



**FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

TESIS

**DISEÑO DE MÁQUINA COMPACTADORA DE
VIRUTA METÁLICA CON CAPACIDAD DE 20 KG/H
PARA LA EMPRESA “INGLEBY SAC” – MOTUPE,
LAMBAYEQUE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO
ELECTRICISTA**

Autor:

Zúñiga Acosta, Daniel

Asesor:

Dr. Olortegui Yume Jorge, Ph.D.

Línea de investigación:

Ingeniería de Procesos Productivos

Pimentel – Perú

2019

Título de la tesis

**DISEÑO DE MÁQUINA COMPACTADORA DE VIRUTA METÁLICA CON
CAPACIDAD DE 20 KG/H PARA LA EMPRESA “INGLEBY SAC” – MOTUPE,
LAMBAYEQUE**

Aprobación de la tesis

Daniel Zúñiga Acosta

Autor

Dr. Olortegui Yume Jorge, Ph.D.

Asesor Metodológico/Especialista

Msc. Rojas Coronel Ángel Marcelo

Presidente de Jurado

Mg. Sánchez Castro Cesar Manuel

Secretario(a) de Jurado

Mg. Alvarado Silva Carlos

Vocal/Asesor de Jurado

DEDICATORIA

A mi madre por ser el pilar y la inspiración en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como para la vida, por su incondicional apoyo y amor mantenido a través del tiempo.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ella.

AGRADECIMIENTO

Los resultados de este proyecto, están dedicados a todas aquellas personas que, de alguna forma, son parte de su culminación.

A mis compañeros de carrera, por los incontables trabajos realizados que permitieron que este en el final de la misma, a los docentes, que, gracias a sus experiencias y formas de enseñar, hicieron que tenga una visión más amplia sobre esta profesión.

Agradecer a mis asesores de tesis, por brindarme la metodología adecuada para la ejecución, y enseñarme sobre todo el valor de la responsabilidad; a mi asesor especialista por las pautas brindadas durante el desarrollo de tesis, para lograr llegar a la meta de lo formulado.

RESUMEN

En la presente investigación titulada “Diseño de máquina compactadora de viruta metálica con capacidad de 20 kg/h para la empresa INGLEBY SAC – Motupe, Lambayeque”, se describe la problemática que se da en la empresa al omento del manejar los residuos sólidos en sus actividades de maquinado y se realiza el diseño mecánico y modelado 3D de la solución a esta problemática, mediante una maquina capaz de reducir los volúmenes de viruta en briquetas compactadas, generando ingresos a la empresa por la venta de las mismas.

El abordaje metodológico se tomó según las etapas empleando analítico – sintético, deductivo e inductivo, para lograr dar solución a la problemática presentada, en base a la bibliografía consultada y la entrevista con personal de la empresa se determinaron los parámetros necesarios para el diseño de la máquina compactadora de viruta metálica en funciones a los requerimientos, optando finalmente por un sistema hidráulico para proveer la fuerza de compactación.

Para lograr la compactación se seleccionó un sistema de potencia hidráulica de 5.5 kW, para formar las briquetas de 7 cm de diámetro y 5 cm de alto, la fuerza será ejercida mediante un cilindro hidráulico que trabaja a 250 bar de presión, la alimentación de la cámara se da mediante un sistema de tolva de carga y un alimentador helicoidal, tipo Shaftless, mediante el software Simulation de SolidWorks, se logró validar el diseño de los componentes encontrándose el factor de seguridad mínimo de 3.35 en el caso de la tolva de carga, se calculó un presupuesto de S/. 7998.75 para desarrollar el proyecto.

Palabras clave: Compactadora, Diseño, Hidráulica, Solidworks, Viruta metálica.

ABSTRACT

In the present investigation entitled "Design of a metal chip compactor with a capacity of 20 kg / h for the company INGLEBY SAC - Motupe, Lambayeque", describes the problems that occur in the company at the moment of managing solid waste in its machining activities and the mechanical design and 3D modeling of the solution to this problem is carried out, by means of a machine capable of reducing the chip volumes in compacted briquettes, generating income for the company by selling them.

The methodological approach was taken according to the stages using analytical - synthetic, deductive and inductive, to achieve a solution to the presented problem, based on the consulted bibliography and the interview with company personnel the necessary parameters for the design of the metal chip compactor machine in function to the requirements, finally opting for a hydraulic system to provide the force of compaction.

To achieve the compaction, a hydraulic power system of 5.5 kW was selected, to form the briquettes of 7 cm in diameter and 5 cm high, the force will be exerted by means of a hydraulic cylinder that works at 250 bar of pressure, feeding the camera is given by a system of load hopper and a helical feeder, type Shaftless, by means of the software Simulation of SolidWorks, it was possible to validate the design of the components finding the minimum safety factor of 3.35 in the case of the loading hopper, a budget of S /. 7998.75 to develop the project.

Keywords: Compactor, Design, Hydraulics, Solidworks, Metallic chip.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Realidad problemática.....	1
1.2. Antecedentes de estudio.....	3
1.2.1. Nivel Internacional.....	3
1.2.2. Nivel Nacional.....	4
1.2.3. Nivel local.....	6
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	6
1.3.1. Máquina compactadora.....	6
1.3.2. Clasificación de máquinas compactadoras.....	7
1.3.3. Viruta metálica.....	9
1.3.4. Reciclaje de viruta metálica.....	11
1.3.5. Briqueteado.....	12
1.3.6. Partes principales de una máquina compactadora.....	14
1.3.7. Principios de funcionamiento.....	15
1.3.8. Componentes de la máquina compactadora.....	19
1.3.9. Diseño de máquina compactadora de viruta.....	25
1.3.10. Normativa.....	29
1.3.11. Definición de términos.....	29
1.4. Formulaciòn del problema.....	31
1.5. Justificación e importancia.....	31
1.5.1. Técnica.....	31

1.5.2.	Económica	31
1.5.3.	Social	31
1.5.4.	Ambiental	32
1.6.	Hipòtesis	32
1.7.	Objetivos	32
1.7.1.	Objetivos general	32
1.7.2.	Objetivos específicos	32
II.	MATERIAL Y MÉTODO	33
2.1.	Tipo y diseño de investigación	33
2.1.1.	Tipo de investigación	33
2.2.	Variables,Operacionalizaciòn	33
2.2.1.	Variables para el sistema de estructura de máquina compactadora.....	34
2.2.2.	Operacionalización	35
2.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	37
2.3.1.	Métodos de investigación	37
2.3.2.	Técnicas de recolección de datos.....	38
2.3.3.	Instrumentos de recolección de datos.....	38
2.3.4.	Procedimientos de recolección de datos	39
2.3.5.	Diagrama de flujo del desarrollo de actividades	41
2.4.	Procedimientos de análisis de datos	41
2.5.	Criterios éticos	41
2.6.	Criterios de rigor científico	42
III.	RESULTADOS.....	43
3.1.	Resultados en tablas y figuras.....	43
3.1.1.	Caja negra.....	43

3.1.2.	Estructura de funciones	44
3.1.3.	Matriz morfológica.....	45
3.1.4.	Conceptos de solución.....	46
3.1.5.	Evaluación de soluciones.....	46
3.1.6.	Proyecto preliminar	49
3.1.7.	Características de la viruta	51
3.1.7.1.	Tipo de virutas	51
3.1.7.2.	Densidad	51
3.1.7.3.	Geometría de briquetas	51
3.1.7.4.	Fuerza de compactación.....	52
3.1.8.	Càlculo de componenetes	52
3.1.8.1.	Cámara de compactación	52
3.1.8.2.	Cilindro de compactación	54
3.1.8.3.	Cilindro de expulsión.....	57
3.1.8.4.	Bomba hidráulica	58
3.1.8.5.	Válvulas hidráulicas.....	62
3.1.8.6.	Conductor hidráulico	65
3.1.8.7.	Fluido hidráulico.....	66
3.1.8.8.	Perdidas de presión	66
3.1.8.9.	Motor eléctrico.....	68
3.1.8.10.	Alimentador	70
3.1.8.11.	Motorreductor	73
3.1.8.12.	Rodamiento	77
3.1.8.13.	Eje corto	80
3.1.9.	Anàlisis por metodo de elementos finitos	83
3.1.9.1.	Tolva de carga.....	84
3.1.9.2.	Alimentador helicoidal.....	86

3.1.9.3.Estructura de soporte.....	89
3.2. Discusión de resultados	93
3.3. Propuesta de investigación.....	96
3.3.1. Especificaciones técnicas	97
3.3.2. Características.....	97
3.3.3. Presupuesto.....	97
3.3.4. Evaluación económica.....	99
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	101
4.1. Conclusiones.....	101
4.2. Recomendaciones	102
REFERENCIAS	103
ANEXOS.....	106

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Instalaciones de INGLEBY SAC	2
Ilustración 2: Evolución de las máquinas compactadoras	7
Ilustración 3: Máquina compactadora vertical	7
Ilustración 4: Máquina compactadora horizontal de triple etapa	8
Ilustración 5: Viruta metálica continua	9
Ilustración 6: Viruta metálica ondulada.....	10
Ilustración 7: Viruta segmentada de Titanio.....	11
Ilustración 8: Línea de reciclaje de virutas metálica	12
Ilustración 9: Viruta metálica briqueteada y suelta	12
Ilustración 10: Máquina briqueteadora.....	13
Ilustración 11: Máquina briqueteadora industrial.....	13
Ilustración 12: Componentes principales de una máquina compactadora.....	14
Ilustración 13: Representación del principio de Pascal	16
Ilustración 14: Representación de ecuación de continuidad.....	17
Ilustración 15: Curva Esfuerzo – Deformación para materiales dúctiles	18
Ilustración 16: Circuito hidráulico.....	19
Ilustración 17: Aceite hidráulico	20
Ilustración 18: Deposito hidráulico	20
Ilustración 19: Filtro hidráulico.....	21
Ilustración 20: Bomba hidráulica de lóbulos	22
Ilustración 21: Bomba de pistones en línea	22
Ilustración 22: Cilindro hidráulico	23
Ilustración 23: Mangueras hidráulicas.....	23
Ilustración 24: Válvula de seguridad	24

Ilustración 25: Válvula de caudal	24
Ilustración 26: Válvula anti – retorno.....	25
Ilustración 27: Válvulas de distribución.....	25
Ilustración 28: Diagrama de flujo del desarrollo de actividades	41
Ilustración 29: Diagrama de caja negra	43
Ilustración 30: Diagrama de estructura de funciones	44
Ilustración 31: Matriz morfológica.....	45
Ilustración 32: Representación cartesiana de valores	48
Ilustración 33: Esquematización de solución preliminar.....	49
Ilustración 34: Representación del circuito hidráulico	50
Ilustración 35: Cilindro tipo KZ GLUAL.....	54
Ilustración 36: Longitud de pandeo según sujeción	55
Ilustración 37: Selección de diámetro para pandeo	56
Ilustración 38: Diagrama de movimientos	59
Ilustración 39: Bomba oleo hidráulica MUST	60
Ilustración 40: Seleccìon de la bomba olehidraulica MUST.....	61
Ilustración 41: Caracterìsticas de la bomba olehidraulica MUST.....	61
Ilustración 42: V`lvula hidràulica de 4 posiciones 3v`as	63
Ilustración 43: Monoblock de v`lvulas direccionales	63
Ilustración 44: Representaci`n simb`lica del relè.....	63
Ilustración 45: Representaci`n funcional del relè	63
Ilustración 46:Representaci`n funcional del conector.....	63
Ilustración 47:Representaci`n interna del solenoide	64
Ilustración 48:Esquema elèctrico de Maquina compactadora de viruta metalica	64
Ilustración 49: Comportamiento de un fluido.....	69

Ilustración 50: Motor eléctrico WEG 112M.....	69
Ilustración 51: Acople flexible	69
Ilustración 52: Brida bomba motor DIN tipo C.....	70
Ilustración 53: Helicoidal Shaftless de medio paso.....	70
Ilustración 54: Helicoidal Shaftless de medio paso.....	72
Ilustración 55: Grafico para selección de potencia motoreductor	76
Ilustración 56: Motorreductor NORD SK1 SI50.....	77
Ilustración 57: Rodamiento YAR206 con brida FYC	80
Ilustración 58: Representación 3D eje corto.....	80
Ilustración 59: Factor de seguridad Tolva de carga.....	85
Ilustración 60: Esfuerzo de Von Misses Tolva de carga	85
Ilustración 61: Desplazamiento de Tolva de carga.....	86
Ilustración 62: Fuerzas sobre helicoidal – eje	87
Ilustración 63: Esfuerzo de Von Misses helicoidal – eje	87
Ilustración 64: Desplazamiento helicoidal – eje.....	88
Ilustración 65: Factor de seguridad helicoidal – eje	88
Ilustración 66: Fuerzas sobre estructura de compactación	89
Ilustración 67: Factor de seguridad estructura de compactación.....	89
Ilustración 68: Estructura de compactación de perfil cuadrado de 30x30x5mm	90
Ilustración 69: Factor de seguridad 02 de estructura de compactación.....	90
Ilustración 70: Máquina compactadora de viruta metálica.....	96

Índice de tablas

Tabla 1: Operacionalización de variables.....	36
Tabla 2: Valores VDI 2225	47
Tabla 3: Evaluación técnica de soluciones	47
Tabla 4: Evaluación económica de soluciones	48
Tabla 5: Características del cilindro de compactación	56
Tabla 6: Características del cilindro de expulsión.....	58
Tabla 7: Secuencia de operación para una briqueta	59
Tabla 8: Secuencia de operación para una briqueta	65
Tabla 9: Factor de capacidad según paso del helicoidal.....	71
Tabla 10: Coeficiente de resistencia y relleno del material.....	73
Tabla 11: Coeficiente de inclinación del transportador.....	74
Tabla 12: Factor f_0 para rodamientos.....	78
Tabla 13: Factores X – Y para modificación de carga	79
Tabla 14: Características mecánicas para acero AISI 1020	81
Tabla 15: Concentradores de esfuerzo para cuñeros	82
Tabla 16: Visualización de resultados del estudio de diseño	84
Tabla 17: Resistencia a la tensión según electrodo AWS	92
Tabla 18: Características técnicas de los componentes	94
Tabla 19: Geometría de diseño de piezas metálicas	95
Tabla 20: Especificaciones técnicas de la máquina.....	97
Tabla 21: Cotización de máquina compactadora de viruta.....	98
Tabla 22: Flujo de caja económico.....	99

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Debido al crecimiento urbano experimentado en las últimas décadas, también se observa un crecimiento industrial, trayendo como consecuencia un alto impacto ambiental, pues es un sector contaminante por la peligrosidad y cantidad de sus residuos. Solo en Europa se generan 269.69 millones de toneladas de viruta metálica, producto de las actividades manufactureras, siendo Alemania el mayor productor generando 56.5 millones de toneladas al año (EuroStat, 2017). El precio de venta en el mercado mundial varía según la calidad de la viruta y va desde los 100 €/tonelada, para las virutas mezcladas hasta los 1200 €/tonelada de viruta de latón (Sociedad Pública de Gestión Ambiental [IHOBE], 2012). Una de las opciones para el procesamiento de las virutas es el briqueteado, mediante el uso de máquinas hidráulicas, se comprimen estas en briquetas de 1Kg a 3 Kg, estas máquinas tienen capacidades entre 30 – 500 Kg/h, generalmente y los costos en el mercado mundial varían entre los 5000 a 6000 euros, y generan ahorros de hasta 4000 euros anuales, logrando una amortización del costo de implementación en año y medio (Mariño, 2016).

A nivel nacional existen 8782 empresas registradas, que indican como su actividad económica la fabricación de productos metálicos para uso estructural, Código CIU – 2811 (Clasificación Industrial Internacional Uniforme), esto sin contar los talleres informales o de menor escala que también generan virutas metálicas en sus procesos de manufactura (Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria [SUNAT], 2017). Para estas empresas adquirir equipos compactadores resulta altamente costoso, debido a que son fabricados en el extranjero, y las opciones fabricadas de manera empírica, no cuentan con una base científica. dejando expuesto a los operarios a cualquier malfuncionamiento del equipo y poniendo en riesgo su seguridad.

En la ciudad de Motupe desarrollan sus actividades varias empresas agroindustriales y plantas de procesamiento, en algunos casos estas industrias cuentan con talleres de mecanizado al interior de las mismas para disminuir costos de reparación, generando

residuos como las virutas metálicas. Estas empresas no cuentan con sistemas de reciclaje de viruta metálica mediante máquinas compactadoras o similares, no se encuentra mucha difusión de esta tecnología para el procesamiento de los residuos. Se limitan a almacenar la viruta para posteriormente trasladarla a un botadero local o venderla al chatarreo, haciendo evidente el desconocimiento de los beneficios que trae la implementación de sistemas de reciclaje (Gerencia Nacional de Recursos Naturales y Gestión Ambiental, 2016)

La empresa “INGLEBY SAC” se encuentra ubicada en el kilómetro 55 de la carretera Panamericana Norte, en el distrito de Motupe. La empresa se dedica a la actividad agroindustrial, cuenta con 958 hectáreas para el cultivo, procesamiento y exportación de frutos como palta, uvas y arándanos a los mercados de Europa y Estados Unidos. Inicio sus actividades en diciembre del 2012, en la actualidad sigue activo y tiene como gerente general al señor Pablo Ferreyros Cabieses. La empresa posee diversas áreas, la zona de siembre, las áreas de procesamiento, los silos de almacenamiento, y el área de mantenimiento para su maquinaria agrícola.



Ilustración 1: Instalaciones de INGLEBY SAC
Fuente: EOM Grupo

La empresa INGLEBY SAC ha venido operando en la forma tradicional para el manejo de los desperdicios metálicos entre ellos la viruta. Este procedimiento consiste en acumular la viruta y otros elementos metálicos en la parte posterior de la empresa hasta que sea conveniente transportarlo a un botadero a las afueras de la ciudad. Este procedimiento presenta varias desventajas como la disminución del espacio de operación de la propia institución debido a la cantidad de viruta acumulada hasta que se produzca el transporte. Asimismo, el transporte de la viruta implica un gasto adicional a la empresa debido al uso de personal y alquiler de unidades para esta operación. Adicionalmente, la empresa pierde dinero al no reciclar esta viruta para su venta. La gerencia de la empresa ha convenido que una buena opción de solución sería la adquisición de una máquina comercial para compactado de viruta, sin embargo, también considera que el diseño y fabricación propia de esta máquina sería una opción deseable considerando la reducción de costos que esto implica. Según muestreos de producción realizados en el área de mantenimiento, para los trabajos de torneado y maquinado, se encontró que, en el periodo de una hora, se tiene una producción de viruta a razón de 20Kg/h, por este motivo se estableció que esta debe ser la capacidad de la máquina.

En esta investigación se plantea el diseño de una máquina compactadora de viruta para la empresa INGLEBY SAC de la ciudad de Motupe para mejorar el manejo de residuos metálicos y generar nuevos ingresos productos de la venta de viruta compactada.

1.2. Antecedentes de estudio

1.2.1. Nivel internacional.

Aquino, Gonzales, Nava, Orozco & Portillo (2016) diseñaron un prototipo de máquina neumática compactadora de aluminio residual y realizaron pruebas de control al equipo. Se recolectó viruta metálica generada en el taller, para ser usado en pruebas y muestreos a diferentes masas y presiones, y pruebas según la forma prismática sin tomar en cuenta la masa, luego se construyó el prototipo en base a los resultados. Se necesita una presión mínima de 120 Pa, el accionamiento presenta fallas si no se completa la carrera del pistón, debiéndose reanudar el sistema de manera manual, y el accionamiento manual requiere repetir la carrera y regreso del

vástago. Los cilindros neumáticos alcanzaron la presión necesaria para la compactación, la máquina se puede accionar de manera manual o automática, mediante el uso de PLC.

Garrido (2007) diseñó una máquina briquetadora de viruta de acero para la Maestranza Valdivia en Chile, para facilitar el transporte hacia los puntos de reciclaje. Las necesidades fueron establecidas por la Maestranza, teniendo en cuenta los materiales que emplean generalmente, el desarrollo del diseño empezó en un prototipo, el cual se fue adecuando a medida que se avanzaba el proyecto, optando finalmente por un sistema hidráulico, para proveer la presión. Se generan 750 kg de viruta de Acero SAE 3415, por lo cual se empleó un acero SAE 1045, para la construcción de los componentes principales, se produjeron briquetas de 6.8 cm de altura y de 15 cm de diámetro, para abastecer la demanda de la empresa, la construcción de la máquina tuvo un costo de \$ 2.802.33. El uso del software Mechanical Desktop 6.0, fue muy beneficioso para los cálculos, significando un gran ahorro de tiempo al momento de seleccionar los componentes estructurales de la máquina.

1.2.2. Nivel nacional.

Urlich (2014) elaboró un plan de manejo de residuos sólidos de una empresa de importación, comercialización y mantenimiento de maquinaria pesada para minería. Se analizó las actividades mediante un estudio de caracterización y clasificación durante un periodo de 5 días. Las actividades del estudio durante las jornadas de trabajo incluían actividades como: pesaje, determinación del volumen, clasificación y adecuada disposición de los residuos. Según los resultados se genera 399.4 kg de desechos diariamente, que equivalen a un promedio de $3.4 m^3$, de este total 69.3 kg fueron catalogados como residuos peligrosos (sólidos y aceites lubricantes residuales) y los restantes 330.06 como residuos no peligrosos, entre residuos aprovechables y desperdicios comunes (no aprovechables). Se cuenta con potencial para segregación, reciclaje y comercialización de residuos aprovechables hasta en un 75.8 % de los residuos sólidos, generando un ahorro del 71.3% en los costos de transporte y almacenamiento.

