con indicadores de funcionamiento:** se utiliza una caja de mando, con llaves y señalizaciones, para energizar los sistemas previamente mencionados. Tanto el ventilador como la bomba son alimentados mediante corriente continua y si bien pueden ser controlados de manera manual, se pretende automatizar su funcionamiento según la temperatura del sistema, para así lograr una lógica automática de trabajo.



*Figura 13: Conexiones entre radiador, bomba y conexión de entrada del circuito de refrigeración del cabezal.
Fuente: Fotografía tomada en la empresa.*



*Figura 14: Conexiones entre depósito, radiador, y salida del circuito de refrigeración del cabezal.
Fuente: Fotografía tomada en la empresa.*

4.6 Sistema de Transmisión Mecánica y Sujeción:

Tiene por objetivo la transferencia de potencia desde el motor trifásico al compresor de aire. Para lograr esto, se realiza una unión directa bridada (ver Figura 15), buscando la perfecta alineación entre los ejes motrices y la sujeción de ambos elementos, para evitar vibraciones y desperfectos. Además, involucra las diferentes estructuras que sujetan a los elementos de cada sistema y permite la vinculación entre ellos.

Elementos:

- **Acople directo bridado con amortiguación de goma:** para vincular los ejes del motor eléctrico y el compresor de aire de manera directa, se utiliza una unión bridada con un amortiguador de goma en el medio, para absorber los torques bruscos que puedan producirse. Básicamente consiste en dos piezas metálicas que se hermanan a los ejes, del lado del motor mediante prisioneros en el chavetero y del lado opuesto en el compresor mediante un bulón de ajuste interno (ver Figura 16). Asegurada esta unión, se sujetan ambas partes al amortiguador de goma mediante 10 pares de bulones y arandelas a presión, que se ajustan lo suficiente para lograr el correcto enlace entre todas las partes y así asegurar la transmisión total del torque entregado por el motor eléctrico.



*Figura 15: Acoplamiento directo.
Fuente: Fotografía tomada en la empresa.*



*Figura 16: Unión bridada amortiguada.
Fuente: Fotografía tomada en la empresa.*

- **Placas de sujeción:** para lograr la correcta alineación entre los ejes, es necesario sujetar a través de bulones el cuerpo del compresor, en voladizo, mediante una placa de acero mecanizada (ver Figura 17). Además, se utilizan dos placas triangulares que servirán de sostén de todo el conjunto que debe estar afirmado a la mesa donde irán montados todos los equipos de la unidad de ensayos. Así se lograría vincular alineadamente el elemento motriz con el receptor, estando ambos amurados a la estructura general y evitando generar esfuerzos indeseados debido a una incorrecta conexión entre las partes móviles.



Figura 17: Placa de sujeción del compresor.
Fuente: Fotografía tomada en la empresa.

- **Armazón:** es la estructura metálica de soporte y sujeción de todos los sistemas que integran la Unidad de Ensayo. También tiene por objetivo permitir su movilización dentro del área de pruebas mediante sus ruedas reforzadas (dos direccionales y dos fijas, todas con freno). Con esta estructura se logra emular un sistema generador y almacenador de aire comprimido móvil, ya que sólo se necesita de un tablero de alimentación trifásica y monofásica de baja tensión para su utilización (ver Figura 18).



Figura 18: Vistas de la estructura metálica de soporte y alojamiento de los sistemas neumático, eléctrico, de lubricación, de refrigeración y de transmisión mecánica.
Fuente: Fotografía tomada en la empresa.



5. FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE LA UNIDAD DE ENSAYO

Habiendo explicado sintéticamente la composición de los sistemas que integran este proyecto se procede a exponer cómo funciona y cómo se opera el conjunto, ya que la misión principal es generar aire comprimido con el caudal y la presión suficiente para los ensayos con los equipos calibradores VIGIA NM .

Independientemente de qué modelo de calibrador se ensaye, en la práctica, todos se alimentan neumáticamente del depósito de aire auxiliar de la unidad o de algún depósito que pueda ser destinado para esta clase de servicios externos que no pertenecen de fábrica al vehículo.

Entonces, como el objetivo es recrear las condiciones que se evidencian en el campo de aplicación real, es decir, en las unidades de transporte que transitan las rutas con sus compresores y tanques definidos, se diseñó la siguiente metodología para operar la Unidad de Ensayo según los requerimientos establecidos para cada prueba. Se detallan aquí los pasos:

- 1) Al ser móvil la Unidad de Ensayo, primero debe ubicarse en el lugar adecuado según la cercanía necesaria para realizar el ensayo con el equipo calibrador y los demás elementos intervinientes.
- 2) Conectar la instalación eléctrica trifásica (380[V]) y monofásica (220[V]) a los tomacorrientes adecuados, protegidos por su tablero seccional correspondiente.
- 3) Encender el variador de frecuencia, a través del guardamotor trifásico, para energizar el circuito de potencia. La alimentación en corriente continua estará habilitada inmediatamente al conectar la fuente conmutada, ya que es necesario que los purgadores automáticos sean los primeros en energizarse para poder cumplir su función (en la práctica al poner en contacto la unidad sucede lo mismo). También estará energizada la electroválvula de despresurización del cabezal compresor (normal abierta), necesaria para arrancar el motor sin carga luego de que el presostato provoque la detención cuando los depósitos lleguen al valor de presión de corte seteado. Por último, la caja de mandos del Sistema de Refrigeración estará lista para ser usada, teniendo sus llaves en OFF hasta su habilitación.
- 4) Configurar en el presostato las presiones de trabajo del compresor según los valores requeridos. Esto debe hacerse para que este interruptor neumático-eléctrico envíe la señal



al variador de frecuencia y comande la detención del sistema cuando se alcanzó la presión máxima de aire deseada. Lo mismo sucede para generar el reinicio del funcionamiento del compresor cuando alcance valores mínimos. Por lo tanto, como se muestra en la Figura 19, establecer la presión de desconexión en la escala de “Rango”, ajustando el resorte señalado. Realizar lo mismo para instaurar la presión de conexión en la escala “Dif”, que representa cuantos PSI o BAR descenderá la presión del depósito hasta que se reconecte el sistema para elevar la presión hasta su valor de corte.

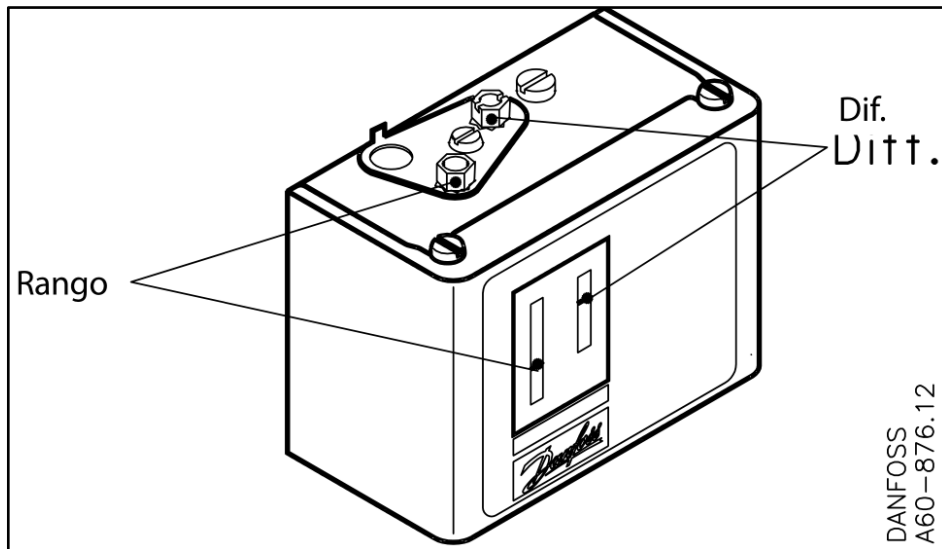


Figura 19: Regulación de presiones para interruptores Danfoss.
 Fuente: Folleto técnico presostato y termostato Danfoss KP y KPI.

- El variador de frecuencia posee dos formas de comandar al motor: una local y la otra remota. Si está configurado en LOC, operará a través de las ordenes que ingrese el usuario mediante los botones de la interfaz (ver Figura 20).



Figura 20: Interfaz Hombre Máquina (HMI) del CFW500.
 Fuente: Catálogo WEG – CFW500 – CONVERTIDOR DE FRECUENCIA.



Si está configurado en REM, funcionará mediante las entradas digitales o analógicas que tenga añadidas. Es decir, responderá a señales enviadas por dispositivos de control externos. Entonces, cuando se controle el sistema de forma remota, el arranque y parada del motor dependerán del accionamiento del interruptor electroneumático (presostato) y los estados de presión preconfigurados.

Independientemente de que forma de operación se utilice, es imperativo configurar el convertidor de frecuencia de manera previa a su utilización. Mediante una serie de pasos, se utilizan valores de programación interna para regular el comportamiento del conjunto variador-motor. Por lo tanto, todo esto se explica en detalle en el Anexo 1.

- 6) Regular la frecuencia eléctrica de trabajo [Hz] en el variador, para controlar la velocidad angular del motor [rpm] según se determine para cada ensayo. En la Figura 21 se muestra el rango de frecuencia eléctrica que el variador puede entregar a la salida. Por ejemplo:
- Se puede representar el funcionamiento de un compresor de aire cuando el motor se encuentra en “ralentí”, es decir, en el régimen mínimo de revoluciones por minuto para un camión en marcha, teniendo el mínimo caudal de aire disponible.
 - También se puede representar el funcionamiento de un compresor de aire cuando el motor se encuentra acelerado, representando un régimen de trabajo del motor con revoluciones por encima de las 1200² [rpm] y un caudal de aire elevado.

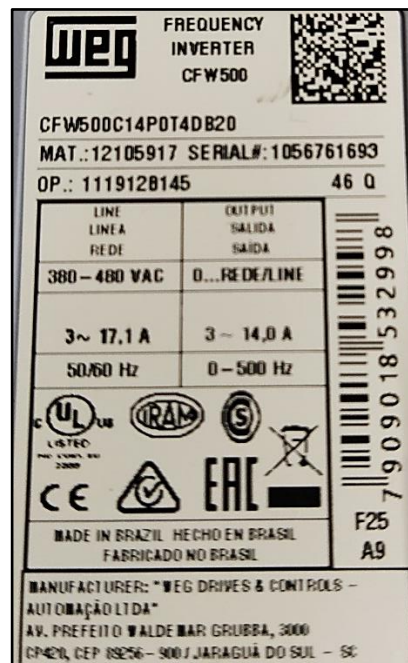


Figura 21: Placa de datos característicos del inversor de frecuencia CFW500.

Fuente: Fotografía tomada en la empresa.

²Según el manual del Calibrador NM464, se puede considerar a partir de 1200 [rpm] caudales de aire elevados.

Si no se detalla régimen de giro en particular, regular la frecuencia eléctrica de funcionamiento del motor según su placa característica, para obtener la velocidad de giro nominal. Como se muestra en la Figura 22, la frecuencia eléctrica para este motor es 50 [Hz] y su velocidad angular nominal 1470 [rpm], obteniendo con estos valores una refrigeración óptima del motor y trabajando a pleno régimen respecto a sus capacidades motrices.

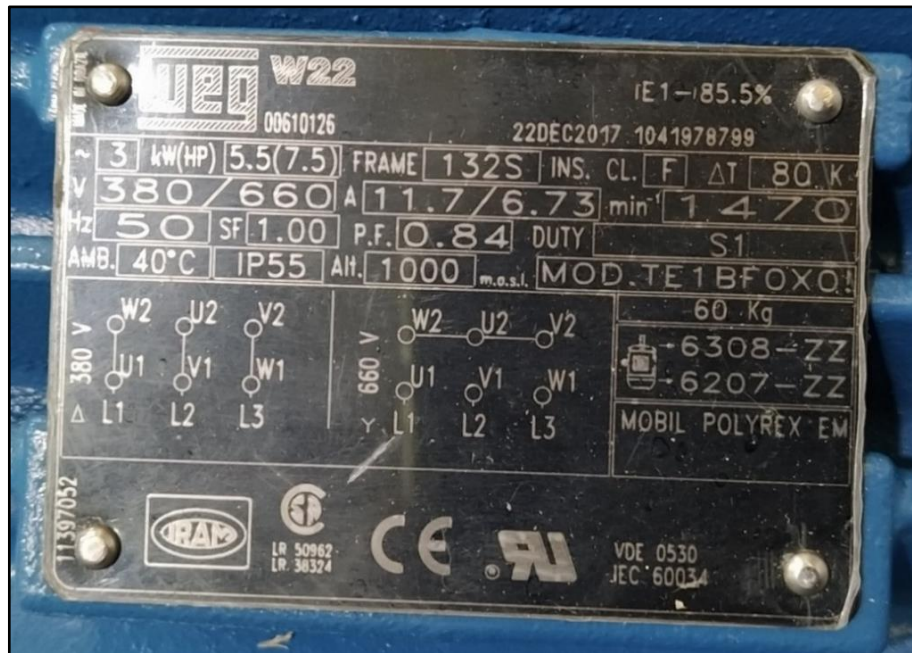


Figura 22: Placa característica motor trifásico WEG - W22 - IE1 - 380[V] - 50[Hz] - 5,5[kW].
Fuente: Fotografía tomada en la empresa.

- 7) Probar el sistema consumiendo aire y permitiendo que el equipo recupere aire hasta llegar a la presión de corte. Repetir cíclicamente para comprobar su operabilidad. Encender la bomba de líquido refrigerante y el electroventilador para refrigerar el cabezal compresor.
- 8) Con el sistema detenido, conectar el equipo calibrador a ensayar y abrir la llave de paso para alimentar neumáticamente. Ensayar el conjunto y controlar su comportamiento.

6. SELECCIÓN DE EQUIPOS

En este capítulo se justificará la selección de los elementos principales que constituyen la Unidad de Ensayo. Los argumentos serán técnicos, cuándo apliquen, y otros serán en base a circunstancias que definieron la existencia previa de ciertos componentes, aplicando un criterio lógico para su implementación. Se irán explicando en orden, según los sistemas mencionados en el Capítulo 4: “Descripción General del Sistema”, del presente documento.

6.1 Componentes del Sistema Neumático:

6.1.1 Compresor de aire

Esta máquina representa el corazón la Unidad de Ensayos, por ser el generador de aire comprimido que da origen a este proyecto. El mismo fue facilitado por un cliente en un intercambio de favores por los Calibradores Neumáticos VIGIA NM instalados en su flota de autobuses. El compresor pertenecía a una de las unidades de transporte, que fue retirado para su reparación y luego almacenado, hasta que apareció esta oportunidad para ser reutilizado.

Por lo tanto, este elemento es la principal referencia de diseño que tiene este trabajo, definiendo la selección del resto de dispositivos involucrados en función de sus características. Se presentan en la Figura 23 un resumen de ellas:



Dos Cilindros, Compresor

1400 010 009

[Sistema de Freno > Compresor > Dos Cilindros > 1400 010 009](#)

Código EAN: 8699031050416

Especificaciones técnicas

Diámetro del cilindro	88.00 mm
Carrera	50 mm
Volumen	608 cc
Punto de Entrada de Aire	M26x1,5
Punto de Salida de Aire	M22x1,5
Número de cilindros	2
Mástil trabajando	OK
Punto de purga de aire	M22x1,5
Agua (CON) o Aire (A) Enfriado	W
Punto de Entrada de Agua	M18x1,5
Punto de Salida de Agua	M18x1,5
Característica ESS	OK
Placa de válvula refrigerada por agua	OK






Figura 23: Datos generales del compresor.

Fuente: Vaden, 2023.



Esta situación nace de la idea de construir un banco de pruebas que simule el comportamiento real de una unidad. Entonces, aunque el elemento no fue seleccionado mediante cálculos, la búsqueda derivó en un componente de características tales que teóricamente funcionaria, por haber estado cumpliendo su rol en una aplicación real.

Especificaciones técnicas del compresor de aire

- Marca y modelo: KNORR-BREMSE LP49, utilizado con motores SCANIA D9.
- Cilindrada: 600 [cc] (608 [cm³])
- Presión manométrica de trabajo: 13 [bar]
- Caudal a 2000 [rpm] con 8 [bar] de contrapresión: 640 [l/min]
- N° de cilindros, diámetro y carrera: 2 cilindros de 88 [mm] x 50[mm] de carrera.
- Máxima temperatura admisible en servicio intermitente: 220 [°C].
- Velocidad máxima de rotación: 3000 [rpm].
- Accionamiento: originalmente es traccionado por medio de un piñón que se mueve gracias a los engranajes de la distribución del motor.

Para este caso práctico se retiró el engranaje y se utiliza un acoplamiento directo bridado, generando un cono en el mismo para lograr un acoplamiento por enclavamiento cónico y ajustado con un bulón interno, el cual se usaba para hermanar el piñón con el eje cigüeñal.

- Forma de lubricación: la lubricación del compresor de aire es a presión. Las demás superficies internas y cojinetes son lubricados por barboteo.

Para poder inyectar a presión el aceite, se aprovecha la bomba de transmisión de combustible que está aparejada en la parte trasera del compresor, que es solidaria al mismo cigüeñal. Con esto se compensa el no contar con el circuito de lubricación original del motor y así poder bombear lubricante a través del orificio original del compresor.

- Forma de refrigeración: el bloque motor del compresor es enfriado por aire y tiene aletas de refrigeración, mientras que la culata es enfriada por líquido y está conectada al sistema de refrigeración del motor. Se sugiere un caudal mínimo de 10 [l/min].

Se adaptó un sistema externo de refrigeración, al no contar con el sistema original del motor, en donde una bomba impulsa 18 [l/min] de líquido refrigerante a través del circuito de refrigeración de la culata, forzando su pasaje por un intercambiador de calor (radiador-electroventilador). Con esto se logra extraer el calor del cabezal del compresor y también generar una corriente forzada de aire a través del aleteado.



Potencia mecánica del compresor

Como el compresor será movilizado mediante un motor eléctrico, es necesario calcular la potencia mecánica que demandará la máquina para cumplir su labor. Para eso se utiliza la fórmula del “trabajo que requiere el compresor”, descrita por Carlos A. García (1987), que dice:

El compresor a émbolo constituye un sistema abierto a flujo no permanente durante la carrera de admisión: entra gas al cilindro y no sale de él.

Un sistema cerrado durante el proceso de compresión: no entra ni sale masa del cilindro. Durante el barrido vuelve a ser un sistema abierto a flujo no permanente ya que sale gas y no entra. Pero dado que todo gas que penetró durante la admisión sale del cilindro durante el barrido, podemos asimilar el compresor a un sistema circulante y mediante las expresiones del primer principio de la Termodinámica para tal tipo de sistema calcular el trabajo requerido:

$$L_C = \int_{p_1}^{p_2} -v * dp \quad [6-1]$$

Y estará representado en el diagrama de estado por el área lateral desde la curva representativa de la transformación hasta el eje de ordenadas (ver Figura 24). La ecuación (6-1) para una politrópica cualquiera nos da la expresión:

$$L_C = \frac{m}{m-1} * R * T_1 * \left[1 - \frac{P_2}{P_1} \left(\frac{m-1}{m} \right) \right] \quad [6-2]$$

En la ecuación (6-2) m es el exponente de la politrópica y la misma nos da el trabajo que se ha trasferido al kg de gas que circula por el compresor, que en un compresor real será menor que el trabajo que debe suministrarse al equipo debió al rendimiento mecánico del mismo. (Carlos A. García, 1987, p67-68)

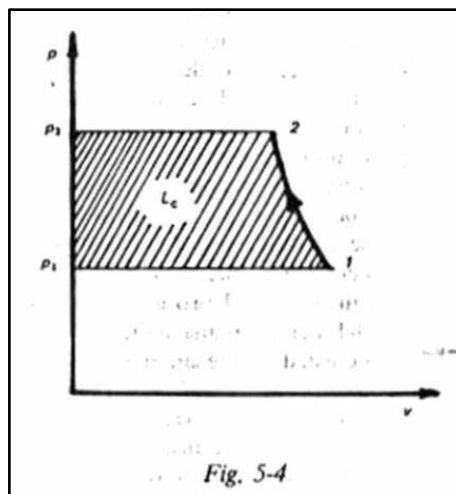


Figura 24: Diagrama de estado de un gas al ser comprimido por un compresor.
Fuente: García, C. A. Termodinámica Técnica, 4. Ed.



Por lo tanto, para poder calcular la potencia mecánica que demandará el compresor, primero es necesario calcular el trabajo requerido que tendrá que aplicar al gas (aire) para llevarlo desde una presión P_1 (P_{atm}) a una P_2 ($P_{servicio}$), aspirando aire atmosférico a una determinada temperatura T_1 (T_{atm}), considerando una transformación politrópica. A continuación, se exponen en la Tabla 1 y Tabla 2 las variables y constantes del proceso:

Características del compresor				
Diámetro pistón [mm]	Carrera [mm]	Volumen [cc]	N° cilindros	N° etapas
88	50	608	2	1
Constantes y rendimientos adoptados				
R_{aire} [J/kg*K]	δ_{aire} [kg/m ³]	m	η adiabático	η mecánico
287	1,189	1,2	0,9	0,8

Tabla 1: Características del compresor y constantes adoptadas.
Fuente: Elaboración propia.

→ Siendo:

-R la constante particular del gas Aire.

-m el exponente para una transformación politrópica, siendo $1 < m < k$ ($k=1,4$).

- δ densidad del aire.

- η ad es la relación entre el trabajo ideal de compresión y el trabajo real de compresión.

- η mec es el porcentaje del trabajo real efectivo, siendo el resto pérdidas por rozamiento.

Datos del proceso		
P_{atm} (absoluta) [bar]	$P_{servicio}$ (absoluta) [bar]	T_{atm} (absoluta) [K]
1	14	303

Tabla 2: Magnitudes intervinientes durante la transformación del gas.
Fuente: Elaboración propia.

→ Siendo:

- P_{atm} la presión con la que ingresa el aire a la cámara de compresión (P_1).

- $P_{servicio}$ la presión de trabajo del compresor, que corresponde a la presión máxima que tendrá que comprimir el volumen de gas (P_2). Este valor fue definido en base a las presiones de depósito que manejan los camiones, donde los más elevados rondan los 13 [bar].

- T_{atm} la temperatura absoluta con la que ingresa el aire, considerando una temperatura promedio de $\rightarrow (25 [^{\circ}C] = 273 + 25 = 298 [^{\circ}K])$.

Entonces, se reemplazan las variables y constantes en la ecuación [6.2] para calcular el trabajo requerido para llevar al aire desde un estado 1 (atmosférico) hasta un estado 2 (comprimido):

$$L_C = \frac{1,2}{1,2-1} * 287 * 298 * \left[1 - \frac{14^{\left(\frac{1,2-1}{1,2}\right)}}{1} \right] = -283500 \left[\frac{J}{kg} \right]$$



Aclaración: la presión atmosférica estándar disponible en la admisión del compresor es 1,013 [bar], de presión absoluta (a fines prácticos, se considera 1 [bar]). Pero la presión de trabajo a la cual se desea llegar es de 13 [bar], de presión manométrica. Entonces, como se puede observar en la Figura 25, la P_{atm} representa el punto 0 desde donde se mide la $P_{manométrica}$, ya sea por encima (sobrepresión) o por debajo (depresión). Por consiguiente, para los cálculos se utiliza como presión de servicio absoluta la suma de $13+1$ [bar] = 14 [bar].

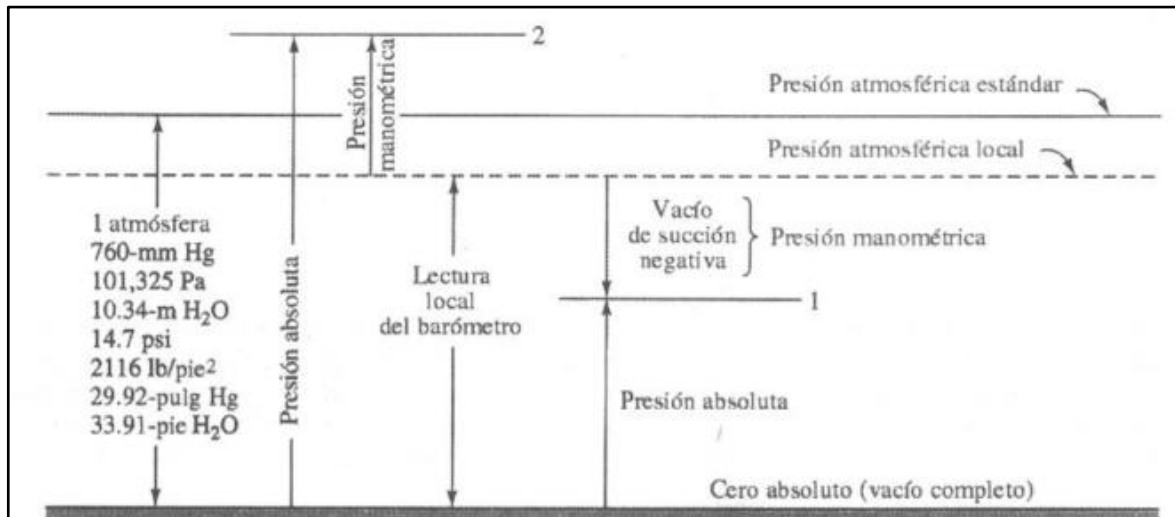


Figura 25: Unidades y escalas para la medida de presión.
 Fuente: Mecánica de Fluidos, Streeter 9na Edición.

Retomando el procedimiento de cálculo, se necesita conocer cuánto caudal puede entregar el compresor. El mismo depende de las revoluciones de giro de la máquina y la presión de descarga. Por lo tanto, se procedió a consultar con el manual de servicio de SCANIA en donde detallan las prestaciones de trabajo máximas del generador de aire comprimido bajo un régimen puntual (ver Tabla 3).

Especificaciones	
Caudal a 2.000 rpm	con 8 bares de contrapresión
Motor D9	aprox. 640 l/min
Motor DSC11	aprox. 480 l/min
Motor DC11, D12, D16	aprox. 800 l/min
Motor D14	aprox. 800 l/min

Tabla 3: Prestaciones de servicio del compresor KNORR para diferentes motores SCANIA.
 Fuente: Manual Técnico 10:02-13, Compresor de aire SCANIA.



Entonces, el caudal entregado a 2000 [rpm] y 8 [bar] de contrapresión³ es $Q = 640$ [l/min]. Si dicho valor se lo expresa como caudal másico en [kg/s], se obtiene:

$$Q_{\text{másico}} = Q_{\text{volumétrico}} * \delta_{\text{aire}} = \frac{640 \left[\frac{\text{l}}{\text{min}} \right] * 1,189 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]}{1000 \left[\frac{\text{l}}{\text{m}^3} \right] * 60 \left[\frac{\text{s}}{\text{min}} \right]} = 0,0127 \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$$

De esta forma, multiplicando el trabajo L_c por el caudal Q_m y considerando los rendimientos de una compresión real, obtenemos la potencia mecánica requerida por el compresor para el régimen de trabajo antes mencionado:

$$N_C = \frac{L_c * Q_m}{\eta_{\text{ad}} * \eta_{\text{mec}}} = \frac{-283500 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] * 0,0127 \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]}{0,9 * 0,8} = -4,994 \text{ [kW]}$$

En resumen, si se pretende elevar la presión manométrica de aire desde 0 a 13 [bar], considerando una admisión de aire atmosférico y un régimen de vueltas elevado del compresor, se requieren como mínimo 5 [kW] de potencia mecánica disponibles en el eje de la máquina, provenientes de un motor externo (para este caso, se reemplaza el motor a combustión por un motor eléctrico asincrónico trifásico).

6.1.2 Admisión filtrada de aire

El compresor posee distintos puertos en su cabezal por donde ingresan y egresan el aire y el líquido refrigerante. Una de esas conexiones identificadas con el número 0 es el Suction port (ver Figura 26), siendo la admisión de aire atmosférico del compresor.

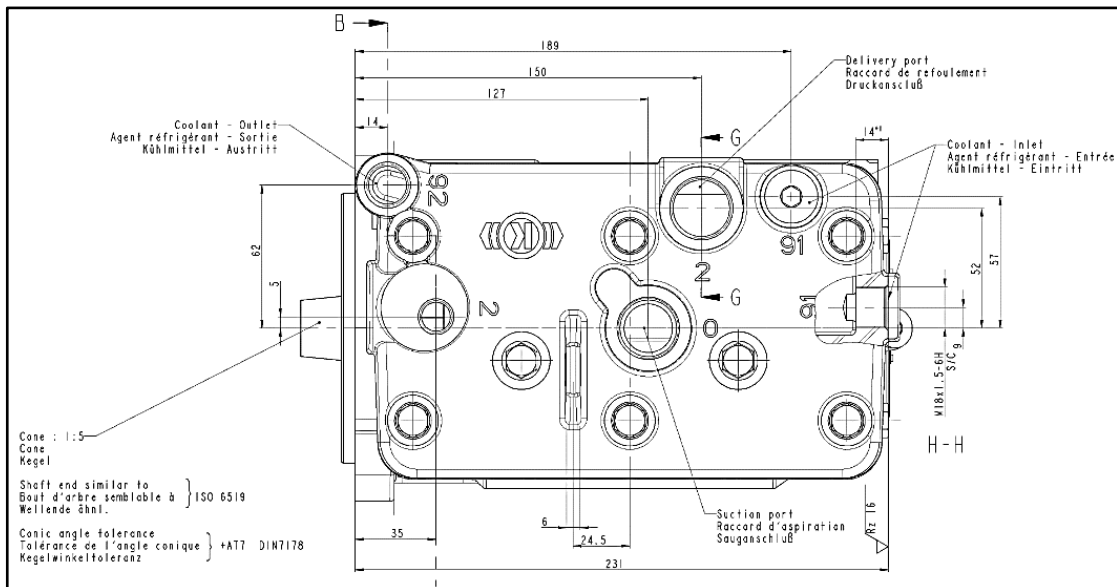


Figura 26: Vista superior del cabezal del compresor.
Fuente: KNORR-BREMSE, COMPRESSOR 600CC ESS.

³El compresor es una máquina que entrega caudal de aire al sistema. Si el sistema no está presurizado, la presión será cero. Pero, si el sistema está cerrado, empezará a aumentar su presión a medida que el compresor inyecte aire. Entonces, el fabricante define el caudal máximo que el compresor puede entregar bajo un régimen de 2000 [rpm] y 8 [bar] de contrapresión, que significa la máxima presión que puede mantener en esas condiciones.

Originalmente poseía una espiga cilíndrica roscada, que era utilizada para conectarse al circuito de aire filtrado del camión a través de una manguera o tubo, para así alimentar la cámara de compresión (ver Figura 27).



Figura 27: Cabezal del compresor restaurado KNORR-BREMSE LP49.
Fuente: Fotografía tomada en la empresa.

Debido al nivel de ruido generado por tener esta boca libre y corriendo el riesgo aspirar impurezas o algún elemento contundente que pudiera perjudicar la máquina, se decidió incorporar una toma de aire filtrada, la cual garantizaría una aspiración segura y eficaz (ver Figura 28). Además, como se puede ver en la imagen, se puede adaptar la admisión mediante una manguera flexible que permita aspirar aire frío y seco desde el laboratorio (ambiente acondicionado), mejorando el rendimiento del proceso y consiguiendo que el fluido salga comprimido con menor humedad relativa.



Figura 28: Toma de aire filtrada modificada.
Fuente: Fotografía tomada en la empresa.

6.1.3 Presostato

En páginas anteriores de este documento se explica la función que cumple el presostato dentro de la Unidad de Ensayos, mencionado su importancia y modo de uso. En resumen, representa un dispositivo de control de la presión del sistema, conmutando sus contactos para habilitar o deshabilitar el funcionamiento del compresor, en función de las calibraciones realizadas en sus resortes (Rango y Diferencial).

Debido a esto, su selección deriva en conocer o definir la máxima presión de trabajo del sistema neumático. Como se mencionó anteriormente, la presión de servicio será de 13 [bar], por lo que resulta conveniente buscar un presostato que sea capaz de funcionar al menos hasta ese valor. También es importante definir el nivel de retardo o espera que se pretende adoptar para el reinicio de funcionamiento del compresor, al descender la presión del circuito. Si se analiza el régimen de trabajo de los compresores en los vehículos de carga, la diferencia entre la presión de corte (desconexión) y la presión de reinicio (conexión) no suele superar los 3 [bar].

Entonces, los parámetros que definen el criterio de selección son:

- Máxima presión de trabajo del sistema.
- Nivel de diferencial de presión entre el valor de desconexión y conexión.

Para esta aplicación, se optó por el siguiente presostato (ver Figura 29):

- Marca y modelo: Danfoss KP36, utilizado principalmente para fluidos gaseosos.
- Rango de ajuste P_e : 2 – 14 [bar].
- Diferencial: 0,7 – 4 [bar].
- Presión de funcionamiento admisible P_e : 17 [bar].
- Presión de prueba máx.: 22 [bar].
- Conexión de presión: G ¼ A.
- Material de los contactos: oro.



Figura 29: Imagen ilustrativa del presostato Danfoss KP36.
Fuente: Danfoss, 2023.



A la hora de realizar la instalación y los ajustes en el dispositivo, se debe tener en cuenta lo mencionado por el proveedor Danfoss (ver Tabla 4, Figura 30 y Tabla 5).

Presostato único		KP 35, KP 36	KPI 35, KPI 36	KPI 38	KP 34, KP 35, KP 36, KP 37 versión de caldera
Descripción					
Temperatura ambiente [°C]		-40-65 °C (durante un máx. de 2 horas hasta 80 °C)			
Temperatura del medio [°C]		-40-100 °C			
Fluido		Medios gaseosos	Medios gaseosos y líquidos	Vapor, aire, medios gaseosos y líquidos	
Piezas en contacto con el fluido	Fuelles	Bronce fosforado o acero inoxidable	Bronce fosforado	Acero inoxidable	
	Conector de presión	Acero de fácil maquinado/ mecanización (niquelado) o acero inoxidable	Latón	Acero de fácil maquinado (niquelado)	
Sistema de contacto		<p>Unipolar dos vías (SPDT)</p>			
Carga de contacto, plata		Corriente alterna: CA-1: 16 A, 400 V CA-3: 16 A, 400 V CA-15: 10 A, 400 V Corriente continua: CC-13: 12 W, 220 V	Corriente alterna: CA-1: 10 A, 440 V CA-3: 6 A, 440 V CA-15: 4 A, 440 V Corriente continua: CC-13: 12 W, 220 V	Corriente alterna: CA-1: 16 A, 400 V CA-3: 16 A, 400 V CA-15: 10 A, 400 V Corriente continua: CC-13: 12 W, 220 V	
Carga de contacto, contactos chapados en oro		Consulte la información en la página 15			
Protección, grado IP30		La unidad debe montarse sobre una superficie plana/un racor plano y deben cubrirse todos los orificios no utilizados			
Protección, grado IP44		Montaje como IP30 más conexión de la cubierta superior, código 060-109766			
Protección, grado IP55		Unidad montada en un encapsulamiento especial IP55, código 060-033066 o 060-062866			
Entrada de cable		Entrada de prensaestopas de goma para cables de 6-14 mm de diámetro			
Montaje en la placa posterior/sopORTE mural		A prueba de vibraciones en el rango de 0 a 1000 Hz, 4 g [1 g = 9,81 m/s ²]			
Montaje en soporte de montaje en ángulo		No se recomienda en zonas donde se produzcan vibraciones			

Tabla 4: Datos técnicos.

Fuente: Folleto Técnico de los presostatos línea KP.

<p>Nota: Para presostatos de baja presión, la presión de reinicio es igual a la presión de desconexión más el valor diferencial.</p>	<p>Las presiones de conexión y desconexión del sistema deben comprobarse siempre con un manómetro preciso.</p> <p>Ajustes de presión para interruptores con reset automático.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Establezca la presión de conexión en la escala «CUT-IN» (escala de rango). 2. Establezca el diferencial en la escala «DIFF». <p>La presión de desconexión debe ser superior a la absoluta vacío ($p_v = -1$ bar). Para presostatos de alta presión, la presión de reinicio es igual a la presión de desconexión menos el diferencial.</p>	<p>Presostatos con rearme manual</p> <p>Establezca la presión de desconexión en la escala «CUT-OUT» (escala de rango). Los limitadores de alta presión se pueden rearmar manualmente cuando la presión es igual a la presión de parada menos el diferencial.</p>
---	---	---

Figura 30: Recorte de ajustes.

Fuente: Folleto Técnico de los presostatos línea KP.

Tipo de interruptor: unipolar de dos vías (SPDT)	Acción del interruptor	Aplicación
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Terminales 1-4, cierre por arriba y apertura por abajo; los terminales 1-2 pueden utilizarse como alarma de baja presión 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desconexión de baja presión
SPDT	<ol style="list-style-type: none"> 2. Terminales 1-2, apertura por arriba y cierre por abajo; los terminales 1-4 pueden utilizarse como alarma de alta presión 	<ol style="list-style-type: none"> 2. Interruptor de alta presión

Tabla 5: Sistema de contacto y aplicación.

Fuente: Folleto Técnico de los presostatos línea KP.



6.1.4 Unidad de procesamiento de aire (APU) y válvula multicircuito

La unidad de procesamiento o acondicionamiento de aire es el primer elemento en recibir el fluido comprimido que sale del compresor. Consiste en un cuerpo metálico que aloja un gran cartucho secador que retiene impurezas, aceite y la humedad del aire.

El aire húmedo ingresa a la APU por el puerto N°1 (ver Figura 31) pasando internamente por el cartucho hasta salir hacia la válvula multicircuito (VM) por el puerto (1) (ver Figura 32). Luego sale derivado por las salidas reguladas 21 y 22 de dicho cuerpo de válvulas hacia los reservorios (ver Figura 33). Para este caso práctico como se alimentan los 4 depósitos por igual, a la misma presión, se omite su regulación.

Ambos elementos fueron provistos junto con el compresor, es decir, por parte del cliente de la firma de transporte, mencionado anteriormente. Por lo tanto, no hubo que hacer una preselección de equipos, sino adaptar lo que se tenía a disposición y ubicarlo en el Armazón de la Unidad de Ensayo.

Como ya se explicó, la APU posee una válvula de alivio regulable que permite drenar el filtro secador, por medio de la liberación de aire a presión al momento del corte del compresor. Esto quiere decir, que dicho regulador originalmente define la presión máxima del sistema, comandando con una señal neumática el cese de compresión. Esta propiedad ha sido anulada, ya que se utiliza el presostato para configurar las presiones de desconexión y conexión del generador de aire comprimido.

En síntesis, se utiliza esta asociación de dispositivos para deshidratar y limpiar el aire, ya que luego será almacenado en los depósitos para su consumo en los ensayos neumáticos.

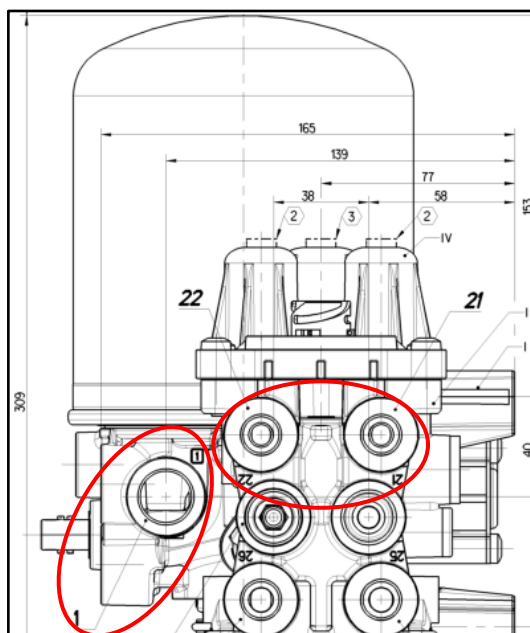


Figura 31: Recorte del plano, señalando el puerto N°1 y las salidas 21 y 22.
Fuente: WABCO "Air Processing Unit."

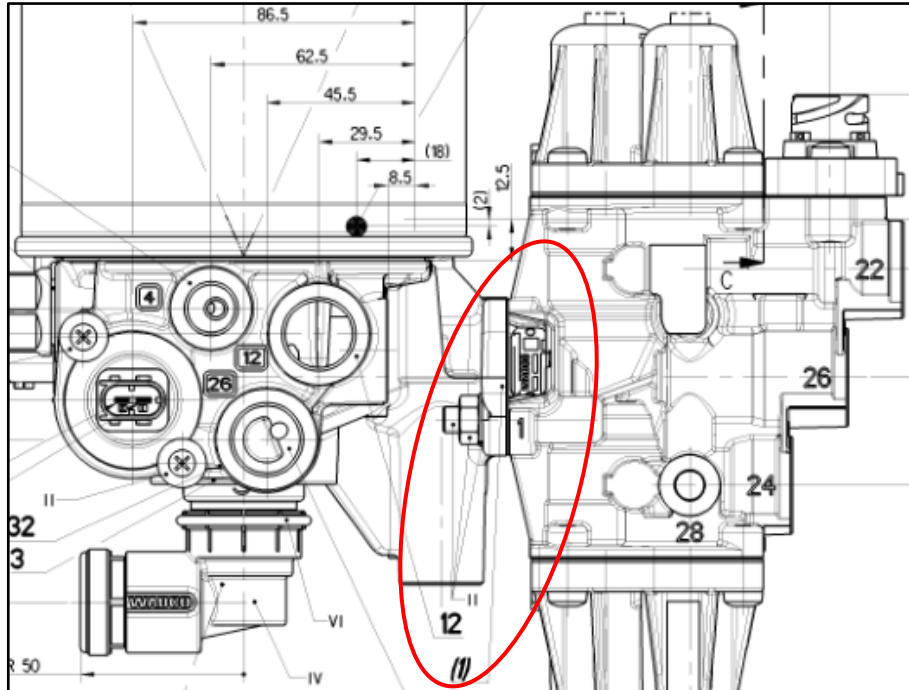


Figura 32: Recorte del plano, señalizando la brida de conexión (1).

Fuente: WABCO, Air Processing Unit.

Por último, se muestra en la Figura 33 la aplicación real del conjunto y su montaje en la Unidad de Ensayo. Se puede observar la conexión neumática entre la salida de aire del Compresor y el puerto de ingreso N°1 de la APU, mediante tubo de poliamida. También se puede ver la vinculación APU-VM, señalizando las salidas 21 y 22 hacia los depósitos. El conjunto está sujetado en su parte posterior a un soporte que está vinculado al Armazón, quedando los elementos en voladizo.



Figura 33: Fotografía de la Unidad de Ensayo señalando las conexiones entre componentes.

Fuente: Fotografía tomada en la empresa.



6.1.5 Sistema de despresurización

Para poder liberar la presión de aire remanente en el cabezal del compresor, al momento de su detención, se utiliza una electroválvula normal abierta. Esto quiere decir que en su estado de reposo permanece abierta y cuando es energizada, se cierra. Entonces, la lógica define que cuando el sistema está detenido, la electroválvula no tiene consumo eléctrico y el cabezal permanece despresurizado. Caso opuesto, cuando el presostato habilita el giro del motor, es energizada para mantenerse cerrada durante el proceso de compresión. Al llegar el sistema a la presión de corte, se aprovecha la conmutación del interruptor neumático-eléctrico para desenergizar el solenoide y permitir la liberación del aire durante la rampa de desaceleración.

Este elemento es vital para el sistema, ya que si el cabezal está presurizado al momento del arranque el conjunto electromecánico no podrá girar. Por esto se pensó en una solución simple y eficaz, implementando un elemento disponible dentro de la gama de productos de COL-VEN S.A, que es la electroválvula utilizada para el Protector Motor PM (ver Figura 34).

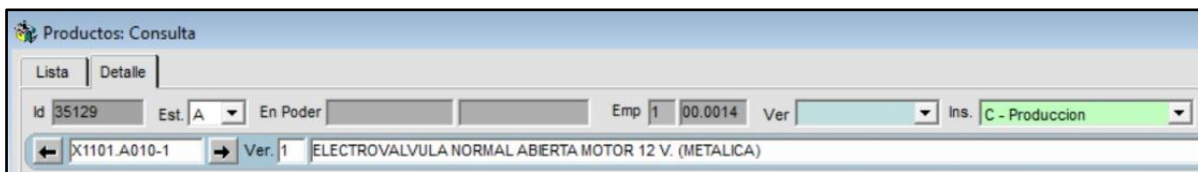


Figura 34: Recorte del sistema de gestión de la empresa, con el código de la electroválvula del PM (X1101.A010-1).
Fuente: Elaboración propia.

La electroválvula es alimentada eléctricamente por 12 [Vcc] provenientes de la fuente switching que está montada en un gabinete de la Unidad de Ensayo. La vinculación neumática con el compresor proviene de un acople montado en el cabezal. El mismo es utilizado para medir la presión de aire con un manómetro de aguja y, mediante un niple, se conecta el aire hasta la electroválvula con tubo de poliamida de 5/16 [pulg]. Por lo tanto, este elemento tiene un sentido de circulación del fluido. Ingresa el aire proveniente del compresor del lado de los contactos eléctricos y sale hacia la atmósfera por el lado contrario (ver Figura 35).

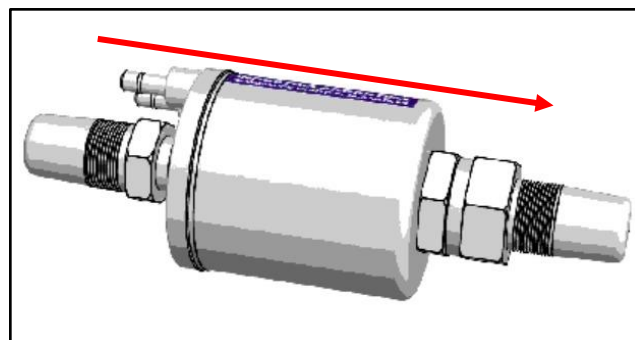


Figura 35: Sentido de circulación del aire a través de la electroválvula.
Fuente: Elaboración propia.



6.1.6 Depósitos de aire

Los depósitos que posee la Unidad de Ensayo son considerados el pulmón del sistema, porque son el reservorio de presión de aire que abastecerá a los equipos VIGIA NM al momento de realizar las pruebas.

Como se mencionó anteriormente, los 4 tanques son iguales y poseen las siguientes características (para detalles dimensionales consultar plano en Anexo 2):

- Cuerpo: Tubo A-53 con costura-SCH 20 (esp. 6,35 [mm]) – Ø8”.
- Casquetes: Tipo semielípticos ASME VIII DIV.1 (esp. 6,3 [mm]) – Ø8”.
- Conexiones: 3 acometidas de 25 ± 1 [mm] de longitud; Øext: 28 ± 1 [mm]; Øint: $14,5(+0,16-0,12)$ [mm]; Rosca: M16x1,50-6H, longitud 20 ± 1 [mm].
- Longitud total: 650 ± 5 [mm] + $2 \times 78 \pm 6$ [mm] = 806 ± 11 [mm].
- Capacidad: 24 [l].
- Presión máxima de trabajo: 17[bar].

Estos depósitos fueron diseñados por la empresa para un proyecto particular, generando las correspondientes solicitudes al proveedor para su fabricación. Luego permanecieron algunos ejemplares guardados en stock y, como el proyecto se cerró, quedaron disponibles para su uso.

Por eso se decidió utilizar cuatro de estos para la Unidad de Ensayo, ya que los mismos eran nuevos y poseían su correspondiente ⁴prueba hidráulica que garantiza su funcionalidad hasta 17 [bar]. Entre los cuatro pueden almacenar 96 [l] de aire comprimido.

Los tanques están identificados como: ASP17-24-014; ASP17-24-015; ASP17-24-016; ASP-17-24-017, siendo esta forma de señalización dispuesta por las recomendaciones del Ing. Carlos De Arberas, quién es el Consultor de Higiene y Seguridad de la empresa.

En la Figura 36 se pueden observar los depósitos mencionados, donde la nomenclatura significa:

ASP: aparato sometido a presión.

17: presión de trabajo máxima en bar.

24: volumen del depósito en litros.

01X: número de identificación del tanque.

⁴ La prueba hidráulica consiste en someter al ASP a una presión 50% mayor que la presión máxima de trabajo. En este caso, se trata de los depósitos de 24 [l] que se diseñaron para trabajar a 17 [bar]. Entonces, se inyecta agua dentro de los tanques a una presión de 25,5 [bar] y se visualiza si hay fugas por alguna parte del recipiente. Para esto se utiliza una bomba manual con un manómetro de aguja, que permite visualizar a la presión que se inyecta el fluido. Se utiliza agua por razones de seguridad y dicho ensayo es realizado por personal calificado de la empresa, bajo la supervisión del Ing. Carlos De Arberas. Dado que los depósitos han sido aprobados, significa que pueden ser operados hasta la presión máxima mencionada, aunque puedan aguantar un 50% más.



Figura 36: Depósitos de aire de la Unidad de Ensayo, señalizados bajo norma.
Fuente: Fotografías tomadas en la empresa.

6.1.7 Purgadores de aire automáticos

Estos dispositivos son esenciales para mantener los depósitos de aire con el menor porcentaje de humedad posible. Al ser un producto interno, se dispuso de ellos para instalarlos en los dos depósitos inferiores, donde se estima se acumula la mayor cantidad de condensado.

En la Figura 37 se muestra cómo programar los tiempos de apertura y cierre de los purgadores. En la Figura 38 se muestra el principio de funcionamiento del conjunto.

9.1.3: PROGRAMACIÓN

A) TIEMPO DE APERTURA DE LA ELECTROVÁLVULA (ON SEGUNDOS)		B) TIEMPO EN QUE LA ELECTROVÁLVULA PERMANECE CERRADA (OFF MINUTOS)	
3"		5'	
5"		10'	
7"		15'	
10"		20'	
12"		25'	
15"		30'	
20"		40'	
25"		50'	

Figura 37: Programación de tiempos del Purgador Automático de aire.
Fuente: Manual Técnico del Calibrador Electrónico de Neumáticos NM464.

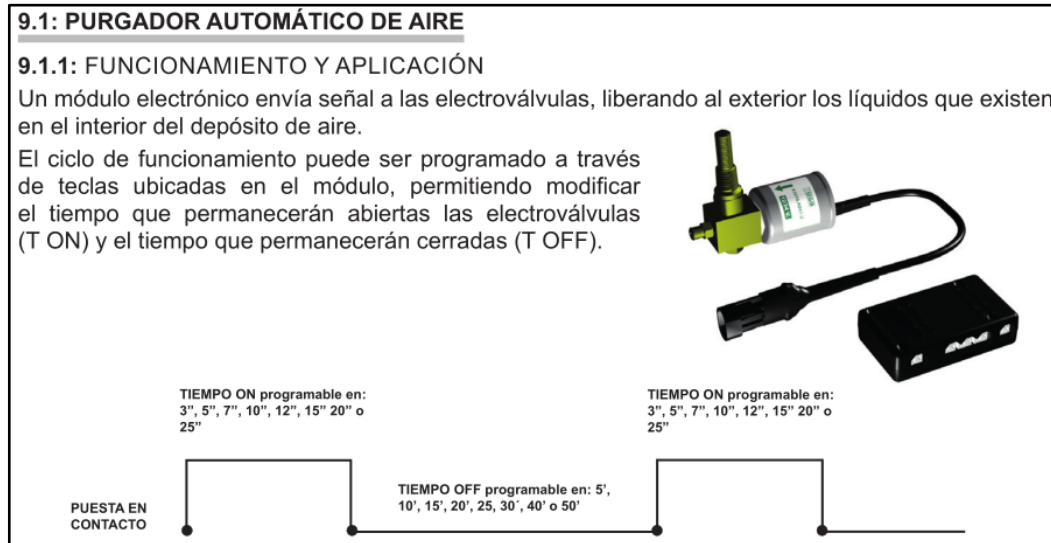


Figura 38: Funcionamiento y aplicación del Purgador Automático de aire.
Fuente: Manual Técnico del Calibrador Electrónico de Neumáticos NM464.

Sus características técnicas son:

- Alimentación: 12-24 [V].
- Consumo al estar activada una electroválvula: 0,8 [A] en 12 [V] – 1,8 [A] en 24 [V].
- Consumo permanente: ± 1 [mA] en 12 [V] - ± 2 [mA] en 24 [V].
- Rango de temperatura de funcionamiento: 0-70 [°C].
- Electroválvula normal cerrada.
- Módulo no apto intemperie.
- Protección por inversión de polaridad.
- Protección por picos de alto voltaje.

6.1.8 Válvulas de seguridad

Son el dispositivo de seguridad contra sobrepresiones más importante del sistema y quienes deben actuar en última instancia. Como se mencionó anteriormente, quién controla la presión del sistema es el Presostato. Si éste falla, quién podría aliviar la sobrepresión del sistema por la no detención del compresor, sería la válvula de alivio ubicada en el cuerpo de la APU.

Si por algún motivo estos medios fallan o no pueden aliviar la sobrepresión, cada depósito posee una válvula calibrada para abrirse a una presión del 10% de la presión máxima de diseño o de trabajo. De esta manera se puede garantizar que bajo ningún desperfecto los ASP y las conexiones van a superar los niveles de presión admisibles.

Para poder seleccionar correctamente estas protecciones, se generó la solicitud al proveedor presentado la siguiente lista de datos para debía en cuenta:



- Cantidad de depósitos: 4.
- Volumen de c/u: 24 [l].
- Presión máxima: 17 [bar].
- Alimentación neumática: Compresor a pistón KNORR LP 49 – Bicilíndrico.
- Cilindrada: 600 [cc].
- Caudal: a 2000 [rpm] - 640 [l/min] (condición máxima de funcionamiento).
- Presión de trabajo: 13 [bar].

En base a estos datos, el proveedor nos presentó unas válvulas calibradas y certificadas de fábrica para garantizar que su apertura sea a la presión correcta. El detalle constructivo se aprecia en la Figura 39 y posee las siguientes características:

- Marca y modelo: AERRE 1700.
- Presión de apertura: 14,5 [bar].
- Cap. máx. de descarga: 217,71 [m³/h].
- Entrada/Salida: ½” NPT (M) x 1” NPT (H).

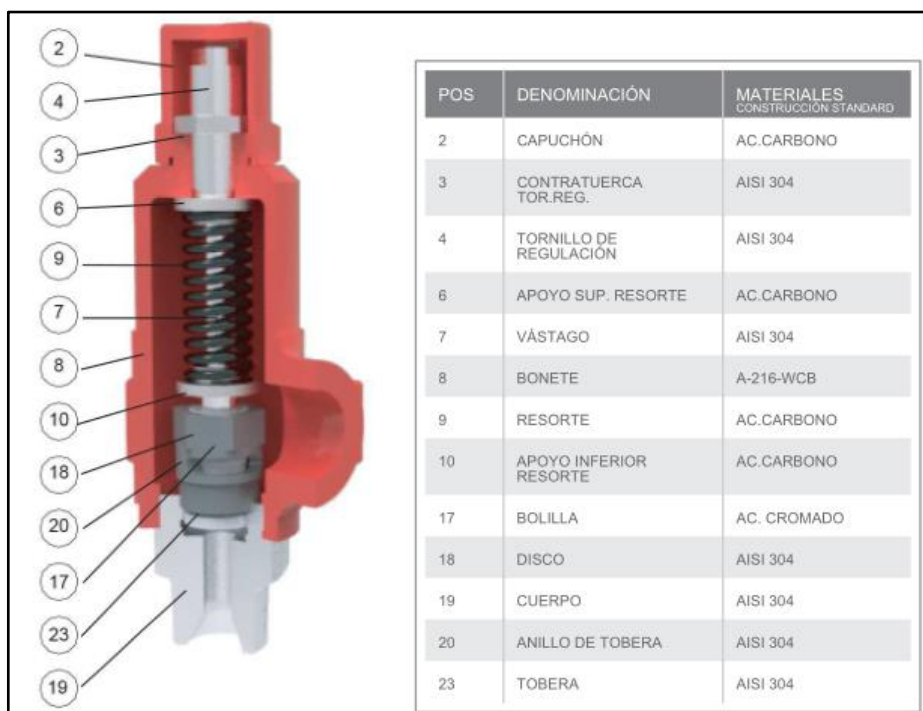


Figura 39: Modelo de corte con denominación.

Fuente: Catálogo de válvulas de seguridad por alivio de presión AERRE modelo 1700.

Por lo tanto, se procedió a la adquisición de cinco válvulas, una por depósito más una de repuesto. Las mismas se colocan en una de la cuplas laterales de los tanques, mediante conexiones roscadas de latón y un codo, para que la posición de la tobera de salida apunte hacia el piso. En la Figura 40 se observa la válvula precintada y con su placa identificatoria.



Figura 40: Válvula de seguridad AERRE 1700 colocada en el depósito ASP17-24-015.
Fuente: Fotografía tomada en la empresa.

6.1.9 Manómetros de aguja

En la Unidad de Ensayo es necesario contar con manómetros conectados en diferentes puntos del Sistema Neumático, para conocer que presión hay en los elementos del circuito. Estos a su vez deben ser aptos para vibraciones, ya que la estructura vibra producto del movimiento del conjunto motriz motor-compresor. También debe poseer escala en PSI y BAR, ya que son las unidades que se manejan en los ensayos con equipos VIGIA NM.

Por todo esto, se decidió utilizar manómetros de aguja con su interior bañado en glicerina, de doble escala, que son aptos para estas condiciones y permiten obtener lecturas precisas. El modelo escogido es un manómetro que COL-VEN S.A utiliza en uno de sus productos. Se trata de un manómetro con tubo Bourdon modelo 213.53.63, conexión dorsal, de la marca WIKA. En la Figura 41 se muestra su descripción y debajo se exponen sus características técnicas.

Descripción	
El manómetro con tubo Bourdon relleno de líquido modelo 213.53 está construido con una caja de acero inoxidable y piezas en contacto con el medio hechas de aleación de cobre.	Las cajas del modelo 213.53 están disponibles en tamaños nominales de 50, 63 y 100 mm y cumplen con la clase de protección IP65. Con una precisión de hasta clase 1.0, este manómetro es adecuado para una amplia gama de aplicaciones industriales.
El modelo 213.53 cumple con las exigencias del estándar industrial internacional EN 837-1 para manómetros con muelle tubular.	Para la instalación en paneles de control, es posible equipar los manómetros con una conexión al proceso dorsal con borde de sujeción o con aro frontal triangular y brida de sujeción.
El relleno de líquido de la caja amortigua eficientemente el elemento sensible y el movimiento de la aguja. Como resultado, estos instrumentos son particularmente adecuados para medir puntos con altas cargas dinámicas, tales como cambios rápidos de carga o vibraciones.	

Figura 41: Recorte de descripción de la línea de manómetros 213.53.
Fuente: Hoja técnica WIKA PM 02.12.



Datos técnicos del manómetro 213.53, extraídos de la Hoja Técnica WIKA PM 02.12:

- | | |
|---|---|
| → Versión: EN 837-1. | → Conexión a proceso: inferior o dorsal, rosca macho G ¼ B, llave 14. |
| → Diámetro en mm: 63[mm]. | → Mecanismo: aleación de cobre. |
| → Clase de exactitud: CL 1,6. | → Esfera: plástico ABS, blanco con tope. |
| → Rangos de escalas:
0-16 [bar] (color negro)
0-230 [psi] (color rojo). | → Aguja: plástico, negro. |
| → Temperatura admisible:
ambiente (-20...+60 [°C])
medio (+60 [°C] máxima). | → Caja: acero inoxidable, sin tratar. |
| → Tipo de protección: IP65. | → Mirilla: plástico, transparente. |
| | → Anillo: aro tipo coche bordoneado, acero inoxidable, brillante. |
| | → Líquido de relleno: glicerina. |

Los mismos van montados en los acoples de conexiones de suministro de aire comprimido de los depósitos, de donde se alimentan neumáticamente los ensayos (ver Figura 36). Están colocados ahí porque es un punto de medición de presión directo de los pares de depósitos conectados. Por un lado, están los tanques ASP17-24-015 y ASP17-24-014 conectados entre sí, y por el otro, los tanques ASP17-24-016 y ASP17-24-017. De esta forma, se conoce la presión que hay en cada par de pulmones.

Otro lugar donde va conectado este manómetro es en el compresor, en el puerto de salida N°2 (ver Figura 26). En su cabezal hay dos conexiones de salida (N°2), una es utilizada para derivar el aire comprimido hacia la APU y la otra suele llevar una válvula de seguridad. Entonces, se utiliza esa salida para conectar un block que aloja el manómetro de aguja y en otra de sus conexiones se vincula el circuito de despresurización (ver Figura 42).

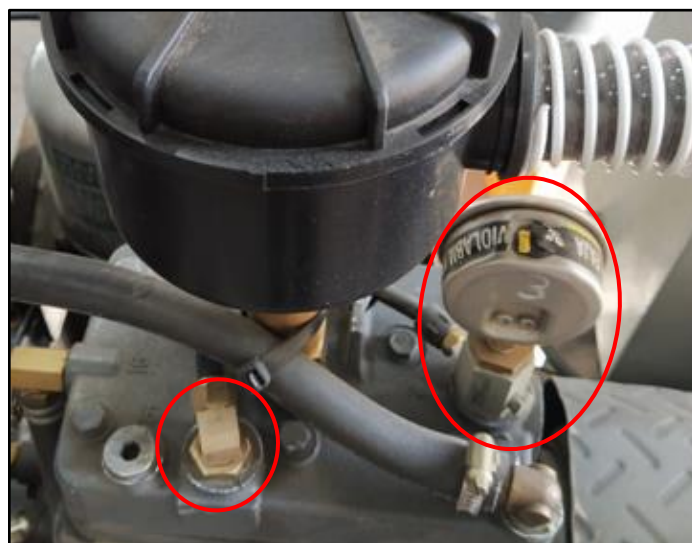


Figura 42: Imagen del cabezal, señalando la conexión con la APU (izquierda) y la conexión con el manómetro (derecha).
Fuente: Fotografía tomada en la empresa.



6.1.10 Conexiones neumáticas

Para poder interconectar todos los elementos del Sistema Neumático es necesario hacerlo a través de conexiones que soporten las vibraciones y las presiones que se manejan. Para eso, se optó por conexiones roscadas, de espiga y tuerca, que brindan mayor resistencia al desacople, que otros sistemas. Esta afirmación nace de la experiencia proporcionada por COL-VEN S.A, en donde otros tipos de conexiones neumáticas, como los sistemas de acople rápido, terminan rompiéndose o provocando fugas. Mientras que las uniones roscadas terminan siendo las más fiables y seguras.

Una vez decidido el método de conexionado, se procedió a ir adquiriendo los distintos acoples, niples, codos, espigas y conectores para poder vincular los elementos entre sí. También se definió utilizar tubo flexible de poliamida, que resista elevadas temperaturas y sea capaz de doblarse sin estrangularse. Esto surge de que los elementos a unir son varios, estando dispuestos en diferentes lugares y orientaciones en la Unidad de Ensayo. De esta manera, se buscó la manera más práctica, segura y adaptativa para ensamblar el Sistema Neumático.

El objetivo de este proyecto no es entrar en pequeños detalles del montaje de equipos, como mencionar cada acople, niple o tornillo que se utilizó. Por lo tanto, se mencionará como es el recorrido de las instalaciones y los elementos vinculados, dando las características relevantes de cada caso. Para todas las uniones roscadas se aplicó, para mejorar el cierre, alguno de los siguientes materiales:

- Sella roscas para piezas cilíndricas y piezas roscadas.
- PTFE en pasta.
- PTFE en cinta.

Analizando el origen del Sistema Neumático, se pudo observar que nace en el cabezal del compresor. Entonces, si se enumeran las conexiones y los elementos involucrados tenemos:

- 1) Conexión Cabezal → Toma de Aire Filtrada: a través de una espiga roscada, fabricada a medida, que se enrosca en el puerto de entrada del compresor y en el otro extremo se inserta el cabezal filtrante.
- 2) Conexión Cabezal → Manómetro: a través de un acople roscado en el puerto de salida del compresor y en el otro extremo se enrosca el manómetro de conexión inferior.
- 3) Conexión Cabezal → Salida de aire comprimido → APU: en el otro puerto de salida homólogo se conecta el conector codo roscado de salida, del cual saldrá un tramo de tubo poliamida que se conecta directamente con el conector codo de entrada de la APU.



- 4) Conexión Cabezal → Sistema de Despresurización: saliendo de un niple roscado del acople, en donde se aloja el manómetro, se deriva con tubo de poliamida que hace un espiral frente al electroventilador para enfriar el aire de escape cuando abre la electroválvula de despresurización del compresor.
- 5) APU → Válvula Multicircuito → Acoples Colectores → Depósitos: mediante la vinculación neumática bridada entre la APU y la válvula multicircuito, el aire fluye desde el compresor hasta los depósitos. Para esto, mediante dos pares de codos roscados y tubos de poliamida, se vincula el aire entre la VM y los acoples colectores de 3 vías, que están roscados cada uno a los depósitos superiores, alimentándolos neumáticamente de manera directa. En la cupla inferior de los depósitos superiores van conectados codos que transmiten el aire comprimido hacia los depósitos inferiores, teniendo así cada par de tanques con la presión neumática del sistema.

En las vías opuestas de los colectores, se roscan conectores que permiten tomar alimentación de aire para los ensayos con equipos VIGIA NM. Entonces, en la única vía libre de cada colector se conecta un manómetro de aguja, como el utilizado en el compresor, para medir la presión de cada par de tanques.

- 6) Depósitos → Válvulas de Seguridad → Purgadores Neumáticos: cada depósito posee 3 cuplas para conectar elementos:

Los depósitos superiores utilizan una conexión lateral para recibir aire desde el colector. La conexión inferior la utilizan para suministrar aire comprimido a los depósitos inferiores. Y la otra conexión lateral la utilizan para alojar las válvulas de seguridad, mediante conectores codos roscados.

Los depósitos inferiores utilizan una conexión lateral para recibir suministro de aire. La otra conexión lateral la utilizan para alojar las válvulas de seguridad, igual que los tanques superiores. Y, por último, la cupla inferior es la designada para conectar los purgadores automáticos, encargados de drenar la humedad de cada par de pulmones.

6.2 Componentes del Sistema Eléctrico:

6.2.1 Guardamotor trifásico:

Se trata de un interruptor termomagnético diseñado para la protección de motores eléctricos y es el primero en recibir la corriente alterna trifásica de la red de alimentación (380 [V_{CA}] – 50 [Hz]). Por tal motivo, es el encargado de abastecer eléctricamente de manera controlada al conjunto variador-motor trifásico.

En la Figura 43 se detallan las 3 funciones que cumple este dispositivo en el sistema.

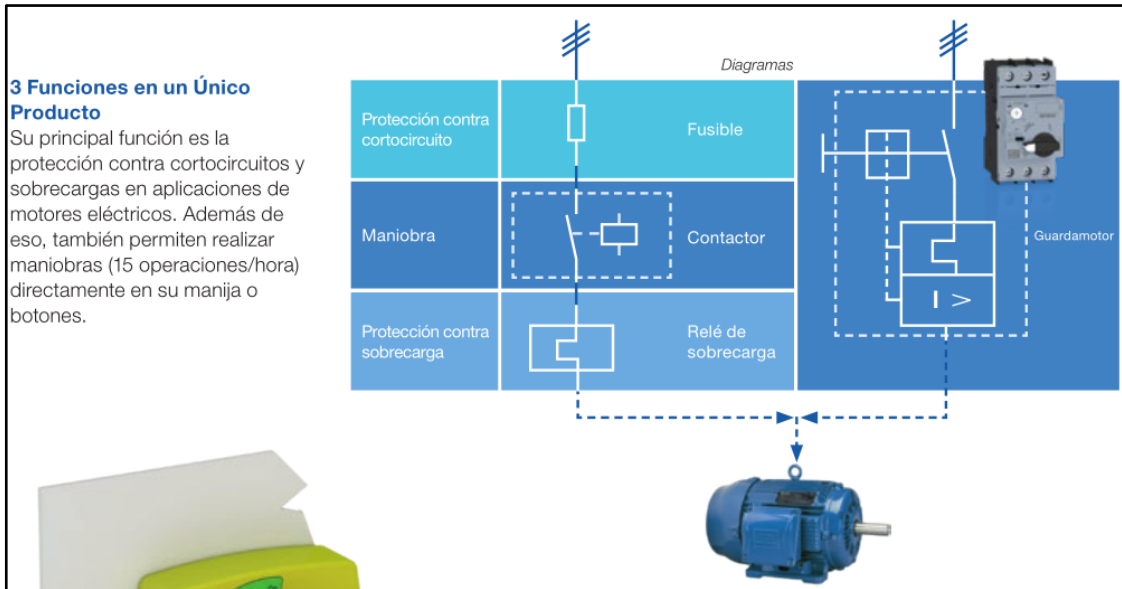


Figura 43: Funciones principales.

Fuente: Catálogo de guardamotores MPW-WEG.

Entonces, el elemento seleccionado protege contra cortocircuitos y sobrecargas al conjunto, pero principalmente al variador de frecuencia, ya que este es quién comanda y alimenta al motor eléctrico. El interruptor también permite realizar maniobras, donde en la Figura 44 se visualizan las formas posibles:



Figura 44: Posición y Estado.

Fuente: Catálogo de guardamotores MPW-WEG.

Para seleccionar correctamente este dispositivo, es necesario conocer qué corriente nominal (I_n) tendrá el elemento a proteger. En la Figura 21 y Figura 22, del capítulo 5, se pueden apreciar los datos característicos del variador de frecuencia y del motor eléctrico, presentando el siguiente resumen en la Tabla 6:



Alimentación al Variador			Salida del Variador			Alimentación al Motor		
Tensión [V _{CA}]	Corriente Nominal [A]	Frecuencia [Hz]	Tensión [V _{CA}]	Corriente Nominal [A]	Frecuencia [Hz]	Tensión [V _{CA}]	Corriente Nominal [A]	Frecuencia [Hz]
380-480	3 ~ 17,1	50/60	0...RED /LINEA	3 ~ 14	0-500	380 /660	3 ~ 11,7	50

Tabla 6: Magnitudes eléctricas del variador de frecuencia y el motor asincrónico.
Fuente: Elaboración propia.


De los 3 valores de corriente señalados en rojo, el que debe considerarse para seleccionar el interruptor adecuado es la corriente nominal de entrada del variador, es decir, 17,1 [A]. Por lo tanto, dentro de la gama MPW de WEG, se definió utilizar el Guardamotor MPW40-3-U020 (ver Tabla 7). Debido a que el motor y el variador son de la marca WEG, se decidió continuar con la misma marca por una cuestión de afinidad y para mantener la compatibilidad.

Dicho dispositivo posee un dial de Rango de Corriente de 16-20 [A] (ver Figura 45). Entonces, al momento del montaje, debe ajustarse dicho valor a la In de alimentación del variador (17,1 [A]). La hoja de datos y la tabla de selección se adjuntan también en el Anexo 2.

Tabla de Selección

Guardamotor MPW40 hasta 40 A - Termomagnético o Solamente Magnético

- Permite maniobra y protección contra sobrecarga y cortocircuito de motores eléctricos
- Disparador de cortocircuito fijo en el valor de 13 veces la corriente nominal máxima del disyuntor
- Sensible a la falta de fase de acuerdo con la norma IEC 60947-4-1
- Compensación de variaciones en la temperatura ambiente
- Permite el uso como llave general (IEC 60947-2)
- Autoprotegido contra cortocircuito hasta 6,3 A en 500 V ca
- Guardamotor Termomagnético con protección contra sobrecarga (clase 10)



Guardamotor Termomagnético MPW40 - Protección Contra Sobrecarga y Cortocircuito

Tabla orientativa para selección de la protección de motores trifásicos 60 Hz - 4 polos ¹⁾			Corriente nominal In (A)	Rango de ajuste de la corriente nominal In (A)	Disparo magnético instantáneo 13x In Im (A)	Terminal tornillo		Peso kg
220-240 V cv / kW	380-415 V cv / kW	440-480 V cv / kW				Referencia	Código	
-	-	-	0,16	0,1...0,16	2,08	MPW40-3-C016	12428084	0,36
-	-	-	0,25	0,16...0,25	3,25	MPW40-3-C025	12428085	
-	-	0,16 / 0,12	0,4	0,25...0,4	5,2	MPW40-3-D004	12428086	
-	0,16 / 0,12	0,25 / 0,18	0,63	0,4...0,63	8,2	MPW40-3-C063	12428087	
0,16 / 0,12	0,33 / 0,25	0,33 / 0,25	1	0,63...1	13	MPW40-3-U001	12429239	
0,33 / 0,25	0,5 / 0,37	1 / 0,75	1,6	1...1,6	20,8	MPW40-3-D016	12428108	
0,5 / 0,37	1 / 0,75	1,5 / 1,1	2,5	1,6...2,5	32,5	MPW40-3-D025	12428110	
1 / 0,75	2 / 1,5	2 / 1,5	4	2,5...4	52	MPW40-3-U004	12428112	
1,5 / 1,1	3 / 2,2	4 / 3	6,3	4...6,3	82	MPW40-3-D063	12428115	
3 / 2,2	6 / 4,5	7,5 / 5,5	10	6,3...10	130	MPW40-3-U010	12428117	
5 / 3,7	10 / 7,5	12,5 / 9,2	16	10...16	208	MPW40-3-U016	12428128	
7,5 / 5,5	12,5 / 9,2	15 / 11	20	16...20	260	MPW40-3-U020	12428129	
-	15 / 11	-	25	20...25	325	MPW40-3-U025	12428133	
12,5 / 9,2	20 / 15	20 / 15	32	25...32	416	MPW40-3-U032	12428131	
15 / 11	25 / 18,5	25 / 18,5	40	32...40	520	MPW40-3-U040	12382551	

Tabla 7: Valores de Selección.
Fuente: Catálogo de guardamotores MPW-WEG.



Figura 45: Visión General Guardamotor AZ MPW40-3-U020.

Fuente: WEG, 2023.

6.2.2 Variador de frecuencia trifásico:

Como se menciona anteriormente, este dispositivo es el encargado de alimentar, comandar y proteger al motor eléctrico que tiene acoplado aguas abajo. En el capítulo 5 se explica como configurar y utilizar el convertidor de frecuencia, destacando la importancia de la previa programación de este para lograr un control eficaz del motor.

Dicho elemento motriz posee una potencia eléctrica de 5,5 [kW] o 7,5 [CV] (ver Figura 21). Este valor, que se explicará más adelante, surge de seleccionar un elemento con una potencia igual o mayor a la del compresor (elemento objetivo a movilizar). Entonces, una vez definido este parámetro se analizó qué convertidor de frecuencia era el adecuado.

Previo a esto, se analizó que la forma en la que se vincularían los elementos motrices, motor-compresor, sería directa. Por lo tanto, el eje del motor tendría asociado un torque resistente a vencer desde el inicio del movimiento y, además, tendría que ser capaz de entregar constantemente el par mecánico requerido por el compresor en función de la presión de aire del Sistema Neumático.

Se detalla a continuación las características que justifican la elección del Convertidor de Frecuencia como método de arranque y control del motor asincrónico trifásico:

- Carga en la red en el arranque baja.
- Intensidad relativa en el arranque ajustable.
- Par relativo (M) en el arranque: $M \sim U/f$, par ajustable.
- Elevado par a baja corriente.



- Características de arranque ajustables.
- Permite una relación tensión/frecuencia constante: $U/f = \text{cte.}$
- Posibilita la variación de la frecuencia (f), y por lo tanto de la velocidad angular (ω), de manera instantánea.
- Áreas de aplicación: unidades que requieren un arranque controlado y un ajuste de velocidad sin escalones.

En base a este análisis, se avanzó con la selección de un modelo de variador que posea las prestaciones necesarias para acoplarse al motor eléctrico y las exigencias de la aplicación. Se trata de un convertidor de frecuencia WEG-CFW500C14P0T4DB20 (ver Figura 21).

Como se menciona anteriormente, por una cuestión de compatibilidad entre elementos y para manejar una misma marca de equipos eléctricos se eligieron modelos WEG para el guardamotor, convertidor de frecuencia y motor eléctrico.

Se consulto con un proveedor local y mencionó que la tecnología de variadores que estaban manejando era la línea CFW500. Para eso, desde COL-VEN S.A se definieron las características que debía tener dicho equipo para la aplicación. Las mismas se pueden observar en la Tabla 8, en donde:

- La tensión de la red de alimentación [V] debe ser igual al valor de red trifásica utilizada en la empresa, en Argentina (380[V] - 50[Hz]).
- Corriente nominal de salida [A] debe ser igual o superior a la I_n del motor (11,7 [A]).
- La frecuencia [Hz], la tensión [V_{CA}] y la potencia [CV/kW] deben ser iguales o superiores a los valores del motor, es decir: 50[Hz] – 380 [V] – 7,5/5,5 [CV/kW] (ver Figura 22).

Convertidor de frecuencia CFW500					Motor máximo aplicable ¹⁾											
Referencia	Red de alimentación (V)	Tamaño	Corriente nominal de salida (A)		Régimen de Sobrecarga Normal (ND)						Régimen de Sobrecarga Pesada (HD)					
					IEC				UL		IEC				UL	
					60 Hz		50 Hz		60 Hz		60 Hz		50 Hz		60 Hz	
					380 V ca		400 V ca		460 V ca		380 V ca		400 V ca		460 V ca	
					HP	kW	HP	kW	HP	HP	kW	HP	kW	HP		
CFW500A01P0T4	Trifásico	380-480	A	-	1,0	-	-	-	-	-	0,25	0,18	0,5	0,37	0,5	
CFW500A01P6T4				-	1,6	-	-	-	-	-	0,50	0,37	0,8	0,55	0,75	
CFW500A02P6T4				-	2,6	-	-	-	-	-	1,5	1,1	1,5	1,1	1,5	
CFW500A04P3T4				-	4,3	-	-	-	-	-	2,0	1,5	2,0	1,5	3,0	
CFW500A06P1T4				-	6,1	-	-	-	-	-	3,0	2,2	4,0	3,0	4,0	
CFW500B02P6T4				B	-	2,6	-	-	-	-	-	1,5	1,1	1,5	1,1	1,5
CFW500B04P3T4			-		4,3	-	-	-	-	-	2,0	1,5	2,0	1,5	2,0	
CFW500B06P5T4			-		6,5	-	-	-	-	-	3,0	2,2	4,0	3,0	5,0	
CFW500B10P0T4			-		10	-	-	-	-	-	5,0	3,7	5,5	4,0	7,5	
CFW500C14P0T4			C		-	14	-	-	-	-	-	7,5	5,5	8	5,5	10
CFW500C16P0T4					-	16	-	-	-	-	-	10	7,5	10	7,5	10

Tabla 8: Recorte de las especificaciones del convertidor.
Fuente: Catálogo WEG-CFW500.



Además, se presenta en la Figura 46 las prestaciones que posee este dispositivo:

■ Unidades especiales de ingeniería (RPM, °C, Nm, mA, %, kW, kWh, entre otros)	■ Rampas de aceleración/desaceleración
■ Contraseña para protección de la programación	■ Rampa tipo "S"
■ Backup de todos los parámetros (vía software SuperDrive G2, o módulo plug-in MMF)	■ Frenado CC
■ Posibilidad de guardar hasta 2 programaciones diferentes en la memoria del CFW500	■ IGBT de frenado incorporado (excepto para el tamaño A)
■ Ajuste de la frecuencia de conmutación conforme la necesidad de la aplicación	■ Regulador PID para control de procesos con realimentación de la variable de proceso
■ Referencia de velocidad vía potenciómetro electrónico	■ Flying start / Ride through
■ Multispeed con hasta 8 velocidades programables	■ Función sleep
■ Compensación de deslizamiento	■ Frecuencias o rangos de frecuencias evitadas configurables
■ Boost de torque manual o automático (modo escalar V/F) y autoajuste (modos vectoriales y VVW)	■ Protección de sobrecarga y sobretensión
■ Contról para motores de imanes permanentes: VVW PM	■ Protección de sobrecorriente
	■ Supervisión de la tensión del bus CC
	■ Histórico de fallas
	■ Funciones de seguridad: STO y SS1

Figura 46: Recorte de los recursos del convertidor.

Fuente: Catálogo WEG-CFW500.

Vale destacar que el convertidor de frecuencia en condiciones nominales debería:

- Consumir de la red una corriente trifásica máxima de 17,1 [A].
- Entregar a la salida una corriente trifásica máxima de 14 [A] (en función del régimen de trabajo del motor, que en condiciones nominales debe consumir 11,7 [A]).

Por lo tanto, si los valores de alimentación eléctrica de la red son correctos y no hay fallas en la configuración del equipo, el sistema debe operar eficazmente bajo cualquier régimen de revoluciones del motor (al menos hasta las rpm nominales). Esto queda a criterio y selección de la persona que realice los ensayos, definiendo a cuantas [rpm]/[Hz] necesita que gire el motor eléctrico, para lograr el efecto deseado en el compresor.

Por consiguiente, el variador permite:

- Comandar el funcionamiento del conjunto motor-compresor.
- Regular y proporcionar el torque requerido por el sistema durante todo el ciclo de trabajo.
- Proteger al motor eléctrico contra distintos tipos de fallas eléctricas y alertar al usuario
- Visualizar de manera directa diferentes parámetros del motor en el display de la HMI.

Esto se puede corroborar en el Anexo 1.

Para que esto sea posible, deben realizarse los montajes e instalaciones correspondientes.

Conexiones de Potencia:

En la Figura 47 el fabricante muestra cómo realizar el conexionado entre el la red de alimentación, el sistema de protección, el convertidor de frecuencia y el motor eléctrico.

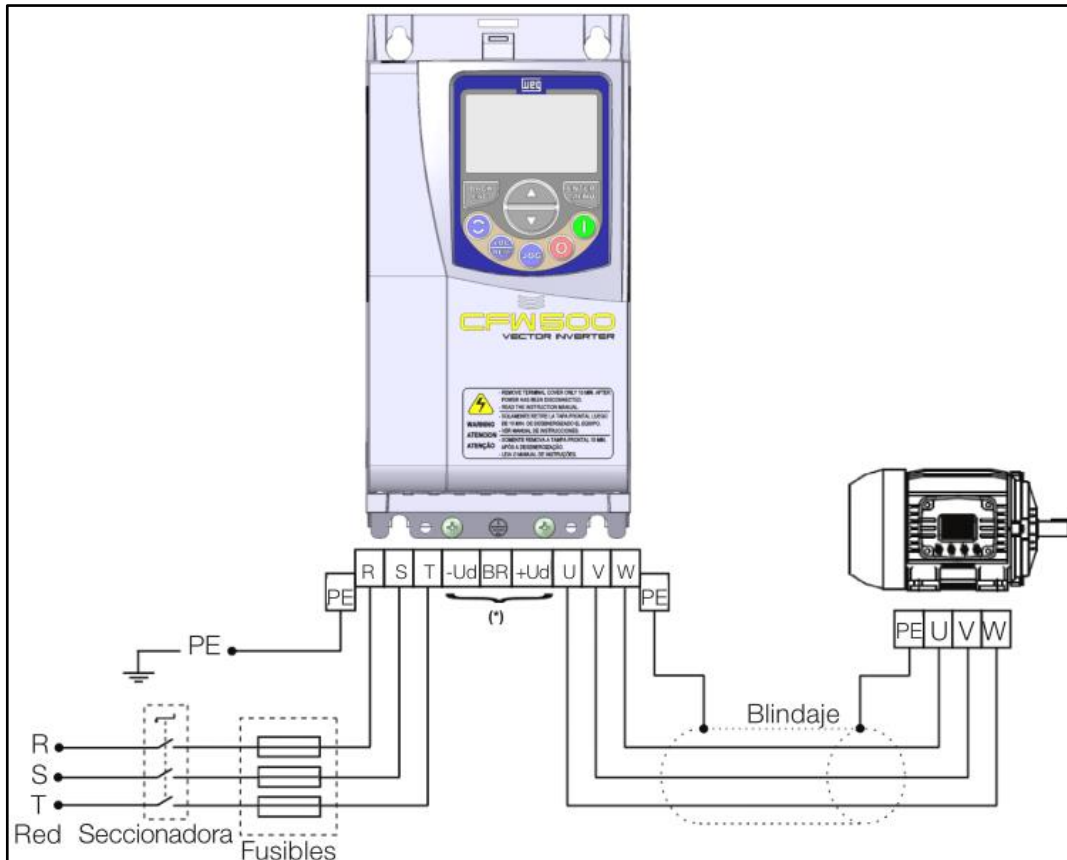


Figura 47: Conexiones de Potencia.

Fuente: Manual de Usuario WEG-CFW500.

- 1) En la parte superior del guardamotor se conectan las 3 fases de la red de alimentación: R,S,T.
- 2) De la parte inferior del guardamotor salen 3 conexiones para vincularse con las entradas del variador de frecuencia, siendo la secuencia: R-L1; S-L2; T-L3.
- 3) Las salidas del convertidor U,V,W se conectan a las entradas del motor, siendo la secuencia: U-W; V-V; W-U.
- 4) Las conexiones de puesta a tierra (PE) de la red y del motor se vinculan entre sí a través de los bornes proporcionados por el convertidor, para proteger a los dispositivos y al usuario frente a posibles descargas eléctricas.

Conexiones de Control:

En la Figura 48 el fabricante muestra la bornera de conexiones de entradas y salidas del convertidor. Mediante las mismas se puede egresar señales a dispositivos externos o recibir señales de otros elementos que comanden o modifiquen la lógica de funcionamiento del conjunto variador-motor.