ABYPER (2015) , las máquinas para briquetas o briqueteadoras Abyper producen briquetas a partir de viruta de residuos de madera, aserrín, chips y trozos de ramas, residuos de papel o cartón, fibras textiles y una larga lista de sub productos industriales, sin el uso de ningún tipo de aglomerante añadido, logrando un prensado sólido y uniforme, gracias a un compuesto propio de la madera llamado “lignina”, que cumple las funciones de pegamento natural. El uso para el que se destinan las briquetas, son generar calor en chimeneas y estufas domésticas, así como, en hornos y calderas industriales. Las briquetas producidas por las máquinas para briquetas Abyper, pueden adoptar formas cilíndricas o cuadradas. Las briqueteadoras Abyper producen briquetas ultra compactas, lo que se traduce en un poder calorífico muy superior al de la leña, encendido más rápido y seguro que no genera humo ni olores, además que, colabora con la naturaleza evitando la tala indiscriminada de árboles.

Fernandez (2012) el objetivo fue caracterizar y evaluar las propiedades físico-químicas de la biomasa residual maderable y agrícola y su transformación en briquetas para su uso sostenible como fuente generadora de energía y determinar su viabilidad técnica y económica, utilizándose tres tipos de residuos: aserrín, cascarilla de arroz y cascarilla de café. De los análisis de laboratorio en las tres muestras utilizadas se determinó el contenido de humedad, contenido de ceniza, contenido de volatilidad, contenido de carbono fijo y poder calorífico superior e inferior. Además, se realizó una prueba de resistencia de las briquetas fabricadas y duración en cuanto a generación de calor. Asimismo, se realizó prueba de resistencia a humedad y duración en cuanto a generación de energía. Según los resultados obtenidos, se concluye que el aserrín es una de las mejores alternativas en la generación de energía, por mostrar elevado poder calorífico superior, mejor compactación y mayor resistencia. Desde el punto de vista técnico económico, se ha demostrado que la producción de briquetas es altamente rentable,

1.2.3. Nivel local.

En Lambayeque, la realización del diseño y creación de una maquina compactadora de viruta no se ha aplicado a empresas de ningún sector, no existen indicios de haberse realizado este tipo de proyectos a pesar de la demanda (empresas de torneado y fresado, empresas metálicas, empresas soldadoras, etc.)

Tal es así que se presentó la oportunidad de realizar este proyecto en la empresa INGLEBY S.A.C, la cual presenta en el área de mantenimiento un alto porcentaje de desperdicio metálico y por ende se presentan problemas como, la disminución del espacio de operación dentro de la empresa, asimismo, el transporte de la viruta generando esto un gasto adicional a la empresa debido al uso de personal y alquiler de unidades para esta operación, adicionalmente pérdida de dinero al no reciclar esta viruta para su venta.

La gerencia de la empresa consideró que una buena opción de solución sería el diseño y fabricación de esta máquina compactadora de viruta, la cual es una opción deseable considerando la reducción de costos que esto implica. Según muestreos de producción realizados en el área de mantenimiento, para los trabajos de torneado y maquinado, se encontró que, en el periodo de una hora, se tiene una producción de viruta a razón de 20Kg/h, por este motivo se estableció que esta debe ser la capacidad de la máquina.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Máquina compactadora

Permiten disminuir el volumen de los residuos mediante la aplicación de fuerza sobre estos. Generalmente se emplean sistemas hidráulicos para poder lograr las presiones necesarias para la compactación. El principal objetivo es reducir el tamaño para reducir costos de almacenamiento, mejorar el manejo de residuos y hasta el reciclaje. (Fuentes, 2011)

Con el transcurso del tiempo estas máquinas han ido evolucionado, en productividad, tamaño y trabajo empleado, pasando de accionamiento manual mediante el uso de palancas hasta el uso de pistones hidráulicos, montados en estructuras más elaboradas.



1.3.2. Clasificación de máquinas compactadoras

Existen diversos tipos siendo los más conocidos por la orientación del pistón compactador se encuentran los sistemas horizontal y vertical.

a) Máquina compactadora vertical

Destacan por su reducido tamaño, bajo nivel sonoro, y costo más accesible, aunque presentan una menor productividad, generalmente tienen una sola etapa de compactación mediante un cilindro hidráulico que baja sobre el material a compactar. La carga de esta máquina es de manera manual y discontinua.



b) Máquina compactadora horizontal

Son de mayor tamaño en comparación con las verticales, ofreciendo una mayor productividad, pueden encontrarse equipos estáticos con carga manual hasta máquinas de alimentación continua para grandes volúmenes de procesamiento. Se subdividen en las siguientes:

Doble etapa: adicionan una etapa de compactación angular, controlada neumáticamente, una vez cerrada la tolva, un segundo cilindro de alta capacidad compacta el material.

Triple etapa: el funcionamiento es similar a la anterior, agregando un cilindro hidráulico de mayor capacidad al costado de la máquina, logrando compactar en los ejes X, Y, Z.



*Ilustración 4: Máquina compactadora horizontal de triple etapa
Fuente: DAMAMT*

1.3.3. Viruta metálica

Se les llama a los fragmentos resultantes del proceso de mecanizado o corte, es de forma laminar y curvada o espiral, que se genera por las operaciones de desbaste, perforación, fresado sobre metales. Es considerado un residuo voluminoso y poco útil a pequeña escala, pero tiene varias aplicaciones dependiendo del tipo, como material para pulir con chorro a presión después de un tratamiento y triturado o como materia prima para fundición.

Tipos de virutas metálicas

Dependiendo de las condiciones de operación, material y acabado superficial, se pueden obtener diferentes tipos de viruta, presentándose con mayor frecuencia las siguientes:

a) Continua

Se forman al maquinar materiales dúctiles a altas velocidades de corte, producen buen acabado superficial, pero generan problemas al enredarse en la herramienta, la pieza y hasta la máquina y ductos de desecho, generando que se detenga las operaciones para la limpieza del espacio de trabajo. Este problema se puede evitar empleando rompe virutas en la herramienta de corte o variando los parámetros de maquinado.



b) Continua con borde acumulado

Consta de capas de material acumulado en forma gradual en la herramienta de maquinado, se vuelve inestable conforme aumenta de tamaño hasta romperse y desprenderse. Se observa con frecuencia en los procesos de metal mecánica. Se puede prevenir la aparición de esta viruta aumentando la velocidad de corte.

c) Ondulada

En todas las operaciones de corte o maquinado se desarrolla una curvatura o rizo de la viruta al separarse de la superficie, el radio de curvatura de la rosca aumenta a mayores profundidades de corte. El uso de fluidos de corte y lubricantes, influye la presencia de rizos en la viruta.



d) Parcialmente segmentada

También llamada escalonada son de forma semi continua, se presenta en metales con baja conductividad térmica y menor resistencia a medida que aumenta la temperatura, generando zonas de alta y baja deformación, se puede observar al trabajar piezas de titanio o sus aleaciones.



e) Totalmente discontinua

Se presenta al trabajar materiales frágiles a velocidades de corte muy bajas o muy altas con grandes profundidades de corte por vez o la falta de adecuada lubricación al momento del maquinado. Este tipo de viruta es perjudicial para el acabado superficial, así como para la herramienta de corte, reduciendo la vida útil de esta por causa de desgaste excesivo y vibraciones.

1.3.4. Reciclaje de viruta metálica

El reciclaje contribuye a mejorar la calidad ambiental ya que se requiere menor consumo energético para elaborar materiales a partir de residuos ya refinados en comparación con extraer el mineral de materiales en estado natural. Como es el caso del aluminio que mediante el reciclaje se logra ahorrar hasta un 90% de la energía necesaria para su producción.

La tecnología del briqueteado para virutas metálicas constituye un significativo avance tecnológico en las tendencias mundiales de reciclaje y producción sostenible. Esta práctica se puede realizar a mediana y gran escala, mediante el uso de máquinas briqueteadoras para talleres medianos o centros completos para el reciclaje de las virutas metálicas como el mostrado a continuación.



1.3.5. Briqueteado

Es el método de compactación preferido al momento de reducir virutas metálicas, por ser la adaptación que se obtiene de este proceso, generando bloques cilíndricos de diámetros variables, pudiendo trabajar tanto en bajas o medias producciones, adicionalmente en algunos casos se puede emplear aglutinantes para mejorar el resultado final.



a) Briqueteado sin aglutinantes

Requieren de mayores presiones de trabajo para lograr el correcto grado de cohesión entre las partículas, esto depende del tamaño y tipo de virutas a compactar. Se emplean cuando se desea recuperar los líquidos de corte empleados en el maquinado.



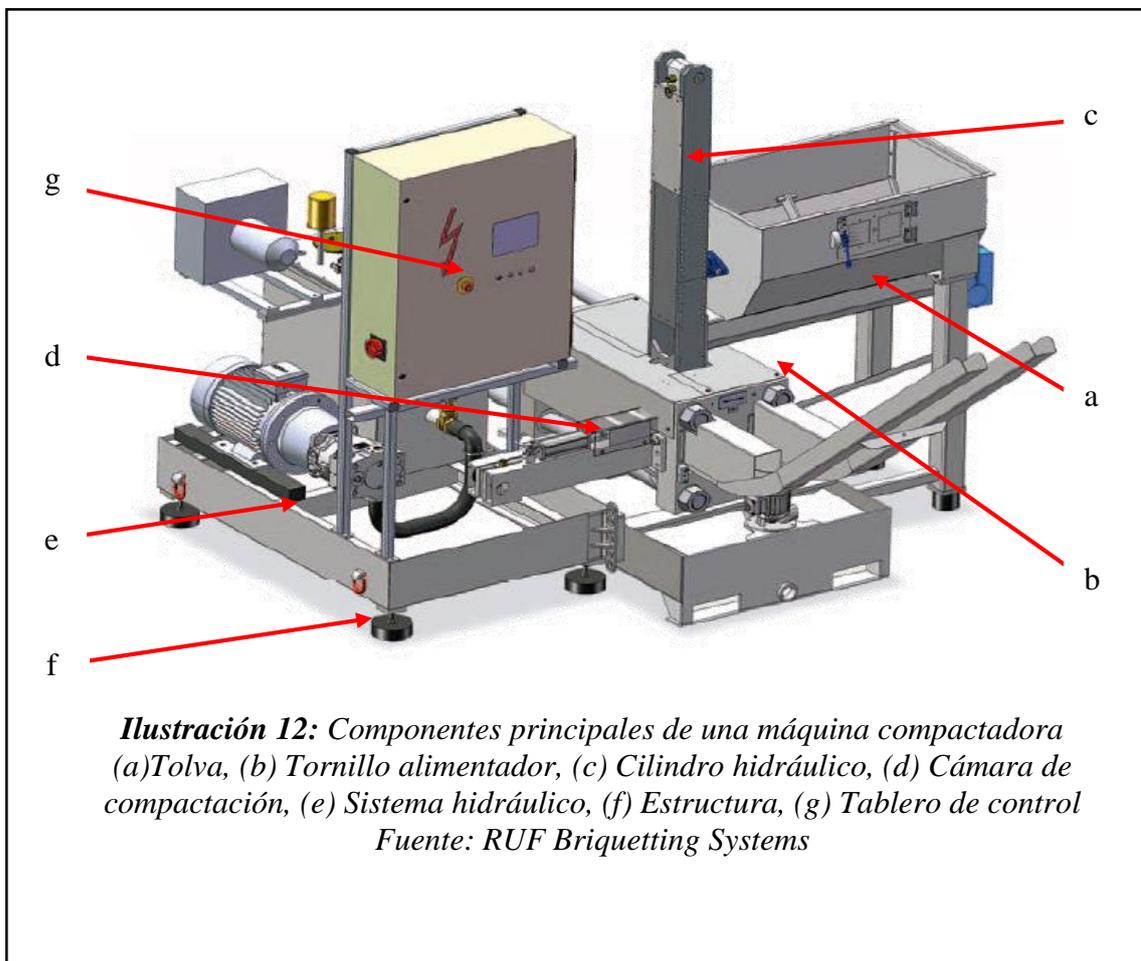
b) Briqueteado con aglutinantes

El uso de estos ayuda a mejorar la cohesión de algunos materiales, reduciendo el esfuerzo necesario para la compresión, el aglutinante empleado es a base de cal y melaza



1.3.6. Partes principales de una máquina compactadora

La máquina compactadora que requiere la empresa “INGLEBY SAC”, debe cumplir con la compactación de virutas metálicas producto de las actividades de la empresa mediante el uso de potencia hidráulica. La máquina compactadora está compuesta por los siguientes componentes: tolva de carga, tornillo transportador, cámara de compactación, cilindro de compactación, sistema hidráulico, sistema eléctrico (Darío, 2012).



a) Tolva

La tolva de carga es donde se almacena la viruta metálica, mientras aguarda ser transportada a la cámara de compactación, dependiendo el tipo de viruta se puede adecuar un agitador o no a la tolva.

b) Tornillo alimentador

Es el encargado de desplazar la viruta metálica de la tolva de carga hacia la cámara de compactación

c) Cilindro hidráulico

Provee la presión necesaria para la transformación de la viruta metálica en briquetas compactadas, mediante la fuerza ofrecida por el sistema hidráulico.

d) Cámara de compactación

Es un espacio confinado, altamente resistente a las presiones ejercidas por el cilindro sobre la viruta para moldear las briquetas.

e) Sistema hidráulico

Encargado de brindar la potencia y presión necesaria para el funcionamiento de la máquina, está compuesto por Bomba hidráulica, Tanque de aceite, Filtros, Mangueras, entre otros.

f) Estructura

También conocido como bastidor, es la estructura sobre la cual se montan los sistemas antes descritos, para asegurar que soporten los altos esfuerzos que ejerce la máquina

g) Tablero de control

En este lugar se encuentran los elementos de protección eléctrica y control de la máquina compactadora

1.3.7. Principios de funcionamiento

a) Hidráulica

Ciencia que estudia la transmisión y regulación de fuerzas de movimiento por medio de líquidos, agua o aceite. Emplea la transformación de energía mecánica o eléctrica en energía hidráulica, para hacer funcionar máquinas al final del proceso, mediante el aumento de presión de un fluido para emplearlo como trabajo útil.

Principio de Pascal

Se resume en la frase “la presión aplicada sobre un fluido incompresible y en equilibrio dentro de un recipiente de paredes indeformables se transmite con igual intensidad en todas las direcciones y en todos los puntos del fluido”.

La principal aplicación de este principio se observa en las prensas hidráulicas, la ecuación que lo describe es la siguiente:

$$P_1 = P_2 \quad \text{Ecuación (1)}$$

$$\therefore \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \quad \text{Ecuación (2)}$$

Donde

P_1 : Presión en el punto 1 [Pa]

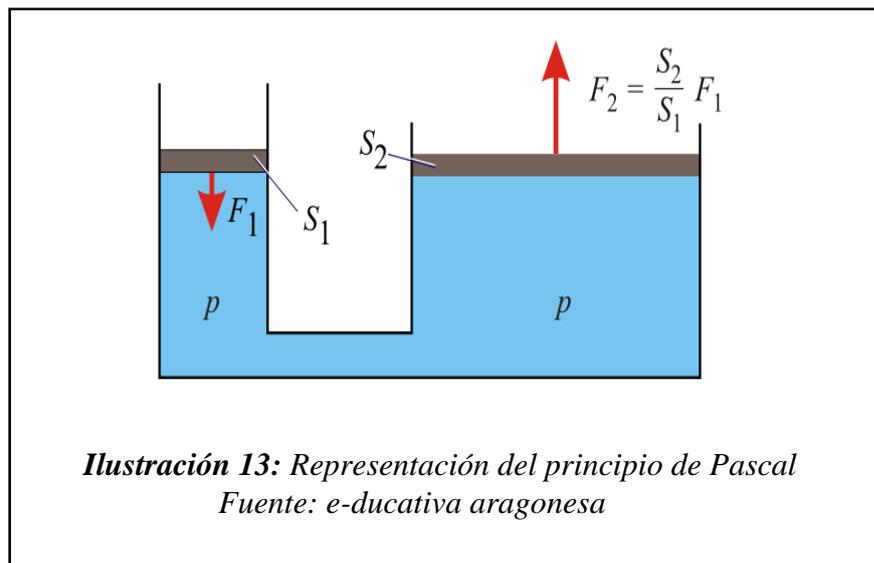
P_2 : Presión en el punto 2 [Pa]

F_1 : Fuerza en el punto 1 [N]

F_2 : Fuerza en el punto 2 [N]

S_1 : Área en la superficie 1 [m²]

S_2 : Área en la superficie 2 [m²]



Ecuación de continuidad

También conocida como conservación de la masa, establece que en dos secciones de una misma tubería la cantidad de masa que entra es igual a la que sale, en tuberías de diámetro variable, la velocidad cambia en relación al diámetro de la sección.

$$Q_1 = Q_2 \quad \text{Ecuación (3)}$$

$$\therefore S_1 \times v_1 = S_2 \times v_2 \quad \text{Ecuación (4)}$$

Donde

Q_1 : Caudal en el punto 1 [m^3/s]

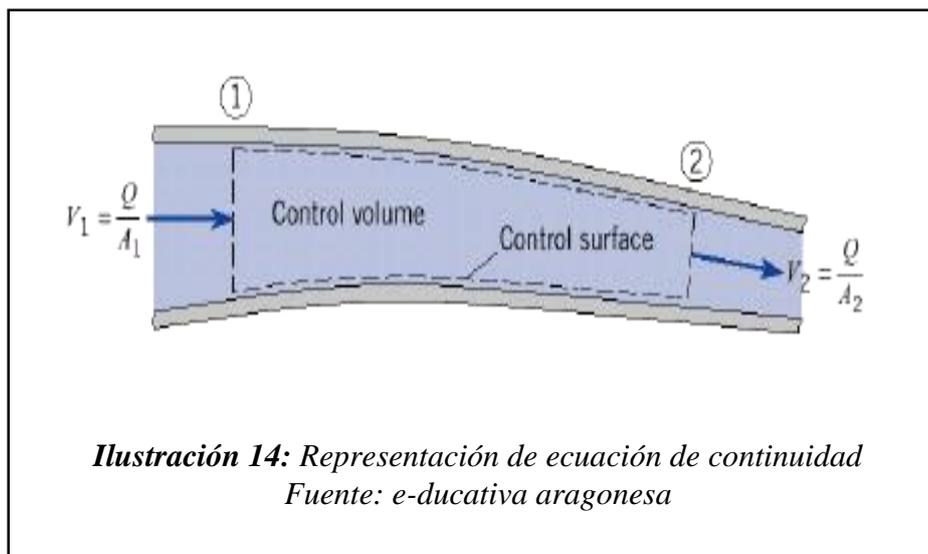
Q_2 : Caudal en el punto 2 [m^3/s]

S_1 : Área en la superficie 1 [m^2]

S_2 : Área en la superficie 2 [m^2]

v_1 : Velocidad en el punto 1 [m/s]

v_2 : Velocidad en el punto 2 [m/s]



b) Compactación

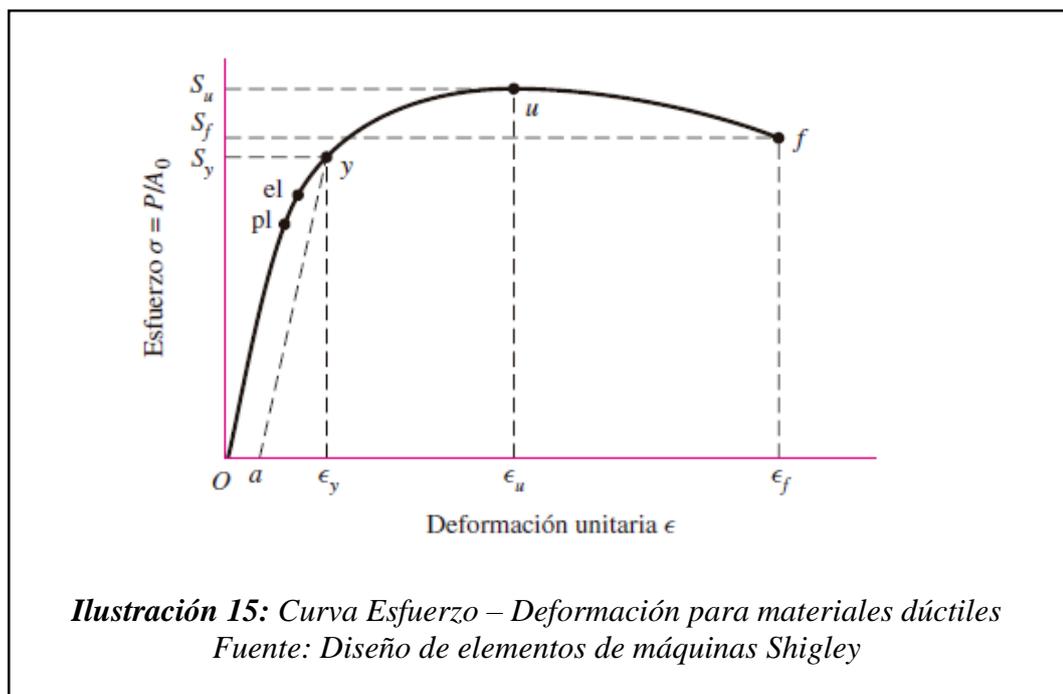
Se le denomina al proceso de aumentar la densidad de materiales, mediante la aplicación de fuerzas externas, en algunos casos se confina a espacios específicos para lograr dimensiones y pesos preestablecidos.