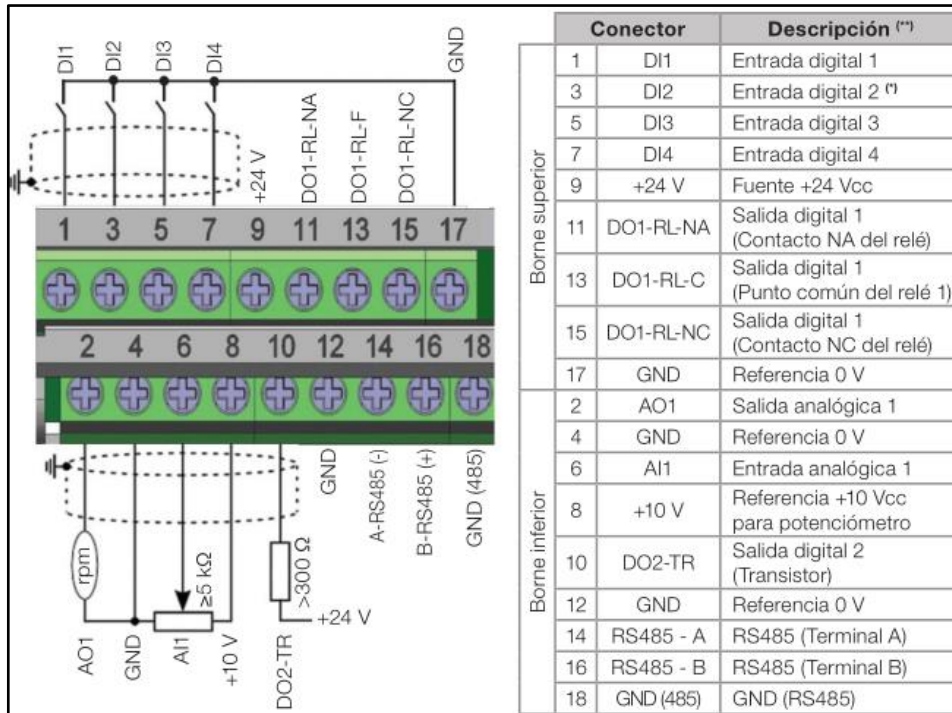


Figura 48: Conexiones de Control.

Fuente: Manual de Usuario WEG-CFW500.

Siguiendo las instrucciones del manual, en este caso se conectó la señal eléctrica del presostato a los bornes 1 (DI1) y 17 (GND). De esta forma, cuando el presostato llega a las presiones seteadas, ingresa un pulso al variador que comanda el arranque o parada del sistema. Esto se explica en el Anexo 1.

6.2.3 Motor asincrónico trifásico:

Esta máquina es la responsable de hacer girar al compresor para que pueda cumplir su función. Sus ejes están hermanados mediante una unión bridada, permitiendo transmisión directa e instantánea del torque proporcionado por el motor, para vencer el torque resistente del compresor durante el ciclo de trabajo. Esto significa, que dicho impulsor debe tener la misma o mayor potencia mecánica disponible en el eje que el actuador. Dicho esto, y tomando como referencia la potencia mecánica requerida por el compresor se expone en la Tabla 9:

Potencia Mecánica Requerida (compresor) [kW]	≤	Potencia Nominal Entregada (motor) [kW]
5		5,5

Tabla 9: Comparativa de potencia requerida por el compresor y potencia entregada por el motor eléctrico.

Fuente: Elaboración propia.

Esto se debe, a que como se menciona anteriormente, se definió utilizar un motor eléctrico trifásico de 5,5/7,5 [kW/HP]. Esta potencia es la que el motor tendrá disponible en su eje, en condiciones nominales de funcionamiento. En la Tabla 10 se muestran las opciones de potencia disponible que ofrece el fabricante de motores WEG, señalando la opción escogida.



W22 - IE1 Standard Efficiency - 50 Hz

Potencia		Carcasa	Full Load Torque (kgfm)	Corriente con rotor trabado I _L /I _n	Par con rotor trabado T _L /T _n	Break-down Torque T _b /T _n	Momento de Inercia J (kgm ²)	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB (A)	RPM	400 V						Corriente nominal I _n (A)
								Caliente	Frio				% de la potencia nominal						
													Rendimiento			Factor de potencia			
kW	HP											50	75	100	50	75	100		
IV Poles																			
0,12	0,16	63	0,087	3,5	1,8	2,0	0,0003	38	84	5,2	44	1350	46,0	53,0	55,0	0,51	0,64	0,75	0,420
0,18	0,25	63	0,128	3,8	1,9	1,9	0,0006	16	35	6,2	44	1370	51,0	55,0	57,0	0,52	0,65	0,75	0,610
0,25	0,33	71	0,178	3,7	1,8	1,9	0,0006	28	62	5,5	43	1370	53,0	58,0	61,5	0,50	0,62	0,71	0,826
0,37	0,5	71	0,258	3,6	2	2	0,0007	28	62	7,0	43	1395	58,0	62,0	66,0	0,50	0,64	0,73	1,11
0,55	0,75	80	0,379	4,9	2	2,4	0,0024	8	18	9,5	44	1415	65,0	70,0	71,0	0,57	0,72	0,81	1,38
0,75	1	80	0,513	4,9	2,1	2,3	0,0030	7	15	10,5	44	1425	70,0	72,0	72,3	0,58	0,72	0,81	1,85
1,1	1,5	90S	0,749	5,8	1,8	2,4	0,0052	7	15	14,5	49	1430	72,5	75,5	75,5	0,60	0,74	0,82	2,57
1,5	2	90L	1,04	5,5	1,9	2,2	0,0066	8	18	17,0	49	1410	74,5	77,5	77,5	0,58	0,73	0,82	3,41
2,2	3	100L	1,50	5,6	2,4	2,6	0,0090	9	20	23,0	53	1430	79,0	80,0	80,0	0,60	0,74	0,82	4,84
3	4	100L	2,06	6,5	3,1	3,2	0,0082	8	18	30,0	53	1420	79,0	81,5	81,5	0,52	0,66	0,75	7,08
4	5,5	112M	2,71	6,2	2,1	2,5	0,0180	9	20	33,0	56	1440	82,5	83,5	83,5	0,61	0,73	0,80	8,64
5,5	7,5	132S	3,66	7,5	2,1	2,5	0,0453	7	15	47,0	60	1465	84,0	85,5	85,5	0,63	0,77	0,84	11,1
7,5	10	132M	5,00	6,4	2	2,5	0,0601	8	18	64,5	60	1460	85,5	87,0	87,0	0,63	0,75	0,82	15,2

Tabla 10: Recorte de datos eléctricos del motor.
Fuente: Catálogo Motor Eléctrico Trifásico WEG W22.

Si se optaba por un motor de 4[kW], iba ser insuficiente para responder a las solicitudes de diseño. En tanto, si se optaba por un motor de 7,5[kW], lógicamente cumpliría con los requerimientos, pero sería demasiado grande y costoso para la aplicación. También implicaría un mayor consumo energético, ya que la corriente nominal es superior y el factor de potencia menor, respecto del motor seleccionado.

Por consiguiente, se define el motor asincrónico de inducción trifásico seleccionado:

- Marca y modelo: WEG – W22 – IE1 Standard Efficiency.
- Tensión y frecuencia de trabajo: 3 ~ 380 [V] – 50 [Hz].
- Potencia y velocidad: 5,5 [kW] – 1470 [rpm].
- Corriente nominal y factor de potencia: 3 ~ 11,7 [A] – P.F: 0,84.

Estos valores fueron tomados de la placa característica del motor (Figura 21). Dicha placa posee otros datos, los cuales se pueden consultar en el Anexo 2.

La conexión del motor debe ser en Δ , en este caso, para que la tensión de línea de la red sea el voltaje que reciban las bobinas (380 [V]). En la Figura 55 se muestra la caja de conexiones del motor, en donde se conectan las fases y la puesta a tierra según la Figura 49.

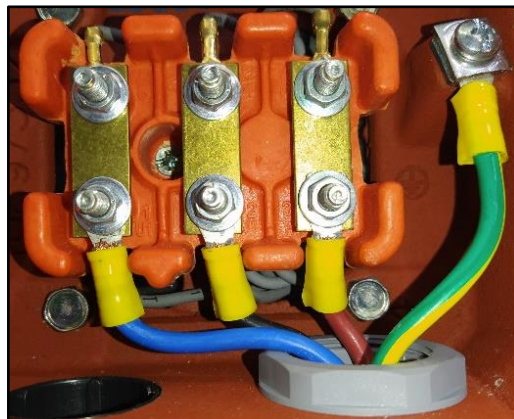


Figura 49: Caja de conexiones motor WEG - W22 - IE1 - 380[V] - 50[Hz] - 5,5[kW].
Fuente: Fotografía tomada en la empresa.



6.2.4 Fuente de alimentación conmutada CA/CC:

Una parte de la Unidad de Ensayo se alimenta mediante corriente alterna trifásica para el funcionamiento del conjunto motriz, que está compuesto por el guardamotor trifásico, el convertidor de frecuencia trifásico y el motor asincrónico trifásico. Mediante ellos, se puede transmitir el torque y la velocidad necesaria al compresor para realizar su trabajo.

A su vez, es necesario energizar elementos secundarios que cumplen un rol importante dentro del sistema global. Específicamente hablando, se trata del electroventilador y la bomba de líquido refrigerante, que pertenecen al Sistema de Refrigeración. También se debe energizar la electroválvula de despresurización del cabezal compresor y los purgadores automáticos.

Entonces, todos estos elementos tienen en común que necesitan 12 [V] de corriente continua para funcionar. Por lo tanto, se decide incorporar una fuente conmutada⁵ CA/CC, comúnmente denominada “switching”, para entregar potencia en CC, partiendo de corriente alterna monofásica. Para seleccionarla, se tuvo en cuenta la potencia eléctrica de los componentes que la fuente debería suministrar en simultáneo (ver Tabla 11).

Tensión de CC [V]	Electroventilador		Bomba de líquido refrigerante		Electroválvula de despresurización		Purgadores automáticos (2)	
	Potencia eléctrica [W]	Corriente eléctrica [A]	Potencia eléctrica [W]	Corriente eléctrica [A]	Potencia eléctrica [W]	Corriente eléctrica [A]	Potencia eléctrica [W]	Corriente eléctrica [A]
12	190	15,83	26	2,17	7	0,58	9,6	0,8

Tabla 11: Consumos eléctricos en CC.
Fuente: Elaboración propia.

Entonces, si se considera un consumo simultáneo de todos los elementos, estaríamos hablando de una corriente de: $I_{cc} = 15,83 + 2,17 + 0,58 + 0,8 + 0,8 = 20,18$ [A].

Por tal motivo se selecciona una fuente de alimentación conmutada CA/CC, marca ETHEOS modelo FSI-1230, con los siguientes datos técnicos extraídos del vendedor de este artículo en Mercado Libre, 2023:

- Tensión de entrada: 110/220 [V_{CA}] – 50 [Hz].
- Tensión de salida: 12 [V_{CC}] ± 10 % (ajustable).
- Corriente de salida: 0,01 a 30 [A].
- Potencia máxima de salida: 360 [W].
- Salidas 12 [V_{CC}]: 3.

⁵Una fuente conmutada es un dispositivo electrónico que transforma energía eléctrica mediante transistores de conmutación. Mientras que un regulador de tensión utiliza transistores polarizados en su región activa de amplificación, las fuentes conmutadas utilizan los mismos conmutándolos activamente a altas frecuencias (generalmente, en el rango de 20 a 100 kilohercios) entre corte (abiertos) y saturación (cerrados).



- Eficiencia: 78 %.
- Ripple máximo: < 150 [mVp] (a 25 [°C]).
- Refrigeración: cooler.
- Protección contra cortocircuitos.
- Protección contra sobrecargas: 100 % a 110 % corriente de salida.
- Temperatura ambiente de operación: 0 a 40 [°C].
- Temperatura ambiente de almacenamiento: -20 a 80 [°C].
- Dimensiones: 215 x 115 x 50 [mm].

La Figura 50 representa una toma frontal de la fuente conmutada, en donde se visualiza la ubicación del cooler y las ranuras de ventilación en la carcasa. Debajo, se aprecia la bornera de conexiones, en donde tiene señalada la entrada de CA (Puesta a Tierra, Neutro y Fase) y las 3 salidas en CC (positivo y negativo). Siguiendo a la izquierda, se puede ver el led indicador de energización y el regulador de tensión de salida en color anaranjado.



Figura 50: Fuente conmutada CA/CC, ETHEOS FSI-1230, 12[V] – 30[A].
Fuente: Mercado Libre, 2023.



6.3 Componentes del Sistema de Lubricación:

6.3.1 Depósito de aceite:

Las especificaciones técnicas del compresor señalan que el sistema de lubricación del motor se encarga de lubricar a presión el compresor de aire. El resto de las superficies y cojinetes son lubricados por barboteo, producto del nivel interno de aceite acumulado.

Ahora bien, esto sucede en la aplicación real. Para la Unidad de Ensayo es necesario adaptar el sistema de lubricación, utilizando un depósito independiente que aloje el aceite que será utilizado en el circuito. Debe tener una conexión de descarga de aceite y otra de retorno, ya que funciona como depósito de expansión para abastecer de lubricante a la bomba y recibir el excedente del compresor. Al representar un circuito cerrado, la teoría indica que el sistema comenzará a elevar su presión, producto de las restricciones que cada elemento presenta al paso del fluido. También, como la conexión de retorno está debajo de la cámara de compresión, parte de la presión se escapa entre los aros del pistón y va presurizando el block. Para eliminar este efecto, se realiza una pequeña perforación en el casquete superior del recipiente para comunicarlo con la atmosfera (venteo) y así liberar la sobrepresión del sistema.

El tanque utilizado fue reciclado del área de ingeniería, el cual ya era utilizado para contener aceite. Está construido en acero y posee una capacidad de 4 [l], alojando en su interior aceite sintético 10W40. Dicho lubricante posee las mismas prestaciones que el aceite utilizado en el sistema de lubricación original del motor. En la Figura 51 se puede observar la ubicación del contenedor y sus conexiones con los demás elementos:

- 1) Conexión de retorno del compresor, por donde ingresa el excedente de aceite.
- 2) Conexión de descarga del tanque, de la cual la bomba succiona el lubricante para inyectarlo a presión en la conexión frontal del compresor.
- 3) Conexión de venteo a la atmosfera del tanque, para mantener el tanque despresurizado.
- 4) Conexión de entrada al filtro de aceite, por donde ingresa el lubricante para su filtrado, antes de fluir hacia la bomba inyectora, ubicada detrás del compresor.
- 5) Conexión de carga de lubricante.



Figura 51: Depósito de aceite del sistema de lubricación.
Fuente: Fotografía tomada en la empresa.

También se puede observar cómo entre las conexiones 2 y 5 se monta una manguera transparente para detectar visualmente el nivel de lubricante en el depósito.

Las conexiones fueron adaptadas a medida para vincular todos los elementos entre si mediante mangueras hidráulicas y conectores roscados con espiga. No se profundiza en su diseño al no ser el interés de este proyecto.

Respecto del lubricante, se trata de un aceite semisintético TOTAL QUARTZ 7000, 10W-40 (ver Figura 52). Se adjunta en el Anexo 3 una tabla con sus características principales.



Figura 52: Aceite semisintético utilizado en el Sistema de Lubricación.
Fuente: Fotografía tomada en la empresa.

6.3.2 Filtro de aceite:

Para prolongar la vida útil del lubricante, como así también la integridad de las partes intervinientes, se coloca un filtro entre el depósito y la bomba. Tiene por objetivo retener las partículas abrasivas provenientes de las partes móviles del sistema y también filtrar sustancias como aceite carbonizado, que contaminan el fluido. Se adquirió entonces un filtro de aceite MANN FILTER W 918/1, por recomendación del proveedor del lubricante y el lugar de aplicación.

En la Figura 53 se puede observar el sentido de circulación del aceite a través del filtro. La bomba consume aceite desde la salida filtrada, habiendo ingresado el lubricante primeramente por la conexión opuesta. El filtro posee una válvula antirretorno para que el circuito de admisión siempre esté lleno de líquido y la bomba no trabaje en vacío.



Figura 53: Flujo del aceite.
Fuente: Fotografía tomada en la empresa.

6.3.3 Bomba inyectora de aceite:

El compresor trae aparejado originalmente una bomba de transferencia de combustible, que va montada en su parte trasera para servirse del movimiento de su eje y así poder funcionar. La misma es utilizada para tomar combustible del tanque y transferirlo a los inyectores del motor. Entonces, teniendo este conjunto disponible se aprovecha la bomba de engranajes para inyectar aceite en el interior del block del compresor. Para esto se definió que el sentido de giro del compresor debe ser antihorario, ya que sólo así el dispositivo puede forzar la circulación de lubricante hacia el conector de entrada, ubicado en la placa de sujeción del compresor (ver Figura 17).

Por lo tanto, en la Figura 54 se observan los puntos de conexión del circuito de lubricación entre la bomba y el compresor. El impulsor se alimenta de aceite por el conector de salida del filtro (A), ingresando por su conector de entrada (B) y saliendo por su conector de salida (C), fluyendo hasta ingresar por el conector D. La bomba posee un purgador o bombín (E) para eliminar el aire que pueda haber en el circuito al comienzo de la circulación.

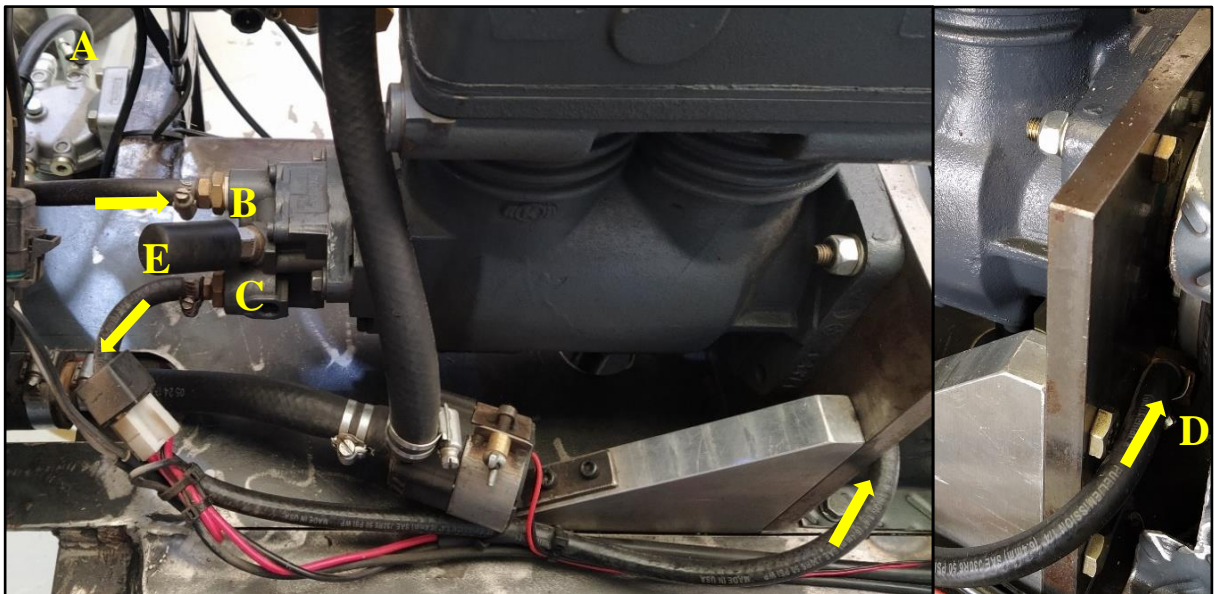


Figura 54: Circulación de lubricante entre la bomba y el compresor.
Fuente: Fotografías tomadas en la empresa.

6.4 Componentes del Sistema de Refrigeración:

6.4.1 Depósito de líquido refrigerante:

Originalmente la culata del compresor es refrigerada por el líquido refrigerante que utiliza el sistema de refrigeración del motor. Entonces, para poder adaptar un sistema que se asemeje, fue necesario implementar un radiador, un ventilador, una bomba impulsora de líquido y un depósito. Este último con la misión de ser el reservorio del fluido utilizado en el circuito, y permitir la expansión o respiro del sistema.



Para su selección se buscó un depósito que tenga una salida inferior (1), una conexión para el respiro del sistema (2), una boquilla de suministro (3) y un volumen mínimo de 1000 [cc] (ver Figura 55). El mismo se sujeta a la estructura que aloja el radiador, mediante unos soportes de goma (4).



Figura 55: Depósito de líquido refrigerante.
Fuente: Fotografía tomada en la empresa.

El líquido refrigerante utilizado es el GLACELF SUPRA TIPO A de TOTAL (ver Figura 56). Se adjunta en el Anexo 2 una tabla con sus características principales.

Al ser concentrado, se debe diluir con agua destilada en una proporción de 50-50, logrando una mezcla homogénea que se agrega al sistema hasta llenarlo, debiendo quedar el nivel de líquido en el tanque entre las marcas de MAX y MIN.



Figura 56: Líquido refrigerante TOTAL GLACELF SUPRA concentrado.
Fuente: Fotografía tomada en la empresa.



6.4.2 Panel radiador y electroventilador:

Para evacuar el calor del sistema se utiliza una combinación de panel radiador más un electroventilador, con el fin aumentar la superficie de transferencia térmica del líquido refrigerante y forzar el pasaje de aire a través de él. De esta forma se disipa el calor absorbido por el fluido y este puede retornar a la bomba para su recirculación cíclica.

Se optó por adquirir un radiador automotor de aletas de refrigeración, compuesto en aluminio y plástico (no se realiza en este proyecto estudio de transferencia de calor). A este se le vincula un electroventilador automotor de 6 paletas. Con esto se pretende exponer que ambos elementos tienen las dimensiones y prestaciones suficientes para poder ser utilizados con éxito en esta aplicación. En la Figura 57 se puede ver el conjunto, destacando:

- 1) Conexión de alimentación de líquido refrigerante desde el depósito.
- 2) Conexión de succión del líquido refrigerante por parte de la bomba impulsora (fluido frío).
- 3) Conexión de ingreso del líquido refrigerante que sale de la culata del compresor (fluido caliente).
- 4) Conexión de alimentación eléctrica del electroventilador.

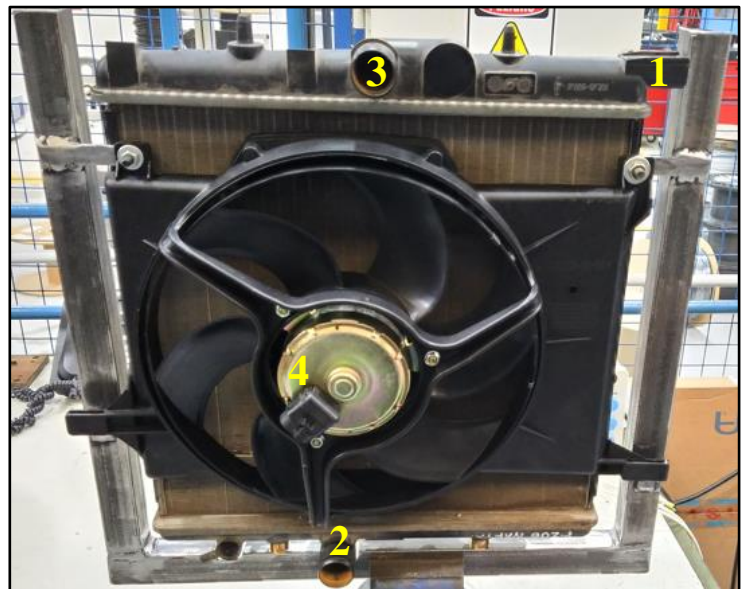


Figura 57: Conjunto radiador-electroventilador.
Fuente: Fotografía tomada en la empresa.

6.4.3 Bomba impulsora de líquido refrigerante:

Originalmente, la bomba de agua del motor es quién impulsa líquido refrigerante a través del circuito de refrigeración, incluyendo la culata del compresor. Del plano COMPRESSOR 600cc ESS se toma el dato de que son necesarios al menos 10 [l/min] de refrigerante.

Por lo tanto, para cumplir con los requerimientos se escogió una bomba centrífuga sin escobillas marca TOPSFLO modelo TL-C01-A (ver Figura 58), que posee las prestaciones necesarias para adaptarse a la aplicación. La misma pertenece a una muestra de bombas enviadas por el proveedor a la empresa, para otro proyecto. Entonces, teniendo disponible este elemento y conociendo su fiabilidad, se escogió un impulsor con las siguientes características:

Bomba TOPSFLO TL-C01-A (datos técnicos extraídos de TOPSFLO, 2023)

- | | |
|--|---|
| → Caudal máximo: 17 [l/min]. | → Tiempo de vida útil estimado: 20000 [h]. |
| → Máxima elevación estática: 6 [m]. | → Modo de trabajo: continuo. |
| → Tensión nominal: 12 [V _{CC}]. | → Funciones de protección: protección contra sobretensión y sobrecorriente. |
| → Corriente nominal: 2 [A]. | → Observaciones: no puede funcionar en seco, bomba no autocebante. |
| → Temperatura del líquido: -40 ~ 100 [°C]. | |
| → Temperatura ambiente: -40 ~ 40 [°C]. | |



Figura 58: Bomba centrífuga sin escobillas TOPSFLO TL-C01-A.
Fuente: TOPSFLO, 2023.

En la Figura 59 se observan las conexiones entre los elementos del circuito de refrigeración, indicando el sentido de circulación del fluido (ver Figura 26 para recordar conexiones en la culata del compresor):

- 1) Ingreso de líquido refrigerante a la bomba, desde la conexión de succión del radiador.
- 2) Puerto 91, de ingreso del fluido a la culata del compresor.
- 3) Puerto 92, de egreso del fluido de la culata.
- 4) Conexión de ingreso del líquido refrigerante al radiador, desde la conexión de salida de la culata.

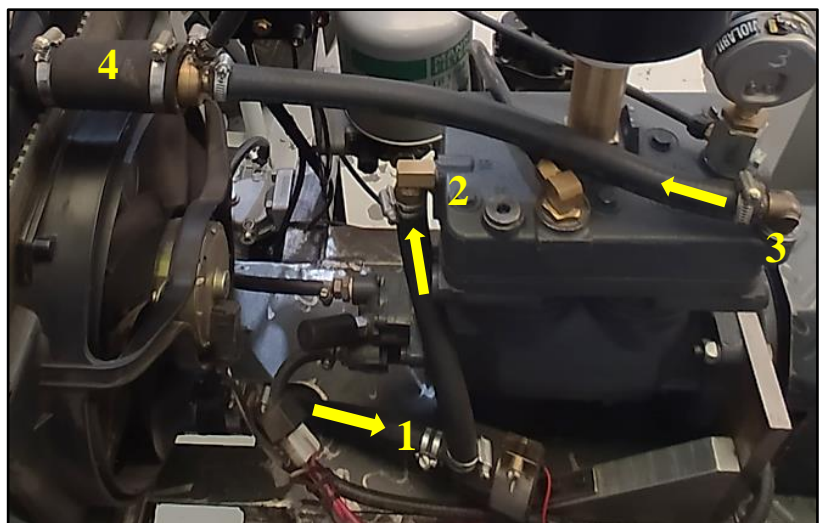


Figura 59: Circuito de refrigeración bomba, culata, radiador-electroventilador.
Fuente: Fotografía tomada en la empresa.

6.5 Componentes del Sistema de Transmisión Mecánica y Sujeción:

6.5.1 Acople directo bridado con amortiguación de goma:

Debido a que se necesita un método para transmitir la potencia y el torque del motor eléctrico al compresor, para su funcionamiento, se definió utilizar un Acoplamiento Elástico GUMMI. Los mismos son muy utilizados en el rubro de transmisiones mecánicas industriales, ya que:

- Absorben pequeñas desalineaciones entre los ejes.
- Brindan amortiguación de vibraciones y choques.
- Son de simple instalación.
- Poseen simetría, que asegura un correcto balanceo y seguridad en la aplicación.
- Vienen diferentes modelos que se adaptan a las condiciones de trabajo.
- No necesitan lubricación.
- Permiten una transmisión directa entre los elementos vinculados, sin relaciones.

Por estas ventajas, se decidió adquirir el modelo de acoplamiento GUMMI -A50, con 2 cubos normales y centro elástico. En la Figura 60 se muestran los componentes mencionados y a continuación se verificará su selección mediante la guía proporcionada por el fabricante.



Figura 60: Acoplamiento Elástico GUMMI-A50.
Fuente: Fotografía tomada en la empresa.

Existen dos métodos de selección propuestos, uno es mediante la potencia nominal y otro mediante el torque nominal. Para ambos, se utilizan diferentes tablas brindadas por el fabricante, siendo necesario usar los datos detallados en la Tabla 12:



DATOS NECESARIOS	
Potencia por transmitir [kW]	5,5
Velocidad de giro [rpm]	1470
Diámetro de los ejes [mm]	motor = 38
	compresor = 30
Factor de servicio, en función de la aplicación (compresor alternativo)	2,5

Tabla 12: Datos característicos de la instalación.
Fuente: Elaboración propia.

La potencia y velocidad son datos tomados de la placa característica del motor (ver Figura 22). Los diámetros de los elementos a vincular son obtenidos de la Figura 61 y de la Tabla 13 mostradas a continuación:

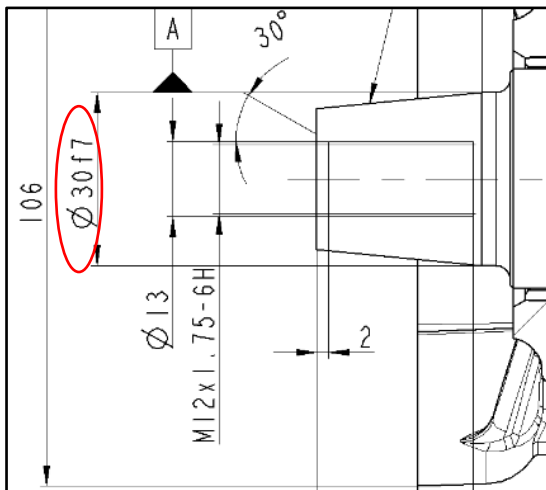


Figura 61: Datos del eje del compresor.
Fuente: KNORR-BREMSE, COMPRESSOR 600CC ESS.

Carcaça	Punta del eje delantera					
	D	E	ES	F	G	GD
63	11j6	23	14	4	8.5	4
71	14j6	30	18	5	11	5
80	19j6	40	28	6	15.5	6
L80						
90S						
L90S						
90L	24j6	50	36		20	
L90L				8		7
100L						
L100L						
112M	28j6	60	45		24	
L112M						
132S						
L132S						
132M	38k6	80	63	10	33	
132M/L						
L132M/L						8

Tabla 13: Datos del eje delantero del motor.
Fuente: Catálogo Motor Eléctrico Trifásico WEG W22.

El factor de servicio es un valor proporcionado por una tabla del fabricante, donde en función de la aplicación en donde va a ser utilizado el acoplamiento se define un coeficiente que permite calcular la potencia nominal de transmisión. Los mismos de ven en la Tabla 14.

FACTORES DE SERVICIO (Aplicaciones generales)		TABLA II	
AGITADORES		ELEVADORES	
Líquidos	1.00	Montacargas.	1.75
Líquidos c/sólidos en suspensión.	1.25	Carga de pasajeros. (Consultar fábrica)	
Líquidos con densidad variable.	1.25	EXTRUSORAS	
BOMBAS		Material de:	
Centrifugas:		Densidad constante.	1.50
Normales.	1.00	Densidad variable.	2.50
Alta densidad y sobrecarga.	1.25	SOPLADORES	
Rotativas, a engranajes, paletas o lóbulos.	1.50	Centrifugos.	1.00
A pistón:		Metálicos.	1.25
De 3 o más cilindros.	2.00	Lóbulos.	1.50
De 2 o un cilindro.	2.50	VENTILADORES	
De doble efecto.	2.50	Centrifugos.	1.00
TRITURADOR		Tiraje reforzado.	1.50
De piedra.	2.75	Tiraje inducido.	2.00
COMPRESORES		Torre de enfriamiento.	2.50
Centrifugo.	1.25	GENERADORES	
Rotativo.	1.50	Carga uniforme.	1.00
Alternativos:		Motosoldadores.	2.00
> 4 cil.	2.50	GUINCHES O PUENTES GRÚAS	
< 4 cil.	2.50	De traslación.	1.75
(Consultar en fábrica)		Malacate principal.	2.00
		IMPRESORA	
		Rotativa.	1.00
		Prensa.	1.50
		MAQUINAS HERRAMIENTAS	
		Cepillo.	1.50
		Calandras.	2.00
		Prensa de estampado.	2.00
		Roscadora.	2.50
		MEZCLADORAS	
		De tambor.	1.50
		De concreto.	1.75
		MOLINOS	
		A martillos.	2.00
		A bolas.	2.25
		HORNOS	
		De cemento, rotativos o secadores.	2.00
		ZARANDA	
		De lavadero.	1.00
		Rotativa.	1.50
		Vibratoria.	2.50
		TRANSPORTADORES	
		Aéreos, cintas, correas	
		discos, a tornillo.	1.50
		Vibratorios.	2.50

Tabla 14: Factores de servicio en función de aplicaciones generales para acoplamientos GUMMI.
Fuente: Catálogo Acoplamiento Elástico GUMMI - Línea A.



Por lo tanto, para seleccionar el acoplamiento según la potencia nominal a transmitir, se calcula multiplicando la potencia mecánica por el factor de servicio:

$$N_n = N * F_s = 5,5 * 2,5 = 13,75 \text{ [kW]}$$

Ver en la Tabla 15 que, ingresando con el valor de potencia nominal obtenido, igual o superior, y con la velocidad angular de funcionamiento, se define el tamaño de acople a utilizar:

TABLA I - Temp. máx. en el acople 80°C

MODELO	A	A	A	A	A	A	A
RPM	20	25	30	35	45	50	60
100	0.37	0.60	0.82	1.19	2.16	4.48	6.64
200	0.75	1.19	1.72	2.31	4.18	8.96	13.06
300	1.19	1.79	2.61	3.58	6.34	13.06	19.63
400	1.57	2.31	3.43	4.78	8.43	17.76	26.12
500	1.94	2.99	4.33	5.97	10.30	22.39	32.69
600	2.31	3.59	5.15	7.09	13.06	27.09	39.18
700	2.84	4.18	5.97	8.28	14.93	31.72	46.64
720	2.91	4.33	6.19	8.58	15.37	32.69	47.61
800	3.21	4.78	6.94	9.33	16.79	36.42	53.21
850	3.36	5.07	7.31	10.30	17.76	38.28	55.97
900	3.58	5.30	7.76	10.90	18.66	40.15	59.70
1000	3.96	5.97	8.58	12.16	21.49	44.78	66.27
1100	4.40	6.57	9.33	13.06	23.36	49.48	72.76
1150	4.55	6.79	10.30	14.03	24.25	51.34	75.60
1200	4.78	7.09	10.75	14.63	25.22	54.10	79.33
1300	5.15	7.76	11.19	15.90	27.09	58.81	85.82
1400	5.52	8.28	12.16	16.79	29.85	62.54	92.39
1500	5.97	8.96	13.06	17.76	31.72	67.16	98.88
1600	6.34	9.33	14.03	18.66	33.58	71.87	105.5

Tabla 15: Tabla de tamaño de acoplamiento GUMMI en función de las rpm y potencia nominal.
Fuente: Catálogo Acoplamiento Elástico GUMMI - Línea A.

Se puede observar en la Tabla 15 que, siguiendo los pasos previamente mencionados, el acoplamiento que cumple con los requerimientos mínimos es el A35. Por lo tanto, el acople A50 posee mejores prestaciones que este y está más holgado para su desempeño, pudiendo transmitir hasta 67 [kW].

Por otro lado, podemos comprobar las prestaciones del acople seleccionado mediante el método de torque nominal. El procedimiento es el siguiente:

→ El torque nominal se calcula como: $T_n = \frac{9550 * N * F_s}{V.giro} = \frac{9550 * 5,5 * 2,5}{1470} = 89,33 \text{ [Nm]}$.

→ Se debe buscar en la Tabla 16 el modelo cuyo torque nominal sea igual o superior al calculado, verificando el diámetro de los ejes en función del máximo y mínimo.

En este caso, el acople A50 no solo cumple con el requerimiento de torque nominal, sino que también cumple con la verificación de los diámetros, ya que permite ejes hasta 46 [mm].

CON 2 CUBOS NORMALES (fig. 1)

A - Ø Brida Cubo
B - Ø Cuello Cubo
C - Ø Máx. aleasaje
D - Ø Agujero piloto
E - Ancho centro
F - Ancho cubo
G - Long. total
H - Ø Centro
L - Tipo tornillo

TABLA III

ACOPLE CON CUBO NORMAL													BULONES	
MODELO	Torq. Nom. Nm	Angulo Torsión (°)	Peso (Kg.) ⁽¹⁾	Gd2 (Kg m2)	A	B	C Máx	D Min	E	F	G	H	Nr.	L- Cab. hex.
A-20	38	2°	1.05	0.0017	74	36	20	10	30	25	80	95	12	1/4 x 3/4
A-25	56	5°	1.09	0.0018	74	36	23	10	30	25	80	95	12	1/4 x 3/4
A-30	82	2°	2.40	0.0094	96	49	30	10	40	35	110	127	16	5/16 x 7/8
A-35	113	4°	2.65	0.0098	96	49	32	10	40	35	110	127	16	5/16 x 7/8
A-45	250	3°	5.00	0.0382	127	70	40	15	50	45	140	167	20	5/16 x 1
A-50	420	6°	5.32	0.0402	127	70	46	15	50	45	140	167	20	5/16 x 1
A-60	620	5°	12.50	0.1065	169	100	55	25	65	60	185	224	24	3/8 x 1 1/4

Tabla 16: Tamaño de acoplamiento GUMMI en función del torque nominal y los diámetros de ejes admisibles.
Fuente: Catálogo Acoplamiento Elástico GUMMI - Línea A.

El siguiente paso es verificar la vinculación entre los cubos y los ejes, teniendo del lado del motor eje con chaveta y del lado del compresor un eje cónico con tornillo de ajuste. A continuación, se mostrarán las características de cada caso y cómo calcular los hermanamientos entre las piezas involucradas.

Eje motor:

En la Figura 62 se observan las dimensiones del motor, que posee una carcasa 132S. De todas ellas, se pone el enfoque en las presentadas en la Tabla 17, siendo las características de la punta del eje delantero, con su correspondiente chaveta de fábrica. Estos valores se obtienen de la Tabla 13.

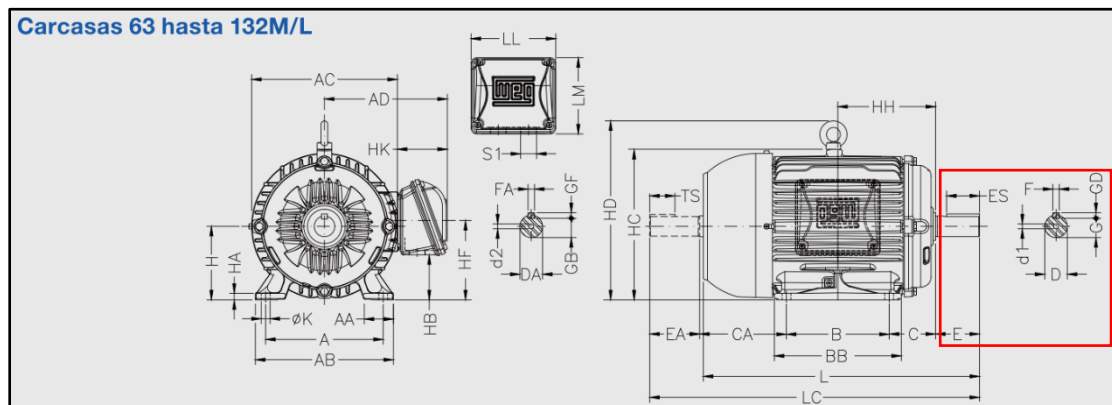


Figura 62: Datos mecánicos del motor WEG-W22-IE1 Standard Efficiency, carcasa 132S.
Fuente: Catálogo Motor Eléctrico Trifásico WEG W22.



6.5.2 Unión motor-acople:

Para poder transmitir la potencia del motor al acople, es necesario fijar entre sí el eje motriz y el cubo o brida del sistema de transmisión. Para esto se utiliza una combinación de chaveta-chavetero, en donde ambos elementos deben poseer el alojamiento para montar a presión la chaveta, a fin de transmitir el torque entre ambas piezas y mantenerse en su lugar.

Debido a que el eje del motor posee definido este conjunto de fábrica, resta calcular las dimensiones de la ranura en la brida, para verificar que la vinculación entre las partes sea resistente y la chaveta soporte los esfuerzos a los que será sometida.

Primeramente, se exponen los datos característicos de los elementos a vincular en la Tabla 17, tomando como referencia los nombramientos mostrados en la Tabla 16 y Figura 62.

DATOS ACOPLE	A - Diámetro Brida Cubo [cm]	B - Diámetro Cuello Cubo [cm]	C - Máx. aleasaje [cm]	D - Agujero piloto [cm]	E - Ancho centro [cm]	F - Ancho cubo [cm]	G - Long. Total [cm]	H - Diámetro Centro [cm]	Material del acople
		12,7	7	4,6	1,5	5	4,5	14	16,7
DATOS EJE	D: Diámetro eje [cm]	E: Longitud eje [cm]	ES: Longitud chaveta [cm]	F: Ancho chaveta [cm]	GD: Alto chaveta [cm]	G: Distancia del chavetero respecto del diámetro [cm]		Material del eje	Material de la chaveta
	3,8	8	6,3	1	0,8	3,3		AISI 1040/45	AISI 1020

Tabla 17: Datos característicos del acoplamiento y de la punta de eje delantera del motor.
Fuente: Elaboración propia.

En segunda instancia se presentan los datos mecánicos de la potencia a transmitir y el régimen de giro posible, en la Tabla 18. En base a estos datos se calcula los momentos de torsión que debería aguantar y transmitir el sistema eje-acople.

DATOS MOTOR	Potencia mecánica [CV]	Régimen de giro máx. [rpm]	Régimen de giro mín. [rpm]	Torque nominal mín. [kg.cm]	Torque nominal máx. [kg.cm]
		7,5	2000	500	269

Tabla 18: Valores mecánicos del régimen de trabajo del sistema.
Fuente: Elaboración propia.

El torque que el motor aplica en el eje se calcula mediante la fórmula de $T = \frac{71620 \cdot CV}{n}$, siendo “CV” la potencia mecánica disponible en el eje del motor eléctrico y “n” el régimen de giro utilizado. Se evidencia entonces que, a menor velocidad, mayor es el par de torsión que se ejerce, siendo la condición más solicitada del conjunto de transmisión.



Entonces, ya que el objetivo es conocer si la longitud de la chaveta es la adecuada y así definir la longitud necesaria del chavetero en la brida, se presentan las fórmulas de resistencia de la chaveta en función del momento de torsión, frente a esfuerzos cortantes y de compresión:

$T_{\text{cizalladura}} = \frac{S_{\text{corte}} \cdot b \cdot L \cdot D}{2}$ y $T_{\text{compresión}} = \frac{S_{\text{compresión}} \cdot t \cdot L \cdot D}{4}$, siendo D el diámetro del eje en [cm], L la longitud de la chaveta en [cm], b el ancho de la chaveta en [cm], t el alto de la chaveta en [mm] y S_{corte} y $S_{\text{compresión}}$ la resistencias de la chaveta ante cada esfuerzo en [kg/cm²]. Estas deducciones son tomadas del análisis presentado por el libro Diseño de Elemento de Máquinas, Cuarte Edición, de V. M. Faires. En la Figura 63 se puede ver un ejemplo del caso analizado.

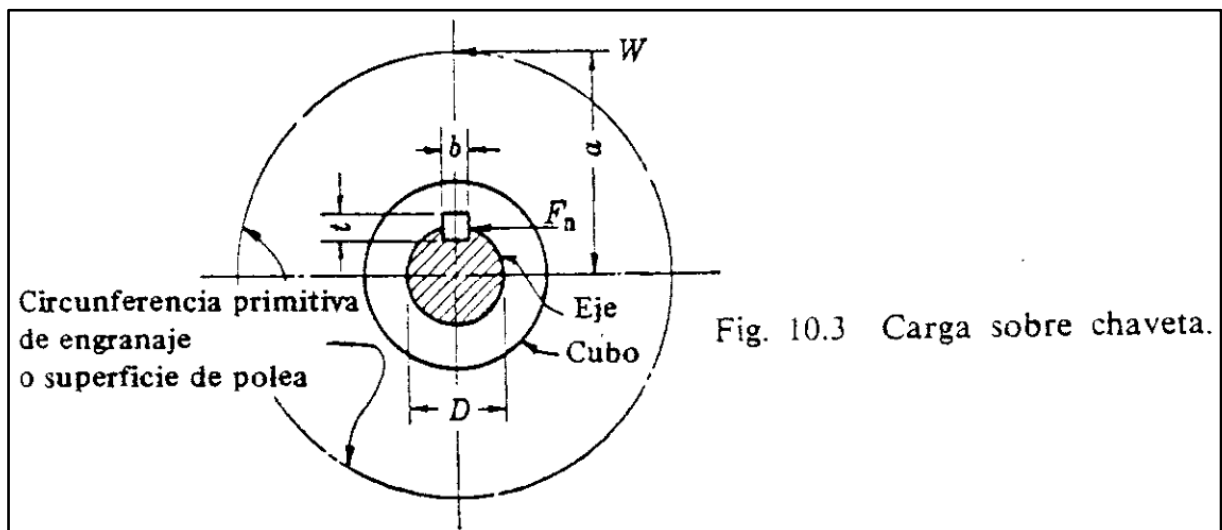


Fig. 10.3 Carga sobre chaveta.

Figura 63: Análisis del esfuerzo aplicado a una vinculación por chaveta entre un eje y un cubo.
Fuente: Faires, V. M. Diseño de Elementos de Máquinas, 4. Ed.

Por otra parte, se debe considerar para los cálculos el material de menor resistencia del conjunto, siendo en este caso el de la chaveta (AISI 1020). Entonces, la resistencia de fluencia en tracción de este material es de 4640 [kg/cm²] y será afectada por los siguientes coeficientes:

- Carga uniforme: 1,5.
- Carga con choque ligero: 2-2,25.
- Carga con choque severo: hasta 4,5.

Estos valores de cálculo son tenidos en cuenta porque la resistencia del material se ve afectada según el régimen de trabajo que se ve solicitado. Por lo tanto, como se prevé que la transmisión estará sometida a vibraciones pequeñas, se adopta un coeficiente de cálculo de 1,75. A continuación, se calcularán las resistencias S_{corte} y $S_{\text{compresión}}$ utilizando el valor seleccionado:

→ $S_{\text{corte}} = \frac{0,5 \cdot 4640}{1,75} = 1326 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$ (se multiplica por 0,5 porque se analiza la resistencia de media sección de chaveta para el esfuerzo cortante).



→ $S_{\text{compresión}} = \frac{1 \cdot 4640}{1,75} = 2651 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$ (se multiplica por 1 porque para el esfuerzo de compresión se considera la sección completa de la chaveta).

Finalmente, se despejarán las longitudes necesarias de la chaveta (L) de las fórmulas presentadas al inicio de la página, como método para verificar la longitud necesaria del chavetero en el cubo (ya que el eje ya tiene estas dimensiones definidas).

→ $L = \frac{2T}{S_{\text{corte}} \cdot b \cdot D} = \frac{2 \cdot 1074}{1326 \cdot 1 \cdot 3,8} = 0,43 \text{ [cm]}$ longitud mínima de contacto para cizalladura.

→ $L = \frac{4T}{S_{\text{compresión}} \cdot t \cdot D} = \frac{4 \cdot 1074}{2651 \cdot 0,8 \cdot 3,8} = 0,53 \text{ [cm]}$ longitud mínima de contacto para compresión contra las paredes.

Se concluye entonces que para la sección de chaveta AISI 1020, de 1[cm] de ancho por 0,8 [cm] de alto, la longitud mínima efectiva necesaria debe ser de más de medio centímetro (0,53 [cm]) para transmitir el torque. Por lo tanto, ya que el eje posee una chaveta de 6,3 [cm] de largo y el ancho de la brida es de 4,5 [cm], conviene realizar un chavetero pasante en el cubo y ubicarlo a la mitad de la chaveta, para que la transmisión de esfuerzos sea más eficiente.

6.5.3 Unión compresor-acople:

Luego de analizar la transmisión de potencia desde el motor hacia el acople, resta definir cómo vincular dicho acoplamiento al compresor, que es la máquina objetivo a mover. Para esto se debe hallar la forma de hermanar el eje cónico con el cubo bridado. Originalmente el compresor tenía montado un engranaje helicoidal que producía su movimiento. El mismo poseía un cono “hembra” que copiaba la forma del cono “macho” del árbol, y finalmente, se vinculaban entre sí por el apriete de un bulón. Entonces, se decide mecanizar en el cubo una superficie cónica que logre transmitir el torque entre las piezas.

Primeramente, se exponen en la Tabla 19 las dimensiones características del cono macho del eje del compresor (Figura 61), con las cuales se definirán:

- 1° La fuerza de apriete F que debe ejercer el bulón para transmitir el torque entre las piezas.
- 2° El calibre del bulón a utilizar y el torque de ajuste.
- 3° Las dimensiones del cono hembra en el cubo del acople.

Datos característicos de la punta cónica del eje del compresor				
D ₁ (mayor) [cm]	D ₂ (menor) [cm]	h [cm]	Conicidad (C)	Inclinación (i)
3	2,46	2,7	1:5	1:10

Tabla 19: Dimensiones cono macho del compresor.
Fuente: Elaboración propia.



Del plano COMPRESSOR 600cc ESS, se tomaron los datos del diámetro mayor del cono (D), la longitud del cono (h) y su conicidad (C). Luego, utilizando la fórmula de la conicidad se pudo despejar el diámetro menor (d), tal que: $C = \frac{D_1 - D_2}{h} \Rightarrow d = D - (C * h)$. La inclinación

(i) surge de la fórmula: $i = \frac{r_1 - r_2}{h} = \frac{C}{2}$. La teoría aplicada se observa en la Figura 64.

La **conicidad** es la relación que existe en un **tronco de cono** recto entre la diferencia de su diámetro mayor (base) menos el menor y su altura. De igual manera, en un **cono** —que es un caso particular de un tronco de cono cuya base menor tiene un diámetro nulo— la conicidad es la relación entre el diámetro de la base y la altura.

$$c = \frac{D_1 - D_2}{h} = 2 \cdot \frac{r_1 - r_2}{h};$$

donde c es la conicidad; h es la altura del cono truncado; D_1 y D_2 son los diámetros mayor y menor del tronco de cono respectivamente; y r_1 y r_2 son los radios mayor y menor.

La conicidad se expresa, bien por unidad de longitud de la altura, bien en **porcentaje**, o en forma de fracción (1:x).

Conicidad e inclinación [editar]

La **inclinación** de un tronco de cono es la relación que existe entre el incremento de **radio** y la altura, por tanto es la mitad de la conicidad.

$$i = \frac{r_1 - r_2}{h} = \frac{c}{2};$$

La inclinación también se expresa, bien por unidad de longitud de la altura, bien en **porcentaje**, o en forma de fracción (1:x).

Conicidad y ángulos [editar]

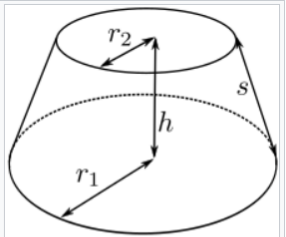
El ángulo α entre una **generatriz** de un cono y su eje de simetría se obtiene mediante la siguiente relación trigonométrica:

$$\tan \alpha = \frac{r_1 - r_2}{h} = \frac{c}{2} = i$$

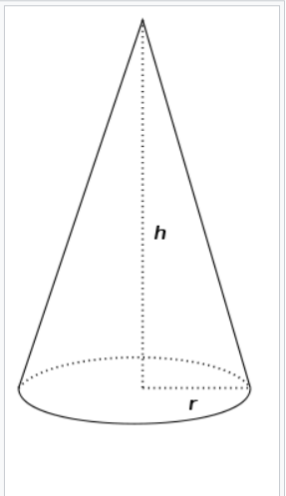
$$\alpha = \arctan\left(\frac{r_1 - r_2}{h}\right) = \arctan\left(\frac{c}{2}\right) = \arctan i$$

El ángulo β del **vértice** de un cono es el que forman dos generatrices opuestas entre sí y es igual al doble del ángulo entre una generatriz y el eje.

$$\beta = 2\alpha = 2 \cdot \arctan\left(\frac{r_1 - r_2}{h}\right) = 2 \cdot \arctan\left(\frac{c}{2}\right) = 2 \cdot \arctan i$$



Tronco de cono



Un cono puede considerarse como un caso particular de un tronco de

Figura 64: Teoría de conos utilizada para definir dimensiones de la punta cónica del compresor.
Fuente: Conicidad, Wikipedia.

Todo esto se realiza con el objetivo de calcular la fuerza normal que debe realizar el bulón de ajuste entre las dos superficies cónicas. Para esto se utiliza la teoría de “Embrague de Fricción Cónico” (ver Figura 65), la cual explica cómo se acoplan dos elementos mediante el par de rozamiento desarrollado entre superficies con forma de cono. A partir de este análisis, se plantean dos hipótesis: presión constante o desgaste uniforme (ver Figura 66).

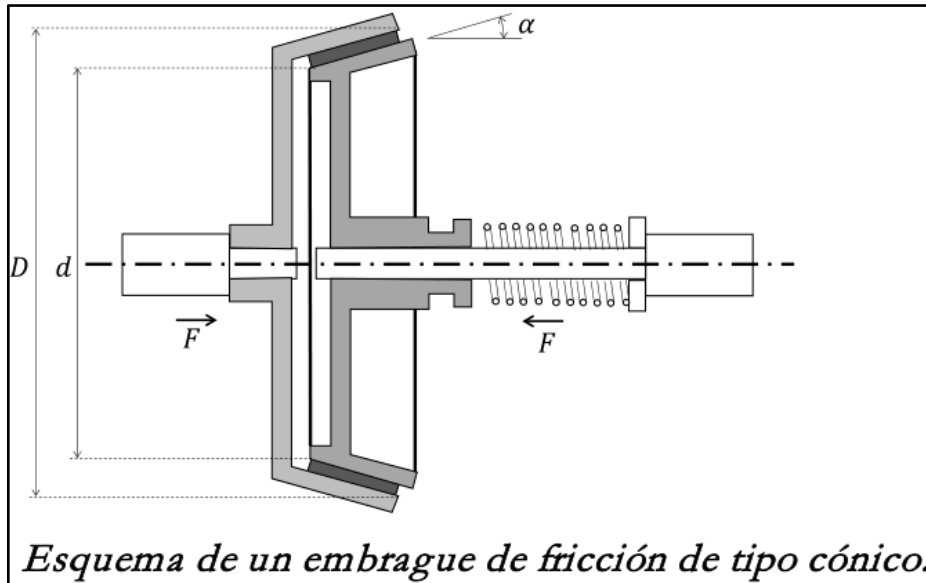


Figura 65: Esquema demostrativo de las dimensiones analizadas en un acople de fricción de tipo cónico.
Fuente: Embragues, OCW-Diseño de Máquinas.

2.2.1 EMBRAGUE NUEVO: PRESION UNIFORME

En un embrague nuevo, la presión es la misma en todos los puntos de contacto entre los conos. Con un desarrollo análogo al realizado para los embragues de tipo disco, el par de rozamiento desarrollado resulta ser:

$$T_{roz} = \int r \cdot \mu \cdot p \cdot dA = \frac{\pi}{12} \cdot \mu \cdot p \cdot (D^3 - d^3) \cdot \frac{1}{\sin \alpha} = \mu \cdot \frac{F}{3} \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \cdot \frac{1}{\sin \alpha} \quad (13)$$

2.2.2 EMBRAGUE USADO: DESGASTE UNIFORME

A medida que el embrague se utiliza, pasa de un estado de presión uniforme a otro de desgaste uniforme, para el cual el par de rozamiento que desarrolla el embrague es:

$$\begin{aligned} T_{roz} &= \int r \cdot \mu \cdot p \cdot dA = \frac{\pi}{8} \cdot \mu \cdot p_{max} \cdot d \cdot (D^2 - d^2) \cdot \frac{1}{\sin \alpha} = \\ &= \mu \cdot \frac{F}{4} \cdot (D + d) \cdot \frac{1}{\sin \alpha} \end{aligned} \quad (14)$$

Figura 66: Demostraciones de las dos hipótesis de tipos de acoples cónicos posibles y sus fórmulas.
Fuente: Embragues, OCW-Diseño de Máquinas.

Se aprecian entonces las dos maneras de calcular el par de rozamiento desarrollado por un acople de este tipo. Lo que tienen en común las teorías es que ambas dependen de:

- Coeficiente de fricción entre las partes (μ): se define por tabla según par de materiales (ver Tabla 20).
- Ángulo entre la generatriz del cono y el eje de simetría (α): se calcula como el arco tangente de la inclinación (i), tal como se muestra en la Figura 64.
- Diámetros mayor y menor ($D-d$): corresponden a las dimensiones del cono.



→ Fuerza de ajuste axial (F): valor a calcular en este caso, partiendo del torque de rozamiento necesario, que es igual al torque nominal máximo a transmitir ($T_{roz} = T_{Nm\acute{a}x}$).

Materiales	Coeficiente de Fricción	
	Estática	Cinética
Acero – Acero	0.74	0.57
Aluminio – Acero	0.61	0.47
Cobre – Acero	0.53	0.36
Latón – Acero	0.51	0.44
Zinc – Hierro colado	0.85	0.21
Caucho – Concreto	1.0	0.8
Madera – Madera	0.25 – 0.5	0.2
Vidrio – Vidrio	0.94	0.4
Cobre – Vidrio	0.68	0.53
Hielo – Hielo	0.1	0.03
Teflón – Teflón	0.04	0.04
Teflón – Acero	0.04	0.04
Articulaciones humanas	0.22	0.003
Caucho – Cemento (seco)	1.0	0.8
Caucho – Cemento (húmedo)	0.3	0.25
Cobre – Hierro (fundido)	1.1	0.3
Carbón - Acero	0.14	0.12
Cadmio – Cadmio	0.5	0.05
Cadmio – Cromo	0.41	0.34
Carbón – Carbón	0.16	0.12

Tabla 20: Coeficientes de fricción estática y fricción cinética según rozamiento entre par de materiales.
Fuente: Academia de Hidráulica, Dinámica de la partícula, Profesor Álvaro Hernández Espinosa.

Por lo tanto, se presenta a continuación en la Tabla 21 los datos restantes para realizar el cálculo de la fuerza necesaria a aplicar y el despeje para cada fórmula.

Valores extras		
α [°]	$\mu_{dinámico}$ acero/acero	T_{roz} [kg.cm]
5,711	0,57	1074

Tabla 21: Datos necesarios para el cálculo de F.
Fuente: Elaboración propia.

$$F_{13} = \frac{T_{roz} * 3 * \text{sen } \alpha * D^2 - d^2}{\mu * D^3 - d^3} = \frac{1074 * 3 * \text{sen } 5,71 * 3^2 - 2,46^2}{0,57 * 3^3 - 2,46^3} = 136,94 \text{ [kg]}$$

$$F_{14} = \frac{T_{roz} * 4 * \text{sen } \alpha}{\mu * (D+d)} = \frac{1074 * 4 * \text{sen } 5,71}{0,57 * (3+2,46)} = 137,39 \text{ [kg]}$$

Por lo tanto, se puede considerar que la fuerza de ajuste F debe ser de al menos 137,4 [kg], para lograr transmitir entre el acople y el eje del compresor un torque T de 1074 [kgcm].

Para sujetar entre sí las piezas a rotar se necesita de un perno que se ajuste en la rosca interna del eje cónico. En la Figura 61 se puede ver que la medida de la rosca es M12 x 1,75. Por lo tanto, se emplea un bulón de cabeza hexagonal galvanizado M12 x 1,75 de clase 8.8.

A continuación, se presentan los datos y resultados en la Tabla 22, explicando además cómo calcular el esfuerzo axial y que par de torsión es necesario aplicar.



Área de esfuerzo de tensión (At) [mm ²]	F normal de ajuste [kg]	Resistencia de prueba mínima a la tensión [MPa]	Esfuerzo de tensión en el perno [MPa]
84,3	140	600	16,275
Dimensión del perno	Diámetro mayor nominal (d) [mm]	Factor del par de torsión (K)	Par de torsión necesario [Nm]
M12 X 1,75	12	0,2	3,3

Tabla 22: Datos característicos del perno y esfuerzos aplicados.
Fuente: Elaboración propia.

→ El área de esfuerzo a tensión es un valor que depende del diámetro mayor nominal y el paso de rosca del perno (ver Tabla 23).

Diámetro nominal <i>d</i> , mm	Serie de paso grueso			Serie de paso fino		
	Paso <i>p</i> , mm	Área de esfuerzo de tensión <i>A_t</i> , mm ²	Área del diámetro menor <i>A_r</i> , mm ²	Paso <i>p</i> , mm	Área de esfuerzo de tensión <i>A_t</i> , mm ²	Área del diámetro menor <i>A_r</i> , mm ²
1.6	0.35	1.27	1.07			
2	0.40	2.07	1.79			
2.5	0.45	3.39	2.98			
3	0.5	5.03	4.47			
3.5	0.6	6.78	6.00			
4	0.7	8.78	7.75			
5	0.8	14.2	12.7			
6	1	20.1	17.9			
8	1.25	36.6	32.8	1	39.2	36.0
10	1.5	58.0	52.3	1.25	61.2	56.3
12	1.75	84.3	76.3	1.25	92.1	86.0
14	2	115	104	1.5	125	116

Tabla 23: Diámetros y áreas de pernos roscas métricas de paso grueso y fino.
Fuente: Normas y definiciones de roscas, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley.

→ La resistencia de prueba mínima es el cociente entre la carga mínima de prueba (fuerza máxima que un perno puede soportar sin sufrir deformación permanente) y el área de tensión. Depende de la clase de propiedad mecánica del bulón (ver Tabla 24).

Clase de propiedad	Intervalo de tamaños, inclusive	Resistencia de prueba mínima, † MPa	Resistencia mínima a la tensión, † MPa	Resistencia mínima a la fluencia, † MPa	Material	Marca en la cabeza
4.6	M5-M36	225	400	240	Acero de bajo o medio carbono	
4.8	M1.6-M16	310	420	340	Acero de bajo o medio carbono	
5.8	M5-M24	380	520	420	Acero de bajo o medio carbono	
8.8	M16-M36	600	830	660	Acero de medio carbono, T y R	

Tabla 24: Clase de propiedad mecánica de pernos métricos.
Fuente: Resistencia del perno, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley.



- Según la condición del perno se define un coeficiente para el cálculo de par de torsión (ver Tabla 25).

Condición del perno	K
Sin recubrimiento, acabado negro	0.30
Galvanizado	0.20
Lubricado	0.18
Con recubrimiento de cadmio	0.16
Con Anti-Seize Bowman	0.12
Con tuercas Bowman-Grip	0.09

Tabla 25: Factores del par de torsión según la condición del perno.

Fuente: Relación del par de torsión del perno con la tensión del perno, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley.

- Esfuerzo de tensión en el perno:

$$\sigma_P = \frac{F_N}{A_T} = \left(\frac{140 \text{ [kg]} * 9,8 \left[\frac{\text{N}}{\text{kg}} \right]}{84,3 \text{ [mm}^2\text{]} * (10^{-6}) \left[\frac{\text{m}^2}{\text{mm}^2} \right]} \right) * \frac{1}{10^6} \left[\frac{\text{Pa}}{\text{MPa}} \right] = 16,275 \text{ [MPa]}$$

Entonces, resistencia a la tensión (600 [MPa]) > esfuerzo de tensión (16,275 [MPa]).

- Par de torsión necesario para producir F_N :

$$T_N = K * F_N * d = 0,2 * 140 \text{ [kg]} * 9,8 \left[\frac{\text{N}}{\text{kg}} \right] * 12 \text{ [mm]} * \frac{1}{1000} \left[\frac{\text{m}}{\text{mm}} \right] = 3,3 \text{ [Nm]}$$

Como conclusión al cálculo, se necesita ejercer una fuerza axial entre el acople y el eje punta cónica de 140 [kg], a través de un torque de ajuste del perno de al menos 3,3 [Nm].

6.5.4 Estructuras de sujeción:

Para cerrar este capítulo, se menciona brevemente cuales son las estructuras o soportes empleados en la Unidad de Ensayo para contener a los diferentes sistemas y sus elementos.

Continuando con el sistema de transmisión de potencia (motor-acople-compresor), se muestra en la Figura 67 la placa con ménsulas que sostiene al compresor y permite una alineación adecuada entre los ejes. La misma fue mecanizada a medida para acoplarse a la brida del compresor, permitiendo el giro de su eje y la conexión con el sistema de lubricación (ver Figura 17). Está fabricada en acero SAE4140 y las ménsulas son de Aluminio calidad 6061. Los bulones utilizados son de acero de medio carbono, galvanizados, de clase 8.8.

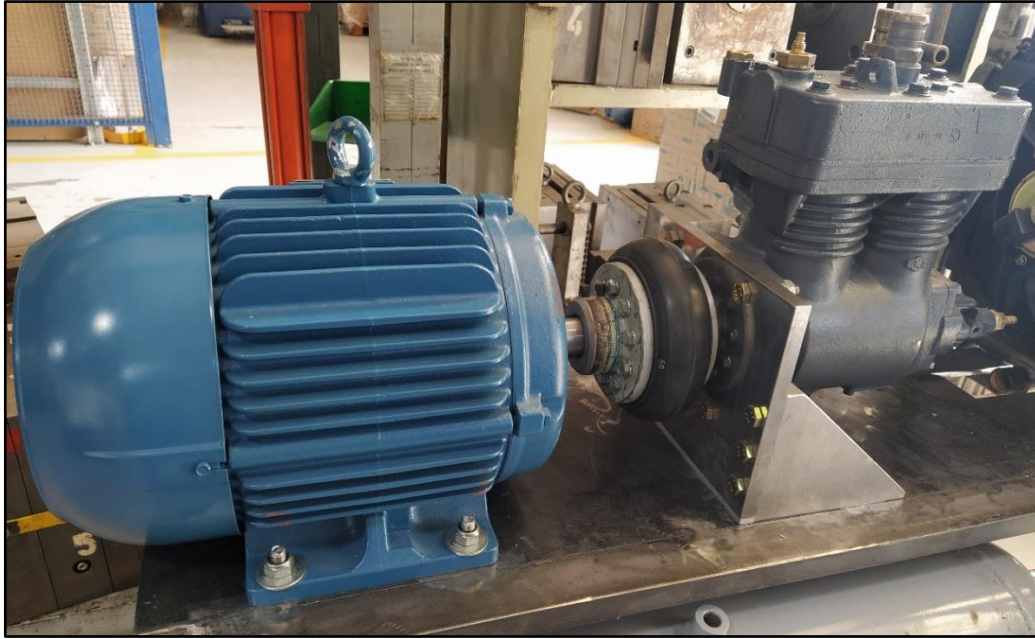


Figura 67: Sujeción del compresor en voladizo para vincularse al motor a través del acoplamiento elástico GUMMI.
Fuente: Fotografía tomada en la empresa.

Finalmente se puede apreciar como todos los componentes son montados en el armazón, que representa un bastidor en donde los sistemas se vinculan entre sí y, por lo tanto, se puede movilizar todo el conjunto como un bloque al lugar que se desee. Si se toma de referencia la Figura 1, en donde muestra el generador de aire comprimido finalizado, se puede decir que:

- Sobre la base principal se ensamblan el motor eléctrico, el acople elástico, el compresor de aire con su bomba de engranajes (con las conexiones de lubricación); el radiador-electroventilador y la bomba de líquido refrigerante con su depósito y conexiones.
- Al mismo nivel, pero lateralmente se encuentran el gabinete de potencia (guardamotor-variador de frecuencia) y el tablero de control del sistema de refrigeración. También está la APU y la válvula multicircuito.
- Por debajo de la base se alojan los depósitos de aire, con sus conexiones neumáticas y manómetros, las válvulas de seguridad y los purgadores automáticos (con su controlador).
- En la parte frontal están amurados el depósito y filtro de aceite, con sus conexiones.
- En la parte lateral inferior se encuentra sujetado el gabinete de servicios auxiliares en CC y el presostato.

Por último, en la Figura 68 se puede ver cómo el diseño inicial fue pensado para albergar cada uno de los sistemas. Por ejemplo, el orificio en la base fue pensado para el retorno de aceite de la parte inferior del compresor. Mas adelante se nota un recorte en la mesa para la conexión inferior del radiador, el cuál irá sujetado a un marco hecho a medida para dicho conjunto radiador-electroventilador.



Por otra parte, las dimensiones generales del armazón le permiten albergar todos los componentes de la manera más eficiente posible (ver dimensiones generales en Anexo 3). Respecto a los perfiles y materiales utilizados no se detallan cálculos analíticos para su selección. En consecuencia, se realizó una simulación de tensiones con el software de diseño Creo Parametric para comprobar la resistencia estructural del conjunto. Para la misma se concentraron las cargas más representativas como los pesos del motor eléctrico, compresor, tanques, en los puntos o superficies donde van alojados sobre la estructura y se realizó un análisis de esfuerzos por Elementos Finitos. Consultar resultados en el Anexo 4.



*Figura 68: Resultado de la fabricación primitiva del armazón de la Unidad de Ensayo.
Fuente: Fotografía tomada en la empresa.*

Vale destacar que luego se fueron agregando otras estructuras a medida que se avanzaba con el montaje de los equipos, pero este esqueleto marcó el puntapié inicial del proyecto, que concluye en una primera etapa como se muestra en la Figura 69.



*Figura 69: Unidad de Ensayo finalizada, funcionando en ex Sala de Pruebas de Ingeniería, en Planta N°1 COL-VEN S.A.
Fuente: Fotografía tomada en la empresa.*



7. CONCLUSIONES

En este apartado se expondrán los resultados finales del proceso de diseño y ejecución de esta herramienta para ensayos. Se comenzará mencionando su situación actual, los aspectos técnicos que reflejan su impacto en la empresa y finalmente, una opinión acerca de la experiencia obtenida durante este desafío.

En estos momentos se está utilizando la Unidad de Ensayo en el Centro de Ingeniería y Técnica COL-VEN S.A, en Avellaneda, constituyéndose la nueva Área de Pruebas de Ingeniería. Ahora se dispone de un mayor espacio físico en donde este compresor es el suministro de los ensayos neumáticos que se llevan a cabo, como lo era en las antiguas dependencias de Guadalupe Norte. Gracias al mismo, se logró ininterrumpir el ritmo de experimentación durante el proceso de mudanza y acondicionamiento de la nueva infraestructura. Además, es capaz de ser ubicado en cualquier parte del recinto de pruebas, adaptándose a los cambios constantes en el layout de las instalaciones y los equipamientos utilizados por los diferentes proyectos. Este aspecto es un rasgo fundamental de lo que se quiso lograr con esta maquinaria, adaptabilidad.

Respecto a lo técnico, el equipo puede entregar caudales de aire superiores a los 500 [l/min] y presiones de hasta 200 [psi], abarcando así diferentes capacidades neumáticas reales. Se energiza mediante cualquiera de los tableros seccionales ubicados en todo el laboratorio, requiriendo alimentación trifásica en 380 [V] y monofásica en 220 [V]. Si bien posee lo necesario para funcionar autónomamente, se planifica perfeccionar el sistema de control de la unidad para que permanezca en funcionamiento durante la ausencia del personal. Por lo pronto, este sistema es utilizado mientras se realizan los ensayos de manera presencial.

Con esto se pretende mostrar que el trabajo sirvió para obtener un instrumento a medida de las solicitudes que presentan los ensayos neumáticos realizados en COL-VEN S.A. Definitivamente representa un salto de calidad profesional para el área, porque nos permite testear eficazmente los prototipos, sin limitaciones internas, logrando productos maduros y optimizados.

Todo lo que se proyectó se pudo llevar a cabo, adaptando y mejorando los sistemas en función de la utilización que se fue dando. La opinión crítica y la experiencia de los colegas nutrieron esta creación, teniendo la gran ventaja de poder mejorarlo y adaptarlo a gusto. En un rubro en donde se busca constantemente innovar y estar a la vanguardia de las exigencias del mercado y los usuarios, esto es inmejorable.

En el Anexo 5 se detalla un cómputo y presupuesto de materiales del equipo, habiendo representado para la empresa una inversión cercana a los 7500 dólares.



Conclusiones personales

Para culminar con el cuerpo de este escrito expongo mi opinión acerca de lo que representó la ejecución de este proyecto, como experiencia profesional y académica.

Inicialmente, este diseño me fue presentado por mis superiores como una tarea que tenía que realizar, dado las necesidades del sector y mi puesto de trabajo. Entonces, lo tomé como un desarrollo de ingeniería, con la responsabilidad que conllevaba estar a cargo de un objetivo empresarial, siendo nuevo en el área de Diseño y Desarrollo. Debo destacar que siempre conté con el apoyo y la consideración de mis superiores y mis colegas, como también del tiempo y los medios necesarios para ir avanzando con la materialización de esta idea.

Luego de concientizar en el qué había que hacer y en el cómo, y habiendo dado los primeros pasos, me ofrecen utilizar esta “Unidad de Ensayo” como Proyecto Final de carrera. A partir de esto se transformó en un desafío personal, porque no sólo me propuse lograr el mejor resultado posible para cumplir con la meta en sí, sino que de eso también dependería la culminación de mis estudios universitarios.

Si bien pude utilizar el aprendizaje previamente adquirido, me fue necesario investigar y adentrarme en temas o situaciones a los que, durante mi proceso académico, no me había enfrentado. Es decir, me enfrenté a problemas reales que demandan soluciones específicas. Creo que esto revaloriza aún más la posibilidad de presentar un proyecto aplicado, porque no queda solo en papel, sino que se materializa en una respuesta concreta a un problema existente.

Podría decirse que comencé con la práctica y luego lo fui justificando con la teoría. Y entiendo que a veces sucede así, uno va empleando su criterio en base a experiencias previas y lo va poniendo a prueba a medida que se obtienen resultados durante el proceso de creación. Esto derivó también en que pueda analizar las decisiones tomadas y pensar en futuras mejoras o correcciones.

No es mi objetivo entrar en los detalles de modificaciones futuras, más bien quiero resaltar que este desarrollo llevado a cabo por mí, con la asistencia de todos aquellos que me brindaron su ayuda, derivó en una máquina funcional, versátil y única. La misma refleja fielmente la política de originalidad tecnológica que caracteriza a COL-VEN S.A, logrando una respuesta ingeniosa a una problemática que una máquina convencional difícilmente podría resolver de igual manera, como lo demuestra con sus productos. Además, la experiencia obtenida y el tiempo invertido en algo que uno mismo tiene posibilidad de optimizar le aporta un valor extra al proyecto.

Finalmente, puedo decir que me siento orgulloso de lo que logré y del precedente que esto marca, tanto en mi vida profesional como en la historia de esta gran empresa.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Abasolo Bilbao, Corral Saiz, Iriondo Plaza, *OCW-Diseño de máquinas*, 2017.
- Álvaro Hernández Espinosa, Academia de Hidráulica, *Dinámica de la Partícula*, 2023.
- AERRE. (2021). *Válvulas de seguridad por alivio de presión, Modelo 1700*. [Catálogo].
- Danfoss. (2022). *Presostato y termostato, KP y KPI*. [Folleto Técnico].
- Danfoss. 2022. *Presostatos*. <https://store.danfoss.com/>
- Faires V. M., *Diseño de elementos de máquinas, 4. Ed.*, Barcelona, Montaner y Simón, S.A., 1965.
- García, C. A., *Termodinámica Técnica, 4. Ed*, Buenos Aires, Librería y Editorial Alsina, 1987.
- GUMMI. (2021). *Acoplamiento Elástico Línea A*. [Catálogo].
- Mercado Libre. (2021). *Fuente Conmutada*. <https://articulo.mercadolibre.com.ar/>
- SCANIA. (2006). *Compresores de aire, Ed. 1.1*. [Manual Técnico].
- Shigley, J., *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, 8. Ed.*, México, McGraw Hill, 2008.
- Streeter, V. L., *Mecánica de fluidos, 9. Ed.*, Santa Fe de Bogotá, McGraw Hill, 2000.
- TOPSFLO. (2023). *Bomba centrífuga sin escobillas*. <http://es.topsflo.com/>
- TOTAL. (2017). *Aceite de motor*. <https://totalenergies.co/>
- TOTAL. (2022). *Refrigerante concentrado*. <https://total-cdn-lmdb.afineo.io/>
- Vaden. (2023). *Tienda de repuestos*. <https://vaden.com.tr/>
- VIGIA. (2022). *Calibrador Electrónico de Neumáticos NM464, Rev.: 001*. [Manual Técnico].
- Viloria José Roldán, *Neumática, hidráulica y electricidad aplicada: física aplicada. Otros fluidos, Ed. 6.*, Paraninfo, 1993.
- WEG. (2021). *CFW500 - Convertidor de Frecuencia, Rev.: 13*. [Catálogo].
- WEG. (2014). *CFW500 - Convertidor de Frecuencia*. [Manual de Usuario].
- WEG. (2020). *CFW500 V2.2X*. [Manual de Programación].
- WEG. (2023). *Guardamotores*. <https://www.weg.net/>
- WEG. (2021). *MPW - Guardamotores, Rev.: 06*. [Catálogo].
- WEG. (2021). *W22 - Motor Eléctrico Trifásico*. [Catálogo Técnico Mercado Latinoamericano].
- WIKA. (2019). *PM 02.12* [Hoja Técnica].
- Wikipedia. (2023). *Conicidad*. <https://es.wikipedia.org/>



ANEXO 1: CONFIGURACIÓN VARIADOR DE FRECUENCIA



Cómo programar el variador de frecuencia

Debido a la importancia de este instrumento de control en la Unidad de Ensayo, por ser el cerebro y la interfaz con la que se controla el sistema generador de aire comprimido, se dedica este apartado a explicar cómo configurar cada función específica y los valores que son necesarios ingresar previos a la utilización del banco de pruebas.

El manual del fabricante detalla los diferentes parámetros que posee el variador de frecuencia y que funciones se configuran a través de ellos. Con esta información el objetivo es poder customizar este artefacto según las características del motor que va a controlar y de los regímenes de trabajo que cada ensayo pueda demandar.

HMI y programación básica

Para configurar correctamente el convertidor de frecuencia se expondrán los conocimientos básicos necesarios. Por lo tanto, se comienza explicando dónde y cómo programar:

- “HMI: Interfaz Hombre-Máquina; dispositivo que permite el control del motor, visualización y alteración de los parámetros del convertidor. Presenta teclas para comando del motor, teclas de navegación y display LCD gráfico” (WEG-CFW500-manual-de-programacion, p1-2).
- “A través de la HMI es posible la visualización y el ajuste de todos los parámetros. La HMI presenta dos modos de operación: monitoreo y parametrización. Las funciones de las teclas y los campos del display activos en la HMI varían de acuerdo con el modo de operación. El modo de parametrización está constituido por tres niveles” (WEG-CFW500-manual-de-programacion, p4-1).

Entonces, es necesario ingresar a través de la HMI a los modos de programación siguiendo los 3 niveles mencionados. En la Figura A.1 se muestra la funcionalidad de las teclas de la HMI para seleccionar las diferentes funciones del equipo.

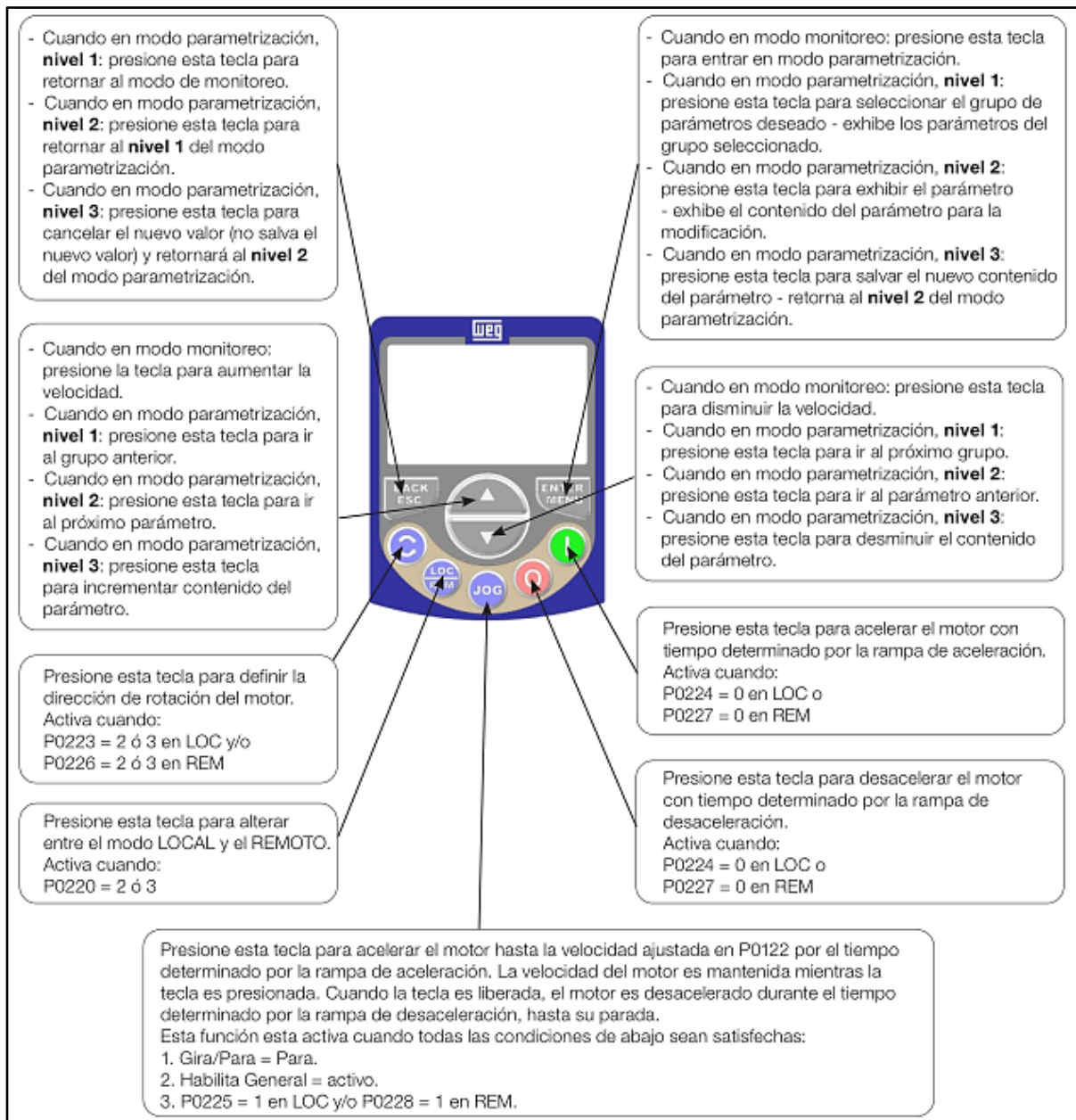


Figura A.1: Teclas de la HMI y sus funciones.

Fuente: Convertidor de Frecuencia WEG-CFW500 V2.2X, Manual de Programación.

Indicaciones en el display de la HMI

“Las informaciones mostradas en el display LCD de la HMI están divididas en seis campos: menú, estado, display secundario, unidad, display principal y barra gráfica. El conjunto de mostradores: principal y secundario permiten alternar el foco para rodaje del número del parámetro o valor del parámetro de acuerdo con los niveles 2 y 3 del modo parametrización, respectivamente” (WEG-CFW500-manual-de-programacion, p4-1).

En la Figura A.2 se puede ver la información que brinda cada sector de la pantalla de la HMI. En la Figura A.3 se muestran los grupos de parámetros y estados del variador.



Figura A.2: Sectores informativos del display.

Fuente: Convertidor de Frecuencia WEG-CFW500 V2.2X, Manual de Programación.

Grupos de parámetros disponibles en el campo Menú:

- **PARAM:** todos los parámetros.
- **READ:** solamente los parámetros de lectura.
- **MODIF:** solamente parámetros alterados en relación al estándar de fábrica.
- **BASIC:** parámetros para aplicación básica.
- **MOTOR:** parámetros relacionados al control del motor.
- **I/O:** parámetros relacionados a entradas y salidas, digitales y analógicas.
- **NET:** parámetros relacionados a las redes de comunicación.
- **HMI:** parámetros para configuración de la HMI.
- **SPLC:** parámetros relacionados a la SoftPLC.
- **STARTUP:** parámetros para Start-up orientado.

Estados del convertidor:

- **LOC:** fuente de comandos o referencias Local.
- **REM:** fuente de comandos o referencias Remoto.
- : sentido de giro a través de las flechas.
- **CONF:** estado CONFIG activo.
- **SUB:** subtensión.
- **RUN:** ejecución.

Figura A.3: Parámetros y estados del variador de frecuencia.

Fuente: Convertidor de Frecuencia WEG-CFW500 V2.2X, Manual de Programación.



Modos de operación de la HMI

Existen dos maneras de operar la HMI: modo monitoreo y modo parametrización. En el manual se detallan sus aplicaciones:

El modo de monitoreo permite que el usuario visualice hasta tres variables de interés en el display principal, secundario y barra gráfica.

El modo de parametrización está constituido por tres niveles:

El nivel 1 permite que el usuario seleccione uno de los ítems del menú para direccionar la navegación en los parámetros.

(WEG-CFW500-manual-de-programacion, p4-2)

El nivel 2 permite la navegación entre los parámetros del grupo seleccionado por el nivel 1.

El nivel 3, a su vez, permite la edición del parámetro seleccionado en el nivel 2. Al final de este nivel, el valor modificado es guardado, o no, si la tecla ENTER o ESC es presionada, respectivamente.

(WEG-CFW500-manual-de-programacion, p4-3)

Para comprender mejor las diferencias entre los modos, en la Figura A.4 se exponen sus características.