Esfuerzos

Las fuerzas que se ejercen al interior de un material se distribuyen a lo largo de toda su área, la denominación de esfuerzo hace referencia a la división de la fuerza entre la unidad de área, denominado por la sigma (σ), en el alfabeto griego, este parámetro se emplea para comparar la resistencia entre materiales, estableciendo un punto de referencia.

Deformación

Al momento de diseñar elementos mecánicos la resistencia del material no es el único parámetro a tener en cuenta, calcular las deformaciones longitudinales es de suma importancia para asegurarse de que se conserve las mismas dimensiones bajo las cargas que soporte la pieza. El cálculo de deformaciones o elongaciones está relacionado al esfuerzo aplicado y la deformación que este genera.



Límite de proporcionalidad (pl). Es el mayor esfuerzo en que la deformación es proporcional al esfuerzo aplicado, cumpliendo el módulo de Young.

Límite de elasticidad o límite elástico (el). Es la carga máxima que puede soportar un material sin generar deformaciones permanentes.

Punto de fluencia (y). Se presenta el máximo alargamiento del material sin necesidad de aumentar la carga.

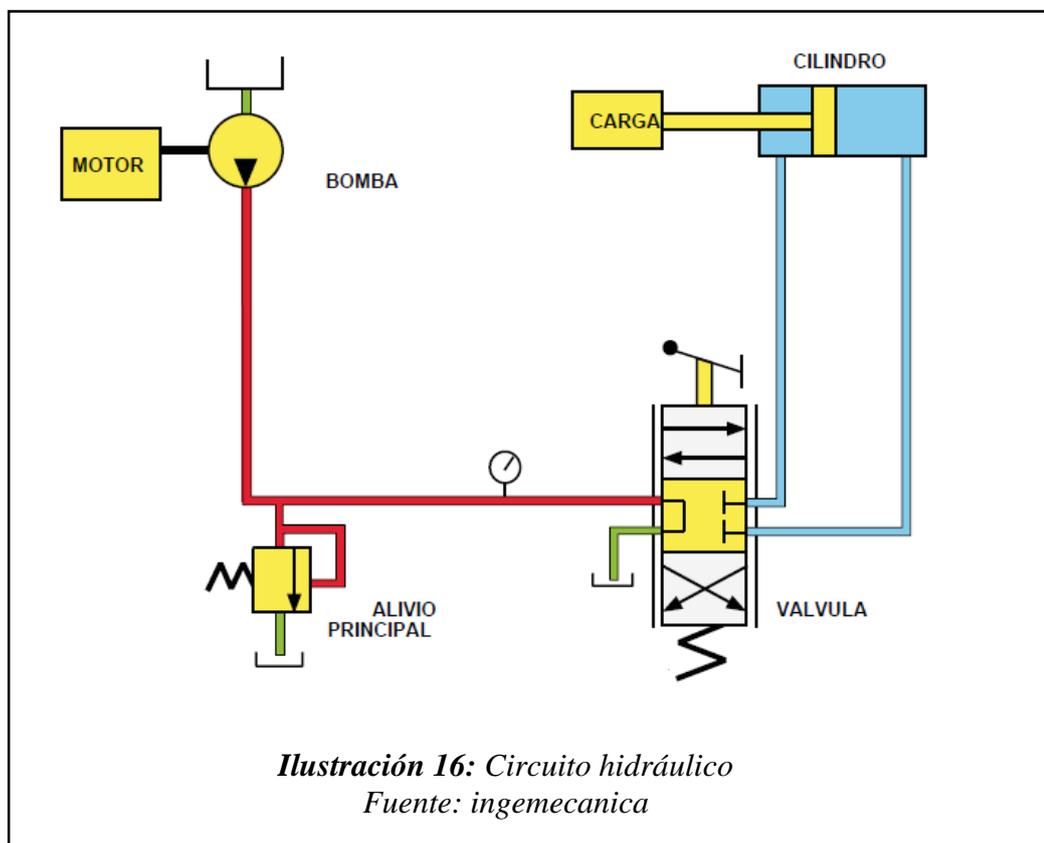
Esfuerzo máximo (u). El punto más alto en la gráfica esfuerzo –deformación.

Esfuerzo de Rotura (f). Esfuerzo real producido en el material durante la rotura.

1.3.8. Componentes de la máquina compactadora

Sistema hidráulico

Sistema de elementos interconectados empleados para el transporte de fluidos, estos regulan el flujo de fluido, el caudal y presión en estos, para ser empleados como fuerza en un actuador al final del circuito, según la velocidad y fuerza que se quiera ejercer.



Fluido hidráulico

Los fluidos empleados en circuitos hidráulicos de alta y baja presión deben cumplir con las siguientes características:

- Buenas propiedades de compresibilidad para determinado rango de aplicaciones.
- Brindar adecuada lubricación entre gomas y metales.
- No ser inflamable.
- No ser corrosivos o reactivos químicamente.
- Actuar como refrigerantes y disipador de calor.



Depósito hidráulico

Cumplen la función de almacenar el fluido hidráulico, estos pueden ser presurizados, estos están cerrados herméticamente para evitar ingreso de suciedad o humedad al tanque, y ventilados permiten compensar la presión cuando esta aumenta por efectos de temperatura o desnivel.



Filtros

A pesar de ser sistemas herméticos, se hace necesaria la filtración para evitar malfuncionamientos por suciedad producida en funcionamiento normal, generalmente afecta las bombas, en los dientes de engrane o émbolos, o válvulas de accionamiento electromecánico.



Ilustración 19: Filtro hidráulico
Fuente: ingemecanica

Bomba hidráulica

Es el elemento que genera el movimiento del fluido hidráulico al interior del circuito, se seleccionan en función a la presión y caudal que requiera el sistema, estos se expresan en Bares, Mega Pascales para la presión y Galones por minuto, Litros por hora o centímetros cúbicos por revolución para el caudal.

Bombas rotativas

Uno de los tipos más empleados son las bombas lobulares, que semejan a las bombas de engranes con un número reducido de dientes, se prefieren al uso de las anteriores

debido a que no presentan daños en los dientes por erosión o deformación baja presiones, se emplea para aumentar la presión en bajos caudales.



Bombas hidráulicas de pistones

Este tipo de bombas convierten el movimiento lineal alternado de los pistones en movimiento rotatorio, a la salida de un eje ranurada, generalmente se emplean para altas presiones y elevados caudales, son de construcción robusta para soportar los esfuerzos.



Cilindro actuador

Es el último elemento del sistema hidráulico, este convierte la energía de presión en energía mecánica lineal, mediante el empuje de cargas, pueden ser de simple o doble efecto. Para el caso de efecto simple el fluido hidráulico solo actúa en un sentido generalmente la impulsión del pistón, para regresar a su posición inicial se emplean muelles o en caso de bajos esfuerzos regresión manual. De manera contraria los cilindros de doble efecto pueden ejercer empuje en ambas direcciones mediante el cambio de fluido hidráulico entre una cámara y otra.



Ilustración 22: Cilindro hidráulico
Fuente: ingemecanica

Tuberías hidráulicas

Para el transporte de los fluidos hidráulicos a alta presión se emplean tuberías rígidas de acero, o mangueras flexibles recubiertas con caucho de alta resistencia, se debe evitar el uso de piezas galvanizadas, por la posibilidad a encontrar reacciones desfavorables debido a los componentes en aceites hidráulicos.

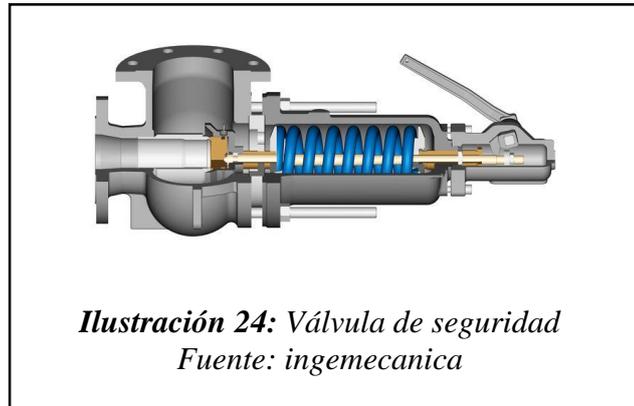


Ilustración 23: Mangueras hidráulicas
Fuente: ingemecanica

Válvulas

Son elementos de regulación y mando, que controlan la circulación del fluido, a lo largo del circuito hidráulico, se clasifican en las siguientes:

- Válvulas de seguridad: se encuentran normalmente cerradas, y al momento de superar una presión establecida se abren descargando el fluido de regreso al tanque.



- Válvulas de regulación: regulan el caudal máximo que circula por el circuito, regresando el exceso al tanque de retorno.



- Válvulas anti – retorno: limitan el paso del fluido hidráulico en un solo sentido.



- Válvulas distribuidoras: se encargan de direccionar el fluido hidráulico, pueden ser de accionamiento manual o eléctrico.



1.3.9. Diseño de máquina compactadora de viruta

a) Área mínima del cilindro hidráulico

$$A_K = \frac{F_{CC} \times 10^2}{P_K}$$

Ecuación (5)

Donde

- A_K : Área mínima del cilindro [cm^2]
- F_{CC} : Fuerza de compresión [kN]
- P_K : Presión del fluido [bar]

b) Diámetro del cilindro hidráulico

$$\phi_K = \sqrt{\frac{4 \times A_K}{\pi}} \quad \text{Ecuación (6)}$$

Donde

ϕ_K : Diámetro del cilindro hidráulico [*cm*]

A_K : Área mínima del cilindro [*cm*²]

c) Volumen de desplazamiento

$$V_K = A_K \times C_R \quad \text{Ecuación (7)}$$

Donde

V_K : Volumen de desplazamiento [*cm*³]

A_K : Área de pistón [*cm*²]

C_R : Carrera de pistón [*cm*]

d) Tiempo de carrera

$$T_H = \frac{A_K \times C_R}{Q} \quad \text{Ecuación (8)}$$

Donde

T_H : Tiempo de carrera [*min*]

A_K : Área de pistón [*cm*²]

C_R : Carrera de pistón [*cm*]

Q : Caudal [*cm*³/*min*]

e) Velocidad del pistón

$$Ve_p = \frac{C_R}{T_H} \quad \text{Ecuación (9)}$$

Donde

Ve_p : Velocidad de pistón [*cm/min*]

C_R : Carrera de pistón [*cm*]

T_H : Tiempo de carrera [*min*]

f) Potencia hidráulica de la bomba

$$P_{bom} = \frac{P \times Q}{600 \times \eta_B} \quad \text{Ecuación (10)}$$

Donde

P_{bom} : Potencia de la bomba [*kW*]

P_K : Presión [*bar*]

Q : Caudal [*lt/min*]

η_B : Eficiencia de bomba [*adimensional*]

g) Velocidad de giro del alimentador

$$n_G = \frac{4 \times \dot{Q} \times CF}{60\pi \times \lambda \times P \times (D - d)^2} \quad \text{Ecuación (11)}$$

Donde

n_G : Velocidad de giro [*rpm*]

\dot{Q} : Flujo volumétrico [*m³/h*]

CF : Coeficiente de helicoidal [*adimensional*]

λ : Porcentaje de llenado [*adimensional*]

- D : Diámetro externo [m]
 d : Diámetro interno [m]
 P : Paso del helicoidal [m]

h) Carga crítica en miembros estructurales

$$\frac{P_{cr}}{A} = \frac{C\pi^2 E}{\left(\frac{l}{k}\right)^2} \quad \text{Ecuación (12)}$$

Donde

- P_{cr} : Carga crítica de pandeo [N]
 A : Área de sección [m²]
 E : Módulo de elasticidad [Pa]
 l : Longitud de columna [m]
 k : Radio de giro [m]
 C : Constante según anclaje [adimensional]

i) Factor de seguridad

$$n_d = \frac{\text{resistencia de la función}}{\text{esfuerzo permisible}} = \frac{S}{\sigma \text{ (o } \tau)} \quad \text{Ecuación (13)}$$

Donde

- n_d : Factor de seguridad [adimensional]
 S : Resistencia real [Pa]
 σ : Esfuerzo a la fluencia [Pa]
 τ : Esfuerzo cortante [Pa]

1.3.10 Normativa

- ANSI Z245.2 – 1997. Requisitos de seguridad de compactadoras estacionarias
- IEC 61439. Tableros eléctricos en baja tensión.
- ISO 128 – 1: 2003. Ejecución de dibujos técnicos.

1.3.11 Definición de términos

Bomba hidráulica: Es una máquina generadora que transforma la energía generalmente energía eléctrica o mecánica con la que es accionada, en energía del fluido incompresible que mueve. En general, una bomba se utiliza para incrementar la presión de un líquido añadiendo energía al sistema hidráulico.

Briqueta: Conglomerado de materia en forma de prisma rectangular, generalmente producido por presión hidráulica sobre moldes de compactación.

Briqueteado: Operación de aglutinar minerales pulverizados o residuos de poco volumen, en briquetas bajo presión, a menudo con ayuda de un aglutinante, tal como el asfalto.

Carrera: Es la distancia que recorre el vástago entre dos puntos.

Caudal: Cantidad de fluido, medido en volumen, que se mueve en una unidad de tiempo

Cilindro hidráulico: Mecanismo que consta de un cilindro dentro del cual se desplaza un émbolo o pistón, y que transforma la presión de un líquido en energía mecánica (también llamados motores hidráulicos lineales) son actuadores mecánicos que son usados para dar una fuerza a través de un recorrido lineal.

Límite de fluencia: El límite de fluencia de un material se define como la tensión existente en la sección de una probeta normalizada de dicho material, sometida a un ensayo de tracción o compresión, en el instante en que se inicia la fluencia o deformación plástica del mismo.

Pandeo: Fenómeno llamado inestabilidad elástica que puede darse en elementos comprimidos esbeltos, y que se manifiesta por la aparición de desplazamientos importantes transversales a la dirección principal de compresión.

Pistón: Pieza de una bomba o del cilindro de un motor que se mueve hacia arriba o hacia abajo impulsando un fluido o bien recibiendo el impulso de él.

Presión: Magnitud física escalar que mide la fuerza en dirección perpendicular por unidad de superficie, y sirve para caracterizar como se aplica una determinada fuerza resultante sobre una superficie.

Reciclaje: El reciclaje es un proceso cuyo objetivo es convertir desechos en nuevos productos o en materia para su posterior utilización.

Transportador helicoidal: tornillo central dentro de un contenedor rectangular largo dependiendo de las necesidades de cada uso. El tornillo gira sobre su eje, y por su forma, va desplazando los materiales a transportar hacia el otro extremo del que entro hacia la descarga.

Válvula: Dispositivo mecánico o eléctrico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación de líquidos o gases mediante una pieza movable.

Vástago: Pieza de forma cilíndrica, de diámetro constante, que se utiliza para transmitir un empuje.

Viruta metálica: Fragmento de material residual con forma de lámina curvada o espiral que se extrae mediante procesos de manufactura en tornos, fresadoras.

1.4 Formulación del problema

¿Cuáles serán las características técnicas y mecánicas de una máquina compactadora de viruta metálica con capacidad de 20 Kg/h en la empresa “INGLEBY SAC” – Motupe?

1.5 Justificación e importancia

1.5.1 Técnica

Disminuye el área de acopio destinada a la viruta metálica sobrante de los procesos de mecanizado, al procesar estos residuos en menor tiempos y en menores volúmenes, se puede aprovechar los espacios de manera más efectiva o para otras actividades dentro de la empresa.

1.5.2 Económica

La máquina compactadora de viruta resolverá el problema del manejo de los residuos de la empresa “INGLEBY SAC”, reduciendo los altos costos de transporte, reduciendo el volumen de los residuos y por ende ahorrando dinero a la empresa.

1.5.3 Social

Al procesarse de manera adecuada los residuos sólidos como virutas metálicas no se contamina el ambiente, como resultado de esto se tiene una mejor calidad de vida y bienestar para las poblaciones cercanas y trabajadores de la empresa.

1.5.4 Ambiental

Los residuos del proceso de mecanizado generan impactos altamente negativos al ambiente, cuando no son desechados de manera adecuada, con el diseño de la máquina compactadora de virutas metálicas, se pretende separar estos residuos por clasificación para poder reutilizarlos, en el caso de los aceites de corte, y reciclar los metales por medio de la fundición, de esta manera disminuir el daño ambiental que ocasionan.

1.6 Hipótesis

Diseñar una máquina compactadora de viruta metálica teniendo en cuenta los parámetros técnicos con las normas establecidas, soluciona el reciclaje de la viruta de los metales generados dentro del taller de mantenimiento, y su posterior venta de viruta compactada generó ingresos, como también ocasionó la reducción de costos en las operaciones de limpieza y desechos.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivos general

Diseñar una máquina compactadora de viruta metálica con capacidad de 20 Kg/h, para mejorar el manejo de los residuos sólidos y generar ingresos por venta de viruta compactada, en la empresa “INGLEBY SAC”.

1.7.2 Objetivos específicos

1. Identificar las necesidades de la empresa “INGLEBY SAC” mediante entrevistas.
2. Seleccionar el concepto de solución óptima para el diseño de la maquina compactadora de viruta.
3. Dimensionar mediante cálculo y selección los componentes electromecánicos de la maquina compactadora de viruta tomando en cuenta los estándares y normativa vigente.

4. Determinar el grado de aceptación del grupo laboral de la empresa INGLEBY S.AC. acerca de la implementación de la máquina compactadora de viruta metálica en su centro de labores.
5. Evaluar económicamente la máquina compactadora de viruta metálica (VAN, TIR, ROI).

II. MATERIAL Y METODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

Tipo: Descriptivo.

Diseño: Cuasi – experimental.

2.2. Variables, Operacionalización

En el siguiente trabajo de investigación aplicada al diseño mecánico asociado a una metodología, por este motivo se empleó una variación del esquema de variables propuesto por los especialistas en el diseño (Eggert, 2010; Dieter, 2013), quienes proponen las siguientes: Variables de Diseño, Variables de Solución, Parámetros de Definición de Problema y Variables intervinientes.

En el apartado 1.3.6 “Partes principales de una máquina compactadora” se presentan los sistemas principales para el funcionamiento del equipo, estando entre los principales: Sistema hidráulico, sistema de control y sistema estructural, este último se diseñará según los parámetros necesarios para conseguir la resistencia estructural de la máquina compactadora de viruta metálica.

2.2.1. Variables para el sistema de estructura de máquina compactadora

Variables independientes

- Dimensión de compactado [m^3]
- Material a compactar

Variables dependientes

- Potencia hidráulica
- Fuerza de compactación
- Material de componentes

2.2.2. Operacionalización

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	SUB INDICADOR	ÍNDICES	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE Dimensión de compactado	Geometría final de las briquetas compactadas.	Medidas prototipo de la briqueeta	Diámetro, altura y peso	$\emptyset = \text{mm}$ $H = \text{mm}$ $W = \text{kg}$	Entrevista	Hoja de entrevista	Aplicación de la entrevista
Material a compactar	Residuos o virutas metálicas de componentes a manufacturar.	Recolección diaria de viruta de aceros inoxidables, aceros comerciales, aluminio y otros metales	Producción másica Producción unitaria	$P_m = \text{kg/h}$	Entrevista	Hoja de entrevista	Aplicación de la entrevista
				$P_{UND} = \text{und/h}$	Observación	Guía de observación	Visitas técnicas
DEPENDIENTE Potencia hidráulica	Seleccionar los componentes hidráulicos para compactación.	Cilindro de compactación Cilindro de expulsión Bomba hidráulica Válvulas hidráulicas	Diámetros de vástagos, Volumen de desplazamiento Configuración de posición	$\emptyset_{comp.} = \text{mm}$	Análisis documentario	Guía de análisis de documentos	Caracterización del diseño Revisión bibliográfica
				$\emptyset_{expul.} = \text{mm}$ $DZ_B = \text{cm}^3 / \text{rev}$ 4 posiciones 3 vías			
Fuerza de compactación	Fuerza necesaria para compactar viruta de acuerdo a geometría de diseño de briquetas.	Fuerza del cilindro de compactación Fuerza del cilindro de expulsión Cámara de compactación	Fuerza de compactación Fuerza de expulsión Geometría de cámara compactadora	$F_{comp} = \text{kN}$	Análisis documentario	Guía de análisis de documentos	Revisión bibliográfica
				$F_{EX} = \text{kN}$ $\emptyset = \text{m}$ $h = \text{m}$	Observación	Guías de observación	Pruebas de laboratorio

Material de componentes	Clases de metales empleados para el diseño de algunos componentes de la máquina compactadora de viruta.	Tolva Soporte de tolva Eje Conector Estructura de compactación Cámara de compactación Base de compactación Base salida BRIK	Grado de acero y tratamiento especial Espesor Longitud Diámetro Altura	AISI 1020 CD AISI 1045 HR e = mm L = mm Ø = mm H = mm	Análisis documentario	Guía de análisis documentario	Planos Caracterización del diseño (Programa de Simulación)
-------------------------	---	--	--	--	-----------------------	-------------------------------	---

Tabla 1: Operacionalización de variables
Fuente: Elaboración propia

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.3.1. Métodos de investigación

a) Analítico – Sintético

Se separó el objeto de estudio en sus diferentes sistemas y estos a su vez en los componentes de cada uno, para el correcto dimensionamiento y selección en base a las propiedades y necesidades de la máquina, posteriormente se integraron los componentes para analizar el funcionamiento de la máquina de manera integral.