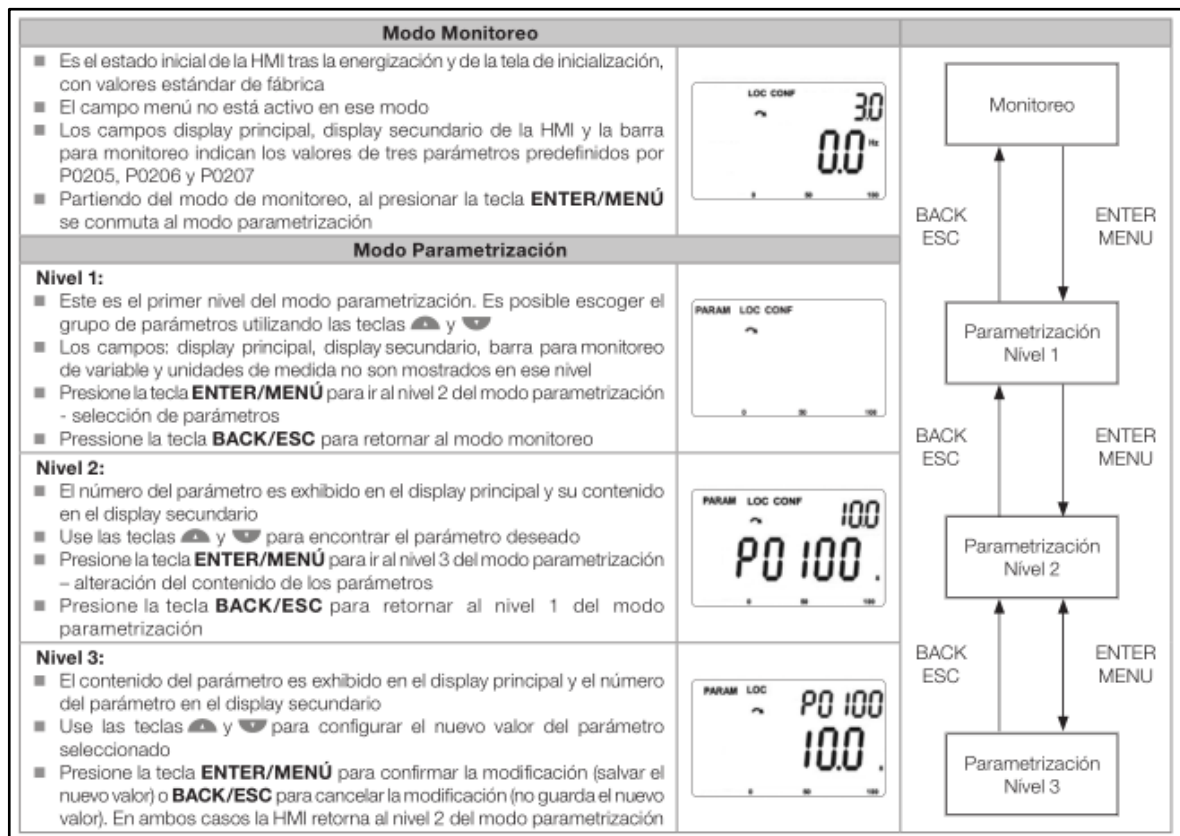


Figura A.4: Modos de operación de la HMI.

Fuente: Convertidor de Frecuencia WEG-CFW500 V2.2X, Manual de Programación.



Instrucciones para ajustes de programación

Luego de presentar los conocimientos mínimos necesarios para poder realizar configuraciones en el variador, se irán mencionando el orden de los parámetros a modificar para operar con el motor trifásico seleccionado y las demás condiciones de trabajo.

PRIMER PASO: de los grupos de parámetros mencionados en la Figura A.3, se comenzará seleccionando STARTUP, según las indicaciones de la Figura A.5 y Figura A.6.

5.1 ESTRUCTURA DE PARÁMETROS

Con el objetivo de facilitarle al usuario el proceso de parametrización, los parámetros del CFW500 fueron distribuidos en 10 grupos que pueden ser seleccionados individualmente en el área Menú del display de la HMI. Cuando la tecla enter/menú de la HMI es presionada en modo monitoreo, se entra en el modo de parametrización nivel 1. En este modo es posible seleccionar el grupo de parámetros deseado, navegando a través de las teclas "▲" y "▼". Por más detalles sobre la utilización de la HMI consulte el [Capítulo 4 HMI Y PROGRAMACIÓN BÁSICA en la página 4-1](#).

Figura A.5: Instrucciones para selección de parámetros.

Fuente: Convertidor de Frecuencia WEG-CFW500 V2.2X, Manual de Programación.

P0317 – Start-up Orientado	
Rango de Valores:	0 = No 1 = Sí
Propiedades:	cfg
Grupo de Acceso vía HMI:	STARTUP
Descripción:	<p>Cuando este parámetro es alterado para "1" se inicia la rutina de Start-up Orientado. El CFW500 pasa al estado "CONF" que es indicado en la HMI. Dentro del Start-up Orientado el usuario tiene acceso solamente a los parámetros importantes de configuración del CFW500 y del motor para el tipo de control a ser utilizado en la aplicación. Para mayores detalles en la utilización de este parámetro consulte las siguientes secciones:</p> <p>Sección 9.2 PUESTA EN FUNCIONAMIENTO EN EL MODO V/f en la página 9-7.</p> <p>Sección 10.2 PUESTA EN FUNCIONAMIENTO EN EL MODO VVW en la página 10-6.</p> <p>Sección 11.1 PARAMETRIZACIÓN DEL CONTROL VVW PM en la página 11-3.</p> <p>Sección 12.8 PUESTA EN MARCHA EN LOS MODOS DE CONTROL VECTORIAL SENSORLESS Y CON ENCODER en la página 12-28.</p>

Figura A.6: Como configurar parámetros dentro de la rutina Start-up Orientado.

Fuente: Convertidor de Frecuencia WEG-CFW500 V2.2X, Manual de Programación.

En resumen, se procederá a seleccionar el grupo de parámetros STARTUP estando en el modo de parametrización nivel 1, con la tecla enter/menú. Realizando dicha acción pasamos al modo de parametrización nivel 2, donde el primer parámetro que aparecerá será el P0317, responsable de habilitar la configuración del grupo de parámetros STARTUP. Apretando enter/menú accedemos al modo de parametrización nivel 3, en donde el parámetro de fábrica sale seteado en 0. Una vez cambiado a 1 = Sí y validada la acción con la tecla enter/menú, se habilita la rutina de configuración del grupo de parámetros STARTUP según Figura A.7.

STARTUP	Parámetro para entrada en modo de "Start-up" Orientado para VVW:
	P0202, P0296, P0398, P0400, P0401, P0403, P0402, P0404, P0406, P0407, P0408, P0409, P0410, P0411, P0412, P0413, P0431, P0435

Figura A.7: Parámetros del STARTUP.

Fuente: Convertidor de Frecuencia WEG-CFW500 V2.2X, Manual de Programación.



SEGUNDO PASO: habilitado el modo Start Up Orientado, irán apareciendo de manera sucesiva todos los parámetros de la Figura A.7 para configurar el variador de frecuencia. Comenzando por el primero tenemos:

P0202 – Tipo de Control

El convertidor alimenta el motor con tensión, corriente y frecuencia variables, a través de las cuales, se logra controlar la velocidad del motor. Los valores aplicados al motor siguen una estrategia de control, la cual depende del tipo de control del motor seleccionado y de los ajustes de los parámetros del convertidor.

La elección del tipo de control adecuado a la aplicación depende de las exigencias estáticas y dinámicas de torque y velocidad de la carga accionada, o sea, el tipo del control está conectado directamente a la performance requerida. Además de eso, el ajuste de los parámetros implicados es de fundamental importancia para alcanzar tal performance.

(WEG-CFW500-manual-de-programacion, p8-1).

Por consiguiente, si se observa la Figura A.8 se verá que el parámetro tiene 8 valores para configurarse, predefinido de fabrica en 0 (Control Escalar V/f). Según el manual del fabricante, esta opción se adecua bien para aplicaciones básicas sin regulación de la velocidad de salida. Para el trabajo que ejercerá nuestro motor trifásico esta opción es correcta, por lo tanto, mantener el valor configurado en 0 y pasar al siguiente parámetro.

ACLARACIÓN: de la Figura A.7 no se configurarán los parámetros P0408-P0409-P0410-P0411-P0412-P0413-P0431-P0435 ya que pertenecen al tipo de control VVW y el mismo no se utilizará para esta aplicación.

P0202 – Tipo de Control		
Rango de Valores:	0 = V/f 1 y 2 = Sin Función 3 = Control Vectorial Sensorless 4 = Control Vectorial con Sensor 5 = VVW 6 y 7 = Sin Función 8 = VVW PM	Estándar: 0
Propiedades:	cfg	
Grupo de Acceso vía HMI:	<input type="text" value="STARTUP"/>	
Descripción:	Selecciona el tipo de control del motor de inducción trifásico o motor a imán permanente trifásico utilizado.	

Figura A.8: Parámetro de configuración del tipo de control del motor eléctrico.
 Fuente: Convertidor de Frecuencia WEG-CFW500 V2.2X, Manual de Programación.



P0296 – Tensión Nominal de la Red

Representa el valor de tensión nominal de alimentación del variador de frecuencia. Es necesario verificar el modelo del convertidor en la tabla presentada en el manual (ver Tabla A.1) y comparar con la placa de datos característicos del elemento (ver Figura A.9).

Tabla 6.2: Identificación de los modelos del CFW500 para las mecánicas A a E

Tensión	Red	Corriente	Mecánica	P0029
-	-	-	-	0
200-240	Monofásico o Mono/Tri	1,6	A	1
200-240	Monofásico o Mono/Tri	2,6	A	2
200-240	Monofásico o Mono/Tri	4,3	A	3
200-240	Monofásico o Trifásico	7,0	A	4
200-240	Trifásico	9,6	A	5
380-480	Trifásico	1,0	A	6
380-480	Trifásico	1,6	A	7
380-480	Trifásico	2,6	A	8
380-480	Trifásico	4,3	A	9
380-480	Trifásico	6,1	A	10
200-240	Monofásico o Trifásico	7,3	B	11
200-240	Monofásico o Trifásico	10,0	B	12
200-240	Trifásico	16,0	B	13
380-480	Trifásico	2,6	B	14
380-480	Trifásico	4,3	B	15
380-480	Trifásico	6,5	B	16
380-480	Trifásico	10,0	B	17
200-240	Trifásico	24,0	C	18
380-480	Trifásico	14,0	C	19
380-480	Trifásico	16,0	C	20

Tabla A.1: Identificación de modelo de variador de frecuencia CFW500.

Fuente: Convertidor de Frecuencia WEG-CFW500 V2.2X, Manual de Programación.



Figura A.9: Placa de datos característicos del inversor de frecuencia CFW500.

Fuente: Fotografía tomada en la empresa.

Una vez definido el valor correcto para configurar, apretar enter/menú para seleccionar el dígito correspondiente a la tensión nominal, para este caso 1 = 380 [V] (ver Figura A.10).



P0296 – Tensión Nominal de la Red		
Rango de Valores:	0 = 200 - 240 V 1 = 380 V 2 = 400 - 415 V 3 = 440 - 460 V 4 = 480 V 5 = 500 - 525 V 6 = 550 - 575 V 7 = 600 V	Estándar: Conforme modelo del convertidor
Propiedades:	ro, cfg	
Grupo de Acceso vía HMI:	<input type="text" value="READ"/>	
Descripción:		
Este parámetro presenta la tensión nominal de alimentación del convertidor conforme es presentado en la Tabla 6.2 en la página 6-3 .		

Figura A.10: Parámetro de configuración de la tensión nominal de alimentación del convertidor de frecuencia.

Fuente: Convertidor de Frecuencia WEG-CFW500 V2.2X, Manual de Programación.

P0398 – Factor de Servicio del Motor

Representa el valor de exigencia del motor (ver Figura A.11). El valor 1,00 significa trabajar al 100% de la potencia nominal y se puede elevar hasta 1,50. Se debe ajustar en base a los datos proporcionados en la chapa característica del motor. Para esto caso, según la Figura 5.4 el SF = 1,00, por lo tanto, debemos mantener dicho valor.

P0398 - Factor de Servicio del Motor		
Rango de Valores:	1,00 a 1,50	Estándar: 1,00
Propiedades:	cfg	
Grupo de Acceso vía HMI:	<input type="text" value="MOTOR, STARTUP"/>	
Descripción:		
Se refiere a la capacidad de sobrecarga continua, o sea, una reserva de potencia que permite al motor una capacidad de soportar el funcionamiento en condiciones desfavorables.		
Ajústelo de acuerdo con el dato informado en la placa del motor.		
Afecta la función de protección de sobrecarga en el motor.		

Figura A.11: Parámetro de configuración del factor de servicio del motor.

Fuente: Convertidor de Frecuencia WEG-CFW500 V2.2X, Manual de Programación.

P0400 – Tensión Nominal del Motor

Representa el valor de tensión nominal con que el motor debe ser alimentado (ver Figura A.12). Este dato se encuentra en la chapa característica del motor y debe ser menor o igual a la tensión configurada en el parámetro P0296, ya que la red eléctrica alimenta al variador de frecuencia y este al motor. Según la Figura 5.4 y en correspondencia con lo mencionado anteriormente, la tensión nominal del motor es 380 [V].



P0400 – Tensión Nominal del Motor	
Rango de Valores:	200 a 600 V
Estándar:	220 V (P0296 = 0) 380 V (P0296 = 1) 380 V (P0296 = 2) 380 V (P0296 = 3) 380 V (P0296 = 4) 380 V (P0296 = 5) 575 V (P0296 = 6) 575 V (P0296 = 7)
Propiedades:	cfg
Grupo de Acceso vía HMI:	MOTOR, STARTUP
Descripción:	
Ajustar de acuerdo con los datos de placa del motor y con la conexión de los cables en la caja de conexiones del mismo.	
Este valor no puede ser superior al valor de la tensión nominal ajustado en P0296 (Tensión Nominal de la Red).	

Figura A.12: Parámetro de configuración de la tensión nominal del motor.
Fuente: Convertidor de Frecuencia WEG-CFW500 V2.2X, Manual de Programación.

P0401 – Corriente Nominal del Motor

Representa el consumo de corriente nominal del motor (ver Figura A.13). Este dato también se encuentra en la chapa característica del motor (11,7 [A]), según Figura 5.4 y es menor que la corriente de salida del variador de frecuencia (14 [A]), según Figura A.10. Con esto se justifica que el convertidor es capaz de abastecer eficientemente al motor.

P0401 – Corriente Nominal del Motor	
Rango de Valores:	0,0 a 200,0 A
Estándar:	1,0 x I _{nom}
Propiedades:	cfg
Grupo de Acceso vía HMI:	MOTOR, STARTUP
Descripción:	
Ajustar de acuerdo con los datos de placa del motor utilizado, llevándose en cuenta la tensión del motor.	
En la rutina "Start-up Orientado" el valor ajustado en P0401 modifica automáticamente los parámetros relacionados a la protección de sobrecarga del motor, conforme la Tabla 12.3 en la página 12-12 .	

Figura A.13: Parámetro de configuración de la corriente nominal del motor.
Fuente: Convertidor de Frecuencia WEG-CFW500 V2.2X, Manual de Programación.

P0402 – Rotación Nominal del Motor

Representa el valor de las vueltas por minuto [rpm] a las que gira nominalmente el eje del motor (ver Figura A.14). Este dato también se encuentra en la chapa característica del motor (1470 [rpm]), según Figura A.4. Esta velocidad va en concordancia con la Frecuencia Nominal del Motor, tal que a frecuencia nominal se obtiene rotación nominal. Por lo tanto, en función de la variación de la frecuencia eléctrica de trabajo que se determine en el convertidor, se obtendrán diferentes velocidades angulares en el eje motriz.



P0402 – Rotación Nominal del Motor		
Rango de Valores:	0 a 30000 rpm	Estándar: 1710 rpm (1425) rpm
Propiedades:	cfg	
Grupo de Acceso vía HMI:	<input type="text" value="MOTOR, STARTUP"/>	
Descripción:		
Ajustar de acuerdo con el dato de placa del motor utilizado.		
Para controles V/f y VVW, ajuste de 0 a 30000 rpm.		
Para control vectorial, ajuste de 0 a 7200 rpm.		

Figura A.14: Parámetro de configuración de la rotación nominal del motor.
Fuente: Convertidor de Frecuencia WEG-CFW500 V2.2X, Manual de Programación.

P0403 – Frecuencia Nominal del Motor

Representa el valor de frecuencia eléctrica nominal del motor, expresada en [Hz] (ver Figura A.15). Este dato también se encuentra en la chapa característica del motor (50 [Hz]), según Figura A.4 que coincide con la frecuencia eléctrica de la red de alimentación.

P0403 – Frecuencia Nominal del Motor		
Rango de Valores:	0 a 500 Hz	Estándar: 60 Hz (50 Hz)
Propiedades:	cfg	
Grupo de Acceso vía HMI:	<input type="text" value="MOTOR, STARTUP"/>	
Descripción:		
Ajustar de acuerdo con el dato de la placa del motor utilizado.		
Para controles V/f y VVW el rango de ajuste vá hasta 500 Hz.		
Para control vectorial el rango de ajuste es de 30 Hz a 120 Hz.		

Figura A.15: Parámetro de configuración de la frecuencia nominal del motor.
Fuente: Convertidor de Frecuencia WEG-CFW500 V2.2X, Manual de Programación.

P0404 – Potencia Nominal del Motor

Representa el valor de la potencia mecánica máxima que el motor entrega en su eje motriz, bajo condiciones de funcionamiento normales. Este dato también se encuentra en la chapa característica del motor (5,5/7,5 [kW/HP]), según Figura 21. Vale destacar que a la hora de seleccionar el variador de frecuencia se recomienda que tenga mayor o igual potencia que el motor que va a controlar. En este caso práctico son iguales.

Para configurar correctamente el parámetro, proceder como menciona la Figura A.16, ingresando el valor 13 que corresponde a la Potencia Nominal del Motor (7,50 [HP]), según la Tabla A.2.



P0404 – Potencia Nominal del Motor		
Rango de Valores:	0 a 19 (consulte la tabla que sigue)	Estándar: Conforme modelo del convertidor
Propiedades:	cfg	
Grupo de Acceso vía HMI:	MOTOR, STARTUP	
Descripción: Ajustar de acuerdo con el dato de la placa del motor utilizado.		

Figura A.16: Parámetro de configuración de la potencia nominal del motor.
Fuente: Convertidor de Frecuencia WEG-CFW500 V2.2X, Manual de Programación.

P0404	Potencia Nominal del Motor (HP)
0	0,16 HP (0,12 kW)
1	0,25 HP (0,19 kW)
2	0,33 HP (0,25 kW)
3	0,50 HP (0,37 kW)
4	0,75 HP (0,55 kW)
5	1,00 HP (0,75 kW)
6	1,50 HP (1,10 kW)
7	2,00 HP (1,50 kW)
8	3,00 HP (2,20 kW)
9	4,00 HP (3,00 kW)
10	5,00 HP (3,70 kW)
11	5,50 HP (4,00 kW)
12	6,00 HP (4,50 kW)
13	7,50 HP (5,50 kW)
14	10,00 HP (7,50 kW)
15	12,50 HP (9,00 kW)
16	15,00 HP (11,00 kW)
17	20,00 HP (15,00 kW)
18	25,00 HP (18,50 kW)
19	30,00 HP (22,00 kW)

Tabla A.2: Valor de configuración según la potencia nominal del motor asociado.
Fuente: Convertidor de Frecuencia WEG-CFW500 V2.2X, Manual de Programación.

P0406 – Ventilación del Motor

Representa el tipo de ventilación que posee el motor a controlar. En este caso tiene su sistema de ventilación integrado al eje motriz, refrigerando a la máquina por su parte trasera. Por lo tanto, corresponde seleccionar el valor 0 = Autoventilado, que coincide con la versión estándar de como viene configurado el parámetro, según Figura A.17.

P0406 – Ventilación del Motor			
Rango de Valores:	0 = Autoventilado 1 = Independente	Estándar: 0	
Propiedades:	cfg		
Grupo de Acceso vía HMI:	MOTOR, STARTUP		
Descripción: En la rutina "Start-up Orientado" el valor ajustado en P0406 modifica automáticamente los parámetros relacionados a la protección de sobrecarga en el motor de la siguiente manera:			
<i>Tabla 12.3: Modificación de la protección de sobrecarga del motor en función de P0406</i>			
P0406	P0156 (Corr. Sobrec. 100 %)	P0157 (Corr. Sobrec. 50 %)	P0158 (Corr. Sobrec. 5 %)
0	1,05xP0401	0,9xP0401	0,65xP0401
1	1,05xP0401	1,05xP0401	1,05xP0401

Figura A.17: Parámetro de configuración del tipo de ventilación del motor.
Fuente: Convertidor de Frecuencia WEG-CFW500 V2.2X, Manual de Programación.



P0407 – Factor de Potencia Nominal del Motor

Representa el valor de cuanta potencia eléctrica se transforma en mecánica y se transmite a través del eje motriz, ya que en el proceso hay pérdidas de rendimiento propias del sistema. Por lo tanto, la potencia mecánica efectiva es menor que la potencia eléctrica que el motor consume de la red. Este dato se encuentra en la chapa característica del motor (P.F: 0,84), según Figura 21. Configurar entonces dicho valor en el variador, según Figura A.18.

P0407 – Factor de Potencia Nominal del Motor		
Rango de Valores:	0,50 a 0,99	Estándar: 0,80
Propiedades:	cfg, V/f, VVW	
Grupo de Acceso vía HMI:	MOTOR, STARTUP	
Descripción:		
El ajuste de los parámetros P0398, P0399, P0400, P0401, P0402, P0403, P0404 y P0407 debe ser de acuerdo con los datos de placa del motor utilizado, tomándose en cuenta la tensión del motor.		

*Figura A.18: Parámetro de configuración del factor de potencia nominal del motor.
Fuente: Convertidor de Frecuencia WEG-CFW500 V2.2X, Manual de Programación.*

TERCER PASO: al finalizar con la configuración de la rutina de Start Up, el variador tiene los datos mínimos necesarios para controlar el motor. A continuación, se enunciarán los parámetros referidos al control del régimen de giro, donde acciones voluntarias del usuario o sistemas de control externos influyen en el funcionamiento del sistema. También se podrán configurar variables específicas de marcha, como se muestra en la Figura A.19 (prestar atención al mensaje de NOTA).

13 FUNCIONES COMUNES A TODOS LOS MODOS DE CONTROL

Este capítulo describe las funciones comunes a los modos de control V/f y VVW del convertidor que, no obstante, tienen interferencia en la performance del accionamiento.

13.1 RAMPAS

Las funciones de rampas del convertidor permiten que el motor acelere o desacelere de forma más rápida o más lenta. Las mismas son ajustadas a través de parámetros que definen el tiempo de aceleración entre cero y la velocidad máxima (P0134) y el tiempo para una desaceleración desde la velocidad máxima hasta cero.

En el CFW500 son implementadas tres rampas con funciones distintas:

- 1ª Rampa – estándar para la gran mayoría de las funciones.
- 2ª Rampa – puede ser activada por el usuario, de acuerdo con la necesidad del accionamiento, a través de la palabra de comando del convertidor o por una entrada digital.
- 3ª Rampa – es usada para funciones de protección del convertidor, tales como: Limitación de Corriente, Regulación de el Link DC, Parada Rápida. La 3ª Rampa tiene prioridad sobre las demás rampas.

¡NOTA!
El ajuste con tiempos de rampa muy cortos puede causar sobrecorriente en la salida (F0070), subtensión (F0021) o sobretensión (F0022) de el Link DC.

*Figura A.19: Rampas de tiempo de aceleración y desaceleración de la velocidad de giro del motor.
Fuente: Convertidor de Frecuencia WEG-CFW500 V2.2X, Manual de Programación.*



P0100 – Tiempo de Aceleración y P0101 – Tiempo de Desaceleración

Estos parámetros regulan el tiempo en que el motor alcanza su velocidad máxima o la velocidad seteada por el usuario, y el tiempo en que el motor regresa a velocidad 0 (detenido). Siguiendo la Figura A.20 y teniendo en cuenta las necesidades funcionales de control del sistema variador-motor-compresor se configuran los tiempos de la siguiente forma:

→ P0100: 5 [s].

→ P0101: 10 [s].

P0100 – Tiempo de Aceleración		
Rango de Valores:	0,1 a 999,0 s	Estándar: 10,0 s
Propiedades:		
Grupo de Acceso vía HMI:	BASIC	
Descripción:	Tiempo de aceleración de cero a la velocidad máxima (P0134).	
P0101 – Tiempo de Desaceleración		
Rango de Valores:	0,1 a 999,0 s	Estándar: 10,0 s
Propiedades:		
Grupo de Acceso vía HMI:	BASIC	
Descripción:	Tiempo de desaceleración de la velocidad máxima (P0134) a cero.	

Figura A.20: Parámetros de ajuste de tiempos de aceleración y desaceleración.
Fuente: Convertidor de Frecuencia WEG-CFW500 V2.2X, Manual de Programación.

P0220 – Selección Local/Remoto

Como muestra la Figura A.21, se puede seleccionar entre 11 formas distintas para definir el funcionamiento del variador de forma Local o Remota. Esto significa que según la forma que se elija, se podrá alternar entre ambos tipos de control. Para este caso se selecciona el valor 3.

P0220 – Selección Local/Remoto		
Rango de Valores:	0 = Siempre Local 1 = Siempre Remoto 2 = Tecla HMI Local/Remoto (LOC) 3 = Tecla HMI Local/Remoto (REM) 4 = Entrada Digital (Dlx) 5 = Serial/USB (LOC) 6 = Serial/USB (REM) 7 y 8 = Sin Función 9 = CO/DN/PB/Eth (LOC) 10 = CO/DN/PB/Eth (REM) 11 = SoftPLC	Estándar: 2
Propiedades:	cfg	
Grupo de Acceso vía HMI:	I/O	
Descripción:	Define la fuente de origen del comando que seleccionará entre la situación Local y la situación Remoto, donde:	
	<ul style="list-style-type: none">■ LOC: significa default situación Local.■ REM: significa default situación Remoto.■ Dlx: conforme función programada para la entrada digital en P0263 a P0270.■ CO/DN/PB/Eth: interfaz CANopen, DeviceNet, Profibus DP o EtherNet.	

Figura A.21: Parámetro que define el comando Local/Remoto.
Fuente: Convertidor de Frecuencia WEG-CFW500 V2.2X, Manual de Programación.



P0221 – P0222: Selección de la Referencia de Velocidad - Situación: Local - Remoto

Como se puede apreciar en la Figura A.22, se puede definir la forma en que se regula la referencia de velocidad del motor. Por un lado, tenemos la configuración para cuando el variador se encuentra en LOCAL (P0221), siendo la opción estándar la 0 = Teclas HMI. Esto quiere decir que el aumento o disminución del giro del eje será ajustado por las teclas interfaz. (ver Figura A.23).

Por otro lado, cuando la situación sea REMOTO (P0222), la opción predefinida es la 1 = AI1 (entrada analógica 1). Esto significa que la señal que modifica la velocidad vendrá a través de la bornera de entradas analógicas, que puede ser una potenciómetro electrónico u otro elemento.

En conclusión, el usuario puede customizar el ingreso de referencia de velocidad, donde para este caso práctico se configura P022 y P0222 = 0 = Teclas HMI. A Futuro se agregará un potenciómetro en un tablero externo para tener un control manual más práctico, sin modificar desde la HMI.

P0221 – Selección de la Referencia de Velocidad – Situación LOCAL		
P0222 – Selección de la Referencia de Velocidad – Situación REMOTO		
Rango de Valores:	0 = Teclas HMI 1 = AI1 2 = AI2 3 = AI3 4 = Entrada en Frecuencia (FI) 5 = AI1+ AI2 > 0 (Suma AIs>0) 6 = AI1+ AI2 (Suma AIs) 7 = E.P. 8 = Multispeed 9 = Serial/USB 10 = Sin Función 11 = CO/DN/PB/Eth 12 = SoftPLC 13 = Sin Función 14 = AI1 > 0 15 = AI2 > 0 16 = AI3 > 0 17 = FI > 0	Estándar: P0221 = 0 P0222 = 1
Propiedades:	cfg	
Grupo de Acceso vía HMI:	I/O	

Figura A.22: Parámetros de Referencia de Velocidad para LOCAL y REMOTO.

Fuente: Convertidor de Frecuencia WEG-CFW500 V2.2X, Manual de Programación.

Figura A.23: Descripción de los comandos de Referencia de Velocidad.

Fuente: Convertidor de Frecuencia WEG-CFW500 V2.2X, Manual de Programación.

<p>Descripción: Definen la fuente de origen para la referencia de velocidad en la situación Local y en la situación Remoto. Algunas observaciones sobre las opciones de esos parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Alx: se refiere a la señal de la entrada analógica conforme Sección 14.1 ENTRADAS ANALÓGICAS en la página 14-1. ■ HMI: el valor de la referencia ajustado por las teclas y está contenido en el parámetro P0121. ■ E.P.: potenciómetro electrónico, consulte la Sección 14.5 ENTRADAS DIGITALES en la página 14-14. ■ Multispeed: consulte la Sección 14.5 ENTRADAS DIGITALES en la página 14-14. ■ Cuando P0203 = 1, el valor programado en P0221 y P0222 pasa a ser setpoint del PID y no es más la referencia de velocidad. El Setpoint del PID es mostrado en P0040 y guardado en P0525 cuando las fuentes son las teclas de la HMI. ■ Alx > 0: los valores negativos de la referencia Alx son llevados a cero. ■ CO/DN/PB/Eth: interfaz CANopen, DeviceNet, Profibus DP o EtherNet.



P0223 – P0226: Selección del Sentido de Giro - Situación: Local - Remoto

Estos parámetros definen el origen del comando del sentido de giro, que significa hacia que lado girará el eje del motor. Para este caso práctico es obligatorio que el sentido de giro sea antihorario, ya que la bomba de engranajes que moviliza el lubricante a través del compresor necesita girar hacia la izquierda para poder succionar el aceite e impulsarlo a través del block (movilizada por el mismo cigüeñal del compresor, que es solidario al eje del motor). Como el generador de aire comprimido puede operar independientemente el sentido de giro, no presenta inconvenientes. Por lo tanto, se debe configurar tanto para situación LOCAL (P0223) y REMOTO (P0226) el valor 1 = Antihorario (Ver Figura A.24).

P0223 – Selección del Sentido de Giro – Situación LOCAL	
P0226 – Selección del Sentido de Giro – Situación REMOTO	
Rango de Valores:	0 = Horario 1 = Antihorario 2 = Tecla HMI (H) 3 = Tecla HMI (AH) 4 = Dlx 5 = Serial/USB (H) 6 = Serial/USB (AH) 7 y 8 = Sin Función 9 = CO/DN/PB/Eth (H) 10 = CO/DN/PB/Eth (AH) 11 = Sin Función 12 = SoftPLC
Estándar:	P0223 = 2 P0226 = 4
Propiedades:	cfg
Grupo de Acceso vía HMI:	I/O
Descripción: Definen la fuente de origen para el comando "Sentido de Giro" en la situación Local y Remoto, donde:	
<ul style="list-style-type: none">■ H: significa default horario en la energización del convertidor.■ AH: significa default antihorario en la energización del convertidor.■ Dlx: consulte la Sección 14.5 ENTRADAS DIGITALES en la página 14-14.■ La opción polaridad AI3 (11) define el sentido de giro anti-horario si la referida entrada analógica operacionalizada por la ganancia y el offset resulta en señal negativa, conforme Sección 14.1 ENTRADAS ANALÓGICAS en la página 14-1.■ CO/DN/PB/Eth: interfaz CANopen, DeviceNet, Profibus DP o EtherNet.	

Figura A.24: Parámetros de Selección de Sentido de Giro para LOCAL – REMOTO.
Fuente: Convertidor de Frecuencia WEG-CFW500 V2.2X, Manual de Programación.



P0224 – P0227: Selección del Gira/Para - Situación: Local - Remoto

Estos parámetros definen el origen del comando que habilita el giro del motor o la detención de este. Cuando la situación es LOCAL (P0224) la referencia preestablecida es 0 = Teclas HMI (ver Figura A.25). Esto quiere decir que GIRA o PARA el motor según se presione las tecla verde y roja, respectivamente (ver Figura A.1).

En cambio, si la situación es REMOTO (P0227) la referencia preestablecida es 1 = DIx (ver Figura A.25). Esto quiere decir que GIRA o PARA el motor de acuerdo con la señal que ingrese al variador por la entrada digital.

Para el caso práctico en cuestión, se configura P0224: 0 = Teclas HMI para poder operar localmente y P0227: 1 = DI1 para que el GIRA/PARA sea comandado por el presostato que va conectado al variador, para girar o detener el motor de acuerdo con la presión preestablecida.

P0224 – Selección de Gira/Para – Situación LOCAL		
P0227 – Selección de Gira/Para – Situación REMOTO		
Rango de Valores:	0 = Teclas HMI 1 = DIx 2 = Serial/USB 3 = Sin Función 4 = CO/DN/PB/Eth 5 = SoftPLC	Estándar: P0224 = 0 P0227 = 1
Propiedades:	cfg	
Grupo de Acceso vía HMI:	<input type="text" value="I/O"/>	
Descripción:		
Definen la fuente de origen para el comando Gira/Para en la situación Local y Remoto. Este comando corresponde a las funciones implementadas en cualquiera de las fuentes de comando capaz de habilitar el movimiento del motor, o sea, Habilita General, Habilita Rampa, Avance, Retorno, Enciende, Apaga, JOG, etc.		

*Figura A.25: Parámetros de Selección GIRA/PARA según estado LOCAL o REMOTO.
 Fuente: Convertidor de Frecuencia WEG-CFW500 V2.2X, Manual de Programación.*

Detallados estos 3 pasos, con sus respectivas configuraciones de parámetros, la programación interna del variador llega a una etapa en donde se logra un control básico pero eficaz de sus funciones. De ahora en más, el equipo responderá a las señales que ingresen a él mediante comandos remotos o acciones locales a través de la HMI.

Vale destacar que el manual del fabricante además enuncia otras variables y customizaciones posibles para el convertidor, ya que posee varias alternativas de trabajo inteligente, en función de las exigencias del usuario y las condiciones de operación.

Por último, se exponen las posibles fallas o alarmas que el equipo puede arrojar, debido a que posee sensores que detectan y anticipan problemas de funcionamiento en el motor o en la vinculación variador-motor. En la siguiente página se muestra un resumen con las más habituales para este equipo, según la Tabla A.3:



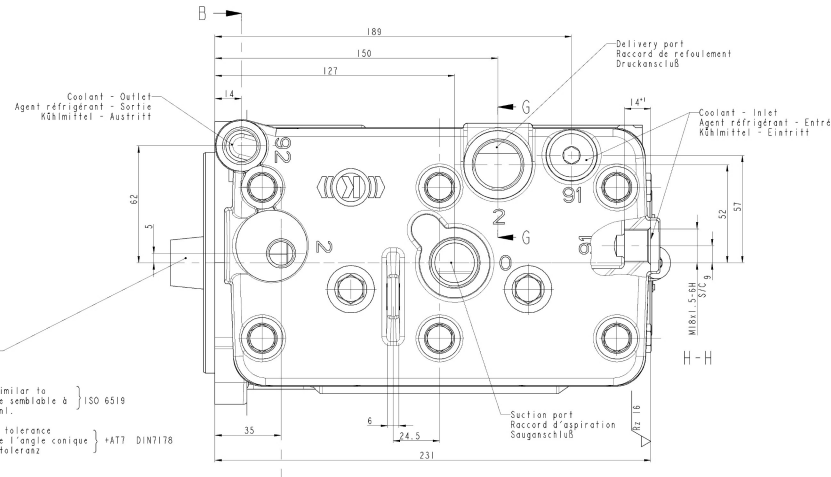
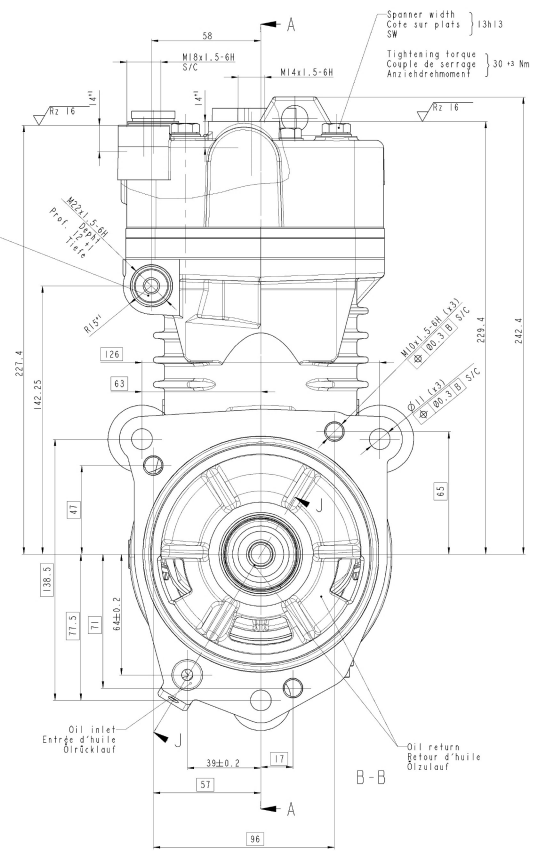
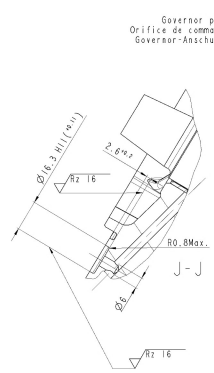
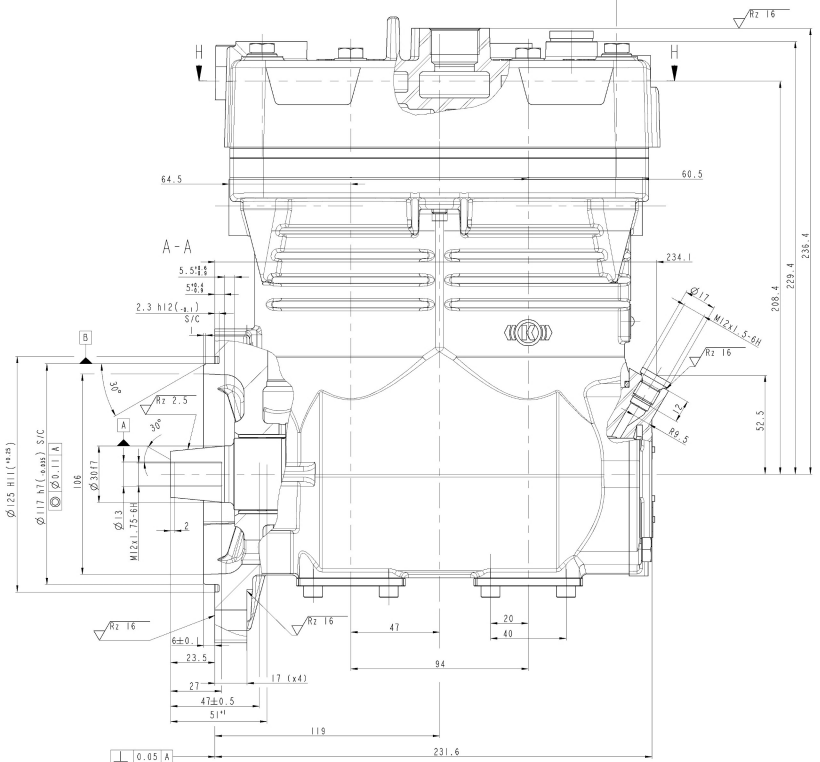
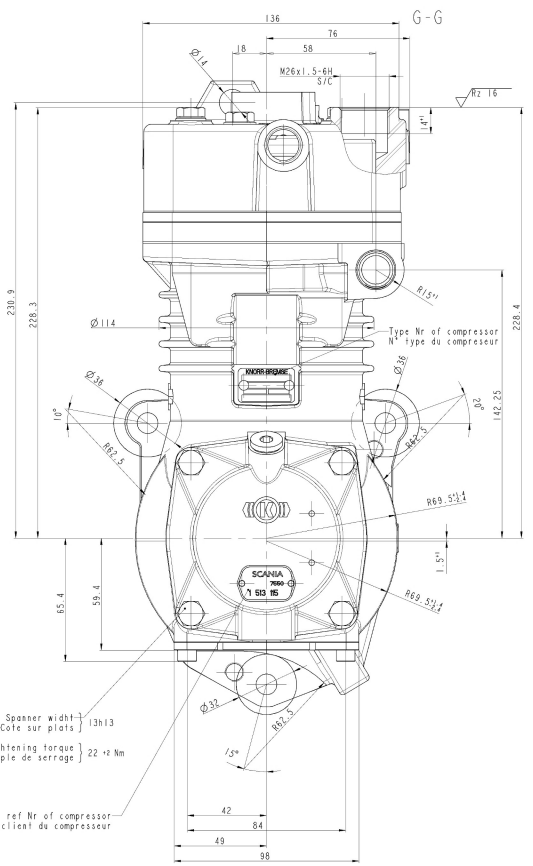
Falla / Alarma	Descripción	Causas Probables
A0046 Carga Alta en el Motor	Alarma de sobrecarga en el motor	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ajuste de P0156, P0157 y P0158 con valor bajo para el motor utilizado ■ Carga alta en el eje del motor
A0050 Temperatura Elevada en el Módulo de Potencia	Alarma de temperatura elevada medida en el sensor de temperatura (NTC) del módulo de potencia	<ul style="list-style-type: none"> ■ Temperatura ambiente al rededor del convertidor alta (> 50 °C) y corriente de salida elevada ■ Temperatura ambiente al rededor del convertidor alta (> 50 °C) y corriente de salida elevada ■ Ventilador bloqueado o defectuoso ■ Disipador muy sucio, impidiendo el flujo de aire
A0090 Alarma Externa	Alarma externa vía Dlx (opción "Sin Alarma Externa" en P026x)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Cableado en las entradas DI1 a DI8 abierta o con mal contacto
A0700 Falla en la Comunicación con HMI Remota	Sin comunicación con HMI remota, no obstante, no hay comando o referencia de velocidad para esta fuente	<ul style="list-style-type: none"> ■ Verifique que la interfaz de comunicación con HMI esté configurada correctamente en el parámetro P0312 ■ Cable de la HMI desconectado
F0021 Subtensión en el Link CC	Falla de subtensión en el circuito intermediario	<ul style="list-style-type: none"> ■ Tensión de alimentación incorrecta, verifique que los datos en la etiqueta del convertidor estén de acuerdo con la red de alimentación y el parámetro P0296 ■ Tensión de alimentación muy baja, ocasionando tensión en el Link CC menor que el valor mínimo (en P0004): Ud < 200 Vcc en 200-240 Vca (P0296 = 0) Ud < 360 Vcc en 380-480 Vca (P0296 = 1) Ud < 500 Vcc en 500-600 Vca (P0296 = 2) ■ Falta de fase en la entrada ■ Falta en el circuito de precarga
F0022 Sobretensión Link CC	Falla de sobretensión en el circuito intermediario	<ul style="list-style-type: none"> ■ Tensión de alimentación incorrecta, verifique que los datos en la etiqueta del convertidor estén de acuerdo con la red de alimentación y el parámetro P0296 ■ Tensión de alimentación muy alta, resultando en una tensión en el Link CC mayor que el valor máximo (em P0004): Ud > 410 Vcc en 200-240 Vca (P0296 = 0) Ud > 810 Vcc en 380-480 Vca (P0296 = 1) Ud > 1000 Vcc en 500-600 Vca (P0296 = 2) ■ Inercia de carga muy alta o rampa de desaceleración muy rápida ■ Ajuste de P0151, P0153 o P0185 muy alto
F0031 Falla de Comunicación con Módulo Plug-in	Control principal no logra establecer el Link de comunicación con el módulo plug-in	<ul style="list-style-type: none"> ■ Módulo plug-in dañado ■ Módulo plug-in mal conectado ■ Problema de identificación del módulo plug-in, consulte P0027
F0051 Sobretemperatura en los IGBTs	Falla de sobretemperatura medida en el sensor de temperatura (NTC) del módulo de potencia	<ul style="list-style-type: none"> ■ Temperatura ambiente alrededor del convertidor alta (> 50 °C) y corriente de salida elevada ■ Ventilador bloqueado o defectuoso ■ Disipador muy sucio, impidiendo el flujo de aire
F0070 Sobrecorriente/ Cortocircuito	Sobrecorriente o cortocircuito en la salida, Link CC o resistor de frenado	<ul style="list-style-type: none"> ■ Cortocircuito entre dos fases del motor ■ Cortocircuito de los cables de conexión del resistor de frenado reostático ■ Módulo de IGBTs en corto o dañado ■ Arranque con rampa de aceleración muy corta ■ Arranque con motor girando sin la función Flying Start
F0072 Sobrecarga en el Motor	Falla de Sobrecarga en el motor (60 s en 1,5 x Inom)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ajuste de P0156, P0157 y P0158 muy bajo en relación a la corriente de operación del motor ■ Carga en el eje del motor muy alta
F0080 Falla en la CPU (Watchdog)	Falla relativa al algoritmo de supervisión de la CPU principal del convertidor	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ruido eléctrico ■ Falta en el firmware del convertidor
F0084 Falla de Autodiagnos	Falla relativa al algoritmo de identificación automática del hardware del convertidor y módulo plug-in	<ul style="list-style-type: none"> ■ Mal contacto en las conexiones entre el control principal y el módulo de potencia ■ Hardware no compatible con la versión de firmware ■ Defecto en los circuitos internos del convertidor
F0091 Falla Externa	Falla externa vía Dlx (opción "Sin Falla Externa" en P026x)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Cableado en las entradas DI1 a DI8 abierta o con mal contacto
F0700 Falla en la Comunicación con HMI Remota	Sin comunicación con HMI remota, no obstante, hay comando o referencia de velocidad para esta fuente	<ul style="list-style-type: none"> ■ Verifique si la interfaz de comunicación con HMI está configurada correctamente en el parámetro P0312 ■ Cable de la HMI desconectado

Tabla A.3: Fallas y alarmas más comunes del WEG-CFW500.