En el diseño de la máquina compactadora, se analizó la demanda energética de cada sistema, las características de los fluidos hidráulicos necesarios y las propiedades de la viruta metálica a compactar, los datos necesarios para el óptimo diseño del equipo.

b) Deductivo

En el diseño de la máquina compactadora se emplearon los principios de la hidráulica descritos en el capítulo anterior, para dar solución a las características técnicas y geométricas partiendo de una base teórica ya validada como es el principio de Pascal. Asimismo, se empleó normativa internacional para las condiciones de seguridad en equipos compactadoras estacionarios, como se planteó en los objetivos específicos.

c) Inductivo

Se empleó un estudio individual de los datos recolectados en las visitas técnicas, como la cantidad de residuos producidos, el tipo de viruta generado, entre otros, para establecer conclusiones acerca de la empresa y la producción de virutas metálicas como residuo, así lograr un diseño acorde a las necesidades.

2.3.2. Técnicas de recolección de datos

a) Encuesta

Es una herramienta usada por el investigador para recolectar información de una población o muestra de manera general, se empleó para obtener datos estadísticos en la investigación.

b) Entrevista

Nos permitió recolectar información mediante el dialogo personal, mediante preguntas propuestas por el investigador, a diferencia de la encuesta esta se elabora según la persona a entrevistar individualmente.

c) Observación

Esta técnica consistió en observar como su nombre lo indica, para la recolección y registro de información en las visitas al taller de procesamiento, para su posterior análisis.

d) Análisis documentario

Se empleó para revisar información necesaria para el proyecto y aplicarlos en la ejecución, como normativa vigente, fórmulas de cálculo entre otros.

2.3.3. Instrumentos de recolección de datos

a) Hoja de encuesta

Se emplearon para obtener información de los diferentes trabajadores de la empresa INGLEBY SAC, relacionada a el almacenamiento y ambientes destinados a la viruta metálica, y nivel de conociendo en reciclaje, y beneficios de este.

b) Hoja de entrevista

Se entrevistará al ingeniero Darwin Avellaneda López, encargado del área de mantenimiento en la empresa INGLEBY SAC, para obtener información de primera mano del proceso y manejo de los residuos sólidos, producción y número de equipos con los que cuenta la empresa.

c) Guía de observación

Se emplearon las guías diseñadas para tomar anotaciones al momento de visitar la empresa INGLEBY SAC, de modo que se permitió recolectar información necesaria proveniente de la observación del fenómeno estudiado.

d) Guía de análisis de documentos

En esta guía se consignó los documentos consultados de interés para el investigador, incluyéndose título de la obra, página de interés y ubicación del documento, físico o virtual.

2.3.4. Procedimiento para la recolección de datos

Etapa 01: Elaboración de instrumentos

Se diseñaron los instrumentos a emplearse, para obtener la información relevante y necesaria al momento de aplicarlos. Para este caso se requirió de una encuesta para los trabajadores del área de mantenimiento, una entrevista para el ingeniero encargado y una guía de observación para las visitas técnicas.

Etapa 02: Programación de visitas técnicas

Se estableció la fecha para realizar las visitas técnicas a la empresa y a la universidad, en coordinación con los involucrados, una visita para la entrevista y 3 visitas técnicas a la empresa “INGLEBY SAC”.

Etapa 03: Revisión bibliográfica

Se estudió teorías referentes al tema, trabajos previos, y normativa internacional, para establecer los parámetros mínimos de funcionamiento para la máquina compactadora y así asegurar el correcto diseño de la máquina.

Etapa 04: Aplicación de la encuesta

Se elaboraron preguntas a los trabajadores del área de mantenimiento en la empresa “INGLEBY SAC”, para obtener datos puntuales sobre la producción de virutas metálicas, necesarios para el diseño de la máquina compactadora.

Etapa 05: Aplicación de la entrevista

Se visitó al encargado de la empresa “INGLEBY SAC”, para recolectar información referente a la empresa y que fue de ayuda al momento de diseñar la máquina compactadora.

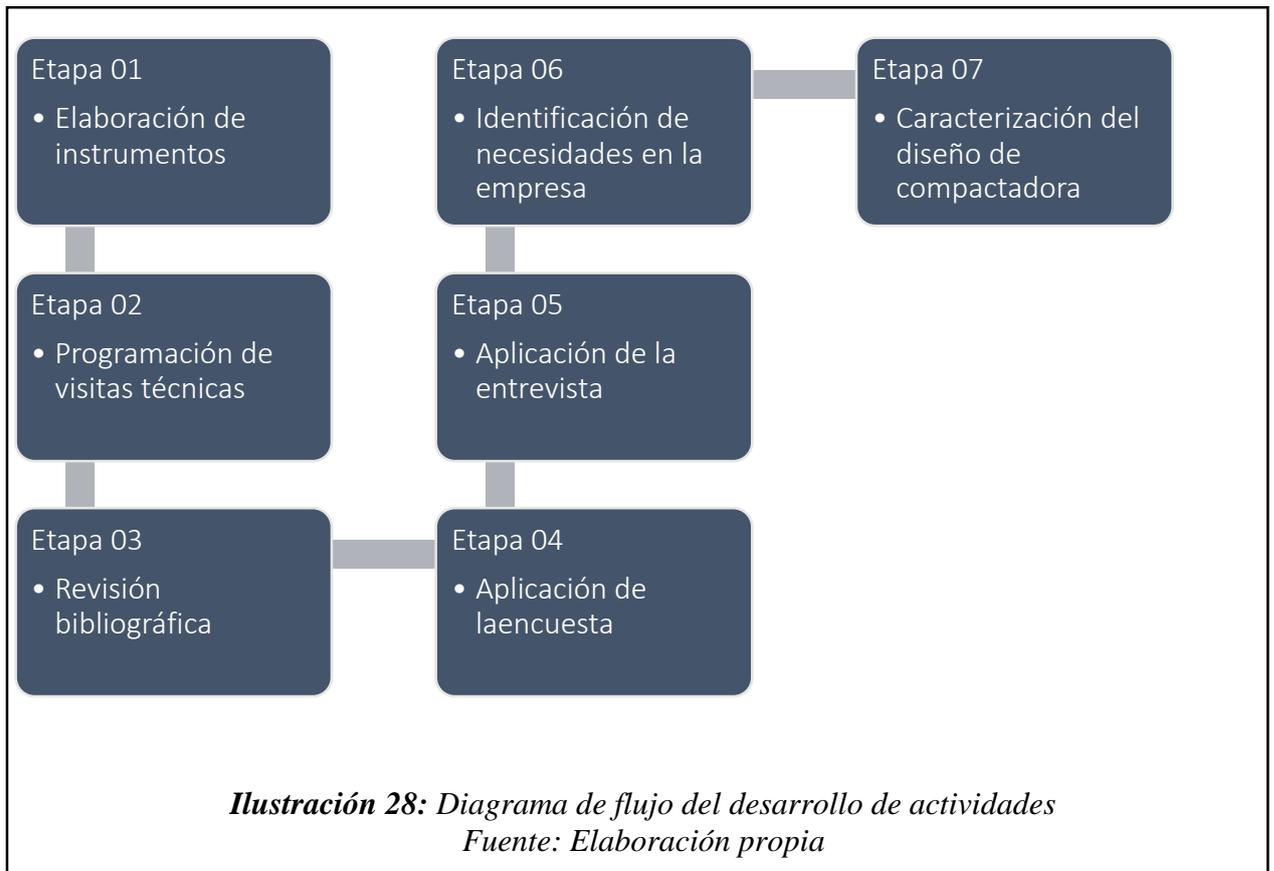
Etapa 06: Identificación de necesidades en la empresa

Mediante las visitas técnicas realizadas se tomó datos y en conjunto con los antes obtenidos de las entrevista y encuestas tomadas, se determinó la necesidad de la máquina compactadora para luego ser expresada en términos de ingeniería.

Etapa 07: Caracterización del diseño de compactadora

En base a la necesidad establecida para la empresa, los lineamientos de diseño mecánico obtenidos por medio entrevista y la consulta bibliográfica, se procedió a la caracterización de la máquina compactadora y sus sistemas.

2.3.5. Diagrama de flujo del desarrollo de actividades



2.4. Procedimientos de análisis de datos

El procesamiento se realizó mediante el uso de hojas de cálculo para llegar a los resultados necesarios en el diseño de la máquina compactadora de viruta, se empleó el software Microsoft Excel para facilitar la labor del investigador. Se utilizó estadística descriptiva, haciendo uso de promedios aritméticos, tablas de distribución, análisis de frecuencias y otros.

2.5. Criterios éticos

Se estableció el compromiso de no adulterar en beneficio del investigador los datos obtenidos en la investigación de campo, ni los resultados producto de los cálculos ejecutados, así como la transparencia y acceso a estos. Se mantiene en estricto privado la información brindada por la empresa, bajo esta clasificación, quedando esta solo con el investigador, por motivos de seguridad de la misma.

2.6. Criterios de rigor científico

Validez

Los instrumentos para la recolección de datos fueron validados por especialistas en el tema, como el asesor metodológico al momento de las encuestas y entrevistas a realizarse.

Generalización

Se evitaron preferencias o sesgos al momento de aplicar las encuestas y posteriormente al procesar la información obtenida, para asegurar la representación de la muestra.

Consistencia

El diseño desarrollado en la presente investigación debe facilitar la replicación en trabajos posteriores, mostrando resultados no contradictorios, para condiciones similares a la del proyecto

Fiabilidad

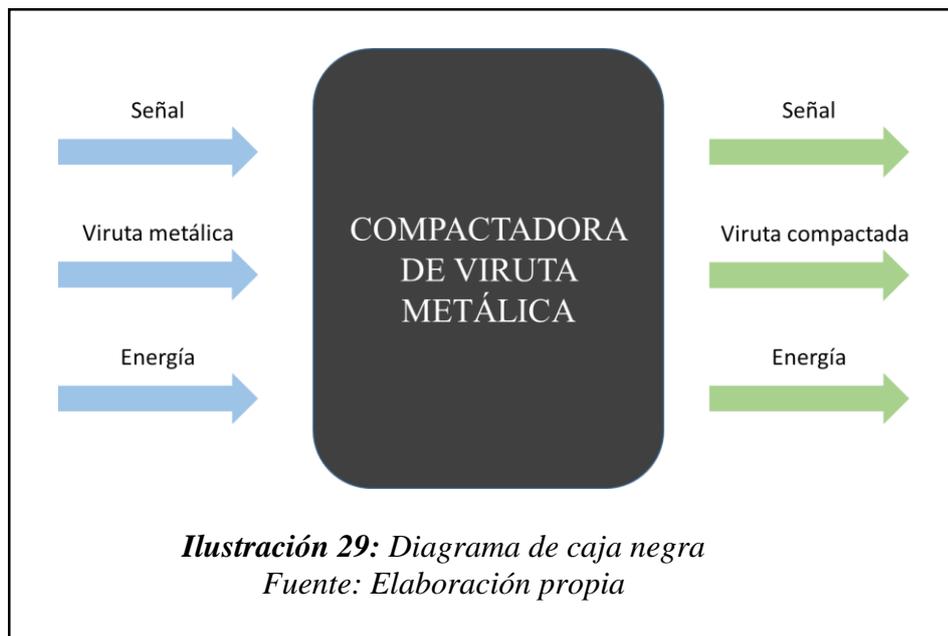
Para el diseño de la máquina compactadora de viruta metálica, se analizaron teorías, investigaciones, en la parte teórica y en la parte práctica se tomó mediciones de manera meticulosa, para minimizar la existencia de errores.

III. RESULTADOS

3.1. Resultados en tablas y figuras

3.1.1. Caja negra

El funcionamiento de la máquina compactadora de viruta metálica, se puede representar mediante un diagrama de caja negra, en donde se tiene en cuenta las variables de entrada y salida.



Entradas

Señal: Señal para iniciar el proceso.

Materia: Viruta metálica.

Energía: Fuerza física y fuerza humana.

Salidas

Señal: Señal para finalizar el proceso.

Materia: Viruta metálica compactada.

Energía: Calor, ruido, vibraciones.

3.1.2. Estructura de funciones

Carga. – Se prepara el material para introducirlo en la máquina. Esto consiste en seleccionar la viruta, retirar materiales diferentes.

Alimentación. – Se introduce la viruta metálica a la cámara de compactación.

Transmitir fuerza. – Consiste en transmitir la fuerza desde el lugar donde se genera hasta el lugar de compactado.

Compactación. – Se compacta la viruta metálica desde su forma original hasta dejarla de un volumen reducido.

Control de procesos. – Indicadores mediante señales eléctricas o visuales, de la condición en cada etapa del proceso.

Salida. – Se traslada la viruta en su forma compactada a un depósito de almacenamiento.

Se esquematiza las funciones en un mapa de procesos para optimizar las variables y garantizar el funcionamiento

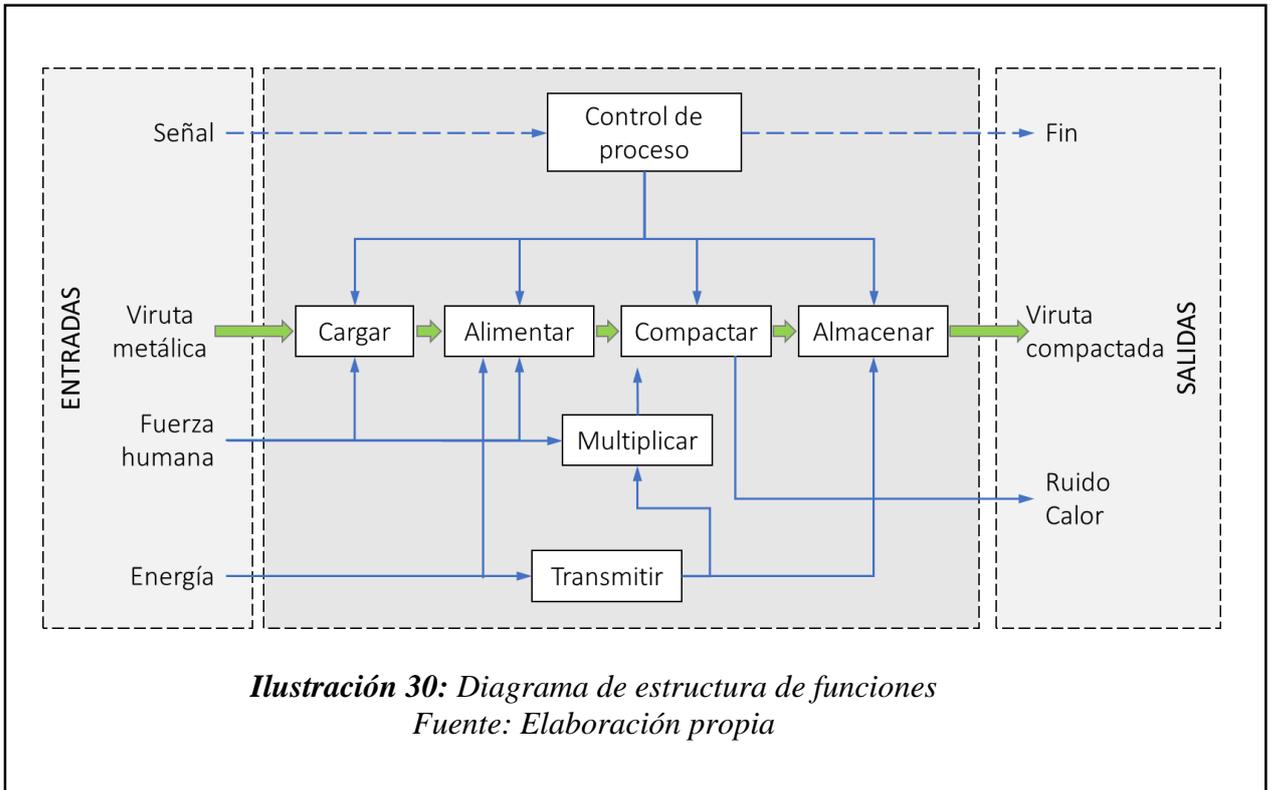
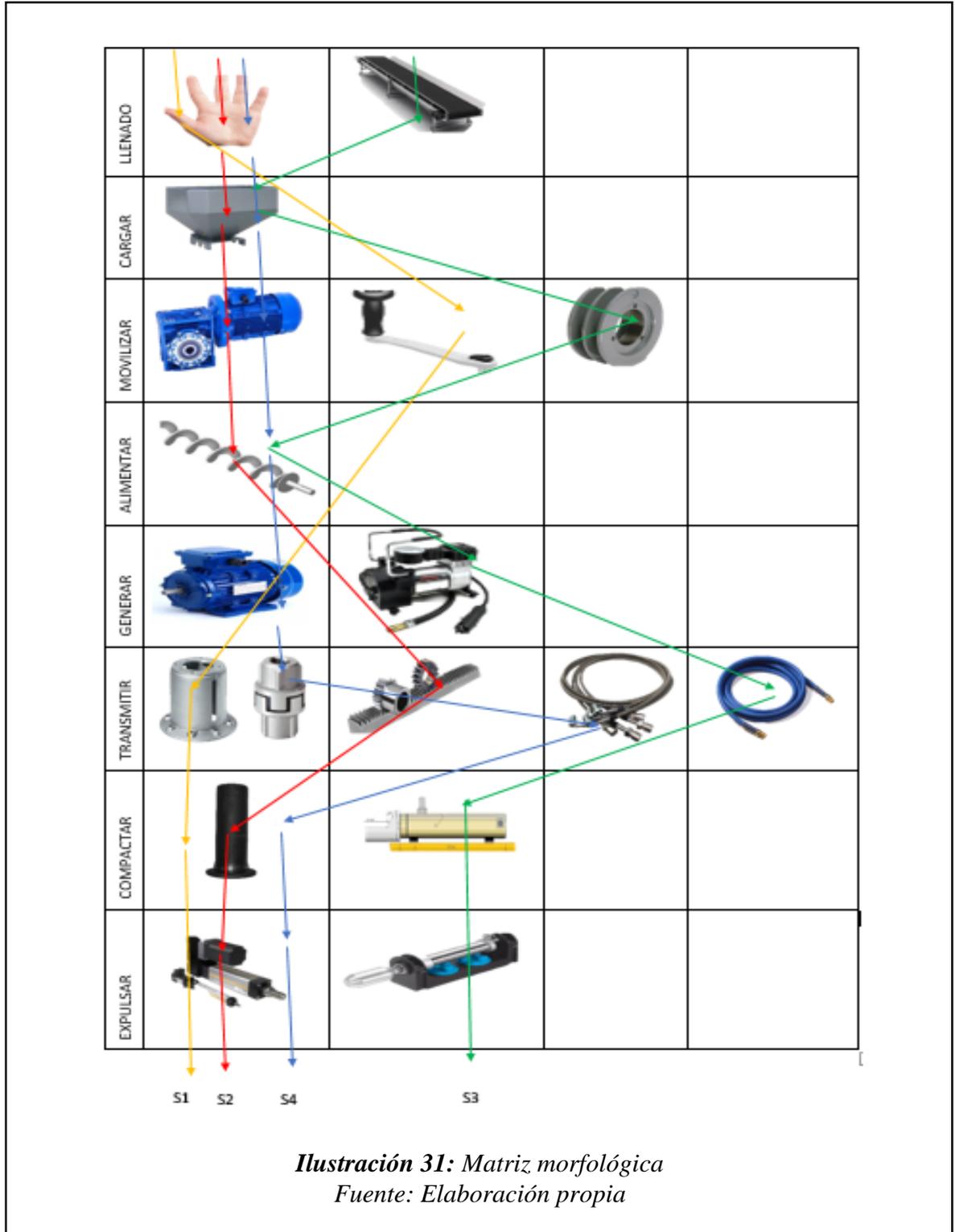


Ilustración 30: Diagrama de estructura de funciones
Fuente: Elaboración propia

3.1.3. Matriz morfológica

Se diseñó una matriz morfológica alternado posibles alternativas para cada función, a fin de lograr las soluciones más óptimas, para el presente proyecto se diseñaron cuatro soluciones



*Ilustración 31: Matriz morfológica
Fuente: Elaboración propia*

3.1.4. Conceptos de solución

Solución 1.- La carga y aplicación de fuerza es de manera manual, mediante el uso de una palanca se transmite y magnifica la fuerza del operario por medio de un acople directo, esta llega a el sistema de compactación constituido por un apisonador metálico.

Solución 2.- Cuenta con una tolva de carga (manual) y alimentación opcional mediante un tornillo helicoidal, la fuerza es generada por un motor eléctrico y amplificada por un reductor, se transmite hacia el sistema de compactación mediante un sistema de piñón – cremallera.

Solución 3.- La carga de viruta y aplicación de fuerza es de forma manual, mediante el uso de un volante se transmite y magnifica la fuerza del operario por medio de un sistema de piñón - cremallera, esta llega al apisonador par la compactación de la viruta.

Solución 4.- Esta opción contempla la alimentación de la viruta metálica, desde la tolva de carga mediante un tornillo alimentador hacia la cámara de compactación, esta alternativa emplea la potencia hidráulica para lograr compactar las virutas, haciendo uso de una bomba de alta presión, líneas de transmisión y un cilindro de doble efecto.

3.1.5. Evaluación de soluciones

La evaluación de las alternativas se realizó mediante la metodología VDI 2225, donde se analizan los criterios técnico y económico, según como responde cada alternativa de solución, los valores de “p” se seleccionan según la escala:

Valor	Significado
0	No satisface
1	Casi aceptable
2	Suficiente
3	Bien
4	Muy bien (ideal)

Tabla 2: Valores VDI 2225

Fuente: www.vdi.eu/

El valor “g”, representa el porcentaje ponderado con respecto a los criterios de evaluación, la evaluación técnica se presenta en la siguiente tabla:

Variantes de solución		S1		S2		S3		S4		
N°	Criterio	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Función	12	2	24	2	24	1	12	4	48
2	Geometría	7	1	7	1	7	2	14	3	21
3	Eficiencia de compactado	10	1	10	2	20	1	10	4	40
4	Ergonomía	10	2	20	3	30	1	10	3	30
5	Rapidez	8	2	16	2	16	1	8	3	24
6	Fabricación	10	3	30	3	30	3	30	2	20
7	Montaje	7	3	21	3	21	3	21	3	21
8	Mantenimiento	8	3	24	3	24	3	24	2	16
9	Transpirabilidad	5	4	20	3	15	4	20	2	10
10	Seguridad	10	2	20	2	20	3	30	4	40
11	Estabilidad	5	2	10	3	15	2	10	2	10
12	Facilidad de operación	8	2	16	2	16	1	8	3	24
Valor técnico				0.55		0.6		0.49		0.76

Tabla 3: Evaluación técnica de soluciones

Fuente: Elaboración propia

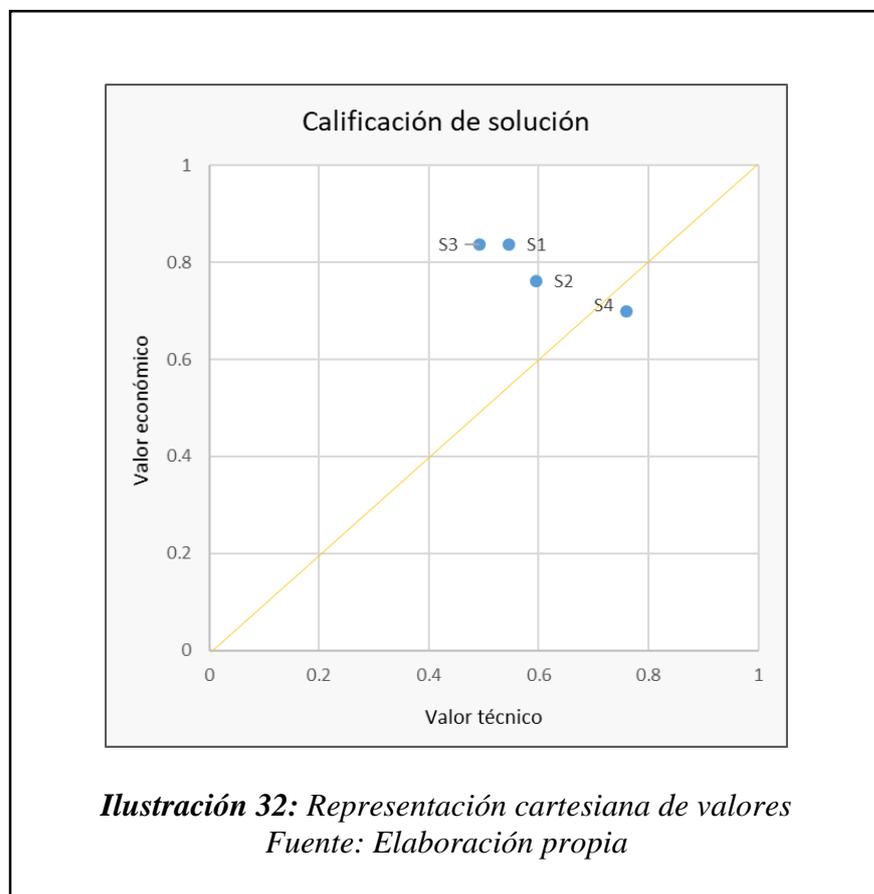
La evaluación económica se presenta en la siguiente tabla:

Variantes de solución		S1		S2		S3		S4		
N°	Criterio	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Numero de piezas	15	3	45	2	30	3	45	2	30
2	Costo de materiales	25	4	100	4	100	4	100	3	75
3	Facilidad de adquisición	15	3	45	3	45	3	45	3	45
4	Costo de montaje	15	3	45	4	60	3	45	2	30
5	Costo de mantenimiento	20	4	80	2	40	4	80	3	60
6	Costo de mano de obra	10	2	20	3	30	2	20	4	40
Valor económico				0.84		0.76		0.84		0.7

Tabla 4: Evaluación económica de soluciones

Fuente: Elaboración propia

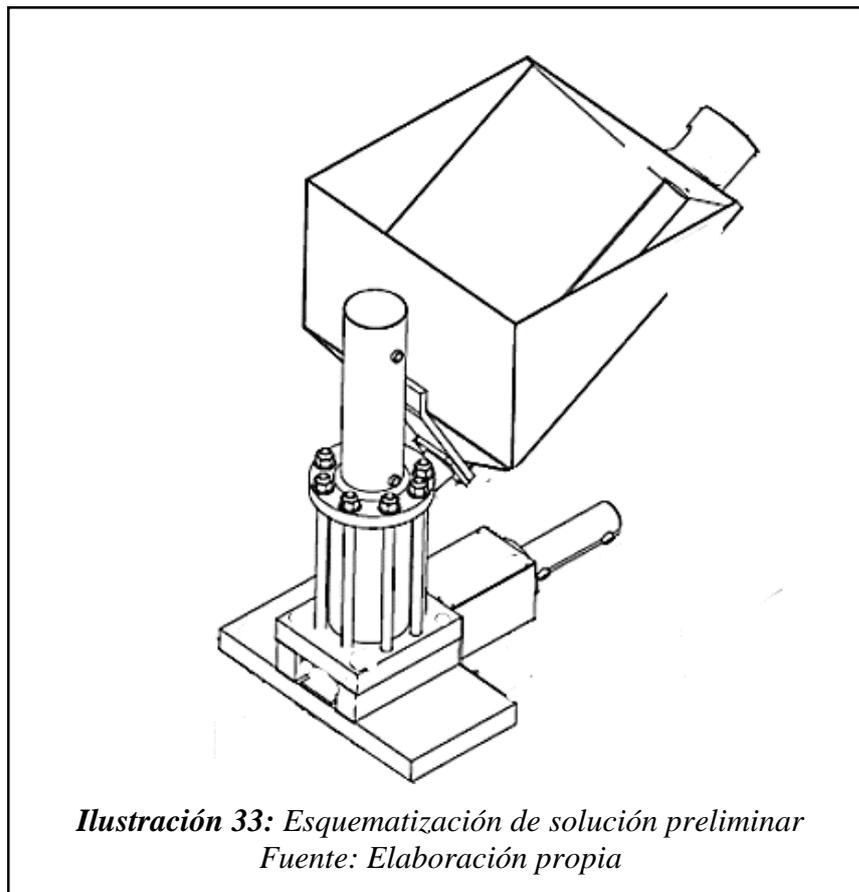
Una vez obtenidos los valores porcentuales para cada solución, se representan en un plano cartesiano en los ejes técnico – económico, luego se grafica una recta de valor ideal, la cual se usa como referencia al momento de realizar la selección.



Según la evaluación de las soluciones, se determinó que la opción que mejor se adecua a los requerimientos técnicos y económicos es la solución número dos, por ser la que más se acerca a la recta de equilibrio.

3.1.6. Proyecto preliminar

El esquema de la opción seleccionada como optima se presenta a continuación:

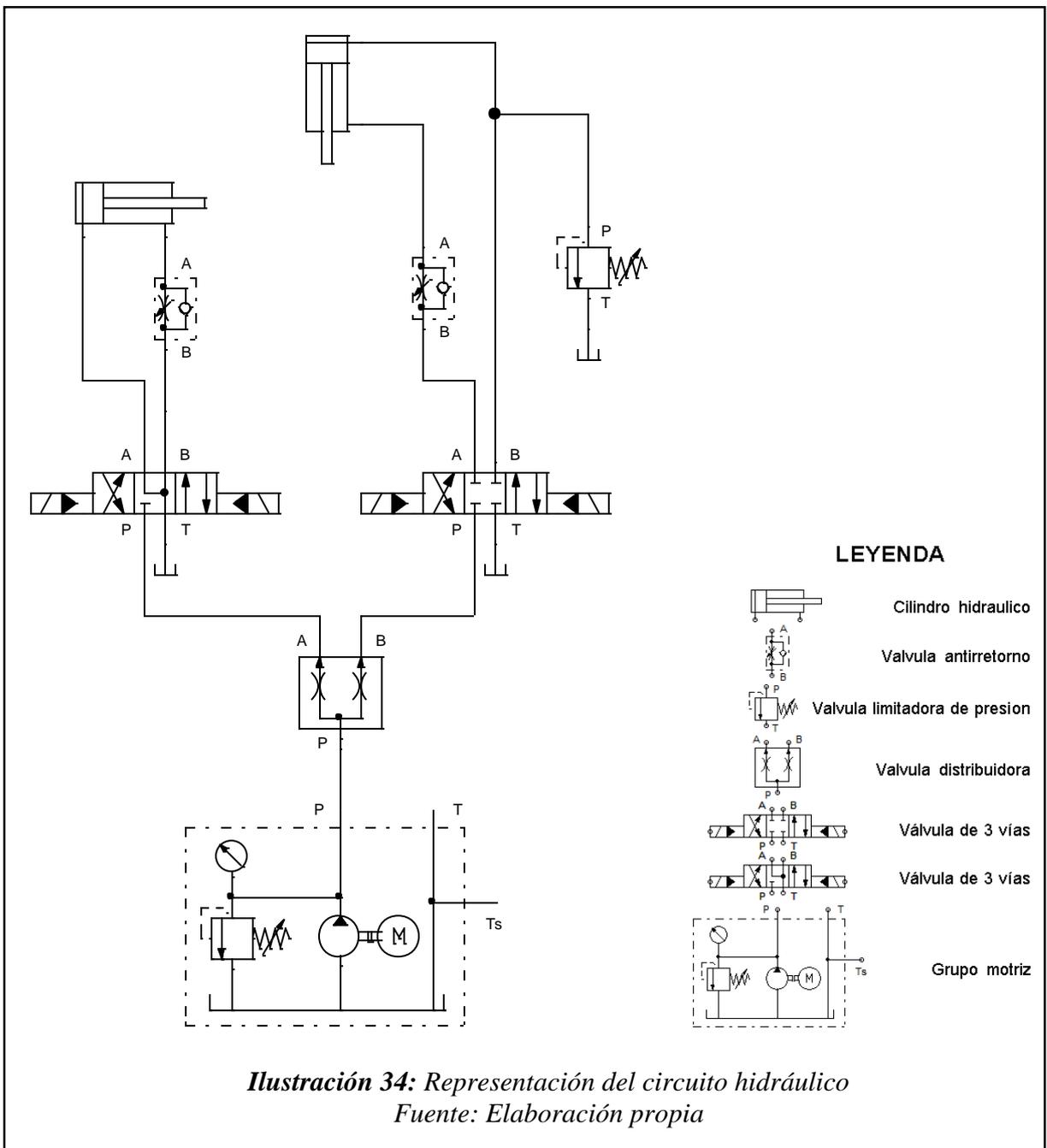


Funcionamiento

La viruta se deposita de manera manual a la tolva de carga con forma trapezoidal, para facilitar el transporte de la viruta hasta la parte inferior, en esta sección un tornillo helicoidal la traslada hasta la cámara de compactación, una vez cargada se procede a aplicar la fuerza que reducirá el volumen de la viruta, mediante cilindro hidráulico, la potencia necesaria es suministrada por un motor eléctrico y una bomba de presión y es transmitida mediante mangueras hidráulicas de presión.

Circuito hidráulico

La representación del circuito hidráulico para el proyecto preliminar se puede apreciar en la Ilustración 34, este consta de dos cilindros con sus respectivas electroválvulas, una válvula reguladora de presión para el cilindro de compactación, válvulas de control y anti retorno en las líneas de vuelta al depósito, una válvula seccionadora y un grupo motriz compuesto por motor, bomba, filtro, válvula de alivio principal, manómetro y tanque hidráulico.



3.1.7. Características de la viruta

3.1.7.1. Tipo de virutas

Las virutas generadas en la empresa presentan forma discontinua o fragmentada, esto debido al uso de rompe-viruta en las cuchillas de maquinado, esto facilita la compactación de la viruta en la máquina.

3.1.7.2. Densidad

Según las pruebas de densidad realizadas a la viruta generada en el taller de mantenimiento para la empresa INGLEBY SAC, en base al protocolo descrito en el Anexo 06, esta tiene una densidad promedio de 325.6 Kg/m^3 , esto debido a la mezcla de diferentes materiales como acero inoxidable, acero SAE de diferentes grados, aluminio y otros metales en menor cantidad.

3.1.7.3. Geometría de briquetas

Para facilitar el proceso de compactación, según la entrevista realizada al especialista Ing. Darwin Avellaneda López, y acorde a la producción diaria y peso de las briquetas (1-2 kg), se optó por fabricar briquetas de sección circular, específicamente con 70 mm de diámetro (ANEXO 03); la altura de cada una está definida por la longitud de la cámara de compactación y el radio de reducción para la presión aplicada, el área de influencia para esta briketa está dada por la siguiente ecuación:

$$A_{BRI} = \frac{\pi \times \emptyset^2}{4} \quad \text{Ecuación (14)}$$

Donde

A_{BRI} : Área de la briketa [m^2]

\emptyset : Diámetro de sección [m]

Reemplazando los valores seleccionados se tiene

$$A_{BRI} = \frac{\pi \times 0.07m^2}{4} \quad A_{BRI} = 0.00385 m^2$$

3.1.7.4. Fuerza de compactación

De las pruebas de compactación, en base al protocolo descrito en el Anexo 07, se determinó que para compactar la viruta con un radio de reducción de 7.042 la presión necesaria es de 70 *Mpa*, multiplicando este valor por el área de briqueta seleccionada anteriormente se calculó la fuerza que debe aplicar el cilindro hidráulico para lograr compactar la viruta.

$$F_{COMP} = \frac{P_{COMP} \times A_{BRI}}{1000} \quad \text{Ecuación (15)}$$

Donde

F_{COMP} : Fuerza de compactación [*kN*]

P_{COMP} : Presión de compactación [*MPa*]

A_{BRI} : Área de la briqueta [m^2]

Reemplazando los datos obtenidos, se obtiene:

$$F_{COMP} = \frac{70MPa \times 0.00385m^2}{1000}$$

$$F_{COMP} = 269.39 \text{ kN}$$

Para lograr compactar la viruta metálica el cilindro hidráulico debe aplicar una fuerza igual a 269.39 *kN*.

3.1.8. Cálculo de componentes

3.1.8.1. Cámara de compactación

La cámara de compactación está determinada por la geometría que se espera lograr en las briquetas y el radio de reducción de la máquina, para este caso se espera briquetas cilíndricas de 7 cm de diámetro y 5 cm de alto, para esto es necesario:

$$L_{CMP} = h_B \times R_C \quad \text{Ecuación (16)}$$

Donde

- L_{CMP} : Longitud de cámara para compactación [*m*]
 h_B : Altura de briqueta [*m*]
 R_C : Radio de compactación [*Adimensional*]

$$L_{CMP} = 0.05m \times 7.042$$

$$L_{CMP} = 0.35 m$$

La cantidad de briquetas que se necesitan fabricar para cumplir con la producción de diseño (20 Kg/h), está dada por la siguiente ecuación:

$$P_{UND} = \frac{P_{KG}}{L_{CMP} \times A_{BRI} \times \rho_{VR}} \quad \text{Ecuación (17)}$$

Donde

- P_{UND} : Producción unitaria [*und/h*]
 P_{KG} : Producción másica [*Kg/h*]
 L_{CMP} : Longitud de cámara para compactación [*m*]
 A_{BRI} : Área de la briqueta [*m*²]
 ρ_{VR} : Densidad de la viruta sin compactar [*Kg/m*³]

$$P_{UND} = \frac{20Kg/h}{0.35m \times 0.00385m^2 \times 325.6Kg/m^3}$$

$$P_{UND} = 45.33 \text{ und/h}$$

Según esto se requiere fabricar 46 *und/h* para lograr la producción de diseño, que es lo mismo 79.42 segundos por briqueta, este tiempo se emplea para la selección de la bomba hidráulica.

3.1.8.2. Cilindro de compactación

El rango de presiones está dado por los fabricantes de cilindros hidráulicos, en base al catálogo de Cilindro GLUAL, se eligió el tipo KZ, que tiene una presión de operación nominal de 200 *bar*.



Área requerida

El área mínima para proporcionar la fuerza necesaria a la presión de operación viene dada por la Ecuación (5), tomando los valores de 200 *bar* para la presión y 269.39 *kN* para la fuerza de compactación se obtiene

$$A_{KC} = \frac{269.39 \text{ kN} \times 10^2}{200 \text{ bar}}$$

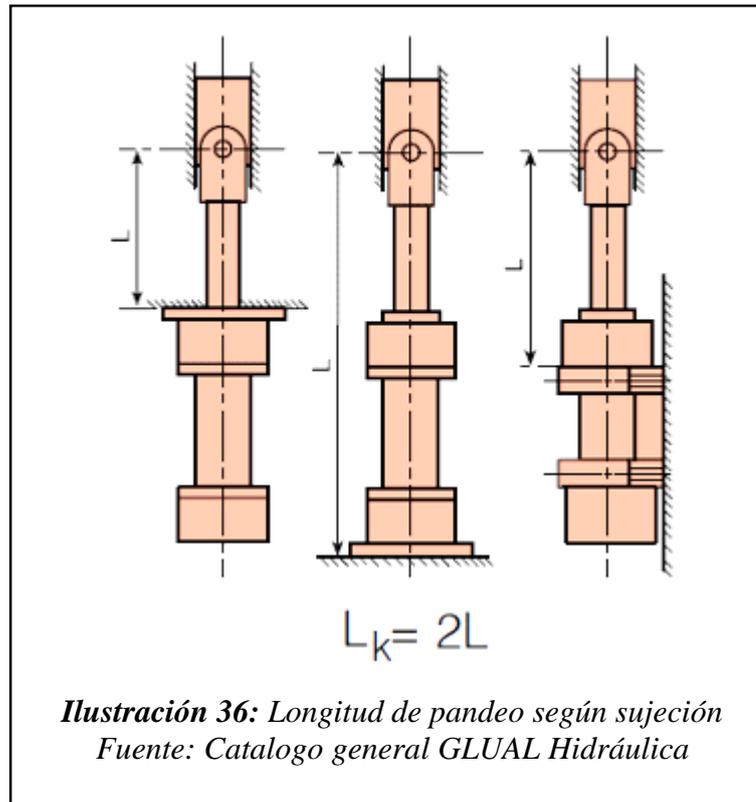
$$A_{KC} = 134.697 \text{ cm}^2$$

Donde el subíndice C, hace referencia al cilindro de compactación, tomando la Ecuación (6), se puede despejar el diámetro

$$\phi_{KC} = \sqrt{\frac{4 \times 134.697 \text{ cm}^2}{\pi}}$$

$$\phi_{KC} = 13.095 \text{ cm}$$

Una vez calculada el área mínima del cilindro compactador se selecciona el diámetro mínimo del vástago, para evitar fallas por pandeo, se debe calcular la longitud de pandeo según el tipo de sujeción que tiene el cilindro y la carrera de este.