Fuente: Convertidor de Frecuencia WEG-CFW500 V2.2X, Manual de Programación.



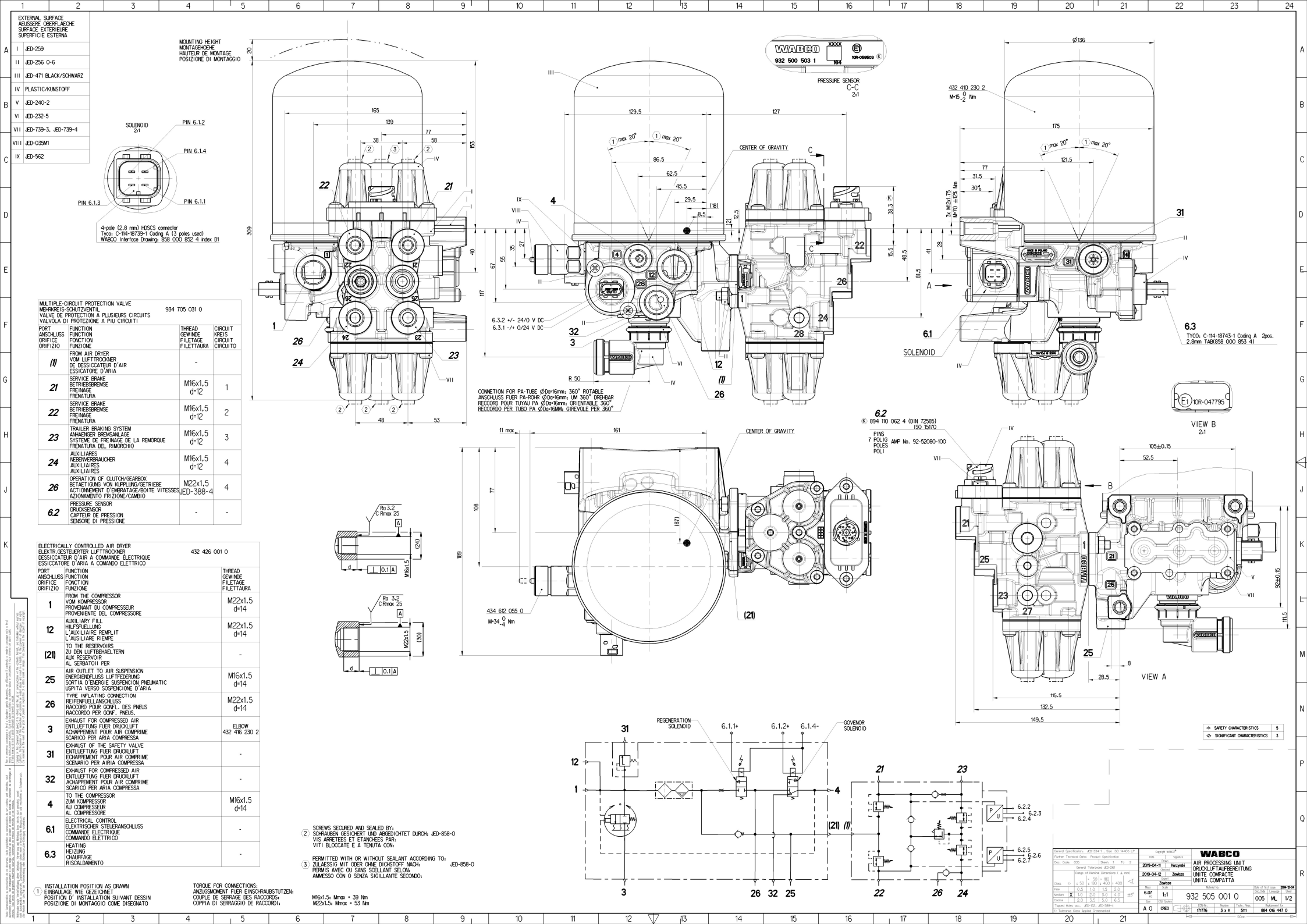
ANEXO 2: CATÁLOGOS Y HOJAS TÉCNICAS



Swept volume } 608 cm³ (888 x 50)
 Cylindrée
 Hubvolumen
 For vehicle installation : operating pressure } 13 bar
 Pour service monté sur véhicule
 Für den Fahrzeugbetrieb : Betriebsdruck
 Rotation speed } 3000 tr/min
 Vitesse de rotation } 3000 U/min
 Drehzahl } 100%
 Überlauf
 Kurzzeitig
 In intermittent service the temperature of the delivery port must not exceed } 220°C
 En service intermittent la température du raccord de refoulement ne doit pas dépasser } 220°C
 Im intermittierenden Betrieb darf die Druckschlusstemperatur nicht über
 Recommended coolant quantity } 10 l/min
 Quantité d'agent réfrigérant recommandée } 10 l/min
 Entlastete Kühlmittelmenge
 Delivery diagram
 Diagramme de puissance absorbée } 4C54434 - 4C54434/E
 Förderleistungsdiagramm
 Power consumption diagram
 Diagramme de puissance absorbée } 4C54435 - 4C54435/E
 Leistungsaufnahmediagramm
 Customer Part Nr
 Référence Client } I 513 115
 Kunde referenz

Tolerances		Couple de serrage maxi pour raccordement fileté suivant Max. Anziehdrehmoment für Anschlussschraube nach Max. tightening torque for connecting thread to		Position de montage admissible Zulässige Einbaulage Admissible fitting position						
Cotes nominales en Nominal dimensions in		DIN 3853				DIN ISO 1219				
<6	>6	M16x1	M12x1.5	M14x1.5	M16x1.5	A	B	C	D	 Symbol Schollzeichen Symbol
>30	>80	25Nm	25Nm	35Nm	45Nm	5°	5°	90°	90°	
>120	>315	50Nm	60Nm	90Nm						

Order No. 1102932	Revised/Revisé		State	1:1	Weight	25.898 kg
Part No. 1102932	Customer Reference		Interfer.	-		
Item No. 1102932	Material					
Customer Part No.	Customer Reference					
COMPRESSOR 600cc ESS						
COMPRESSOR 600cc ESS						
000 Level - Customer Ref. 4C54434 4C54435 000 Level - Customer Ref. 4C54434 4C54435 Rev. 1 Revision Ref. Beta. Name: 4c54434.dwg 2015109						



Datos técnicos
Presostato único

Descripción		KP 35, KP 36	KPI 35, KPI 36	KPI 38	KP 34, KP 35, KP 36, KP 37 versión de caldera
Temperatura ambiente [°C]		-40-65 °C (durante un máx. de 2 horas hasta 80 °C)			
Temperatura del medio [°C]		-40-100 °C			
Fluido		Medios gaseosos	Medios gaseosos y líquidos		Vapor, aire, medios gaseosos y líquidos
Piezas en contacto con el fluido	Fuelles	Bronce fosforado o acero inoxidable	Bronce fosforado		Acero inoxidable
	Conector de presión	Acero de fácil maquinado/ mecanización (niquelado) o acero inoxidable	Latón	Acero de fácil maquinado (niquelado)	
Sistema de contacto		<p style="text-align: center;">SPDT</p> <p style="text-align: center;">Unipolar dos vías (SPDT)</p>			
Carga de contacto, plata		Corriente alterna: CA-1: 16 A, 400 V CA-3: 16 A, 400 V CA-15: 10 A, 400 V	Corriente alterna: CA-1: 10 A, 440 V CA-3: 6 A, 440 V CA-15: 4 A, 440 V	Corriente alterna: CA-1: 16 A, 400 V CA-3: 16 A, 400 V CA-15: 10 A, 400 V	
		Corriente continua: CC-13: 12 W, 220 V	Corriente continua: CC-13: 12 W, 220 V	Corriente continua: CC-13: 12 W, 220 V	
Carga de contacto, contactos chapados en oro		Consulte la información en la página 15			
Protección, grado IP30		La unidad debe montarse sobre una superficie plana/un racor plano y deben cubrirse todos los orificios no utilizados			
Protección, grado IP44		Montaje como IP30 más conexión de la cubierta superior, código 060-109766			
Protección, grado IP55		Unidad montada en un encapsulamiento especial IP55, código 060-033066 o 060-062866			
Entrada de cable		Entrada de prensaestopas de goma para cables de 6-14 mm de diámetro			
Montaje en la placa posterior/sopORTE mural		A prueba de vibraciones en el rango de 0 a 1000 Hz, 4 g [1 g = 9,81 m/s ²]			
Montaje en soporte de montaje en ángulo		No se recomienda en zonas donde se produzcan vibraciones			

Pedidos
Presostato, tipos KP 35 y KP 36

Tipo	Rango de ajuste P _e	Diferencial	Presión de funcionamiento admisible P _e	Presión de prueba máx.	Conexión de presión	Material de los contactos	Código
	[bar]						
KP 35	-0,2-7,5	0,7-4,0	17	22	G ¼ A	plata	060-113366 060-113391 ¹⁾
	-0,2-7,5	0,7-4,0	17	22	G ¼ A	chapado en oro	060-504766
	-0,2-7,5	0,7-4,0	17	22	G ¼ A	plata	060-538666 ²⁾
	-0,2-7,5	0,7-4,0	17	22	G ¼ A	plata	060-450366 ³⁾
KP 36	2,0-14,0	0,7-4,0	17	22	G ¼ A	plata	060-110866 060-110891 ¹⁾
	2,0-14,0	0,7-4,0	17	22	G ¼ A	oro	060-113766
	2,0-14,0	0,7-4,0	17	22	G ¼ A	plata	060-538766 ²⁾
	4,0-12,0	0,5-1,6	17	22	G ¼ A	plata	060-122166
	4,0-12,0	0,5-1,6	17	22	G ¼ A	oro	060-114466
	4,0-12,0	0,5-1,6	17	22	G ¼ A	plata	060-450166 ³⁾

¹⁾ Disponible solo en el mercado asiático

²⁾ Encapsulamiento IP55 transparente

³⁾ Versión de acero inoxidable, encapsulamiento IP55 no transparente

Presostato, tipos KPI 35-KPI 38

Tipo	Rango de ajuste P _e	Diferencial	Presión de funcionamiento admisible P _e	Presión de prueba máx.	Conexión de presión	Material de los contactos	Código
	[bar]						
KPI 35	-0,2-8,0	0,4-1,5	18	18	G ¼ A	plata	060-121766
	-0,2-8,0	0,4-1,5	18	18	G ¼ A	chapado en oro	060-316466
	-0,2-8,0	0,5-2,0	18	18	G ¼ A	plata	060-121966
	-0,2-8,0	0,4-1,5	18	18	G ¼ A	plata	060-315766 ¹⁾
KPI 36	4,0-12,0	0,5-1,6	18	18	G ¼ A	plata	060-118966
	4,0-12,0	0,5-1,6	18	18	G ¼ A	chapado en oro	060-113866
	2,0-12,0	0,5-1,6	18	18	G ¼ A	plata	060-316966
	2,0-12,0	0,5-1,6	18	18	G ¼ A	plata	060-319366 ²⁾
KPI 38	8,0-28,0	1,8-6,0	30	30	G ¼ A	plata	060-508166
	8,0-28,0	1,8-6,0	30	30	G ¼ A	plata	060-541866 ²⁾

¹⁾ Encapsulamiento IP55 transparente

²⁾ Encapsulamiento IP55 no transparente

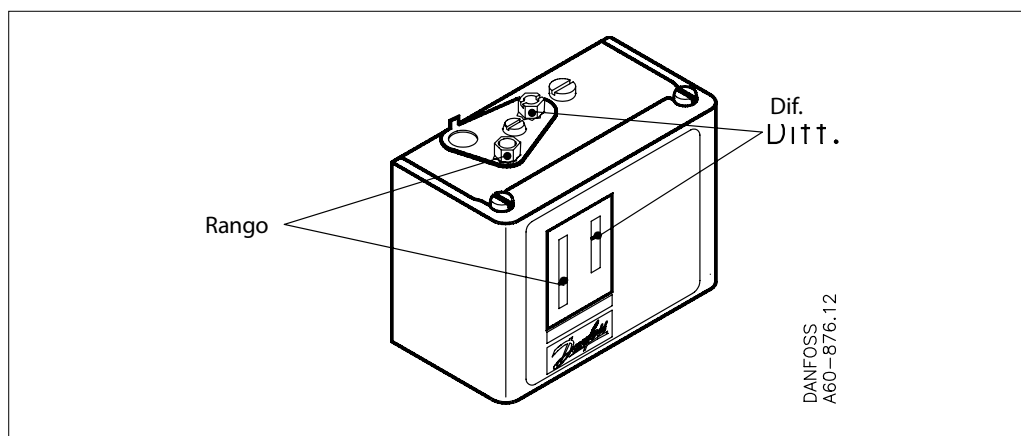
Presostato, tipos KP 34-KP 37, versión de caldera

Tipo	Rango de ajuste P _e	Diferencial	Reset	Conexión de presión	Presión de prueba máx.	Material de los contactos	Código
	[bar]						
KP 34	0,1-1,0	0,1-0,4	Automática	G ½ A	4,0	plata	060-216466
	0,1-1,0	0,2	Manual	G ½ A	4,0	plata	060-216366
KP 35	0,4-3,4	0,4-2,2	Automática	G ½ A	10	plata	060-216666
	0,4-3,4	0,5	Manual	G ½ A	10	plata	060-216566
KP 36	1,0-10,0	0,7-4,0	Automática	G ½ A	17	plata	060-215966
	1,0-10,0	0,7	Manual	G ½ A	17	plata	060-216066
KP 37	4,0-20,0	1,8-3,1	Automática	G ½ A	28	plata	060-216166
	4,0-20,0	3,0	Manual	G ½ A	28	plata	060-216266

Sistema de contacto y aplicación

Tipo de interruptor: unipolar de dos vías (SPDT)	Acción del interruptor	Aplicación
	<p>1. Terminales 1-4, cierre por arriba y apertura por abajo; los terminales 1-2 pueden utilizarse como alarma de baja presión</p>	<p>1. Desconexión de baja presión</p>
<p>SPDT</p>	<p>2. Terminales 1-2, apertura por arriba y cierre por abajo; los terminales 1-4 pueden utilizarse como alarma de alta presión</p>	<p>2. Interruptor de alta presión</p>

Ajustes



Las presiones de conexión y desconexión del sistema deben comprobarse siempre con un manómetro preciso.

Ajustes de presión para interruptores con reset automático.

1. Establezca la presión de conexión en la escala «CUT-IN» (escala de rango).
2. Establezca el diferencial en la escala «DIFF».

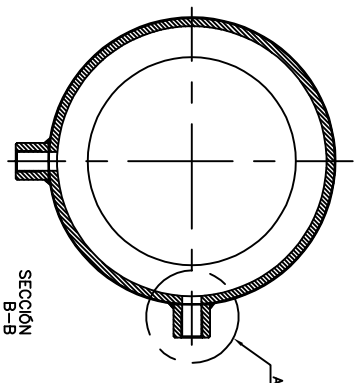
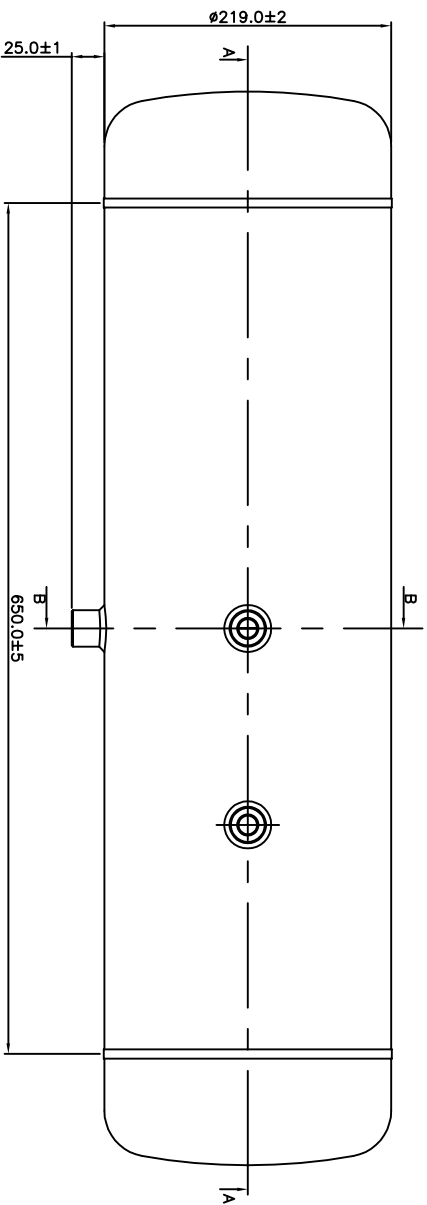
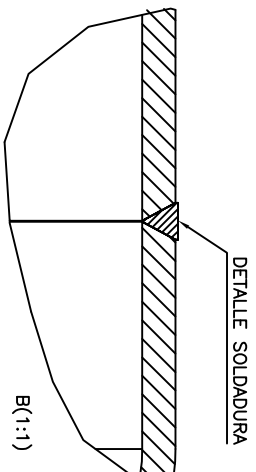
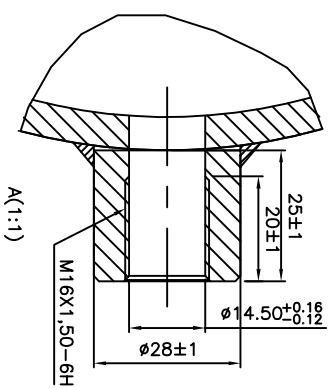
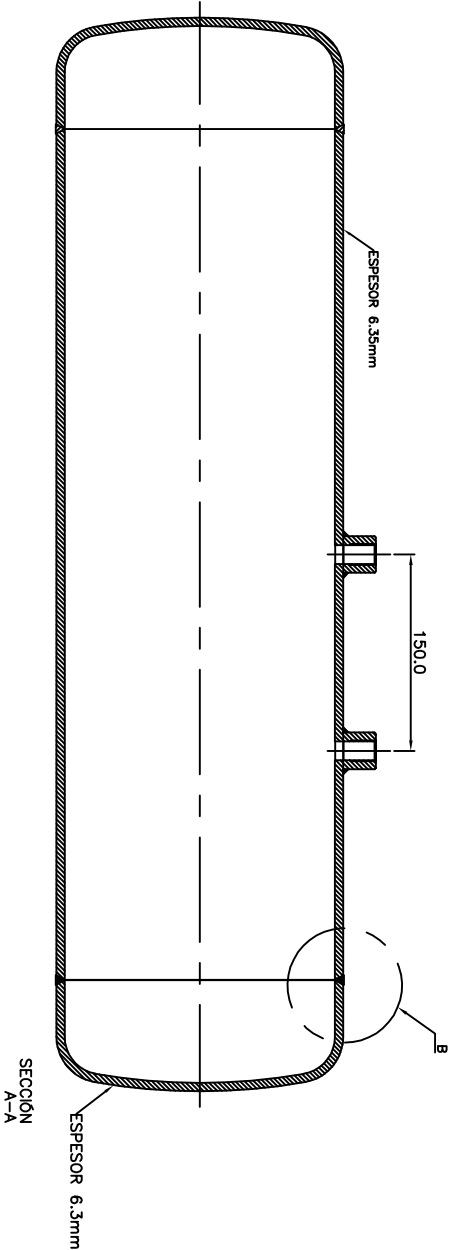
Nota:

Para presostatos de baja presión, la presión de reinicio es igual a la presión de desconexión más el valor diferencial.

La presión de desconexión debe ser superior a la absoluta vacío ($p_e = -1$ bar). Para presostatos de alta presión, la presión de reinicio es igual a la presión de desconexión menos el diferencial.

Presostatos con rearme manual

Establezca la presión de desconexión en la escala «CUT-OUT» (escala de rango). Los limitadores de alta presión se pueden rearmar manualmente cuando la presión es igual a la presión de parada menos el diferencial.



CUERPO: TUBO A-53 CON COSTURA-SCH 20 (ESP. 6.35mm)
ESTANDAR #10"

CASQUETES: TIPO SEMIEUPLOTOS ASME VIII DIV.1 #10" ESP. 6.3mm

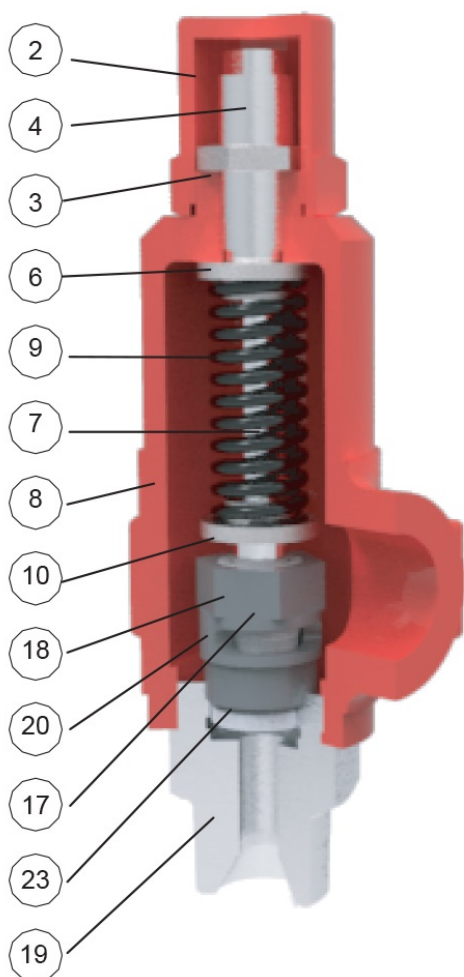
PROVEEDOR CINTOLO HKOS. SA - (SERV. IND. FLUIDODINAMICOS S.A.) WWW.cintolo.com.ar

ACOMETIDAS: SE DEBERAN PROVEER LAS ACOMETIDAS SEGUN NECESIDAD, SIENDO LAS MINIMAS LAS SIGUIENTES : ACOUPLE PARA CONECTOR M16X1.50-6H

NOTA: EL DEPOSITO. SE DEBERA PROVEER SIN PINTURA, SIN PRUEBA HIDRAULICA Y SIN PERFORACIONES PARA LA ENTRADA Y SALIDA DE AIRE.

REFORMA:	POR:	FECHA:	DESIGNACION: DEPOSITO DE AIRE 20 LITROS - SIN PI NTURA	MATERIAL: Ver Matriz Adjunta...	DISEÑADO: W.C.G. 14.06.19 DIBUJADO: W.A.Q. 14.06.19 APROBADO: W.C.G. 19.06.19	ESCALA: 1:4 CARPETA: 190
TRATAMIENTO:			TOLERANCIAS: NO ESP.: - - - - -			

Modelo de corte con denominación



POS	DENOMINACIÓN	MATERIALES CONSTRUCCIÓN STANDARD
2	CAPUCHÓN	AC.CARBONO
3	CONTRATUERCA TOR.REG.	AISI 304
4	TORNILLO DE REGULACIÓN	AISI 304
6	APOYO SUP. RESORTE	AC.CARBONO
7	VÁSTAGO	AISI 304
8	BONETE	A-216-WCB
9	RESORTE	AC.CARBONO
10	APOYO INFERIOR RESORTE	AC.CARBONO
17	BOLILLA	AC. CROMADO
18	DISCO	AISI 304
19	CUERPO	AISI 304
20	ANILLO DE TOBERA	AISI 304
23	TOBERA	AISI 304

Todos los modelos se suministran en materiales de acuerdo a requerimientos del cliente, para satisfacer necesidades operativas específicas.

**HOJA DE ESPECIFICACIONES
VALVULAS DE SEGURIDAD Y ALIVIO**

SERVICIOS INDUSTRIALES FLUIDODINAMICOS

Fecha: 14-dic-2021

Especificación: VS-HE-211214-1/1

Revisión

GENERAL	1	Número de Item	1					
	2	Identif. del Usuario						
	3	Servicio						
	4	Línea / Equipo						
	5	Tobera: Entera / Semi	Semi					
	6	Tipo: Seguridad / Alivio	Seguridad					
	7	Valv.: Conv./Bal./Pil.	Convencional					
	8	Conexiones. Bridadas / Roscadas	Roscadas					
	9	Bonete: Abierto / Cerrado	Cerrado					
MATERIAL	10	Cuerpo Bonete	AISI 304	A-216-WCB				
	11	Asiento (Tobera) Disco de Cierre	17-4-PH	17-4-PH				
	12	Asiento sello elast.	NO					
	13	Guía Anillos	AISI 304	AISI 304				
	14	Resorte	ACERO AL CARBONO					
	15	Fuelle/Valvula Piloto						
ACCESORIOS	16	Capuchón: Rosc. / Abul.	Roscado					
	17	Palanca	NO					
	18	Tornillo de Bloqueo	NO					
DISEÑO	19	Código	API-520/ASME-VIII					
	20	Incendio	NO					
CONDIC. DE SERVICIO	21	Tipo de Fluido	AIRE					
	22	Estado	Gaseoso					
	23	Cap. de desc. req. [Kg/h]	[m3/h] o [Nm3/h]	49,66	38,400			
	24	Masa molecular	Dens. Rel.	28,97				
	25	Cp/Cv	Visc. [cp.]	1,41				
	26	Coef. Calores Espec.		356,94				
	28	Contrapresión Fija Var. [Kg/cm2 m.]		0,00	0,00			
	29	Correccion por Contrapresion		1,00				
	30	Presión de timbre [Kg/cm2 m.]		14,79				
	31	Sobrepresion admisible [%]		10,00				
	32	Sobrepresion (valor) [Kg/cm2 m.]		1,48				
	33	Presión de cálculo [Kg/cm2 a.]		17,30				
34	Temp. de descarga [° C]		30,00					
35	Temp.abs. de descarga [° K]		303,00					
36	Coef. de compresib./Coef.Sobrecal.		1,00					
SELECCION	37	AREA CALC ULADA [cm2]	0,05					
	38	AREA ADOPTADA [cm2]	0,28					
	39	DESIG. ORIFICIO(API 526)						
	40	Cap. max.de desc. [Kg/h]	[m3/ h]	281,20	217,71			
	41	FUERZA REACCIÓN [N]		27,6				
	42	MEDIDA: Entrada/Salida		1/2" x 1"				
	43	CLASE DE BRIDAS: E / S		NPT x NPT				
	44	TIPO DE CARA: E / S		M-H				
	45	MODELO "AERRE"		1700				
	46	CODIGO "AERRE"		1717A9M9HAM1325				

Manómetro con tubo Bourdon, aleación de cobre Caja en acero inoxidable, con líquido de relleno, NG 50, 63 y 100 Modelo 213.53

Hoja técnica WIKA PM 02.12



otras homologaciones
véase página 3

Aplicaciones

- Para puntos de medida con elevadas cargas dinámicas y vibraciones
- Para medios gaseosos, líquidos, no viscosos y no cristalizantes, compatibles con aleaciones de cobre
- Hidráulica
- Compresores, industria naval

Características

- Resistente contra vibraciones y golpes
- Construcción de extrema robustez
- Homologación de tipo para la industria náutica
- Rangos de indicación hasta 0 ... 1.000 bar



Manómetro con tubo Bourdon modelo 213.53.100,
conexión dorsal

Descripción

El manómetro con tubo Bourdon relleno de líquido modelo 213.53 está construido con una caja de acero inoxidable y piezas en contacto con el medio hechas de aleación de cobre.

El modelo 213.53 cumple con las exigencias del estándar industrial internacional EN 837-1 para manómetros con muelle tubular.

El relleno de líquido de la caja amortigua eficientemente el elemento sensible y el movimiento de la aguja. Como resultado, estos instrumentos son particularmente adecuados para medir puntos con altas cargas dinámicas, tales como cambios rápidos de carga o vibraciones.

Las cajas del modelo 213.53 están disponibles en tamaños nominales de 50, 63 y 100 mm y cumplen con la clase de protección IP65. Con una precisión de hasta clase 1.0, este manómetro es adecuado para una amplia gama de aplicaciones industriales.

Para la instalación en paneles de control, es posible equipar los manómetros con una conexión al proceso dorsal con borde de sujeción o con aro frontal triangular y brida de sujeción.

Datos técnicos

Versión

EN 837-1

Diámetro en mm

50, 63, 100

Clase de exactitud

DN 50, 63: 1,6

DN 100: 1,0

Rangos de indicación

DN 50: 0 ... 1 a 0 ... 1.000 bar

DN 63, 100: 0 ... 0,6 a 0 ... 1.000 bar

Carga de presión máxima

DN 50, 63: Carga estática: Valor final de escala
Carga dinámica: 3/4 x valor final de escala
Carga puntual: 2/3 x valor final de escala
DN 100: Carga estática: Valor final de escala
Carga dinámica: 0,9 x valor final de escala
Carga puntual: 1,3 x valor final de escala

Temperatura admisible

Ambiente: -20 ... +60 °C

Medio: +60 °C máxima

Influencia de temperatura

En caso de desviación de la temperatura de referencia en el sistema de medición (+20 °C): máx. $\pm 0,4 \%$ /10 K de la gama de indicación

Tipo de protección según IEC/EN 60529

IP65

Conexión a proceso

Aleación de cobre

Conexion inferior o dorsal

DN 50, 63: Rosca macho G 1/4 B, llave 14

DN 100: Rosca macho G 1/2 B, llave 22

Elemento sensible

DN 50:

Aleación de cobre, forma circular o helicoidal

DN 63:

≤ 400 bar: aleación de cobre, forma circular o helicoidal

> 400 bar: acero CrNi 316L, forma helicoidal

DN 100:

< 100 bar: aleación de cobre, forma circular

≥ 100 bar: acero CrNi 316L, forma helicoidal

Mecanismo

Aleación de cobre

Esfera

DN 50, 63: Plástico ABS, blanco con tope

DN 100: Aluminio, blanco, subdivisión negra

Aguja

DN 50, 63: Plástico, negro

DN 100: Aluminio, negro

Caja

Acero inoxidable, sin tratar

Junta tórica en la conexión a proceso

Tapón en versiones en todos los rangos de indicación con ventilación para la compensación de la presión interior.

Posición dispositivo de expulsión

DN 50: Parte posterior de la caja, a las 12 hs.

DN 63, 100: Perímetro de la caja a las 12 horas

Mirilla

Plástico, transparente

Anillo

Aro tipo coche bordonado, acero inoxidable, brillante

Líquido de relleno

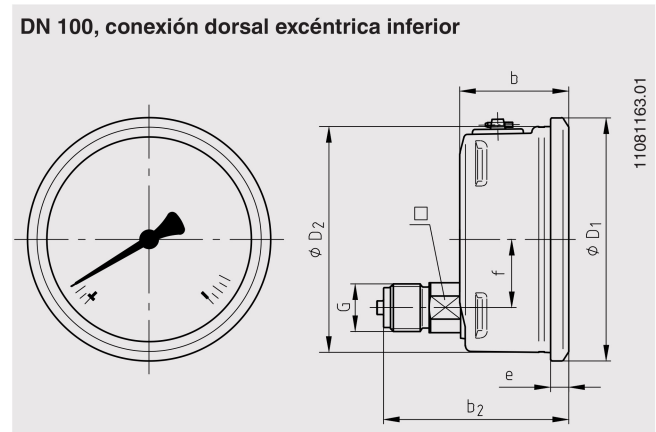
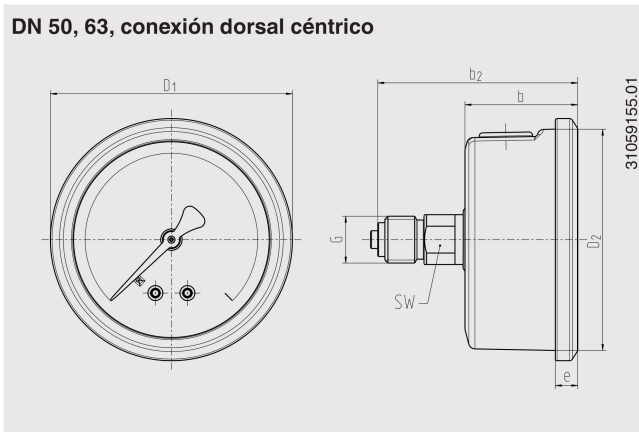
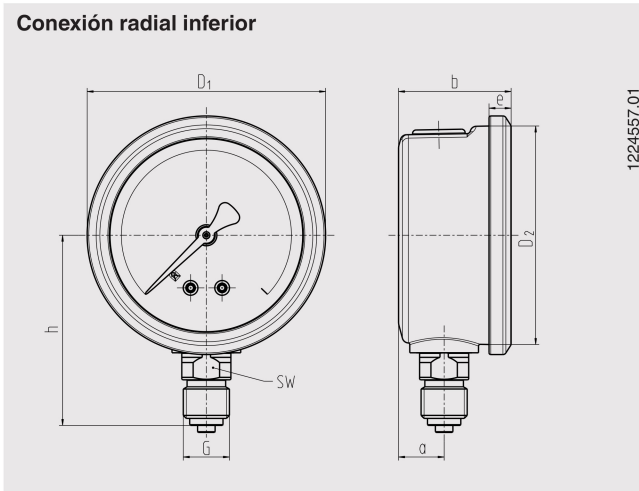
Glicerina

Opciones

- Conexiones a proceso alternativas
- Juntas (modelo 910.17, véase hoja técnica AC 09.08)
- Sistema de medida y mecanismo en acero CrNi (Modelo 233.53)
- NG 100: Ajuste del punto cero (frontal)
- Temperatura del medio superior con soldadura de estaño especial
 - DN 50, 63: 100 °C
 - DN 100: 150 °C
- Rango de temperatura ambiente extendido -40 ... +60 °C con relleno de aceite de silicona
- Borde frontal, acero CrNi, con conexión dorsal
- Borde de sujeción dorsal, acero inoxidable (solo NG 63, 100)
- Soporte con brida, en versión con conexión dorsal

Dimensiones en mm

Versión estándar



DN	Dimensiones en mm										Peso en kg
	a	b ±0,5	b ₂ ±0,5	D ₁	D ₂	e	f	G	h ±1	SW	
50	12	30	55	55	50	5,5	-	G ¼ B	48	14	0,15
63	13	32	56	68	62	6,5	-	G ¼ B	54	14	0,21
100	15,5	48	81,5	107	100	8	30	G ½ B	87	22	0,80

Conexión a proceso según EN 837-1 / 7.3

Indicaciones relativas al pedido

Modelo / Diámetro nominal / Rango de indicación / Conexión a proceso / Posición de la conexión / Opciones

© 09/2008 WIKA Alexander Wiegand SE & Co. KG, todos los derechos reservados.
 Los datos técnicos descritos en este documento corresponden al estado actual de la técnica en el momento de la publicación.
 Nos reservamos el derecho de modificar los datos técnicos y materiales.



Instrumentos WIKA S.A.U.
 C/Josep Carner, 11-17
 08205 Sabadell Barcelona
 Tel. +34 933 9386-30
 Fax: +34 933 9386-66
 info@wika.es
 www.wika.es



Características principales

Referencia	: MPW40
Código del producto	: 12428129
Rango de corriente	: 16-20 A
Corriente Nominal Máxima Inmax (Ie)	: 40 A
Tipo de terminal	: Tornillo

Datos básicos

Tensión de operación Ue	
- IEC	: 690 V
- UL	: No disponible
Tensión de aislamiento Ui	
- IEC	: 690 V
- UL	: No disponible
Numero de polos	: 3
Cortocircuito Instantáneo	: 13 x Iemax
Frecuencia de operación	: 50/60 Hz
Categoría de utilización	
- IEC 60 947-2 (Guardamotor)	: A
- IEC 60 947-4-1 (Arranque de motores)	: AC-3
Prueba de Trip	: Si
Protección de sobrecarga	: Si
Sensibilidad a falla de fase	: Si
Indicación de Trip	: Si
Clase de disparo	: 10
Máxima frecuencia de maniobras (man./h)	: 15
Vida Mecánica	: 100000 maniobras
Vida Eléctrica	: 100000 maniobras
Potencia total disipada por guardamotor	: 9 W
Resistencia al Impacto	: 15 g
Grado de protección	: IP20

Capacidad de interrupción de cortocircuito (IEC 60947-2)

Tensión	Icu	Ics
220 - 240 V	100	100
380 - 415 V	50	25
440 V	50	15
460 - 500 V	10	8
630 - 690 V	5	5

Conexión

Tipo de terminal	: Tornillo
Tipo del tornillo	: Tornillo Fresada-Phillips (N°2)
Par de apriete	: 2,0...2,5 N.m / 18...22 lb.in

Condiciones ambientales

Temperatura	
- operación	-20 °C ... +70 °C
- almacenado	-50 °C ... +80 °C
Compensación de temperatura (IEC 60947-4-1)	-20 °C ... +60 °C
Altitud máxima de operación sin cambiar los valores nominales	: 2000 m

Factores de corrección de altitud:

Altitud (h)	Tensión nominal	Factor de reducción de corriente
$h \leq 2000$ m	690 V	690 V
2000 m < $h \leq 3000$ m	550 V	550 V
3000 m < $h \leq 4000$ m	480 V	480 V
4000 m < $h \leq 5000$ m	420 V	420 V

Dimensiones

Altura	: 97 mm
Ancho	: 45 mm
Profundidad	: 98 mm
Peso bruto	: 0,36 kg

Conformidades/Normas

IEC/EN 60947-1, DIN VDE 0660 (part 100)
 IEC/EN 60947-2, DIN VDE 0660 (part 101)
 IEC/EN 60947-4-1, DIN VDE 0660 (part 102)
 UL 508

Guardamotor MPW40

Tabla de Selección

Guardamotor MPW40 hasta 40 A - Termomagnético o Solamente Magnético

- Permite maniobra y protección contra sobrecarga y cortocircuito de motores eléctricos
- Disparador de cortocircuito fijo en el valor de 13 veces la corriente nominal máxima del disyuntor
- Sensible a la falta de fase de acuerdo con la norma IEC 60947-4-1
- Compensación de variaciones en la temperatura ambiente
- Permite el uso como llave general (IEC 60947-2)
- Autoprotegido contra cortocircuito hasta 6,3 A en 500 V ca
- Guardamotor Termomagnético con protección contra sobrecarga (clase 10)



Guardamotor Termomagnético MPW40 - Protección Contra Sobrecarga y Cortocircuito

Tabla orientativa para selección de la protección de motores trifásicos 60 Hz - 4 polos ¹⁾			Corriente nominal In (A)	Rango de ajuste de la corriente nominal In (A)	Disparo magnético instantáneo 13x In Im (A)	Terminal tornillo		Peso kg
220-240 V cv / kW	380-415 V cv / kW	440-480 V cv / kW				Referencia	Código	
-	-	-	0,16	0,1...0,16	2,08	MPW40-3-C016	12428084	0,36
-	-	-	0,25	0,16...0,25	3,25	MPW40-3-C025	12428085	
-	-	0,16 / 0,12	0,4	0,25...0,4	5,2	MPW40-3-D004	12428086	
-	0,16 / 0,12	0,25 / 0,18	0,63	0,4...0,63	8,2	MPW40-3-C063	12428087	
0,16 / 0,12	0,33 / 0,25	0,33 / 0,25	1	0,63...1	13	MPW40-3-U001	12429239	
0,33 / 0,25	0,5 / 0,37	1 / 0,75	1,6	1...1,6	20,8	MPW40-3-D016	12428108	
0,5 / 0,37	1 / 0,75	1,5 / 1,1	2,5	1,6...2,5	32,5	MPW40-3-D025	12428110	
1 / 0,75	2 / 1,5	2 / 1,5	4	2,5...4	52	MPW40-3-U004	12428112	
1,5 / 1,1	3 / 2,2	4 / 3	6,3	4...6,3	82	MPW40-3-D063	12428115	
3 / 2,2	6 / 4,5	7,5 / 5,5	10	6,3...10	130	MPW40-3-U010	12428117	
5 / 3,7	10 / 7,5	12,5 / 9,2	16	10...16	208	MPW40-3-U016	12428128	
7,5 / 5,5	12,5 / 9,2	15 / 11	20	16...20	260	MPW40-3-U020	12428129	
-	15 / 11	-	25	20...25	325	MPW40-3-U025	12428133	
12,5 / 9,2	20 / 15	20 / 15	32	25...32	416	MPW40-3-U032	12428131	
15 / 11	25 / 18,5	25 / 18,5	40	32...40	520	MPW40-3-U040	12382551	

Disyuntor-Motor Magnético MPW40i - Proteção Contra Curto-Circuito²⁾

Tabla orientativa para selección de la protección de motores trifásicos 60 Hz - 4 polos ¹⁾			Corriente nominal In (A)	Disparo magnético instantáneo 13x In Im (A)	Terminal tornillo		Peso kg
220-240 V cv / kW	380-415 V cv / kW	440-480 V cv / kW			Referencia	Código	
-	-	-	0,16	2,08	MPW40i-3-C016	12428137	0,36
-	-	-	0,25	3,25	MPW40i-3-C025	12428148	
-	-	0,16 / 0,12	0,4	5,2	MPW40i-3-D004	12428149	
-	0,16 / 0,12	0,25 / 0,18	0,63	8,2	MPW40i-3-C063	12428150	
0,16 / 0,12	0,33 / 0,25	0,33 / 0,25	1	13	MPW40i-3-U001	12428153	
0,33 / 0,25	0,5 / 0,37	1 / 0,75	1,6	20,8	MPW40i-3-D016	12428154	
0,5 / 0,37	1 / 0,75	1,5 / 1,1	2,5	32,5	MPW40i-3-D025	12428156	
1 / 0,75	2 / 1,5	2 / 1,5	4	52	MPW40i-3-U004	12428157	
1,5 / 1,1	3 / 2,2	4 / 3	6,3	82	MPW40i-3-D063	12428178	
3 / 2,2	6 / 4,5	7,5 / 5,5	10	130	MPW40i-3-U010	12428179	
5 / 3,7	10 / 7,5	12,5 / 9,2	16	208	MPW40i-3-U016	12428180	
7,5 / 5,5	12,5 / 9,2	15 / 11	20	260	MPW40i-3-U020	12428181	
-	15 / 11	-	25	325	MPW40i-3-U025	12428182	
12,5 / 9,2	20 / 15	20 / 15	32	416	MPW40i-3-U032	12428183	
15 / 11	25 / 18,5	25 / 18,5	40	520	MPW40i-3-U040	12382552	

Notas: 1) Los dimensionamientos solamente son válidos para motores WEG W22 en régimen S1 y factor de servicio igual a 1.