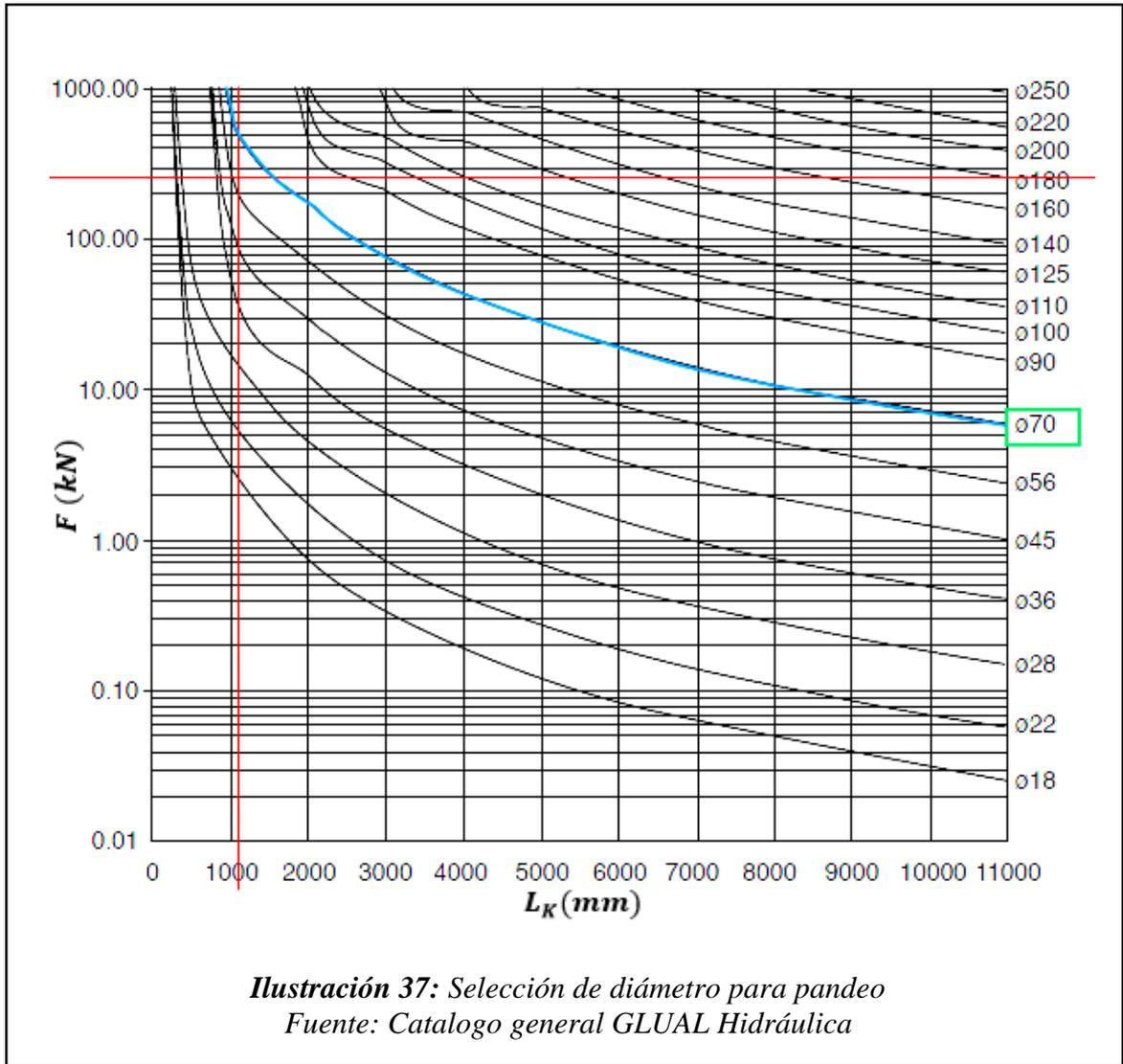


La carrera requerida está dada por la altura de la cámara de compactación (35 cm), y un adicional de 2 cm, para que expulse la briqueta una vez compactada, reemplazando y convirtiendo a milímetros se tiene:

$$L_k = 2 \times (350\text{mm} + 20\text{mm})$$

$$L_k = 740 \text{ mm}$$

Tenido en cuenta la longitud de pandeo y la fuerza aplicada por el cilindro compactador se selecciona el diámetro mínimo para el vástago del cilindro mediante la siguiente tabla



En base al área mínima requerida y el diámetro del vástago se seleccionó el inmediato superior del catálogo GLUAL para cilindros hidráulicos tipo KZ, que presenta las siguientes características:

CILINDRO GLUAL	KZ-140/70 x 540 - A 003 A-M-1	
Diámetro del cilindro	140	mm
Diámetro de vástago	70	mm
Área de cilindro	153.94	cm ²
Área anular	115.46	cm ²
Fuerza de compactación	301.84	kN

Tabla 5: Características del cilindro de compactación
Fuente: Catalogo general GLUAL Hidráulica

3.1.8.3. Cilindro de expulsión

Para evitar emplear válvulas limitadoras de presión, y así reducir los costos, se emplea la misma que para la compactación 200 *bar*. Y se seleccionara un cilindro GLUAL tipo KZ.

Fuerza mínima

La fuerza se calculará con el 10% de la fuerza de ejercida por el cilindro de compactación, para posibles casos de presiones residuales. El coeficiente de fricción estático a vencer (acero sobre acero) es de 0.74 según Searway (2010), teniendo esto en cuenta se tiene que

$$F_{EX} = 10\%(F_{CS}) \times \mu_S \quad \text{Ecuación (18)}$$

Donde

- F_{EX} : Fuerza necesaria en la expulsión [*kN*]
- F_{CS} : Fuerza de compactación seleccionada [*kN*]
- μ_S : Coeficiente de fricción estático [*Adimensional*]

Reemplazando los valores

$$F_{EX} = 10\%(301.84kN) \times 0.74$$

$$F_{EX} = 22.336 kN$$

Área requerida

Empleando la Ecuación (5), se determinó el área requerida para el cilindro de expulsión tomando los valores de 200 *bar* para la presión y 22.336 *kN* para la fuerza se obtiene

$$A_{KE} = \frac{22.336kN \times 10^2}{200bar}$$

$$A_{KE} = 11.16 cm^2$$

Donde el subíndice E , hace referencia al cilindro de expulsión, empleando la Ecuación (6), se puede despejar el diámetro

$$\Phi_{KE} = \sqrt{\frac{4 \times 11.16 \text{ cm}^2}{\pi}}$$

$$\Phi_{KE} = 3.77 \text{ cm}$$

Siguiendo el mismo procedimiento para la selección del vástago, que para el cilindro de compactación, se determinó de la Ilustración , que el diámetro mínimo es de 18 mm, en base a esto y el diámetro mínimo requerido se seleccionó un cilindro con las siguientes características

GLUAL	KZ-40/18 x 100 - A 003 A-M-1	
Diámetro del cilindro	40	mm
Diámetro de vástago	18	mm
Área de cilindro	12.57	cm ²
Area anular	10.03	cm ²
Fuerza de compactación	24.64	kN

Tabla 6: Características del cilindro de expulsión
Fuente: Catalogo general GLUAL Hidráulica

3.1.8.4. Bomba hidráulica

La bomba hidráulica se seleccionó en base a la presión de operación y el caudal de funcionamiento, para el caso de la máquina compactadora, se calculó un tiempo de 79.42 segundos por briqueta, las condiciones iniciales para el funcionamiento de la máquina son:

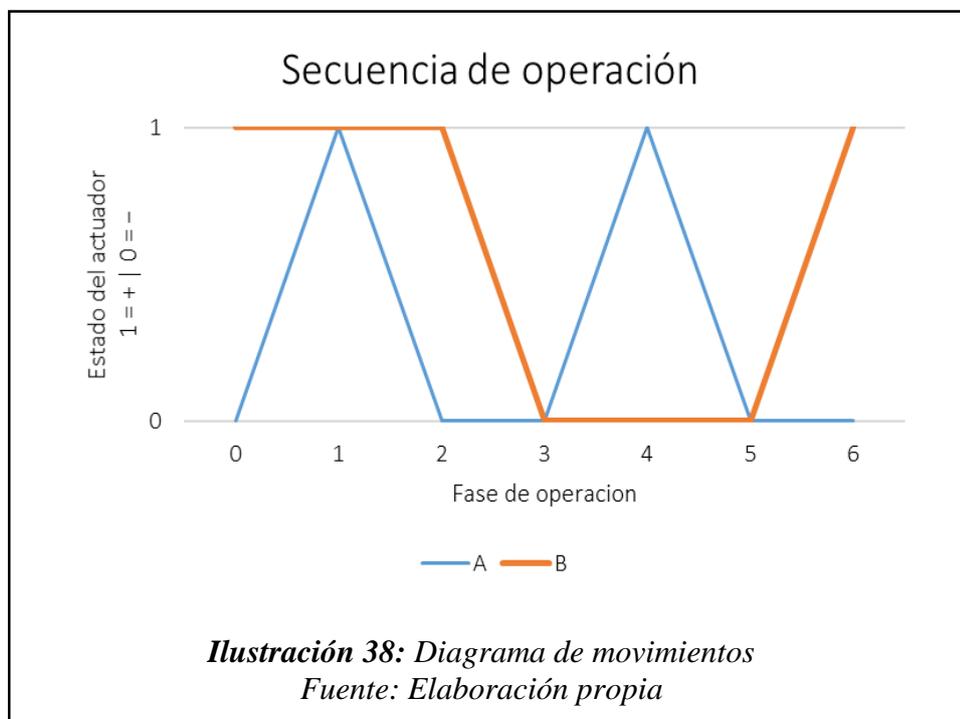
- Cilindro compactador arriba, dejando abierta la entrada de alimentación.
- Cilindro de expulsión izquierda, cerrando la cámara de compactación.

La secuencia que se debe seguir para completar un proceso, se muestra en la siguiente tabla, con la respectiva carrera y volumen desplazado en cada paso

Secuencia	Carrera [cm]	Área [cm ²]	Volumen [cm ³]
Alimentador carga cámara de compactación	-	-	-
Cilindro A Baja y compacta la viruta	30	153.94	4650.72
Cilindro A Sube liberando la briqueta	2	115.46	230.92
Cilindro B Corre a la derecha dejando abierto el fondo	20	10.03	200.60
Cilindro A Baja soltando la briqueta de cámara	7	153.94	1077.58
Cilindro A Regresa a posición inicial	35	115.46	4065.49
Cilindro B Regresa a posición inicial expulsando la briqueta	20	12.57	251.40
total			10476.72

Tabla 7: Secuencia de operación para una briqueta
Fuente: Elaboración propia

La secuencia de operación antes descrita se puede representar como un diagrama de movimientos como el que se presenta a continuación



El tiempo de carga de la cámara de compactación no se ve afectado por el dimensionamiento de la bomba, para este paso se asume un tiempo de carga de 20 *segundos*, dejando 59.05 segundos para desplazar 15248.67 cm^3 , para seleccionar la bomba se requiere conocer el desplazamiento, calculada con la siguiente ecuación

$$DZ_B = \frac{60 \times V_{DZ}}{T_{DZ} \times n_{MT}} \quad \text{Ecuación (19)}$$

Donde

- DZ_B : Volumen de desplazamiento de bomba [cm^3/rev]
 V_{DZ} : Volumen a desplazar [cm^3]
 T_{DZ} : Tiempo para el desplazamiento [s]
 n_{MT} : Velocidad de giro del motor [rpm]

Empleado un motor de 4 polos a 1750 rpm, para accionar la bomba y reemplazando los datos se obtiene

$$DZ_B = \frac{60 \times 15248.67 \text{cm}^3}{59.05 \text{s} \times 1750 \text{rpm}}$$

$$DZ_B = 6.063 \text{ cm}^3/\text{rev}$$

Se seleccionó una bomba oleo hidráulica de engranajes de la marca BONDIOLI modelo MUST HPZ PA2, con capacidad de $6.1 \text{ cm}^3/\text{rev}$ una presión nominal de 240 bar y un caudal de 10.644 lt/min a 1750 rpm.



Mediante el siguiente gráfico y con los datos obtenidos en los cálculos, se selecciona la bomba oleo hidráulica requerida, intersectando valores de la siguiente manera:

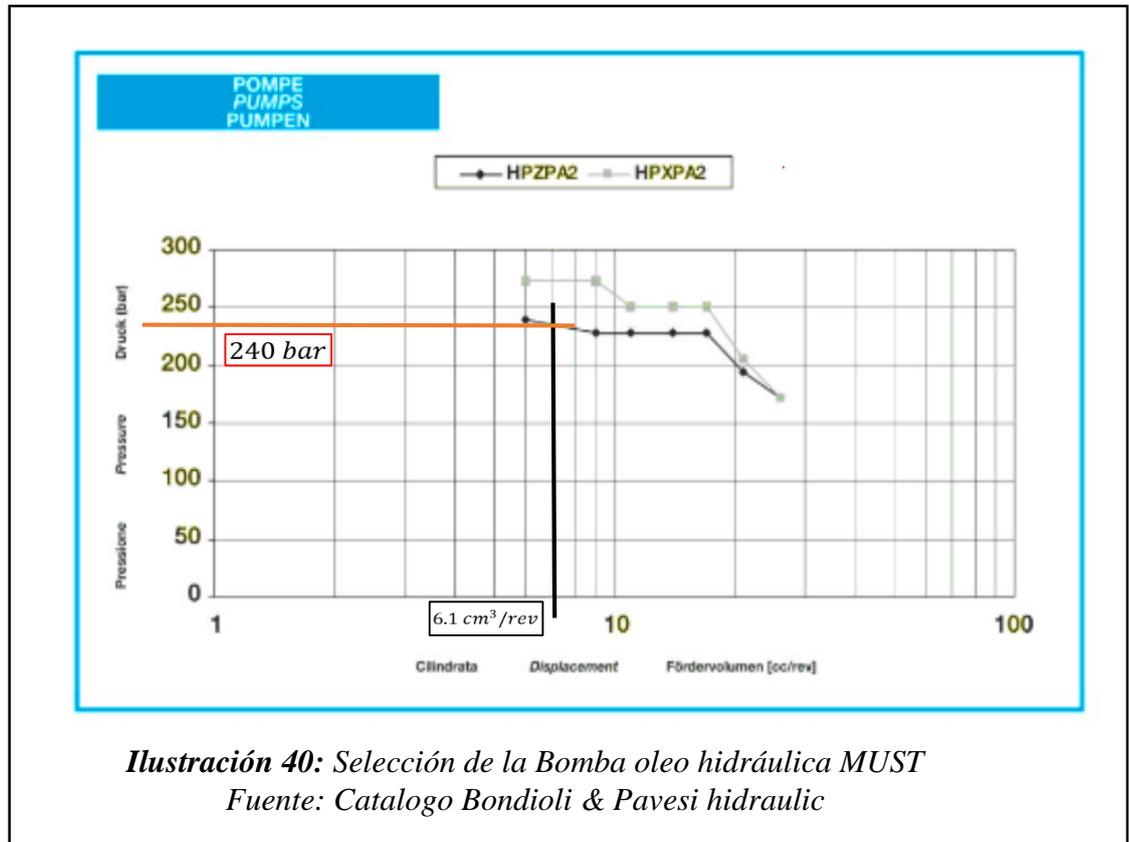


Ilustración 40: Selección de la Bomba oleo hidráulica MUST
Fuente: Catalogo Bondioli & Pavesi hidraulic

BOMBAS DE ENGRANAJES SILENCIOSAS

HPZ-HPX

HPZ - ALUMINIUM - ALUMINIUM - ALUMINIO
DISPLACEMENT CYLINDREE CILINDRADA: from 6,1 cm³/rev to 25,6 cm³/rev
PRESSURE PRESSION PRESSIONES: up to 300 bar

HPX - CAST IRON - FONTE - FUNDICIÓN
DISPLACEMENT CYLINDREE CILINDRADA: from 6,1 cm³/rev to 25,6 cm³/rev
PRESSURE PRESSION PRESSIONES: up to 320 bar

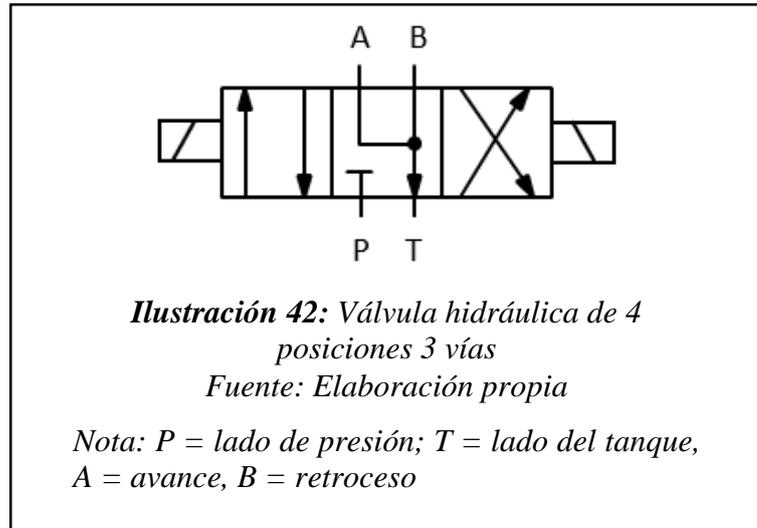
PA2

0 10 20 30 (cm³/rev)

Ilustración 41: Características de la Bomba oleo hidráulica MUST
Fuente: Catalogo Bondioli & Pavesi hidraulic

3.1.8.5. Válvulas hidráulicas

Para el control de los actuadores hidráulicos por medio del paso del fluido se emplearán válvulas direccionales, para la presión establecida 250 bar, activadas mediante solenoide, de 4 vías y 3 posiciones con centro a escape, para liberar presión tras la compactación, la representación se muestra en la siguiente figura:

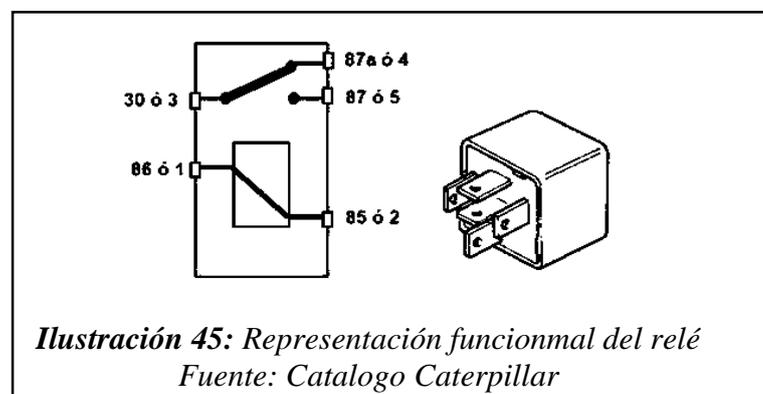
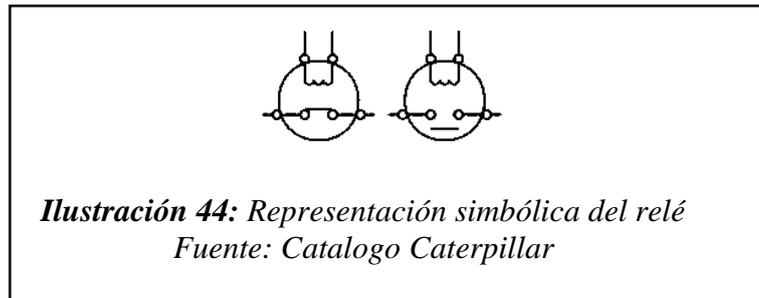


Para el proyecto se empleó se emplea un monoblock conteniendo las dos válvulas necesarias, uno para cada cilindro (compactación y expulsión), adicionalmente los elementos de control para la presión y caudal en la base del mismo, como se muestra



Para la activación y funcionamiento del monoblock de válvulas direccionales se necesitó los siguientes componentes eléctricos de protección y activación:

Relé. - dispositivo electromagnético, funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico, en el que por medio de una bobina y un electroimán se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos.



Posicion1: Positivo excitación.

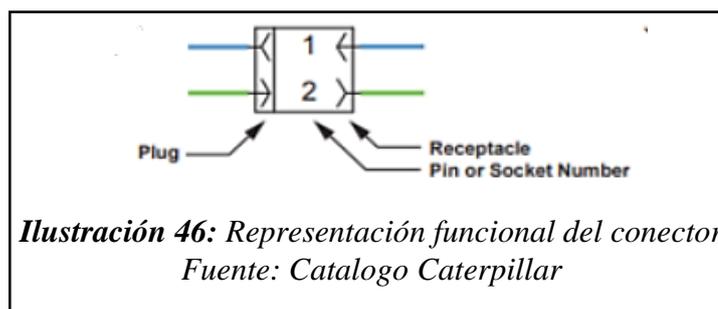
Posicion2: Negativo excitación.

Posicion3: Entrada de potencia.

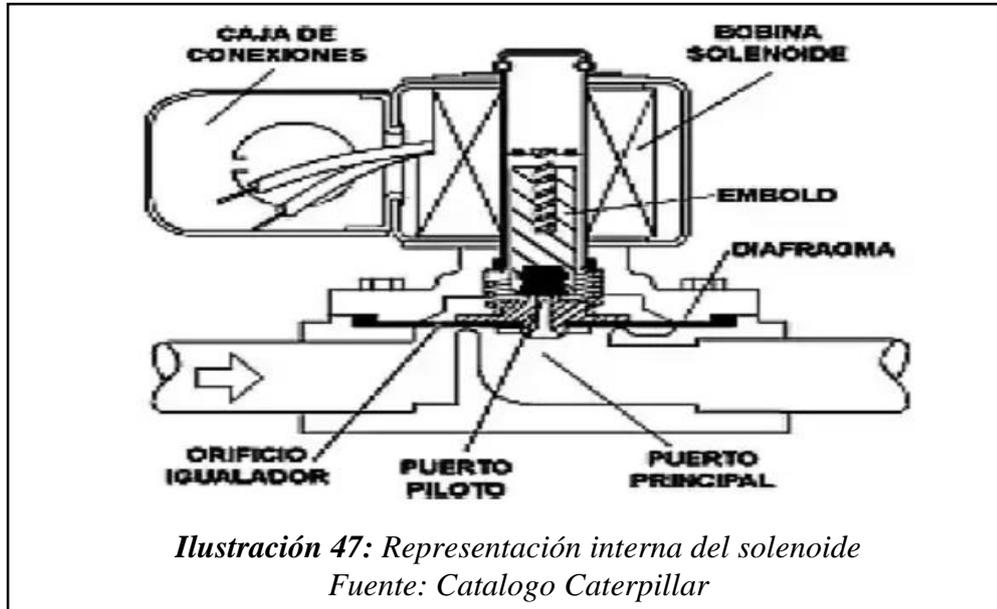
Posición4: Salida de potencia en reposo.

Posicion5: Salida de potencia activado.

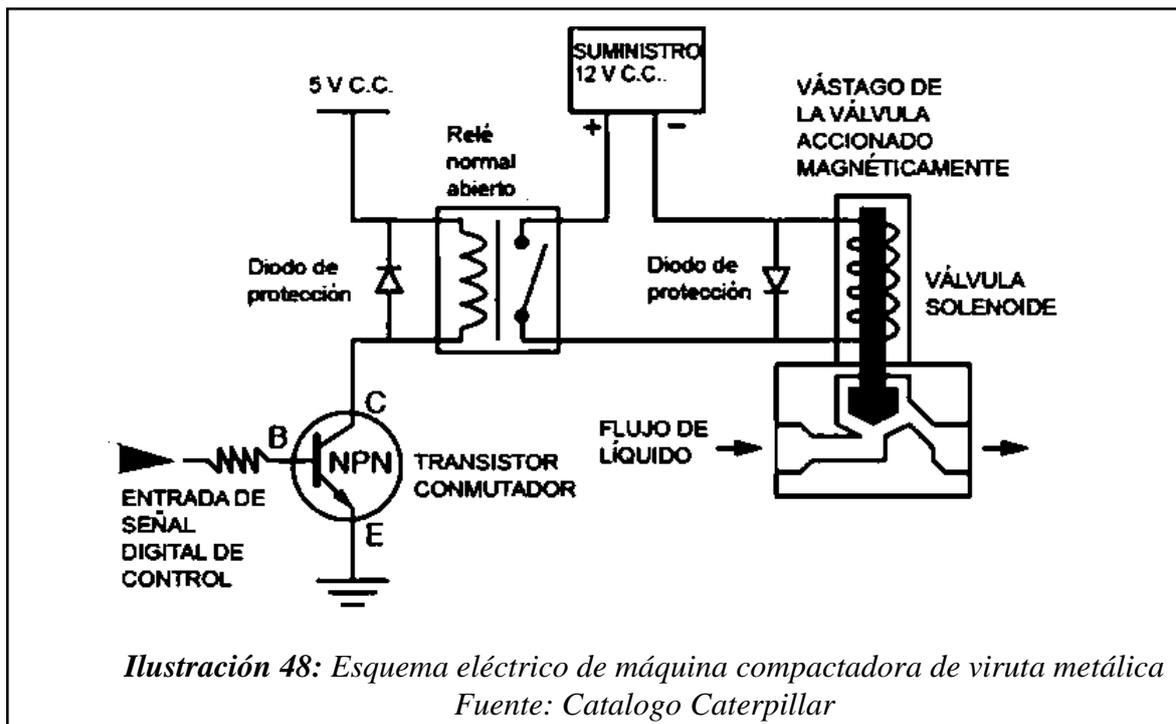
Conector. - dispositivo dotado de pines, que permite la transferencia de corriente para la activación total del componente receptor.



Solenoides. - válvula eléctrica utilizada para controlar el paso de fluidos. La apertura o cierre de la válvula se basa en impulsos electromagnéticos de un solenoide que trabaja junto a un muelle diseñado para devolver a la válvula a su posición neutral cuando el solenoide se desactiva.



Finalmente, el ensamble de todos los componentes anteriormente mencionados, hacen funcional el diseño del control hidráulico de nuestra maquina compactadora de viruta metálica, siendo la representación gráfica la que se muestra a continuación:



3.1.8.6. Conductor hidráulico

El diámetro de la tubería se selecciona en base a la velocidad que tiene el fluido hidráulico, para una presión de 200 bar se recomienda una velocidad de entre 4.5 a 6.0 m/s, como se observa en la siguiente tabla:

VELOCIDADES DE FLUIDO EN TUBERÍAS			
Conductores	Velocidades de fluido en m/s		
	Presiones de trabajo en bar.		
	de 0 a 25	de 25 a 100	de 100 a 300
De presión	de 3.0 a 3.5	de 3.5 a 4.5	de 4.5 a 6.0
De alimentación		de 0.5 a 1.0	
De retorno		de 1.5 a 2.0	

Tabla 8: Secuencia de operación para una briqueta
Fuente: Oleohidráulica A. Serrano Nicolás

En base a la velocidad recomendada se seleccionó una manguera hidráulica de módulo -4 de la marca Parker modelo 451-4, con una presión nominal de 210 bar, y una presión de rotura de 840 bar y diámetro interior de 0.63 cm, en base a esto se calcula la nueva velocidad del fluido

$$V_{FH} = \frac{Q_B}{1.5 \times \pi \times \phi_{MH}^2} \quad \text{Ecuación (20)}$$

Donde

- V_{FH} : Velocidad del fluido hidráulico [m/s]
 Q_B : Caudal de la bomba hidráulica [lt/min]
 ϕ_{MH}^2 : Diámetro de manguera seleccionada [cm]

Reemplazando el caudal y el diámetro de la manguera, se obtiene:

$$V_{FH} = \frac{10.644 \text{ lt/min}}{1.5 \times \pi \times 0.63 \text{ cm}}$$

$$V_{FH} = 5.69 \text{ m/s}$$

3.1.8.7. Fluido hidráulico

Se empleará un aceite hidráulico de grado ISO VG 46, recomendado para estas aplicaciones, con un peso específico de 0.874 kp/dm^3 (8573.94 N/m^3) y una viscosidad cinemática de $46 \text{ cSt}_{@40^\circ}$ a 40 grados centígrados. Se calculará la viscosidad dinámica del fluido hidráulico para calcular las pérdidas de presión

$$\mu_{FH} = \gamma_F \times \left(0.746 \times E^\circ - \frac{0.643}{E^\circ} \right) \times 10^{-3} \quad \text{Ecuación (21)}$$

Donde

- μ_{FH} : Viscosidad dinámica [$\text{kp} \times \text{s/m}^2$]
 γ_F : Peso específico del fluido hidráulico [kp/dm^3]
 E° : Viscosidad cinemática en grados Engler [*Adimensional*]

Para el fluido hidráulico ISO VG 46, se tiene una viscosidad Engler de 6.11, reemplazando este valor en la ecuación anterior se obtiene

$$\begin{aligned} \mu_{FH} &= 0.874 \text{kp/dm}^3 \times \left(0.746 \times 6.11 - \frac{0.643}{6.11} \right) \times 10^{-3} \\ \mu_{FH} &= 3.89 \times 10^{-3} \text{kp} \times \text{s/m}^2 \end{aligned}$$

3.1.8.8. Pérdidas de presión

Numero de Reynolds

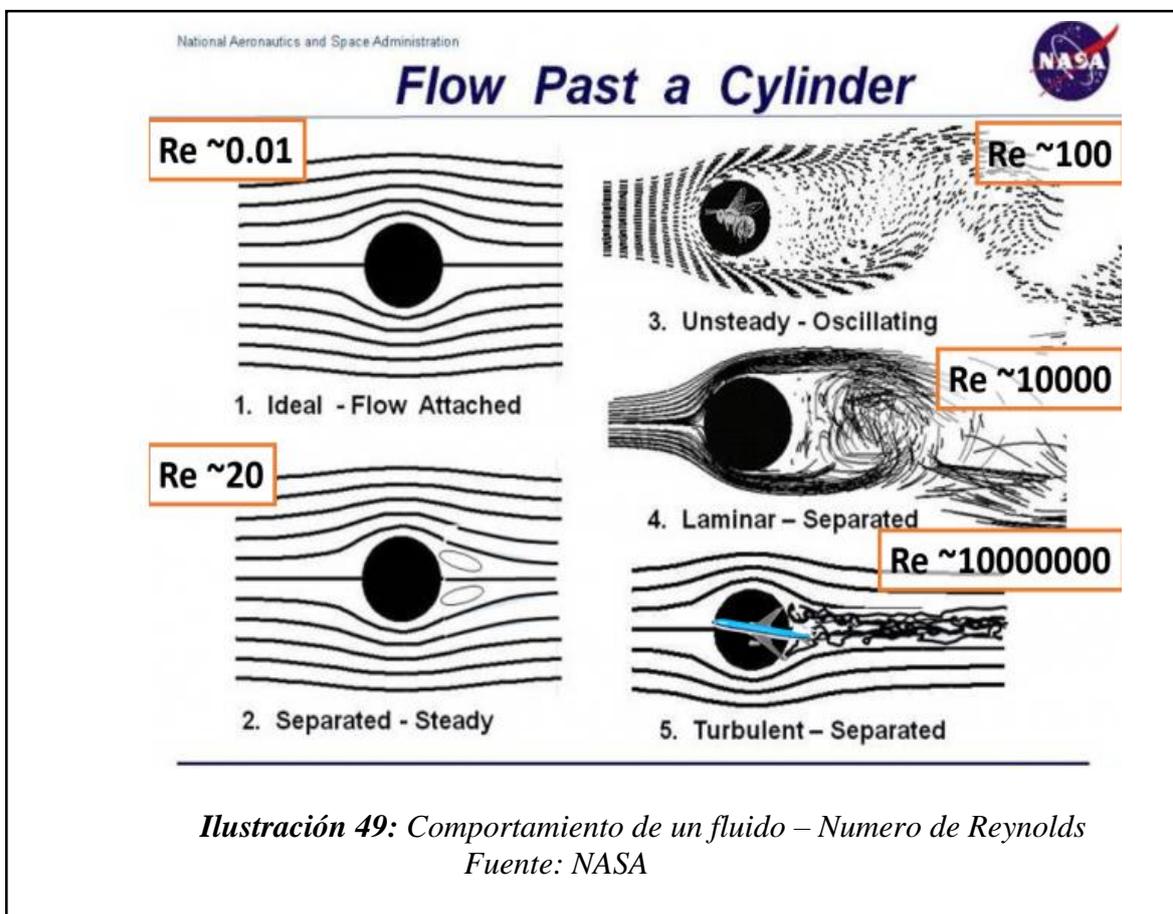
El número de Reynolds indica el comportamiento del fluido al interior de las tuberías, se calcula mediante la siguiente ecuación

$$Re = \frac{\gamma_F \times V_{FH} \times \phi_{MH}}{\mu_{FH} \times g} \quad \text{Ecuación (22)}$$

- Donde: γ_F : Peso específico del fluido hidráulico [kp/dm^3]
 V_{FH} : Velocidad del fluido hidráulico [m/s]
 ϕ_{MH} : Diámetro interior [mm]
 μ_{FH} : Viscosidad dinámica [$\text{kp} \times \text{s/m}^2$]
 g : Gravedad [m/s^2]

El número de Reynolds es un número que representa la razón entre las fuerzas inerciales y las fuerzas viscosas de un fluido, por tanto, su valor exacto depende de muchas variables, pero una de ellas es la escala.

Aunque el número es difícil de estimar de manera precisa, nos da alguna idea de las características del fluido. En fluidos con valores de Reynolds muy altos ($Re > 4000$) predominan las fuerzas inerciales características del flujo turbulento, y en valores pequeños ($Re < 1000$) predominan las fuerzas viscosas características del flujo laminar. En los valores intermedios ocurre una etapa de transición, donde el flujo demuestra unas características laminares y turbulentas.



Reemplazando los valores antes calculados, reemplazando la aceleración de la gravedad (g), y cambiando las unidades del diámetro a mm , se obtiene

$$Re = \frac{0.874kp/dm^3 \times 5.69m/s \times 6.3mm}{3.89 \times 10^{-3}kp \times s/m^2 \times 9.81}$$

$$Re = 821.028$$

Pérdidas en conductores

Según el número de Reynolds calculado se puede determinar que el fluido se comporta de forma laminar al interior de los conductores, en base a esto se calcula el coeficiente de resistencia con la siguiente ecuación:

$$\lambda_R = \frac{64}{Re} \quad \text{Ecuación (23)}$$

$$\lambda_R = \frac{64}{821.028}$$

$$\lambda_R = 0.078$$

Para calcular la caída de presión en las tuberías se asume una longitud máxima de dos metros entre la bomba y el actuador, la fórmula empleada es la siguiente:

$$\Delta_{PM} = \frac{50 \times \lambda_R \times l_M \times V_{FH}}{\Phi_{MH} \times g} \quad \text{Ecuación (24)}$$

Donde

- Δ_{PM} : Pérdida de presión [*bar*]
- λ_R : Coeficiente de resistencia [*adimensional*]
- l_M : Longitud de conductores [*m*]
- V_{FH} : Velocidad del fluido hidráulico [*m/s*]
- Φ_{MH} : Diámetro interno de la manguera hidráulica [*mm*]
- g : Aceleración de la gravedad [*m/s²*]

$$\Delta_{PM} = \frac{50 \times 0.078 \times 2m \times 5.69m/s}{6.3mm \times 9.81}$$

$$\Delta_{PM} = 4.085 \text{ bar}$$

3.1.8.9. Motor eléctrico

La potencia para mover la bomba se calcula con la Ecuación (10), reemplazando los valores de caudal ofrecidas por la bomba, presión de operación de los cilindros hidráulicos, pérdidas de presión en la transmisión, se calcula un motor de 4 polos con

una eficiencia mecánica del motor 86.5%, al tener en cuenta la eficiencia mecánica de la bomba de 84%, reemplazando estos valores, se obtiene:

$$P_{bom} = \frac{(200 + 4.085)bar \times 10.644lt/min}{612 \times 0.865 \times 0.84}$$

$$P_{bom} = 4.885 kW$$

Se selecciona un motor eléctrico WEG de 5.5 kW, para abastecer la potencia necesaria, el motor cuenta con una carcasa 132S y una brida tipo DIN - C, para sujetar la bomba.



La transmisión de potencia entre los ejes del motor y la bomba oleo hidráulica se realizará mediante un acople flexible como el que se presenta en la Ilustración , la conexión entre componentes y protección del acople se hace con una brida DIN tipo C, para motor 132S.





3.1.8.10. Alimentador

Para cargar la cámara de compactación se empleará un alimentador helicoidal, situado directamente debajo de la tolva, se seleccionaron los diámetros externo e interno en 15 y 7 cm respectivamente y se optó por un modelo Shaftless de medio paso (7.5 cm) recomendado para alimentadores, el material a emplearse es Acero AISI 4045 HR, debido a la alta resistencia al desgaste que se necesita, pues está en contacto directo con las virutas, que en movimiento resultan abrasivas.



Se calculó el flujo volumétrico dividiendo el volumen de la cámara de compactación entre el tiempo empleado para la carga.

$$\dot{Q} = \frac{A_{BRI} \times L_{CMP}}{t_c/3600} \quad \text{Ecuación (25)}$$

Donde

\dot{Q} : Flujo volumétrico [m^3/h]

A_{BRI} : Área de briqueta [m^2]

L_{CMP} : Longitud del compactador [m]

t_c : Tiempo de carga [s]

El área de briqueta y longitud de compactador se calculó anteriormente, el tiempo de carga se estableció en 20 segundos, reemplazando estos datos se obtiene:

$$\dot{Q} = \frac{0.00385m^2 \times 0.35m}{20s/3600}$$

$$\dot{Q} = 0.2439 m^3/h$$

El factor de carga según el tipo de helicoidal para medio paso se establece en 2.00, según lo indica la siguiente tabla:

Factor de Capacidad para Paso Especial CF		
Paso	Descripción	CF
Estándar	Paso = Diámetro del Helicoidal	1.00
Corto	Paso = $\frac{2}{3}$ Diámetro del Helicoidal	1.50
Medio	Paso = $\frac{1}{2}$ Diámetro del Helicoidal	2.00
Largo	Paso = $1 \frac{1}{2}$ Diámetro del Helicoidal	0.67

Tabla 9: Factor de capacidad según paso del helicoidal
Fuente: Martin conveyors

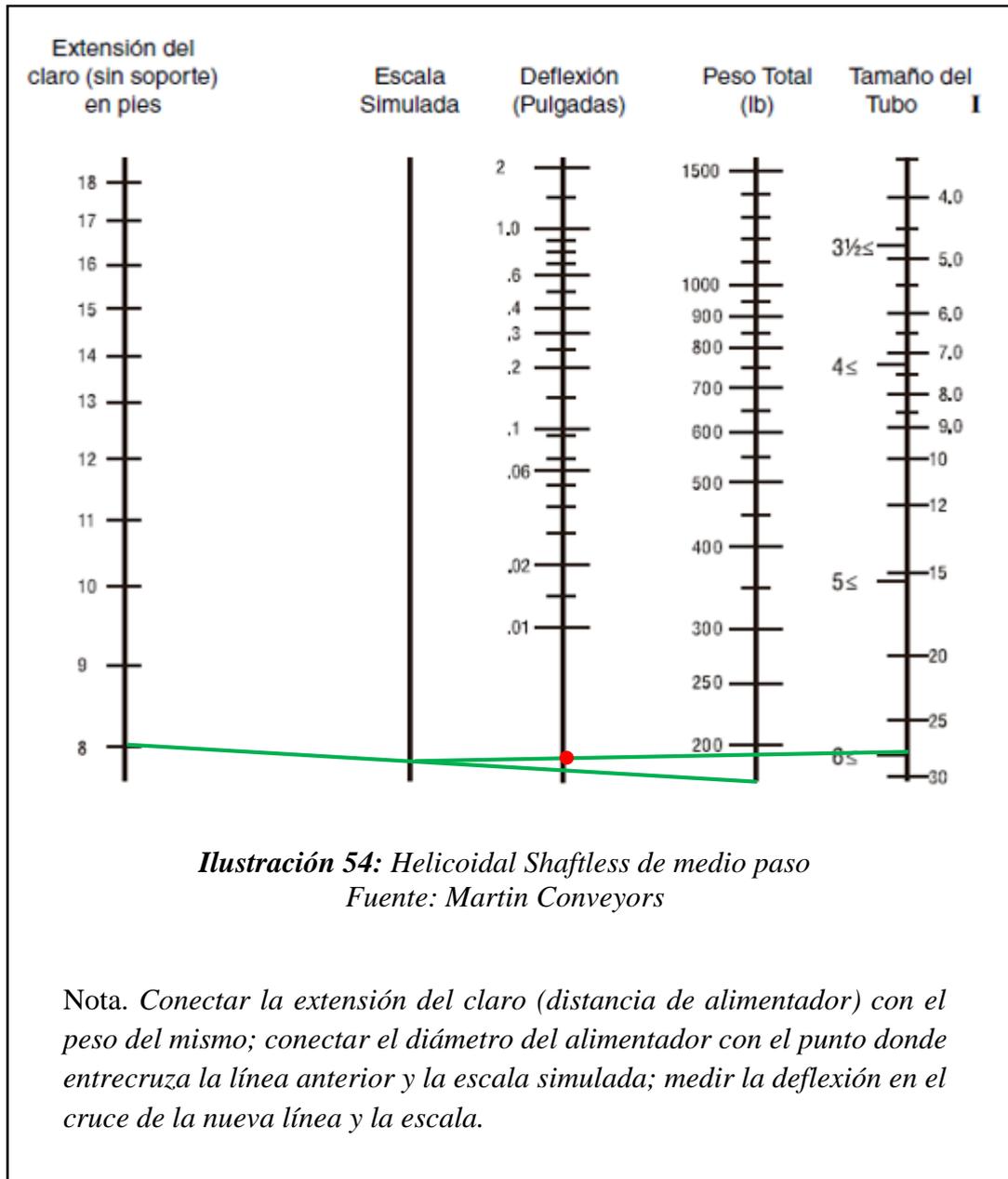
Reemplazando en la Ecuación (11), y asumiendo un porcentaje de llenado del 95% (feeder), se obtiene la velocidad de giro del helicoidal

$$n_G = \frac{4 \times \dot{Q} \times CF}{60\pi \times \lambda \times P \times (D - d)^2}$$

$$n_G = \frac{4 \times 0.2439m^3/h \times 2}{60\pi \times 0.95 \times 0.075m \times (0.15 - 0.07)^2}$$

$$n_G = 22.70 rpm$$

Se evalúa la deflexión en el alimentador con la finalidad de determinar si es necesario un rodamiento en el extremo de alimentación, para evitar desgaste de la tolva y sin fin por efectos de fracción, en el siguiente grafico se puede tabular la deflexión para sistemas de unidades inglesas.



Según se observa en el gráfico anterior la deflexión en el extremo del eje para la escala más baja, es inferior a 0.025 pulgadas (0.63 mm), en nuestro caso los valores empleados son menores a los mínimos, por este motivo se considera la deflexión despreciable y se empleará un alimentador de extremo libre con una brida de acople para el lado del eje motriz.

3.1.8.11. Motorreductor

Para determinar la potencia necesaria del motorreductor para el accionamiento del alimentador, se calcula los siguientes parámetros:

$$P = (P_H + P_N + P_i) f_c / n \quad \text{Ecuación (26)}$$

Donde:

P_H : potencia necesaria para el desplazamiento horizontal del material

P_N : potencia necesaria para el accionamiento del tornillo en vacío

P_i : potencia necesaria para el caso de un tornillo sin fin inclinado.

f_c : factor de sobrecarga, varía de 1 a 3

n : rendimiento de la transmisión (de 0.85 a 0.95)

Potencia para el desplazamiento horizontal del material (P_H):

La potencia necesaria para realizar el desplazamiento horizontal del material se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P_H (kW) = C_0 \frac{Q_m \cdot L}{3600} \times g \quad \text{Ecuación (27)}$$

Donde:

Q_m : flujo de material transportado (t/h)

L : longitud del transportador, en (m)

C_0 : es el coeficiente de resistencia del material transportado

g : gravedad del material

Tipo de material	Valor de c_0	Coefficiente de relleno, λ
Pesada y abrasiva	4,0	0,125
Pesada y poco abrasiva	2,5	0,25
Ligera y poco abrasiva	1,6	0,32
Ligera y no abrasiva	1,2	0,4

Tabla 10: Coeficiente de resistencia y relleno del material

Fuente: ingemecanica

Flujo de material transportado

$$Q = 3600 \cdot S \cdot v \cdot \rho \cdot i \quad \text{Ecuación (28)}$$

S : área de llenado del transportador (m^2)

v : velocidad de desplazamiento del transportador (m/s)

ρ : densidad del material transportado (t/m^3)

i : coeficiente de inclinación del transportador

Densidad del material transportado (materiales de Clase IV)

Los materiales de Clase IV son materiales semi-abrasivos o abrasivos. Son materiales con un peso específico que se sitúa entre $\rho = 0,8 - 1,6 t/m^3$ (densidad del material a transportar).