2) Para el Guardamotor magnético (MPW40i) es necesaria la utilización de un dispositivo de protección contra sobrecarga clase 10.

Especificación

CFW500 Versión IP20 o NEMA Type 1 - 380-480 V

Convertidor de frecuencia CFW500				Motor máximo aplicable ¹⁾													
Referencia	Red de alimentación (V)		Tamaño	Corriente nominal de salida (A)		Régimen de Sobrecarga Normal (ND)						Régimen de Sobrecarga Pesada (HD)					
						IEC			UL			IEC		UL			
						60 Hz		50 Hz		60 Hz		60 Hz		50 Hz		60 Hz	
						380 V ca		400 V ca		460 V ca		380 V ca		400 V ca		460 V ca	
				HP	kW	HP	kW	HP	kW	HP	kW	HP	kW				
CFW500A01P0T4	Trifásico	380-480	A	-	1,0	-	-	-	-	-	0,25	0,18	0,5	0,37	0,5		
CFW500A01P6T4				-	1,6	-	-	-	-	-	0,50	0,37	0,8	0,55	0,75		
CFW500A02P6T4				-	2,6	-	-	-	-	-	1,5	1,1	1,5	1,1	1,5		
CFW500A04P3T4				-	4,3	-	-	-	-	-	2,0	1,5	2,0	1,5	3,0		
CFW500A06P1T4				-	6,1	-	-	-	-	-	3,0	2,2	4,0	3,0	4,0		
CFW500B02P6T4			B	-	2,6	-	-	-	-	-	1,5	1,1	1,5	1,1	1,5		
CFW500B04P3T4				-	4,3	-	-	-	-	-	2,0	1,5	2,0	1,5	2,0		
CFW500B06P5T4				-	6,5	-	-	-	-	-	3,0	2,2	4,0	3,0	5,0		
CFW500B10P0T4				-	10	-	-	-	-	-	5,0	3,7	5,5	4,0	7,5		
CFW500C14P0T4			C	-	14	-	-	-	-	-	7,5	5,5	8	5,5	10		
CFW500C16P0T4				-	16	-	-	-	-	-	10	7,5	10	7,5	10		
CFW500D24P0T4			D	-	24	-	-	-	-	-	15	11	15	11	15		
CFW500D31P0T4				-	31	-	-	-	-	-	20	15	20	15	25		
CFW500E39P0T4			E	-	39	-	-	-	-	-	25	18,5	30	22	30		
CFW500E49P0T4				-	49	-	-	-	-	-	30	22	30	22	40		
CFW500F77P0T4			F	77	61	50	37	60	45	60	40	30	40	30	50		
CFW500F88P0T4				88	73	60	45	60	55	75	50	37	50	37	60		
CFW500F0105T4				105	88	75	55	75	55	75	60	45	60	45	75		
CFW500G0142T4			G	142	115	100	75	100	75	125	75	55	75	55	75		
CFW500G0180T4				180	142	150	110	150	110	150	100	75	100	75	125		
CFW500G0211T4				211	180	175	132	175	132	175	150	110	150	110	150		

Nota: 1) Las potencias informadas son orientativas y válidas para motores WEG. Las potencias de motores se basan en los motores trifásicos WEG W22 IR3 Premium, 4 polos, en las tensiones 220 V, 230 V, 380 V, 440 V, 525 V o 575. Las corrientes de motores pueden variar de acuerdo con la velocidad y el fabricante, por lo tanto, utilice las referencias de arriba solamente como orientación. El dimensionamiento correcto del CFW500 debe ser hecho con base en la corriente del motor a ser utilizado.

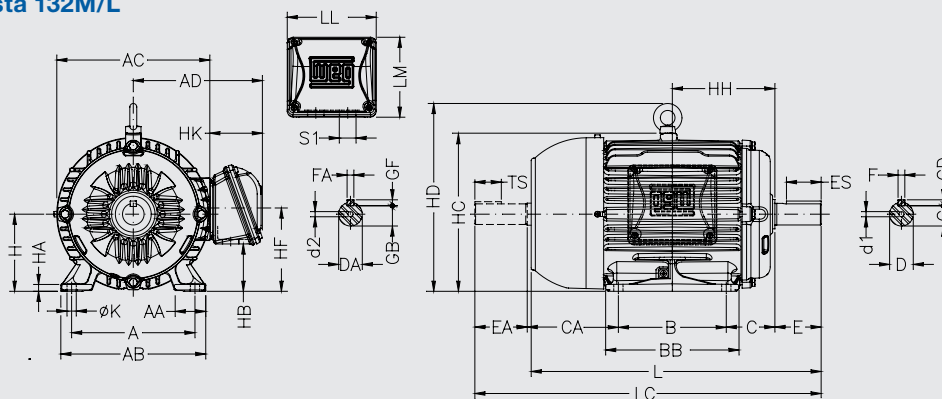
CFW500 IP20 o NEMA Type 1 - 500-600 V

Inversor de frecuencia CFW500				Motor máximo aplicable ¹⁾			
Referencia	Red de alimentación (V)		Tamaño	Corriente nominal de salida (A)	Régimen de Sobrecarga Pesada (HD)		
					IEC		UL
					60 Hz	60 Hz	60 Hz
					575 V ca	575 V ca	575 V ca
		HD	CV	kW	CV		
CFW500C01P7T5	Trifásico	600	C	1,7	1,0	0,75	1,5
CFW500C03P0T5				3,0	2,0	1,5	2,0
CFW500C04P3T5				4,3	3,0	2,2	3,0
CFW500C07P0T5				7,0	5,0	3,7	5,0
CFW500C10P0T5				10,0	7,5	5,5	10
CFW500C12P0T5				12,0	10	7,5	10

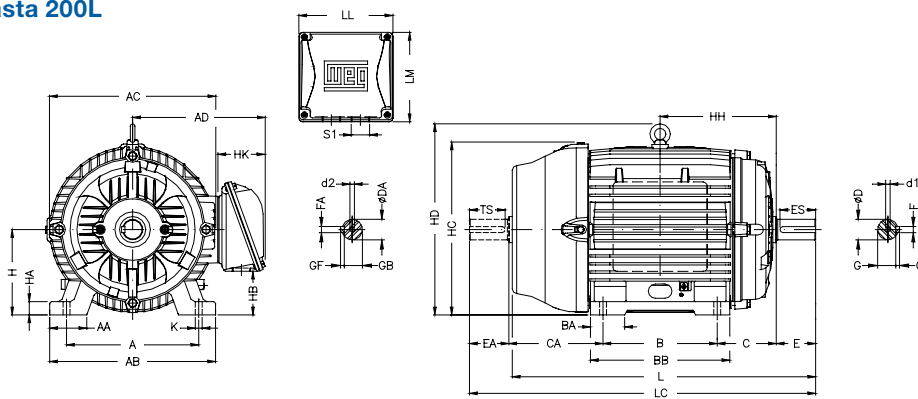
Nota: 1) Las potencias informadas son orientativas y válidas para motores WEG. Las potencias de motores se basan en los motores trifásicos WEG W22 IR3 Premium, 4 polos, en las tensiones 220 V, 230 V, 380 V, 440 V, 525 V o 575. Las corrientes de motores pueden variar de acuerdo con la velocidad y el fabricante, por lo tanto, utilice las referencias de arriba solamente como orientación. El dimensionamiento correcto del CFW500 debe ser hecho con base en la corriente del motor a ser utilizado.

17. Datos Mecánicos

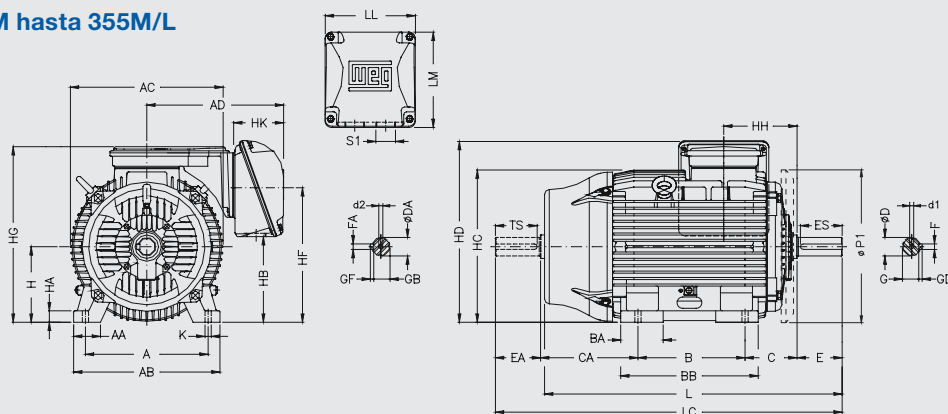
Carcasas 63 hasta 132M/L



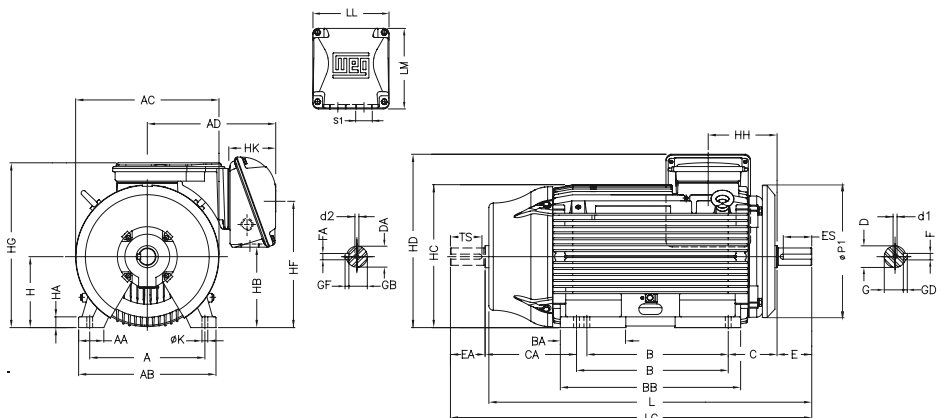
Carcasas 160M hasta 200L



Carcasa 225S/M hasta 355M/L



Carcasa 355A/B



* Algunas potencias en las carcasas 315 y 355 están equipadas con un deflector de aire en la tapa delantera. En este caso la dimensión P1 será 780mm o 880mm respectivamente.



TOTAL QUARTZ 7000 10W-40

ACEITE DE MOTOR

DATOS CLAVE DEL PRODUCTO

RANGO VEHICULOS LIGEROS



MOTORES DIESEL Y GASOLINA

SAE 10W-40

SEMI-SINTETICO

NORMAS INTERNACIONALES

- ✓ ACEA A3/B4
- ✓ API SN/CF

APROBACIONES DE FABRICANTES

- ✓ PSA PEUGEOT CITROEN B71 2294 & B71 2300
- ✓ VOLKSWAGEN 501.01/505.00
- ✓ MERCEDES-BENZ MB-Approval 229.1
- ✓ FIAT 9.55535-G2 (Cumple los requerimientos)

APLICACIONES

TOTAL QUARTZ 7000 10W-40 es un aceite semisintético de motor que ha sido desarrollado para cubrir los requisitos más exigentes para motores diésel y gasolina*.

TOTAL QUARTZ 7000 10W-40 es particularmente adecuado para motores multivalvulares y turbocargados.

Este aceite de motor está perfectamente adaptado a vehículos equipados con catalizadores y que usan combustible libre de plomo o gas.

TOTAL QUARTZ 7000 10W-40 es adecuado para condiciones de manejo normales.

* Se debe consultar el manual del vehículo antes de emplear este lubricante.

BENEFICIOS PARA EL USUARIO

- **Aprobaciones de fabricantes:** TOTAL QUARTZ 7000 10W-40 satisface estándares rigurosos (ver arriba), asegurando calidad perfecta y constante.
- **Resistencia a la Oxidación:** gracias a la buena calidad de sus aceites base y aditivos, TOTAL QUARTZ 7000 10W-40 posee sobresaliente resistencia a la oxidación
- **Protección y limpieza del motor:** este aceite asegura buena limpieza del motor, reduciendo la acumulación de partículas mediante su efectivo poder dispersante
- **Protección anti desgaste de larga duración:** protección anti-desgaste de larga duración para las partes del motor (distribución, anillos, pistón y cilindro) incrementando su vida útil.

CARACTERISTICAS*

Pruebas	Unidad	Método	Resultado
Grado de Viscosidad	-	SAE J300	10W-40
Densidad a 15°C	kg/m ³	ASTM D1298	873.6
Viscosidad Cinemática a 40°C	mm ² /s	ASTM D445	96.8
Viscosidad Cinemática at 100°C	mm ² /s	ASTM D445	14.81
Indice de Viscosidad	-	ASTM D2270	160
Punto de inflamación	°C	ASTM D92	232
Punto de escurrimiento	°C	ASTM D97	-24

* Las características mencionadas representan valores típicos y no pueden ser consideradas especificaciones de producto.

RECOMENDACIONES DE USO

Antes de utilizar el producto, es muy importante revisar la guía de mantenimiento del vehículo: el cambio de aceite debe realizarse siguiendo las recomendaciones del fabricante.

El producto no debe ser almacenado a temperaturas superiores a los 60°C evitando exposición directa sol, frio intenso o variaciones fuertes de temperatura.

Se recomienda almacenarlo bajo techo. En caso contrario, los bidones deben ser almacenados horizontalmente para evitar una contaminación eventual por agua, así como el deterioro de la etiqueta.

SALUD SEGURIDAD Y MEDIOAMBIENTE

De acuerdo con la información toxicológicas disponible, este producto no causa efectos adversos para la salud al ser utilizado en las funciones para las que ha sido diseñado, y siguiendo las indicaciones que se proporcionan en las Hoja de Seguridad. Esta puede ser obtenidas en la página web www.quickfds.com.

Este producto no debe ser usado en otro tipo de aplicaciones que aquellas para las cuales ha sido desarrollado,

Una vez se ha usado el producto debe ser eliminado siguiendo las normativas y regulaciones establecidas por la ley.

GLACELF SUPRA



Fluido refrigerante – anticongelante

GLACELF SUPRA es un fluido refrigerante - anticongelante «larga duración» a base de Monoetilenglicol de alta pureza e inhibidores de corrosión orgánicos. Su fórmula exclusiva, completamente exenta de fosfatos, aminas, nitritos, boro, silicatos, nitratos, prolonga la vida útil de los materiales del circuito de refrigeración y a la vez del propio fluido, confiriendo un óptimo enfriamiento al motor. Contribuye a la protección del medioambiente por su fórmula y su característica de “larga vida”.

USOS

Refrigeración de motores

Transferencia de calor

Dilución en agua blanda o desmineralizada

Mínimo 33%

Larga vida

- Refrigeración de motores de vehículos livianos, diesel pesados, vehículos de Off Road, maquinaria agrícola y motores estacionarios industriales y a gas de cualquier tamaño.
- Se recomienda su uso en dilución con un agua de baja dureza/ deionizada, y constituye un líquido permanente utilizable todo el año.
- Antes de proceder al llenado de un circuito que contiene un producto diferente es necesario efectuar un enjuague para no alterar las propiedades del producto.
- Es indispensable mezclar mecánicamente el producto con agua para asegurar una mezcla perfecta.
- Se recomienda utilizar la dilución recomendada por el fabricante del vehículo y seguir las instrucciones del manual de usuario del mismo.
- Se recomienda que al menos el 33% de la mezcla final esté constituido por **GLACELF SUPRA**
- Es completamente seguro para el uso en motores de fundición de hierro o aluminio, y en radiadores/ sistemas de enfriamiento que contengan aleaciones de aluminio o cobre
- **GLACELF SUPRA** se emplea diluido en agua. La protección contra el congelamiento depende de la proporción de **GLACELF SUPRA**:

% volumen de GLACELF SUPRA	35	40	50
Temperatura de aparición de los primeros cristales, °C (NFT 78102)*	- 21	- 26	- 37

*Valores típicos provistos a título informativo

Como todo líquido refrigerante – anticongelante a base de monoetilenglicol, deben seguirse las disposiciones locales vigentes en materia de disposición y tratamiento

Total Especialidades Argentina S.A.
Av. del Libertador 1295, piso 2º
(1638), Vicente López
Buenos Aires, Argentina

GLACELF SUPRA
REV. 10 / 2013

Este producto usado de acuerdo con nuestras recomendaciones y para los usos para los cuales fue desarrollado, no presenta ningún riesgo particular. Puede obtener una hoja de seguridad acorde a la normativa vigente argentina de su representante comercial local.

ESPECIFICACIONES

Normas internacionales

- **GLACELF SUPRA** satisface las normas:
 - AFNOR NFR 15-601
 - BS 6580 - BS 5117
 - ASTM D 3306 - D 4985
 - SAE J 1034
 - IRAM 41368 – TIPO A
- **GLACELF SUPRA** es apto para utilizarse en vehículos livianos (Renault, Peugeot, Citroën, Mitsubishi, Nissan, entre otros)
- **GLACELF SUPRA** está aprobado por los siguientes constructores de motores industriales:
 - CUMMINS
 - DIESEL RICERCHE
 - GE JENBACHER
 - GE Oil & Gas Nuovo Pignone
 - MAN
 - MTU
 - MWM
 - PERKINS
 - ROLLS ROYCE
 - SEMT PIELSTICK
 - WÄRTSILÄ

VENTAJAS

Protección anticorrosiva y anticavitación mejoradas

Impide la formación de depósitos en el circuito de refrigeración

Reducción de los costos de disposición / reciclado

- Gracias a su aditivación orgánica específica, **GLACELF SUPRA** asegura una protección contra la cavitación muy superior a la que proporcionan los anticongelantes clásicos. Brinda una protección anticorrosivo superior, particularmente en lo que concierne a las aleaciones de aluminio.
- La excepcional estabilidad térmica de **GLACELF SUPRA** evita la formación de depósitos minerales duros, particularmente cerca de la parte superior de camisas, culatas, tubos intercambiadores de calor y resistencias de calefacción, asegurando asimismo:
 - el cuidado del intercambio térmico,
 - el mantenimiento de las propiedades del fluido,
 - la disminución de los riesgos de erosión de conductos debido a partículas duras en circulación,
 - la limpieza del circuito.
- La característica de «larga duración» del fluido permite reducir los costos de eliminación, mediante la prologación del tiempo de uso de cada carga y la reducción de la frecuencia de cambios.

CARACTERÍSTICAS	MÉTODO	UNIDAD	GLACELF SUPRA
Color			Amarillo fluorescente
Densidad a 15 °C	NF R 15-602-1		1,114
pH, dilución 50 vol. %			8,3
Reserva alcalinía al punto de equivalencia	GFC Pr L-111-03	cm ³ HCl 0.1N	37,5
Temperatura de congelamiento, dilución 50 vol. %	NF T 78-102	°C	- 37
Temperatura de ebullición	NF R 15-602-4	°C	179

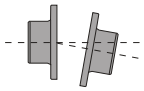
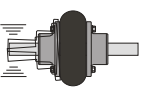
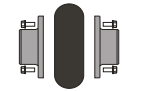

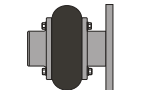



Los valores de las características consignados en esta tabla son valores típicos divulgados a título informativo.

Total Especialidades Argentina S.A.

Av. del Libertador 1295, piso 2º
(1638), Vicente López
Buenos Aires, Argentina

GLACELF SUPRA
REV. 10 / 2013

Este producto usado de acuerdo con nuestras recomendaciones y para los usos para los cuales fue desarrollado, no presenta ningún riesgo particular. Puede obtener una hoja de seguridad acorde a la normativa vigente argentina de su representante comercial local.

	<p>Absorbe desalineaciones</p> <p>Las desalineaciones son el 50% de las causas de roturas en rodamientos, además de otros elementos de las máquinas (sellos, retenes, engranajes), que normalmente no están preparados para la flexión introducida al eje. El acoplamiento Gummi, por ser elástico, absorbe desalineaciones, reduciendo los esfuerzos y aumentando la vida útil de los componentes.</p>
	<p>Amortiguación de vibraciones y choques</p> <p>La gran absorción de vibraciones y choques, proporciona una mayor vida útil a su equipamiento. La media de vibraciones que se transmiten en un sistema, de un lado al otro, es del orden del 70%, siendo este último minimizado por la capacidad de absorción del centro elástico.</p>
	<p>Simple instalación</p> <p>El reemplazo es más rápido por tratarse de un solo elemento. Utilizando tolerancias de alineación menores, aumenta la vida útil del centro elástico. No es necesario mover las partes para su reemplazo.</p>
	<p>Simetría - Seguridad - Balanceo</p> <p>Al no presentar cortes en el centro elástico, se garantiza el balanceo y la seguridad al usuario.</p>
	<p>Diversos modelos</p> <p>- Espaciador (Back -Pull- Out) - Motores Diesel - Desplazamiento axial - Grandes diámetros de ejes - Ejes flotantes - Limitadores de torque - Bloqueo de Seguridad - Ejes Cónicos (Motor mill) - Ambientes agresivos.</p>
	<p>Sin lubricación</p> <p>Por sus características constructivas, ninguno de sus componentes requiere lubricación.</p>
	<p>Economía</p> <p>Aumenta el intervalo entre recambios, reduciendo el tiempo de parada de máquinas. Economía en reposición de componentes, lubricantes e inventario. El centro elástico trabaja en tiempo prolongado sin sustituirlo.</p>
	<p>Calidad asegurada</p> <p>Producido bajo un Sistema de Gestión de la Calidad certificado desde 1999 y empleando materias prima de calidad superior.</p>

Asesoramiento técnico permanente: A través de nuestros distribuidores oficiales o nuestro sitio web:

www.gummiargentina.com

Al solicitar un Acoplamiento Elástico **Gummi**, deben informar los siguientes campos.

Ej.: Acoplamiento modelo A 105 con dos cubos integrales y un espaciador para una distancia entre puntas de ejes de L=250 mm.

Antes de iniciar el montaje de un acoplamiento elástico **Gummi**, recomendamos leer atentamente las instrucciones de montaje. (ver pág. 8)

1- MODELO

De acuerdo a la selección (Tablas I y III)

2- TIPO DE CUBO

Informar el tipo de cubo seleccionado
Sin indicación - Dos cubos normales

- CN** Cubo normal
- CI** Cubo integral
- CX** Cubo axial
- EC** Cubo normal para punta de ejes cónicos
- ECI** Cubo integral para punta de ejes cónicos

3- CONFIGURACION

- EF** Eje flotante
- ES** Espaciador

A 105 **CI / CI** **ES** **250**

1- Modelo

2- Tipo de cubo

3- Configuración

4- Información suplementaria

- LT** Limitador de torque
- BS** Trabas de seguridad
- RE** Recubrimiento especial
- DF** Disco de freno
- CIN** Cubo Invertido
- APF** Con polea de freno
- CE** Cubos encastrados
- CF** Con plato brida
- CC** Con cubo carretel

4- INFORMACIÓN SUPLEMENTARIA

Indicar las dimensiones solicitadas según la configuración requerida

Método de selección

DATOS NECESARIOS:

- Potencia en Kw, Hp o Cv.
- Velocidad de giro en R.P.M.
- Diámetros de los ejes en mm.
- Factor de servicio (conforme a tabla II).

Hp x 0.746 → Kw.
Cv x 0.736 → Kw.

SELECCIÓN RÁPIDA:

Multiplicar la potencia por el factor de servicio

Kw x Fs

El valor obtenido, igual o superior, se compara en la Tabla I, en la columna de velocidades (R.P.M.) correspondiente; la parte superior de la columna indica el tamaño de acople a utilizar. Verificar en la Tabla III el diámetro de cada uno de los ejes en función del máximo y del mínimo.

TABLA I - Temp. máx. en el acople 80°C

MODELO	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
RPM	20	25	30	35	45	50	60	70	80	90	95	105	120	140	155	165	170	200	240	300	350	400	
100	0.37	0.60	0.82	1.19	2.16	4.48	6.64	12.16	16.79	22.39	25.02	32.69	52.24	89.55	101.5	126.9	154.8	265.9	455.2	910.5	1255	1784	
200	0.75	1.19	1.72	2.31	4.18	8.96	13.06	25.22	32.69	44.78	50.37	66.27	104.5	180.1	203.0	253.7	308.8	532.7	910.5	1820	2510	3566	
300	1.19	1.79	2.61	3.58	6.34	13.06	19.63	37.31	49.48	67.16	75.60	98.88	156.7	269.6	304.5	381.3	463.7	798.5	1366	2730	3765	5350	
400	1.57	2.31	3.43	4.78	8.43	17.76	26.12	49.48	65.30	89.55	100.8	132.5	209.0	359.2	406.1	509.0	618.5	1064	1820	3641	5020	7133	
500	1.94	2.99	4.33	5.97	10.30	22.39	32.69	62.54	82.09	110.9	126.0	165.2	261.2	448.7	507.5	635.8	772.4	1331	2275	4550	6274	8917	
600	2.31	3.59	5.15	7.09	13.06	27.09	39.18	74.63	98.0	134.3	150.2	197.8	313.4	539.2	609.7	762.7	927.2	1597	2730	5461	7530	10700	
700	2.84	4.18	5.97	8.28	14.93	31.72	46.64	86.79	114.8	157.7	175.4	231.3	365.7	628.7	711.2	889.6	1082	1863	3186	6371	8785	12483	
720	2.91	4.33	6.19	8.58	15.37	32.69	47.61	89.55	117.5	161.4	181.0	237.9	376.0	646.5	731.3	914.9	1113	2130	3276	6553	9035	12840	
800	3.21	4.78	6.94	9.33	16.79	36.42	53.21	98.88	130.6	180.1	200.6	264.0	417.0	718.3	813.4	1017	1236	2262	3641	7281	10039	14267	
850	3.36	5.07	7.31	10.30	17.76	38.28	55.97	105.5	139.0	191.3	213.7	280.8	443.1	763.1	864.2	1081	1313	2396	3869	7736	10667	15159	
900	3.58	5.30	7.76	10.90	18.66	40.15	59.70	111.9	147.4	202.5	225.8	297.6	469.2	808.8	914.2	1144	1391	2661	4096	8191	11295	16050	
1000	3.96	5.97	8.58	12.16	21.49	44.78	66.27	124.1	164.2	224.9	251.0	330.2	521.5	898.4	1016	1271	1546	2928	4550				
1100	4.40	6.57	9.33	13.06	23.36	49.48	72.76	136.2	180.1	247.2	276.1	362.9	573.7	987.9	1117	1399	1701	3061	5005				
1150	4.55	6.79	10.30	14.03	24.25	51.34	75.60	142.8	188.4	259.4	288.3	379.7	599.9	1033	1168	1462	1777	3194					
1200	4.78	7.09	10.75	14.63	25.22	54.10	79.33	149.3	196.9	269.6	301.2	396.5	626.0	1078	1219	1525	1854	3385					
1300	5.15	7.76	11.19	15.90	27.09	58.81	85.82	161.4	213.0	292.0	326.5	429.1	678.2	1168	1321	1652	2009	3385					
1400	5.52	8.28	12.16	16.79	29.85	62.54	92.39	173.5	229.5	314.4	351.7	462.7	730.5	1257	1422	1780	2164	3727					
1500	5.97	8.96	13.06	17.76	31.72	67.16	98.88	186.6	245.4	336.8	376.9	495.4	782.7	1348	1524	1907							
1600	6.34	9.33	14.03	18.66	33.58	71.87	105.5	198.7	262.2	359.2	401.1	528.0	834.9	1527									
1700	6.72	10.30	14.93	20.52	36.42	76.49	111.9	210.8	279.0	381.6	426.3	561.6	887.2										
1750	6.94	10.60	15.37	21.04	37.31	78.36	115.7	217.4	286.4	392.8	439.4	578.4											
1800	7.09	10.90	15.90	21.49	38.28	81.19	118.5	223.9	294.8	404.0	451.5	594.2											
2000	7.91	12.16	16.79	23.36	42.41	89.55	132.5	248.1	327.5	448.7	501.9	660.5											
2250	8.96	13.06	16.93	27.09	47.61	100.8	148.4	279.9	368.5	498.1	564.4	743.5											
2500	10.30	14.93	21.49	29.85	53.21	111.9	165.2	310.7	409.6	561.6	627.8	825.6											
2750	11.19	16.79	23.26	32.69	57.84	123.1	181.9	341.4	450.6	617.5	690.3	907.7											
3000	12.16	17.76	26.12	35.45	63.43	134.3	197.8	372.2	491.6	673.5	904.8												
3250	13.06	19.63	27.99	38.28	69.03	145.5	214.6	404.0															
3500	14.03	20.52	29.85	42.01	73.73	157.7	231.3	434.7															
3600	14.40	21.49	30.12	42.91	76.49	161.4																	
3750	14.93	22.39	32.69	44.78	79.33	168.9																	
4000	15.90	23.36	34.55	47.61																			
4500	17.76	27.09	38.28	53.21																			
5000	19.55	29.85	42.91	59.70																			

K.W. Nominales
Para todos los valores en color por debajo de la línea, los cubos deben pedirse encastrados (CE)

Para r.p.m. menores a 100, ver catalogo BR

En la selección de acoplamiento por debajo de la línea, consultar con fábrica por modelos de centros para ALTA VELOCIDAD.

MOTORES A EXPLOSIÓN:

Para motores con cuatro o más cilindros, adicionar 1.0 al factor de servicio seleccionado, para motores con menos cilindros, consultar.

FACTORES DE SERVICIO (Aplicaciones generales)

TABLA II

AGITADORES		ELEVADORES		IMPRESORA	
Líquidos	1.00	Montacargas.	1.75	Rotativa.	1.00
Líquidos c/sólidos en suspensión.	1.25	Carga de pasajeros. (Consultar fábrica)		Prensa.	1.50
Líquidos con densidad variable.	1.25	EXTRUSORAS		MAQUINAS HERRAMIENTAS	
BOMBAS		Material de:		Cepillo.	1.50
Centrífugas:		Densidad constante.	1.50	Calandras.	2.00
Normales.	1.00	Densidad variable.	2.50	Prensa de estampado.	2.00
Alta densidad y sobrecarga.	1.25	SOPLADORES		Roscadora.	2.50
Rotativas, a engranajes, paletas o lóbulos.	1.50	Centrífugos.	1.00	MEZCLADORAS	
A pistón:		Metálicos.	1.25	De tambor.	1.50
De 3 o más cilindros.	2.00	Lóbulos.	1.50	De concreto.	1.75
De 2 o un cilindro.	2.50	VENTILADORES		MOLINOS	
De doble efecto.	2.50	Centrífugos.	1.00	A martillos.	2.00
TRITURADOR		Tiraje reforzado.	1.50	A bolas.	2.25
De piedra.	2.75	Tiraje inducido.	2.00	HORNOS	
COMPRESORES		Torre de enfriamiento.	2.50	De cemento, rotativos o secadores.	2.00
Centrífugo.	1.25	GENERADORES		ZARANDA	
Rotativo.	1.50	Carga uniforme.	1.00	De lavadero.	1.50
Alternativos:		Motosoldadores.	2.00	Rotativa.	2.50
> 4 cil.	2.50	GUINCHES O PUENTES GRÚAS		Vibratoria.	
< 4 cil.		De traslación.	1.75	TRANSPORTADORES	
(Consultar en fábrica)		Malacate principal.	2.00	Aéreos, cintas, correas discos, a tornillo.	1.50
				Vibratorios.	2.50

FACTORES DE SERVICIO (Aplicaciones especiales)

DRAGAS		ASERRADEROS		PETROLEO	
Bombas, enrollador de cable, guinche de maniobra, zaranda.	1.75	Transportadores.	1.50	Filtros de parafina.	1.25
Cortador.	2.00	Sierras.	1.75	Equipos de bombeo.	2.00
INDUSTRIAS ALIMENTICIAS Y DE BEBIDAS		Descargadores de tambor.	2.00	SIDERURGICA	
Envasadores y embotelladoras.	1.00	Rolos de transporte.	2.00	Bobinadora y desbobinadora.	1.50
Mezclador de masa, molidor de carne, cortadores.	1.75	Mesa de transferencia:		Formadora de espiras.	1.75
INDUSTRIA DEL CAUCHO		Sin reserva.	2.00	Trefiladora.	2.00
Calandras.	2.00	Con reserva.	2.50	Mesa de cilindros S/ reversión.	2.00
Molinos.	2.25	CERÁMICA		C/ reversión.	2.50
Mezcladores (Banbury).	2.50	Extrusora.	1.50	Alimentadora.	3.00
Conformadora de neumáticos.	2.50	Molinos.	2.00	INDUSTRIA DEL AZUCAR	
INDUSTRIA TEXTIL		Prensa.	2.25	Mesa inclinada.	1.75
Bobinadora.	1.50	CELULOSA Y PAPEL		Molienda.	2.00
Cardas.	1.50	Bombas servicios.	1.00	MINERACION Y PUERTO	
Lavadora de ropa.	2.00	Bobinadora y desbobinadora.	1.50	Desplazamiento máquina.	2.00
Calandra.	2.00	Cilindros.	1.75	Elevación de lanza.	2.50
		Tela.	1.75	Giro de lanza.	2.50
		Desfibradores.	1.75	Rueda de descarga.	2.00
		Calandras.	2.00		
		Cortadores.	2.00		
		Refinadores.	2.00		
		Prensas.	2.00		
		Lavadores.	2.00		
		Desecadores.	2.25		
		Picadores.	3.00		

SELECCIÓN DEL CÁLCULO POR TORQUE NOMINAL (Tn)

Se utiliza la siguiente formula:

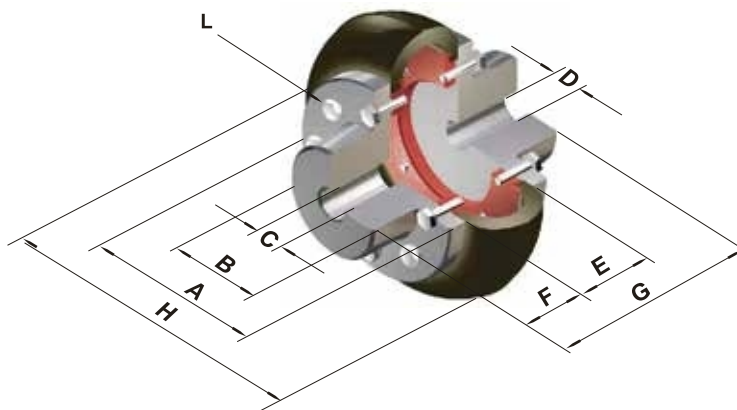
Potencia expresada en Kw,
Velocidad de giro en R.P.M.

$$T_n = \frac{9550 \times Kw \times Fs}{R.P.M.}$$

Hp x 0.746 → Kw.
Cv x 0.736 → Kw.

Se busca en la Tabla III el modelo cuyo torque Nominal sea igual o superior al calculado, verificar el diámetro de los ejes en función del máximo y el mínimo. (ver pág. 4)

CON 2 CUBOS NORMALES (fig. 1)



- A - Ø Brida Cubo
- B - Ø Cuello Cubo
- C - Ø Máx. aleasaje
- D - Ø Agujero piloto
- E - Ancho centro
- F - Ancho cubo
- G - Long. total
- H - Ø Centro
- L - Tipo tornillo

TABLA III

ACOPLÉ CON CUBO NORMAL														BULONES	
MODELO	Torq. Nom. Nm	Angulo Torsión (°)	(1) Peso (Kg.)	Gd2 (Kg m2)	A	B	C Máx	D Min	E	F	G	H	Nr.	L- Cab. hex.	
A-20	38	2°	1.05	0.0017	74	36	20	10	30	25	80	95	12	1/4 x 3/4	
A-25	56	5°	1.09	0.0018	74	36	23	10	30	25	80	95	12	1/4 x 3/4	
A-30	82	2°	2.40	0.0094	96	49	30	10	40	35	110	127	16	5/16 x 7/8	
A-35	113	4°	2.65	0.0098	96	49	32	10	40	35	110	127	16	5/16 x 7/8	
A-45	250	3°	5.00	0.0382	127	70	40	15	50	45	140	167	20	5/16 x 1	
A-50	420	6°	5.32	0.0402	127	70	46	15	50	45	140	167	20	5/16 x 1	
A-60	620	5°	12.50	0.1065	169	100	55	25	65	60	185	224	24	3/8 x 1 1/4	
A-70	1170	9°	13.30	0.1593	169	100	65	25	65	60	185	224	24	3/8 x 1 1/4	
A-80	1550	5°	24.90	0.594	218	116	75	30	90	80	250	302	20	1/2 x 1 3/4	
A-90	2170	6°	26.00	0.639	218	116	85	30	90	80	250	302	20	1/2 x 1 3/4	
A-95	2380	4°	34.90	0.912	235	138	90	40	90	80	250	330	24	1/2 x 1 3/4	
A-105	3130	8°	44.00	0.982	235	138	100	40	90	80	250	330	24	1/2 x 1 3/4	
A-120/120	4940	5°	86.00	3.80	297	195	120	45	120	130	380	403	20	5/8 x 2 1/4	
A-140/140	8500	9°	94.00	3.82	297	195	140	45	120	130	380	403	20	5/8 x 2 1/4	
A-155/155	9750	6°	126.00	5.76	350	220	155	50	140	150	440	470	28	5/8 x 2 1/4	
A-165/165	12200	10°	135.00	5.85	350	220	165	50	140	150	440	470	28	5/8 x 2 1/4	
A-170/70			170.20	12.22		150	70	30		80	345				
A-170/130	14630	7°	211.80	13.75	436	236	130	70	185	130	445	550	24	3/4 x 2 3/4	
A-170/170			242.80	17.65		276	170	120		180	545				
A-200/90			192.60	13.30		186	90	40		100	385				
A-200/140	25190	11°	202.40	13.75	436	200	140	70	185	130	445	550	24	3/4 x 2 3/4	
A-200/200			276.80	19.20		276	200	120		180	545				
A-240/150			364.70	51.50		225	150	100		160	556				
A-240/200	43060	4°	447.40	55.35	535	290	200	100	236	180	596	740	60	3/4 x 3 1/2	
A-240/240			633.60	84.50		390	240	100		275	786				
A-300/150			370.00	50.70		225	150	110		160	556				
A-300/200			450.00	54.50		290	200	100		200	636				
A-300/250	86120	10°	640.00	69.40	535	350	250	100	236	275	786	740	60	3/4 x 3 1/2	
A-300/300			695.00	83.70		390	300	100		275	786				
A-350/200			1049.00	453.20		290	200	120		200	735				
A-350/250	118750	6°	1211.00	466.40	820	350	250	120	335	275	885	1130	48	1 x 4	
A-350/350			2237.00	691.00		600	350	120		375	1085				
A-400/250	168750	10°	1219.00	459.20	820	350	250	120	335	275	885	1130	48	1 x 4	
A-400/400			2245.00	697.00		600	400	120		375	1085				

Las dimensiones son exclusivamente como referencia y quedan sujetas a cambios sin previo aviso.

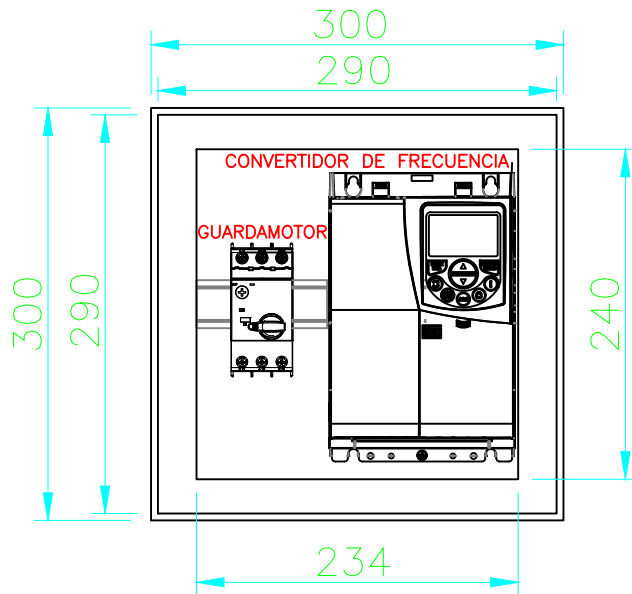


ANEXO 3: PLANOS

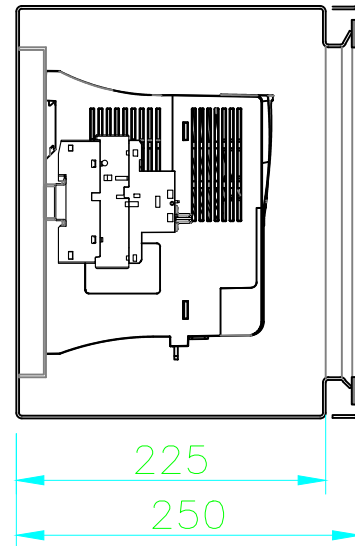
GABINETE PRINCIPAL

VISTA INTERIOR

CORTE LATERAL



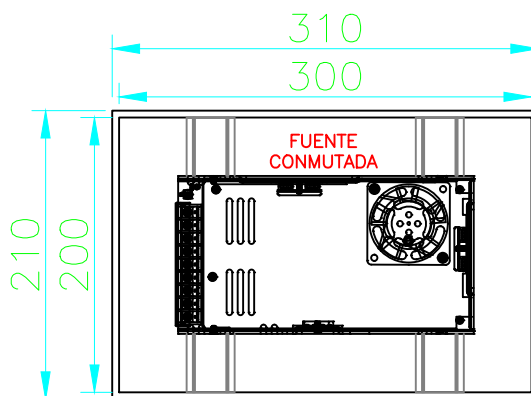
Gabinete GENROD
S9000-099202
300x300x225



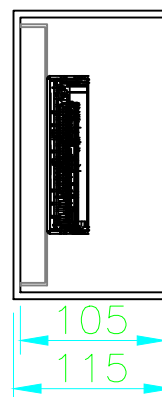
GABINETE SECUNDARIO


VISTA INTERIOR

CORTE LATERAL



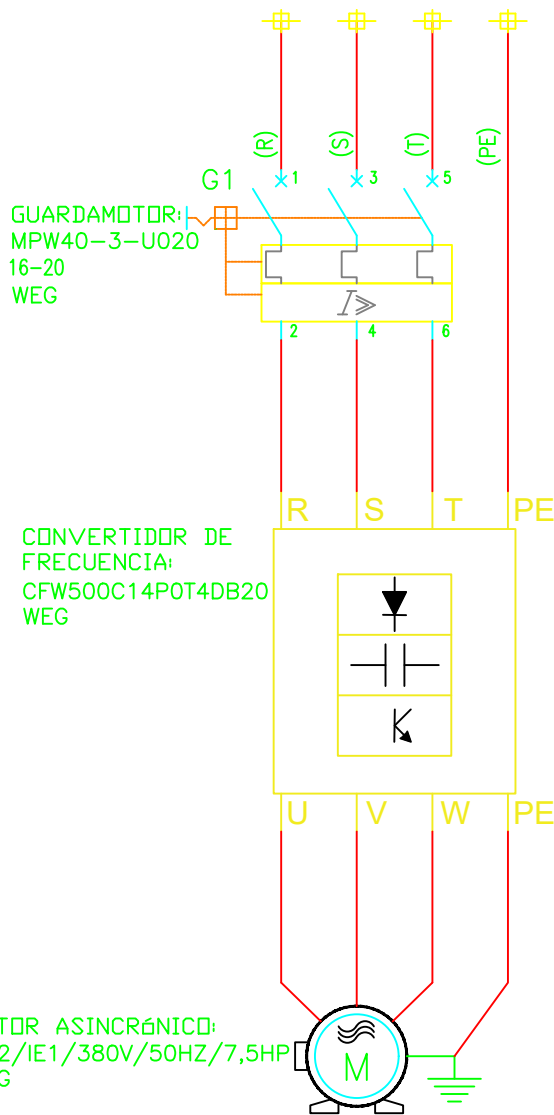
Caja estanca GENROD
Código: 06213111
210x310x110



		Fecha	Nombre		 Ministerio de Educación Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Reconquista
	Dib.	10/23	C.G.D		
	Rev.	11/23	C.A.S		
	Apr.	11/23	E.D.A		
Esc. 1:5.5	Denominación:			Esquema Topográfico Gabinete Principal y Gabinete Secundario	
Tol.					
Medidas en mm					
					ANEXO 3
					PLANO N°1

ALIMENTACIÓN:
3x380Vca+PE

DE TABLERO
SECCIONAL SALA
DE NEUMÁTICOS:




ESQUEMA TRIFILAR

Equipo: Motor-compresor

Pn: 5,5 [kW]

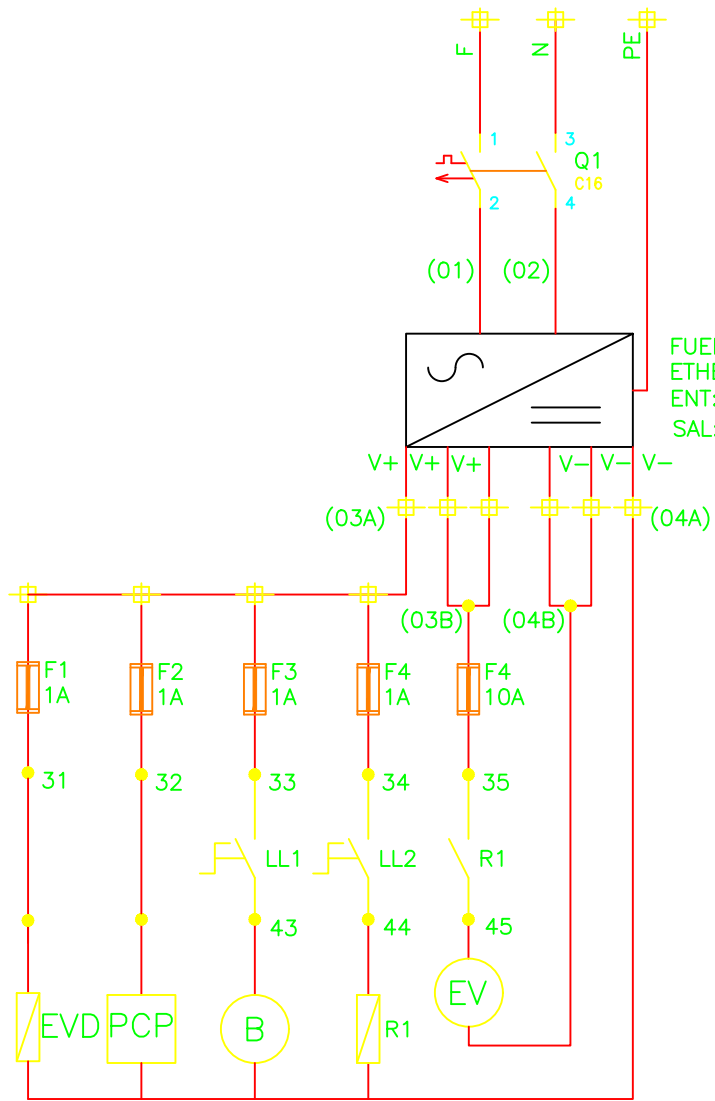
In: 11,7 [A]

ELEMENTOS DEL CONEXIONADO ELÉCTRICO	Tensión [V]	Corriente [A]	Frecuencia [Hz]
GUARDAMOTOR	220-690	16-20	50/60
CONVERTIDOR DE FRECUENCIA	380-480	17,1/14	50/60
MOTOR ASINCRÓNICO	380/660	11,7/6,73	50

	Fecha	Nombre	
Dib.	10/23	C.G.D	 Ministerio de Educación Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Reconquista
Rev.	11/23	C.A.S	
Apr.	11/23	E.D.A	
Esc.	Denominación:		
	Esquema Trifilar Circuito de Potencia Trifásico		
Tol.			ANEXO 3
			PLANO N°2


DE TABLERO SECCIONAL SALA DE NEUMÁTICOS:

ALIMENTACIÓN:
2x220Vca+PE

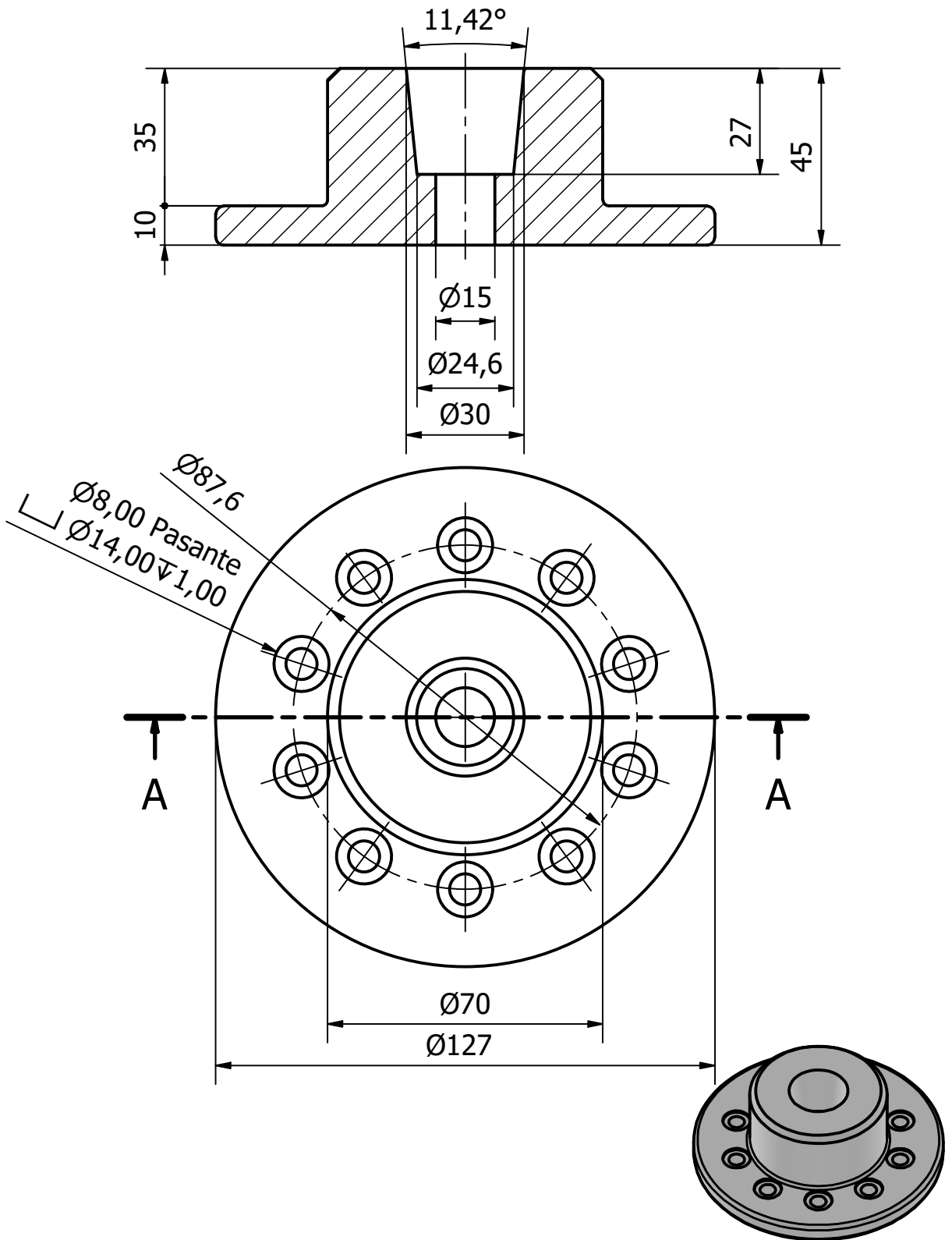



FUENTE DE ALIMENTACIÓN CONMUTADA CA/CC
ETHEOS FSI-1230
ENT: 110/220 [Vca]-50[Hz]
SAL: 12 [Vcc]-30[A]

ELEMENTOS DEL CONEXIONADO ELÉCTRICO EN 12 [VCC]	Potencia [W]	Corriente [A]
EVD: ELECTROVÁLVULA DESPRESURIZADORA	7	0,58
PCP: PLACA DE CONTROL PURGADORES	9,6	0,8
B: BOMBA DE LÍQUIDO REFRIGERANTE	26	2,17
EV: ELECTROVENTILADOR	190	15,83

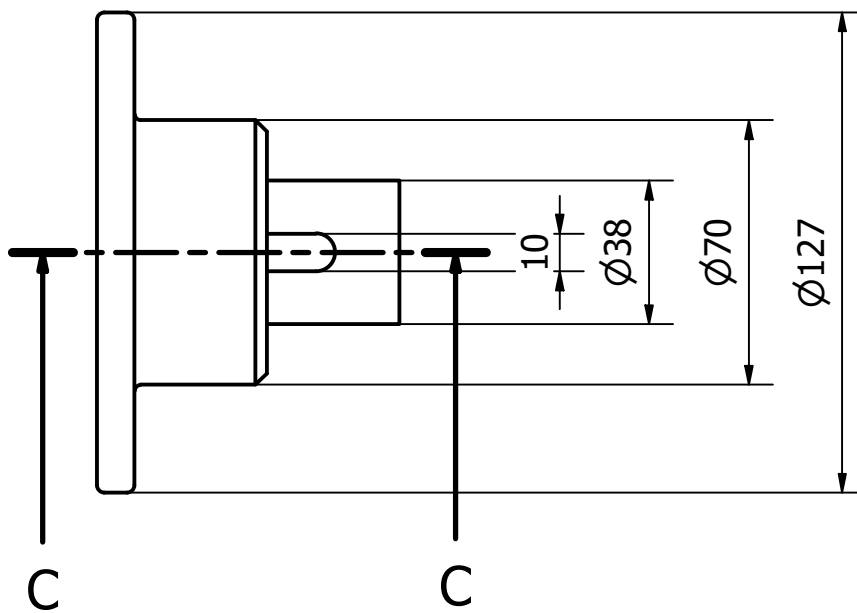
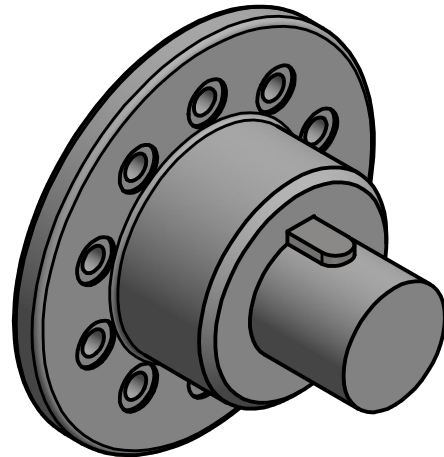
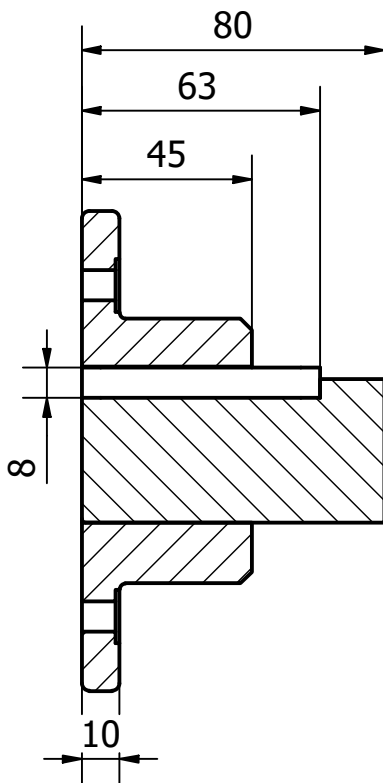
Dib. Rev. Apr. Esc. Tol.	Fecha	Nombre	 Ministerio de Educación Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Reconquista
	10/23	C.G.D	
	11/23	C.A.S	
	11/23	E.D.A	
Denominación:		Esquema Multifilar Servicios Secundarios en CC	
ANEXO 3			
PLANO N°3			


CORTE A-A

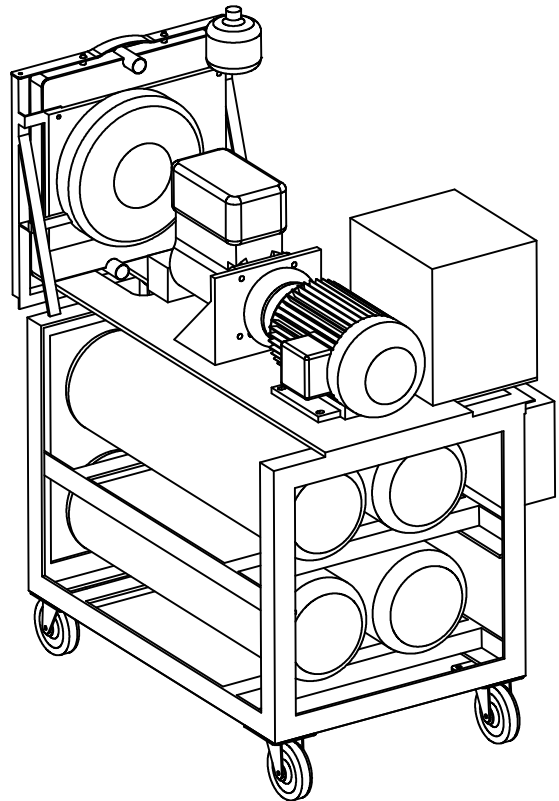
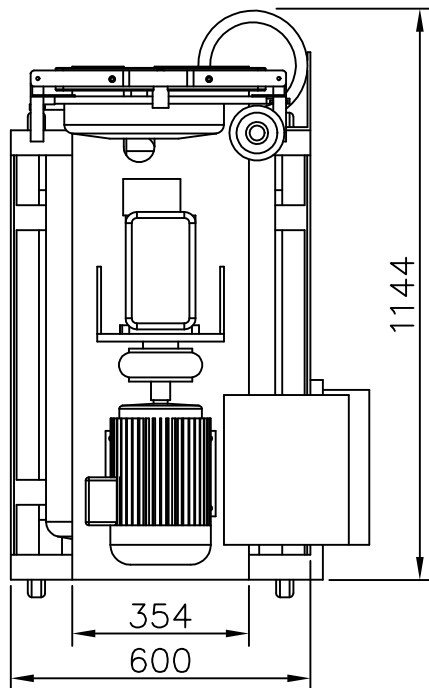
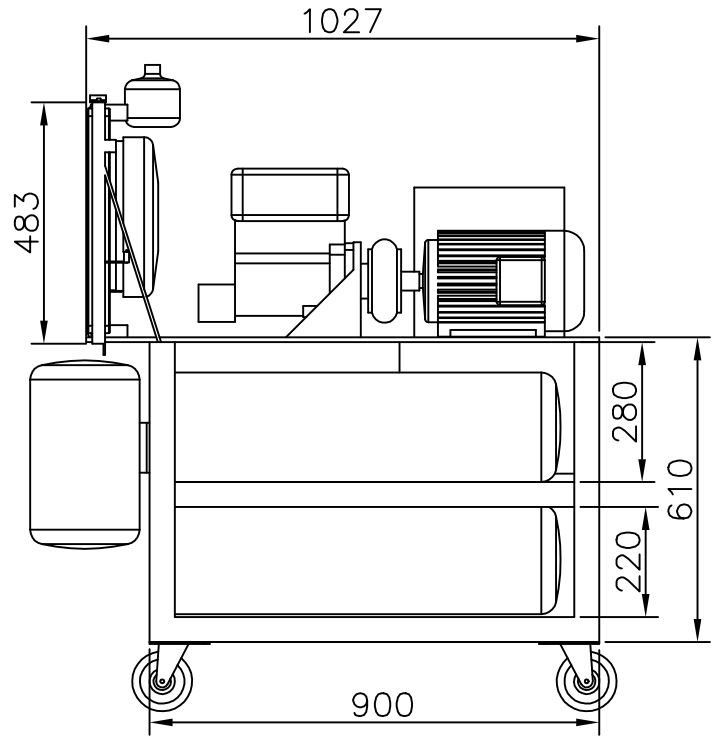
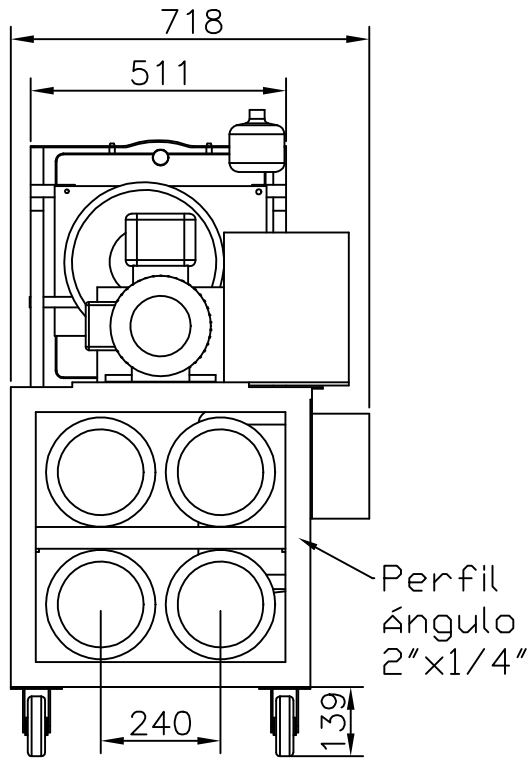



	Fecha	Nombre	 <p>Ministerio de Educación Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Reconquista</p>
Dib.	10/23	C.G.D	
Rev.	10/23	A.F	
Apr.	10/23	E.D.A	
Esc. 1:2	Denominación:		
	Brida con alojamiento cónico para vinculación con eje motriz del compresor		
Tol.			ANEXO 3
Medidas en mm			PLANO N°4

CORTE C-C



	Fecha	Nombre	 Ministerio de Educación Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Reconquista
Dib.	10/23	C.G.D	
Rev.	10/23	A.F	
Apr.	10/23	E.D.A	
Esc. 1:2	Denominación:		
	Vinculación entre brida de acoplamiento y eje motriz del motor eléctrico mediante chavetero		
Tol.			ANEXO 3
Medidas en mm			PLANO N°5



		Fecha	Nombre		 Ministerio de Educación Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Reconquista
	Dib.	11/23	C.G.D		
	Rev.	11/23	E.D.A		
	Apr.	11/23	E.D.A		
	Esc. 1:16	Denominación:			
		VISTAS Y DIMENSIONES GENERALES GENERADOR DE AIRE COMPLETO			
	Tol.				ANEXO 3
	Medidas en mm				PLANO N°6



ANEXO 4: SIMULACIÓN DE ESFUERZOS ESTRUCTURALES

Consideraciones para la simulación estructural:

A la estructura se la considera como un TODO, y no como perfiles separados unidos por soldadura o uniones atornilladas. El objetivo es verificar por medio del CAE (ingeniería asistida por ordenador) y puntualmente a través del MEF (Método de Elementos Finitos) la resistencia estructural que posea el armazón para soportar los equipos, en especial aquellos de mayor peso como el motor, compresor y tanques. Para la simulación del conjunto se utilizó el módulo “Simulate” del Creo Parametric.

Se considera también la acción de la aceleración gravitatoria (gravedad): $g = 9,81 \text{ [m/s}^2\text{]}$, teniendo presente de esta forma el peso de toda la estructura.

Se asume a la base, en la zona de las ruedas, como si estuviera fijada al suelo (se le restringen los 3 grados de libertad).

El tipo de simulación aplicada es la STANDARD / STATIC (ver Figura A.26), es decir, no se consideran las acciones de cargas dinámicas o cíclicas (si las hubiera).

Al momento de cargar los pesos, se les agregó un adicional del 10% como factor de seguridad. Para tal caso, los pesos ingresados en el software son:

- Motor eléctrico = 47 [kg] → + 10% → **51,70 [kg]**
- Compresor = 21 [kg] → + 10% → **23,10 [kg]**
- Tanques (c/u) = 15 [kg] → + 10% → **16,50 [kg]**

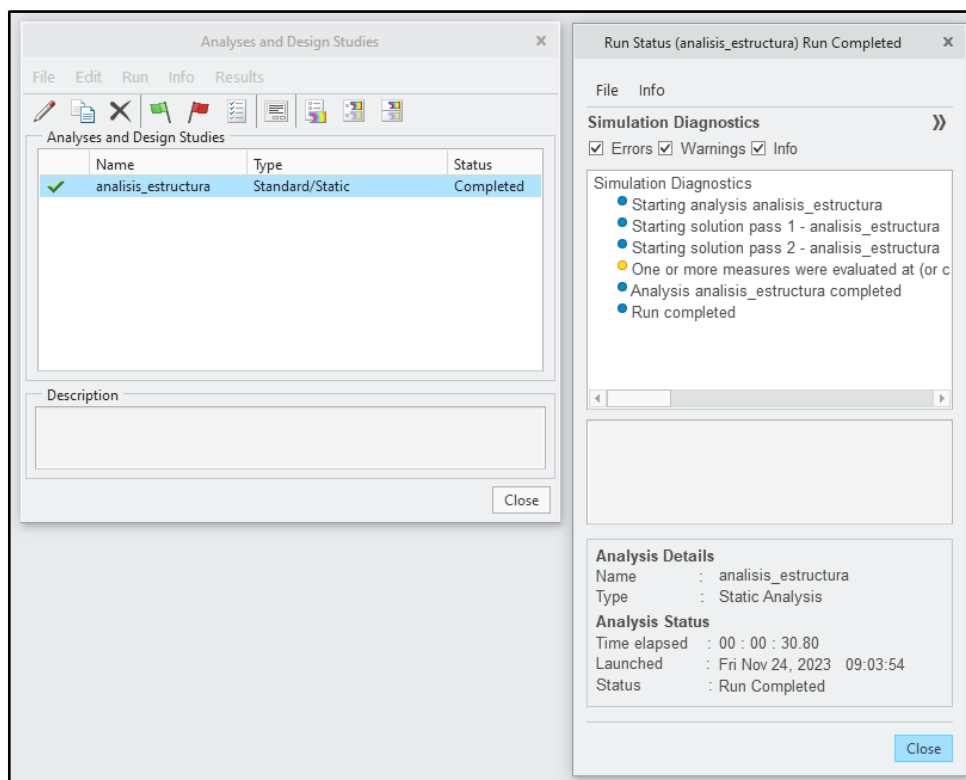


Figura A.26: Modo de simulación seleccionado para análisis de la estructura.

Fuente: PTC Creo Parametric.



Armazón por simular:

Se utilizó la estructura con las consideraciones previamente mencionadas para realizar el estudio de tensiones. En la Figura A.27 se muestra el modelo simulado, las secciones solicitadas por las cargas y los 4 puntos de fijación. Para más detalles consultar el Plano 6 en Anexo 3.

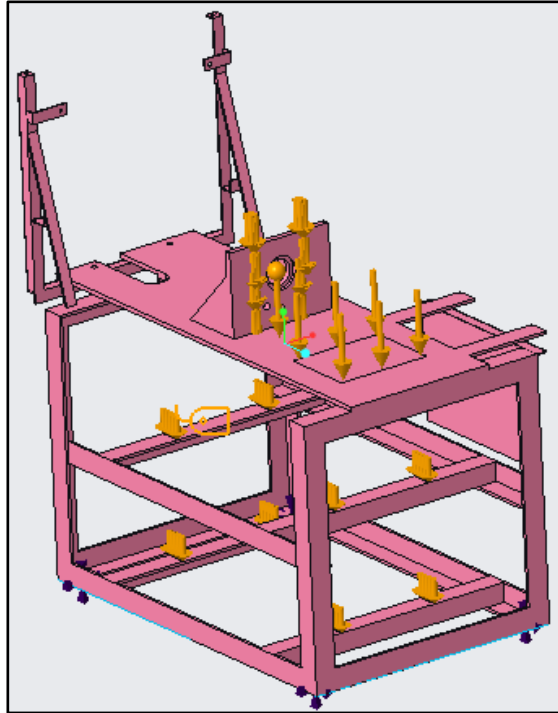


Figura A.27: Estructura de sujeción simulada
Fuente: PTC Creo Parametric.

Las características mecánicas de resistencia del material seleccionado, acero de bajo porcentaje de carbono, se muestran en la Figura A.28.

Vista previa de material	
Nombre:	STEEL_LOW_CARBON
Descripción:	Sample materials data from ANSYS Granta See grantadesign.com/PTC for more
Densidad:	7.85e-06 kg / mm ³
Estructural	Térmico Fluido Miscelánea Aspecto visual Definido por el usuario
Simetría:	Isótropo
Tensión-deformación:	Lineal
Coefficiente de Poisson (ν):	0.29
Módulo de Young (E):	2.1e+08 kPa
CET:	1.22e-05 1 / C
Amortiguación de mecanismos:	sec / mm
Límites de material	
Límite elástico en tracción:	* 233000 kPa
Límite de resistencia a la tracción (UTS):	kPa
Límite de resistencia a la compresión:	kPa

Figura A.28: Estructura de sujeción simulada
Fuente: PTC Creo Parametric.



Conclusiones:

En la Figura A.29 se pueden apreciar los resultados de la simulación, en donde se busca verificar:

1. Que el valor de tensiones Von Mises que solicitan a la estructura estén por debajo del valor de resistencia del material.
2. Que la deformación máxima, en este caso de interés en el Eje Y, esté dentro del límite elástico.

Luego de analizar los valores obtenidos, se verifica que las tensiones y las deformaciones a las que se verá expuesto este bastidor son admisibles. Se concluye esto porque, al no excederse en ningún momento el límite elástico del material, se trabaja siempre dentro de la zona elástica tolerable (diagrama tensión – deformación), por lo que se cumple en todo momento la Ley de Hooke. Entonces, siendo el esfuerzo máximo de 52584 [kPa] < al límite elástico de 233000 [kPa], se puede decir que la estructura está siendo solicitada en 25% de sus prestaciones mecánicas. Además, la deformación máxima es menor a 1 [mm], siendo una condición aceptable para este análisis.

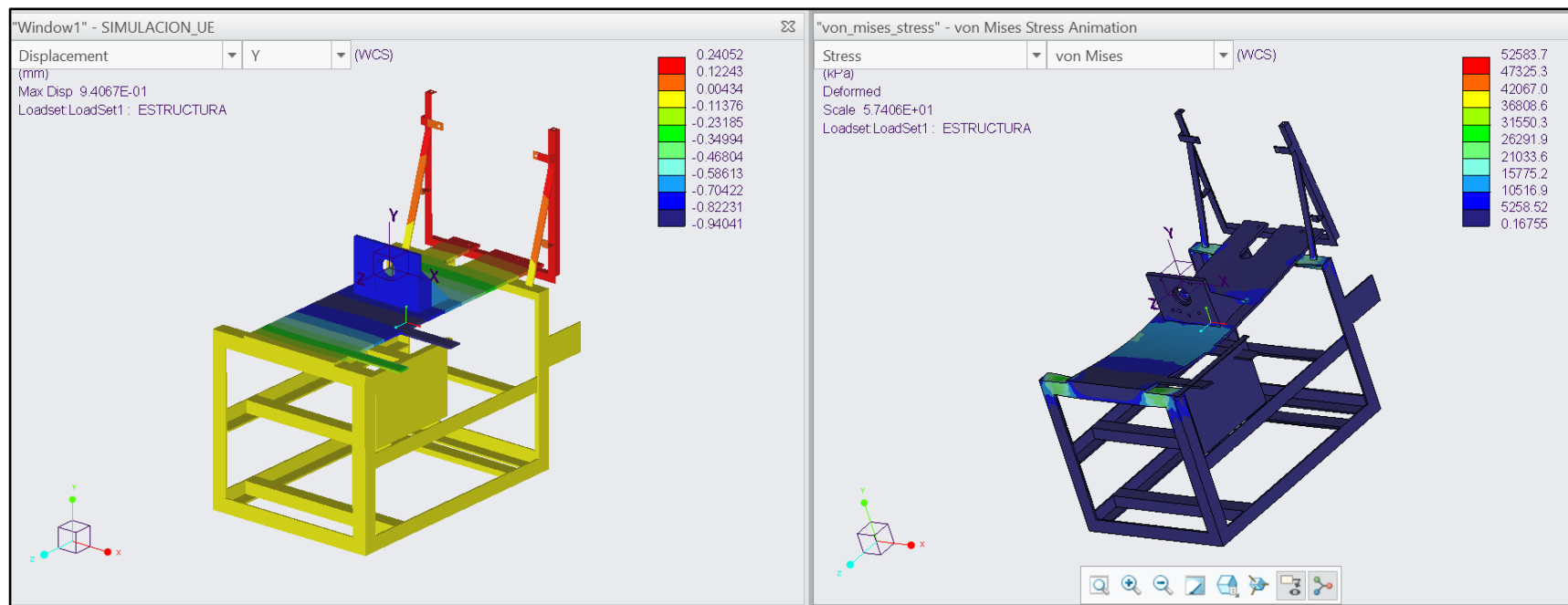


Figura A.29: Estructura de sujeción simulada

Fuente: PTC Creo Parametric



ANEXO 5: COMPUTO Y PRESUPUESTO DE MATERIALES

ITEM	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL EN PESOS	SUBTOTAL EN DOLARES	COTIZACIÓN DÓLAR BANCO NACIÓN	FECHA	PROVEEDOR
MATERIALES UTILIZADOS PARA LA FABRICACIÓN DEL BASTIDOR	1	UNI	\$ 70.000,00	\$ 70.000,00	\$ 691,90	\$ 101,17	30/6/2021	ELIAS YAPUR
CONJUNTO RADIADOR-ELECTROVENTILADOR	1	UNI	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00	\$ 296,53	\$ 101,17	30/6/2021	EL PACU AUTOPARTES
CONVERTIDOR DE FRECUENCIA WEG CFW500 7,5 [CV]	1	UNI	\$ 111.095,42	\$ 111.095,42	\$ 1.097,89	\$ 101,19	1/7/2021	PROYECCIÓN ELECTROLUZ
MOTOR WEG 7,5 [CV] - 1470 [rpm] - 380/660 [V] - IP55	1	UNI	\$ 53.124,00	\$ 53.124,00	\$ 522,62	\$ 101,65	16/7/2021	PROYECCIÓN ELECTROLUZ
PRODUCTOS COLVEN	1	UNI	\$ 150.000,00	\$ 150.000,00	\$ 1.473,48	\$ 101,80	20/7/2021	COLVEN
ANILLO "O" LUBRIC. COMPR. SC. S4. Y B.INY. C/COLITA LEG.	1	UNI	\$ 815,16	\$ 815,16	\$ 8,00	\$ 101,95	27/7/2021	VENICA REPUESTOS
BOMBIN PURG. COMB. SCANIA. 113/S4 AL. SOMBRERO PLAST. CMD	1	UNI	\$ 862,62	\$ 862,62	\$ 8,46	\$ 101,95		
ORING 246	1	UNI	\$ 131,04	\$ 131,04	\$ 1,29	\$ 101,95	27/7/2021	FERRETERA YRIGOYEN
DEPOSITO FIAT 128	1	UNI	\$ 321,69	\$ 321,69	\$ 3,15	\$ 102,01	28/7/2021	SUPERMERCADO DE LOS FILTROS
TAPA ACEITE FIAT 147	1	UNI	\$ 123,35	\$ 123,35	\$ 1,21	\$ 102,01		
MANGUERA CONTINENTAL DE 6MM	1	MTS	\$ 321,69	\$ 321,69	\$ 3,15	\$ 102,01		
MANGUERA CONTINENTAL DE 8MM	2	MTS	\$ 367,56	\$ 735,12	\$ 7,21	\$ 102,01		
TORNILLO ACERO INOXIDABLE 9/13	2	UNI	\$ 112,81	\$ 225,62	\$ 2,21	\$ 102,01		
TORNILLO ACERO INOXIDABLE 12/16	2	UNI	\$ 116,53	\$ 233,06	\$ 2,28	\$ 102,01		

CAÑO RECTO GOMA Y TELA 600/030	0,5	UNI	\$ 1.553,31	\$ 776,66	\$ 7,61	\$ 102,01	28/7/2021	SUPERMERCADO DE LOS FILTROS
20MM EXT. X 3/8 GAS INT.	1	UNI	\$ 267,77	\$ 267,77	\$ 2,62	\$ 102,01		
18MM EXT. X 1/4 GAS INT.	1	UNI	\$ 207,64	\$ 207,64	\$ 2,04	\$ 102,01		
16MM EXT. X 1/8 GAS INT.	1	UNI	\$ 161,16	\$ 161,16	\$ 1,58	\$ 102,01		
3/8 GAS X 5/16 MANGUERA	1	UNI	\$ 230,58	\$ 230,58	\$ 2,26	\$ 102,01		
3/8 GAS X 1/4 MANGUERA	1	UNI	\$ 226,24	\$ 226,24	\$ 2,22	\$ 102,01		
1/4 GAS X 1/4 MANGUERA	1	UNI	\$ 161,16	\$ 161,16	\$ 1,58	\$ 102,01		
RETEN / DBH - 8045	1	UNI	\$ 261,07	\$ 261,07	\$ 2,56	\$ 102,01	28/7/2021	GODOY POVIÑA
BULON ACERO CAB. EX. MA 8.8	1	UNI	\$ 165,29	\$ 165,29	\$ 1,62	\$ 102,01	28/7/2021	BULONERA RECONQUISTA
CABEZAL (1"X12) DOBLE	1	UNI	\$ 4.377,89	\$ 4.377,89	\$ 42,59	\$ 102,79	24/8/2021	SUPERMERCADO DE LOS FILTROS
U.S ACEI DEUTZ A2-A3-A30 (UE10)	1	UNI	\$ 1.399,42	\$ 1.399,42	\$ 13,61	\$ 102,79		
BULON PERFORADO DE 14 MM	2	UNI	\$ 169,83	\$ 339,66	\$ 3,30	\$ 102,79		
UNION ORIENTABLE DE 14 MM	2	UNI	\$ 278,31	\$ 556,62	\$ 5,42	\$ 102,79		
HORIZON 200 GAA200	2	UNI	\$ 476,65	\$ 953,30	\$ 9,27	\$ 102,79		
HORIZON 200 GAA200	2	UNI	\$ 476,65	\$ 953,30	\$ 9,27	\$ 102,79		
ABRAZADERA ANCHA TIPO AMERICANA 16/22	6	UNI	\$ 69,42	\$ 416,52	\$ 4,05	\$ 102,79		
ABRAZADERA ANCHA TIPO AMERICANA 38/50	6	UNI	\$ 91,74	\$ 550,44	\$ 5,35	\$ 102,79		
5 LT. QUARTZ 9000 FUT. GF5 0W20	2	UNI	\$ 6.088,38	\$ 12.176,76	\$ 118,46	\$ 102,79	22/9/2021	PROYECCIÓN ELECTROLUZ
GABINETE ESTANCO PROF 225MM 300*300MM S9000	1	UNI	\$ 7.515,14	\$ 7.515,14	\$ 72,19	\$ 104,10		
US. ACEI RENAULT VOLVO (UE3)	1	UNI	\$ 5.066,84	\$ 5.066,84	\$ 48,61	\$ 104,23	1/10/2021	SUPERMERCADO DE LOS FILTROS
1/2 CAÑO EXT X 3/8 GAS COMPLETA	4	UNI	\$ 710,33	\$ 2.841,32	\$ 27,26	\$ 104,23		
1/2 CAÑO X 1/2 GAS COMPLETA	1	UNI	\$ 1.011,57	\$ 1.011,57	\$ 9,71	\$ 104,23		

22 GAS EXT X 3/8 GAS INT	4	UNI	\$ 289,46	\$ 1.157,84	\$ 11,11	\$ 104,23	1/10/2021	SUPERMERCADO DE LOS FILTROS
22 X 1,50	6	UNI	\$ 264,05	\$ 1.584,30	\$ 15,20	\$ 104,23		
CAÑO TEFLÓN 1/2 BOBINA POR 50 METROS	4	MTS	\$ 484,71	\$ 1.938,84	\$ 18,60	\$ 104,23		
16 MM EXT X 1/4 GAS INT.	6	UNI	\$ 373,76	\$ 2.242,56	\$ 21,49	\$ 104,35	4/10/2021	SUPERMERCADO DE LOS FILTROS
1/2 CAÑO X 1/4 GAS COMPLETA	6	UNI	\$ 650,83	\$ 3.904,98	\$ 37,42	\$ 104,35		
CABLE TIPO TALLER 4X4 MM	10	MTS	\$ 416,19	\$ 4.161,94	\$ 39,68	\$ 104,88	19/10/2021	PROYECCIÓN ELECTROLUZ
GUARDAMOTOR AUTOMÁTICO 16-20A	1	UNI	\$ 10.947,71	\$ 10.947,71	\$ 104,38	\$ 104,88		
FICHA L PN-3 X 32/ NA.	1	UNI	\$ 675,00	\$ 675,00	\$ 6,44	\$ 104,88		
RIEL SECCIONABLE - LONG 1MT X 35MM	0,1	MTS	\$ 618,99	\$ 61,90	\$ 0,59	\$ 104,88		
TERMINAL PREAISLADO TERMOPLÁSTICO C-11	20	UNI	\$ 11,05	\$ 221,02	\$ 2,11	\$ 104,88		
FICHA MACHO 32A 3P+N+T 380V IP44 - IEC309	1	UNI	\$ 1.638,54	\$ 1.638,54	\$ 15,58	\$ 105,15	28/10/2021	PROYECCIÓN ELECTROLUZ
TERMINAL PREAISLADO TERMOPLÁSTICO C-11	20	UNI	\$ 11,05	\$ 221,02	\$ 2,10	\$ 105,15		
SELECTORA MOLITICA PLASTICA D22	1	UNI	\$ 1.080,17	\$ 1.080,17	\$ 10,27	\$ 105,15		
SELECTORA 3 POSICIONES FIJAS 2NA	1	UNI	\$ 1.165,97	\$ 1.165,97	\$ 11,09	\$ 105,15		
SEÑALIZADOR COMP IP54 - VERDE CEW SEM26 24V	1	UNI	\$ 1.000,85	\$ 1.000,85	\$ 9,52	\$ 105,15		
FUENTE SWITCHING 12V-30A + COSTO ENVÍO	1	UNI	\$ 2.911,49	\$ 2.911,49	\$ 27,52	\$ 105,79	11/11/2021	LIBERTECH SRL (POR ML)
VÁLVULA DE SEGURIDAD MODE. 1700 CON CERTIFICADO (usd)	5	UNI	\$ 412,00	\$ 225.920,20	\$ 2.060,00	\$ 109,67	19/1/2022	SERVICIOS INDUSTRIALES FLUODINAMICOS
PRESOSTATO KP 36 2-14 BAR (usd)	1	UNI	\$ 74,82	\$ 8.205,28	\$ 74,82	\$ 109,67		

3/8 GAS X 1/4 GAS	5	UNI	\$ 219,42	\$ 1.097,10	\$ 9,13	\$ 120,12	27/4/2022	SUPERMERCADO DE LOS FILTROS
16MM EXT X 1/4 GAS INT	5	UNI	\$ 414,67	\$ 2.073,35	\$ 17,26	\$ 120,12		
3/8 ROSCA GAS	5	UNI	\$ 552,27	\$ 2.761,35	\$ 22,99	\$ 120,12		
1/2 GAS HEMBRA X 3/8 GAS MACHO	5	UNI	\$ 414,05	\$ 2.070,25	\$ 17,23	\$ 120,12		
CARCAZA PLASTICA 2M3 C/FILTROS	1	UNI	\$ 18.648,35	\$ 18.648,35	\$ 151,98	\$ 122,70	12/5/2022	SUPERMERCADO DE LOS FILTROS
MANGUERA ASPIRAPOLVO LEWI USA 700/055	1,5	UNI	\$ 2.098,51	\$ 3.147,77	\$ 25,65	\$ 122,70		
TOTAL QUARTZ 7000 10W-40	1	UNI	\$ 9.488,60	\$ 9.488,60	\$ 77,33	\$ 122,70		
RECYCLON H PRESION HIDROCARBURO AMARILLO	2	UNI	\$ 304,96	\$ 609,92	\$ 4,97	\$ 122,70		
PULSADOR EMERGENCIA C/RETENCION	1	UNI	\$ 1.043,66	\$ 1.043,66	\$ 8,29	\$ 125,88	1/6/2022	PROYECCIÓN ELECTROLUZ
BASE FIJACION	1	UNI	\$ 199,82	\$ 199,82	\$ 1,59	\$ 125,88		
BLOQUE CONTACTO AUXILIAR	1	UNI	\$ 376,80	\$ 376,80	\$ 2,99	\$ 125,88		
CAJA PLASTICA ESTANCA	1	UNI	\$ 975,31	\$ 975,31	\$ 7,75	\$ 125,88		
PRENSACABLE 1/2"	1	UNI	\$ 59,98	\$ 59,98	\$ 0,48	\$ 125,88		
PRENSACABLE 5/8"	1	UNI	\$ 88,71	\$ 88,71	\$ 0,70	\$ 125,88		
PRENSACABLE 3/4"	1	UNI	\$ 80,09	\$ 80,09	\$ 0,64	\$ 125,88		
TOTAL				\$ 670.366	\$ 7.330	https://www.lanacion.com.ar/dolar-oficial-historico/		