Coefficiente de inclinación del transportador

En la siguiente tabla se muestran los valores de este coeficiente (i) de disminución de flujo que indica la reducción de capacidad de transporte debido a la inclinación:

Inclinación del canalón	0°	5°	10°	15°	20°
i	1	0,9	0,8	0,7	0,6

Tabla 11: Coeficiente de inclinación del transportador

Fuente: *ingemecanica*

Área de llenado del transportador

$$S = \lambda \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

D : diámetro del canalón del transportador, en m

λ : coeficiente de relleno de la sección.

Velocidad de desplazamiento del transportador

$$v = \frac{p \cdot n}{60}$$

v : velocidad de desplazamiento del transportador (m/s)

p : paso del tornillo o paso de hélice (m)

n : velocidad de giro del eje del tornillo ($r.p.m.$)

Reemplazando el área de llenado y la velocidad del transportador en la ecuación 28:

$$Q = 3600 \cdot \lambda \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{p \cdot n}{60} \cdot \rho \cdot i$$

$$Q = 3600 (0.25) \frac{\pi \cdot (0.22)^2}{4} \cdot \frac{(0.075) \cdot (22.7)}{60} \cdot (1.6) (1)$$

$$Q = 1.55. (t/h)$$

Reemplazando en la ecuación 27:

$$P_H (kW) = 2.5 \frac{(1.55)(0.75)}{3600} (9.81)$$

$$P_H (kW) = 0.0079kW$$

Potencia para el accionamiento del tornillo en vacío (P_N):

$$P_N (kW) = \frac{D \cdot L}{20}$$

$$P_N (kW) = \frac{0.15 \times 0.75}{20}$$

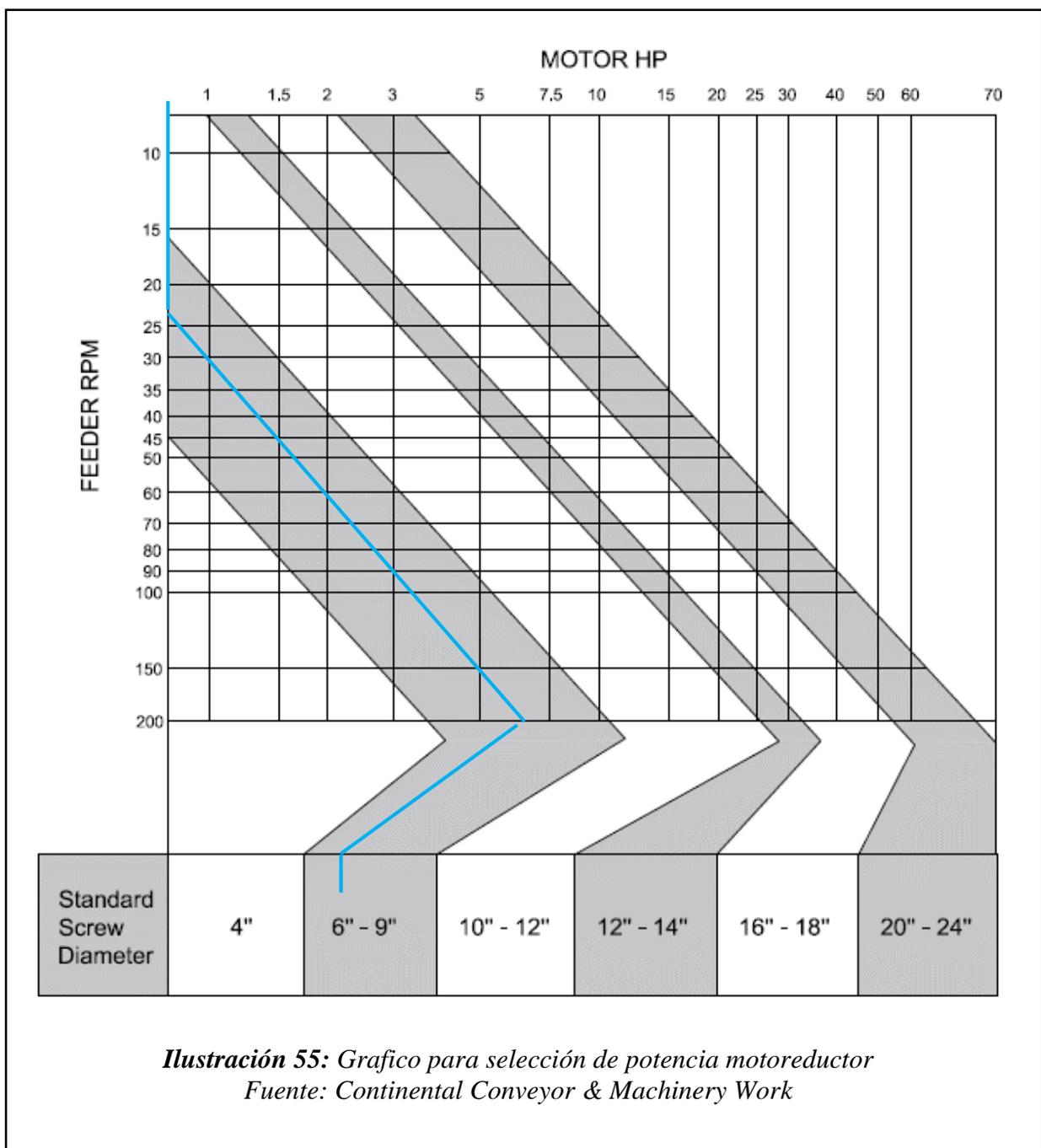
$$P_N (kW) = 0.0056kW$$

Potencia total para el motorreductor

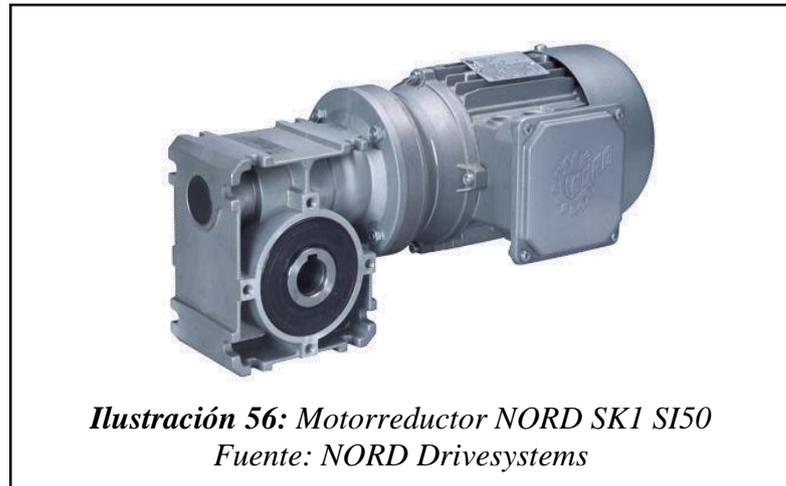
$$P = (P_H + P_N + P_i) f_c / n = (0.0079 + 0.0056 + 0) (3) / 0.85$$

$$= 0.047 \text{ kW} = 0.063 \text{ HP}$$

Para determinar la potencia necesaria para el accionamiento del alimentador se empleó la siguiente gráfica, la cual indica los valores típicos de potencia en base a la velocidad de giro y el diámetro de hélice, en unidades inglesas.



Según el gráfico anterior se puede observar que para diámetros de 15 cm ≈ 6” basta con potencias menores a 1 HP para alcanzar hasta los 45 rpm, en base a esto se seleccionó un motorreductor NORD modelo SK 1 SI 50 velocidad de 23 rpm, con potencia de ½ HP (0.37 kW), brida de salida B5 y alojamiento para eje de 25 mm.



3.1.8.12. Rodamiento

El rodamiento servirá de soporte al eje, sobre este actúan el empuje axial del helicoidal y el peso del sistema eje + helicoidal, debido a la gran fuerza axial que se ejerce se opta por un rodamiento de bolas de contacto angular, para determinar la fuerza equivalente ejercida sobre el rodamiento se emplea la siguiente ecuación

$$P_0 = XF_{RR} + YF_{AR} \quad \text{Ecuación (29)}$$

Donde

P_0 : Carga equivalente sobre rodamiento [kN]

F_{RR} : Fuerza radial sobre rodamiento [kN]

F_{AR} : Fuerza axial sobre rodamiento [kN]

X : Coeficiente para la fuerza radial [adimensional]

Y : Coeficiente para la fuerza axial [adimensional]

El peso del conjunto helicoidal + eje, se determinó empleando la herramienta Calcular en el modelo SolidWorks, obteniéndose un valor de 163.2 N, la fuerza axial será la transmitida por el motorreductor hacia el helicoidal $F_{AR} = F_{AH}$, para determinar los valores de X, Y, se debe asumir el factor f_0 de la siguiente tabla

Calculo del factor f_0	
Y-bearing series	
YAT, YAR, YET, YEL	Factor f_0
203 - 204	13
205 - 212	14
213 - 218	15
220	14

Tabla 12: Factor f_0 para rodamientos
Fuente: SKF bearing

Se empleará un rodamiento SKF de 30 mm YAR206, seleccionando para este, un valor f_0 de 14, ahora se procede a calcular el valor de la carga relativa

$$RTL = f_0 \times \frac{F_{AR}}{C_0} \quad \text{Ecuación (30)}$$

Donde

RTL : Carga relativa sobre rodamiento [adimensional]

f_0 : factor de modificación [adimensional]

F_{AR} : Fuerza axial sobre rodamiento [kN]

C_0 : Límite de carga estática [kN]

Para el rodamiento seleccionado se tiene un límite de carga estática de 11.2 kN, reemplazando este valor se obtiene

$$RTL = 14 \times \frac{4.096kN}{11.2kN}$$

$$RTL = 5.121$$

Teniendo en cuenta el valor de la carga relativa se selecciona los valores X, Y de la siguiente tabla:

Factores de modificación		
Relative thrust load		
f0 Fa/C0	X	Y
0.172	0.46	1.88
0.345	0.46	1.71
0.689	0.46	1.52
1.03	0.46	1.41
1.38	0.46	1.34
2.07	0.46	1.23
3.45	0.46	1.10
5.17	0.46	1.01
6.89	0.46	1.00

Tabla 13: Factores X – Y para modificación de carga
Fuente: SKF bearing

Interpolando los valores de la tabla se determinó el valor de X = 0.46, Y = 1.012 al reemplazarlos en la Ecuación (29), lo logra calcular la carga equivalente

$$P_0 = 0.46(0.163kN) + 1.012(4.096kN)$$

$$P_0 = 4.22 kN$$

Finalmente se calcula el factor de seguridad para el rodamiento, para validar la selección se recomienda valores superiores a 2, para máquinas de movimiento poco frecuente con picos de carga, se emplea la siguiente ecuación

$$S_0 = C_0/P_0 \quad \text{Ecuación (31)}$$

Donde

S_0 : Factor de seguridad [adimensional]

Reemplazando los datos obtenidos, se valida la selección del rodamiento YAR206, con un valor de 2.65 para el factor de seguridad, en la Ilustración , se puede apreciar el rodamiento seleccionado

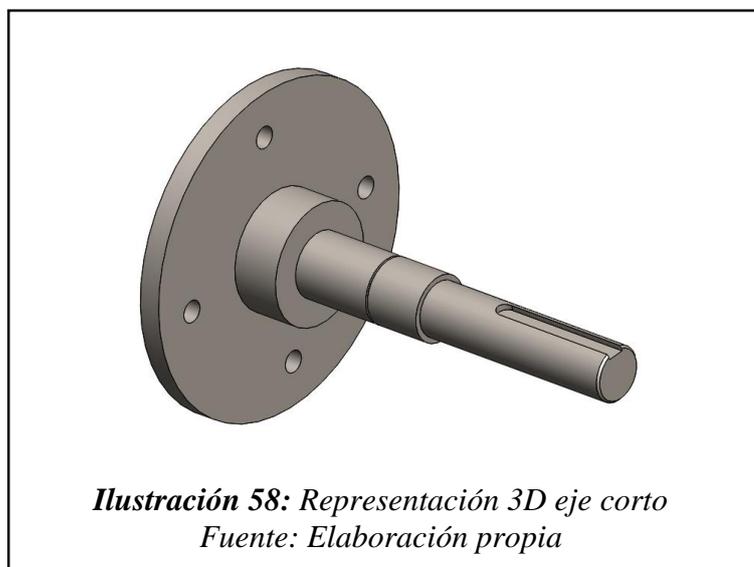
$$S_0 = 11.2/4.22$$

$$S_0 = 2.65$$



3.1.8.13. Eje corto

El eje permite transmitir la potencia desde el motorreductor hacia el helicoidal, debido a la baja potencia que se transmiten (1/2 HP), el diseño del eje está condicionado a la geometría de los componentes, el extremo a empotrar en el motorreductor contara con 25 mm, se asume un escalón para el rodamiento de 30 mm y un descanso para el mismo de 55 mm, finalmente cuenta con un plato de conexión con cuatro perforaciones para acoplar el helicoidal.



Verificación del diseño

Para la verificación de las medidas seleccionadas se calculó el factor de seguridad para el esfuerzo a la fatiga, el material empleado es un Acero AISI 1020 HR, por su disponibilidad en el mercado y las características mecánicas presentadas en la siguiente tabla

SAE AISI num.	Acabado	Resistencia a la tensión	Resistencia a la fluencia
1020	HR	380	210
	CD	470	390

Tabla 14: Características mecánicas para acero AISI 1020
Fuente: Diseño de elementos de máquinas - Shigley

Debido a que la mayor parte del eje esta soportada (rodamiento y motorreductor), se considera despreciables los efectos de la flexión, para este caso despejando el factor de seguridad de la fórmula de Von Misses, se obtiene la siguiente ecuación

$$N_S = \frac{\varnothing_{crit}^3 \times \pi}{32 \times \sqrt{\left(\frac{3}{4}\right) \times \left(\frac{K_f T}{S_y}\right)^2}} \quad \text{Ecuación (32)}$$

Donde

- N_S : Factor de seguridad [adimensional]
- D_3 : Diámetro según el método Goodman [m]
- K_f : Factor de concentración de esfuerzos [adimensional]
- T : Torque total en el eje [$N \times m$]
- S_y : Resistencia a la fluencia [Pa]

El torque que transmite el eje se encuentra en función de la potencia transmitida por el motorreductor y la velocidad de giro, mediante la siguiente ecuación

$$T = \frac{9.55 \times P_{MR}}{rpm} \quad \text{Ecuación (33)}$$

Donde

T : Torque total en el eje [$N \times m$]

P_{MR} : Potencia del motorreductor [W]

rpm : Velocidad de giro del eje [rpm]

Recordando que el motorreductor ofrece una potencia de 0.5 HP a 23 rpm, expresada en Watts se tiene un total de 372.85, reemplazando en la Ecuación (33) se obtiene

$$T = \frac{9.55 \times 372.85W}{23rpm}$$

$$T = 154.813 N \times m$$

Para la parte encajada en el motorreductor se cuenta con un cuñero de trineo, para el cual se selecciona factor de concentración de esfuerzos según la siguiente tabla

Cuñero	Concentrador de esfuerzos
De perfil	2
De trineo	1.6

Tabla 15: Concentradores de esfuerzo para cuñeros

Fuente: Diseño de elementos de máquinas – Robert L. Mott

Al reemplazar el valor del torque y el concentrador de esfuerzos en la Ecuación (32) se obtiene

$$N_s = \frac{0.025^3 \times \pi}{32 \times \sqrt{\left(\frac{3}{4}\right) \times \left(\frac{1.6 \times 154.813 Nxm}{390 \times 10^6 Pa}\right)^2}}$$

$$N_s = 2.788$$

Se puede observar que en la sección crítica del eje el valor calculado para el factor de seguridad es de 2.788, verificando la integridad del eje ante las cargas que estará soportando, pues es superior al valor mínimo recomendable de 2.

3.1.9. Análisis por método de elementos finitos

Para el análisis por método de elementos finitos se empleó la herramienta Simulation del software SolidWorks, en el cual se analizaron los conjuntos más críticos en la máquina compactadora de viruta metálica, a continuación, se presenta los resultados obtenidos, para cada caso se describen las consideraciones del estudio y los valores de factor de seguridad.

Para efectos de entendimiento acerca de la simulación del diseño mecánico por computadora y los valores que este emite al hacer la simulación con las distintas características y restricciones para nuestro sistema, se ha creído conveniente explicar mediante una tabla de la fuente de SOLIDWORKS, los colores y valores optimos, de riesgo y no válidos para nuestros componentes.

La siguiente tabla explica el significado de los colores de escenarios.

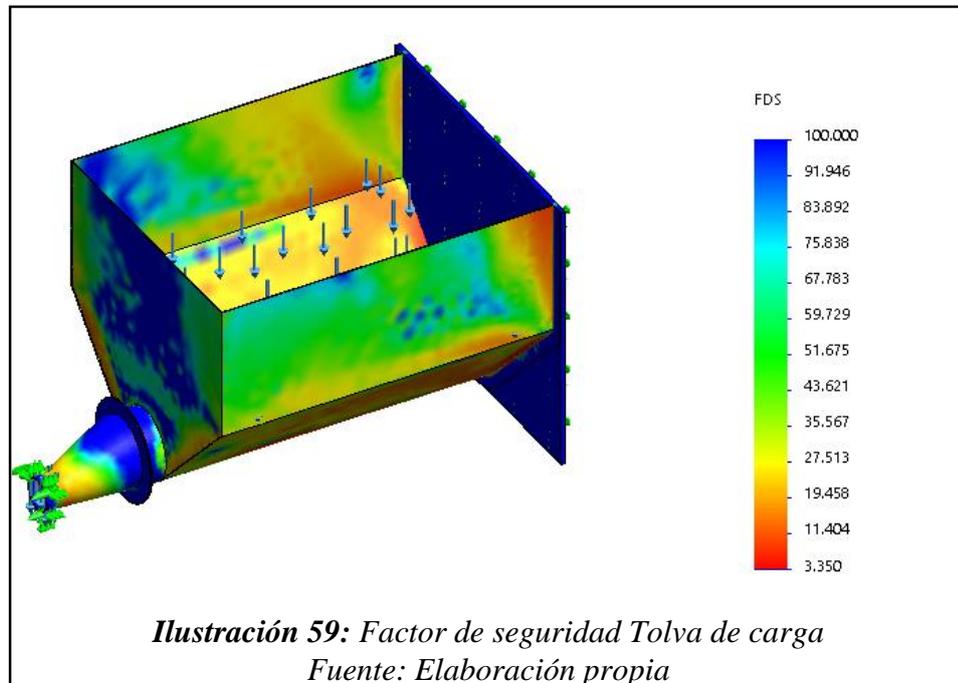
Color de escenario	Significado	Ejemplo						
Verde (disponible sólo para el estudio de diseño de optimización)	Indica el mejor escenario o uno óptimo.	<table border="1"> <tr><td>Optimal</td></tr> <tr><td>1.114716mm</td></tr> <tr><td>8.846573mm</td></tr> <tr><td>11.072571mm</td></tr> <tr><td>2.06797 N/m²</td></tr> <tr><td>33.8779 g</td></tr> </table>	Optimal	1.114716mm	8.846573mm	11.072571mm	2.06797 N/m ²	33.8779 g
Optimal								
1.114716mm								
8.846573mm								
11.072571mm								
2.06797 N/m ²								
33.8779 g								
Rojo	Indica violación de una o más restricciones por parte del escenario.	<table border="1"> <tr><td>Iteration 1</td></tr> <tr><td>3mm</td></tr> <tr><td>10mm</td></tr> <tr><td>13mm</td></tr> <tr><td>1.89217 N/m²</td></tr> <tr><td>35.1416 g</td></tr> </table>	Iteration 1	3mm	10mm	13mm	1.89217 N/m ²	35.1416 g
Iteration 1								
3mm								
10mm								
13mm								
1.89217 N/m ²								
35.1416 g								
Color de fondo	Indica que el escenario actual y todos los escenarios no son óptimos o válidos.	<table border="1"> <tr><td>Iteration 2</td></tr> <tr><td>3mm</td></tr> <tr><td>1mm</td></tr> <tr><td>13mm</td></tr> <tr><td>2.5419 N/m²</td></tr> <tr><td>47.7285 g</td></tr> </table>	Iteration 2	3mm	1mm	13mm	2.5419 N/m ²	47.7285 g
Iteration 2								
3mm								
1mm								
13mm								
2.5419 N/m ²								
47.7285 g								

Tabla 16: Visualización de resultados del estudio de diseño
Fuente: SOLIDWORKS

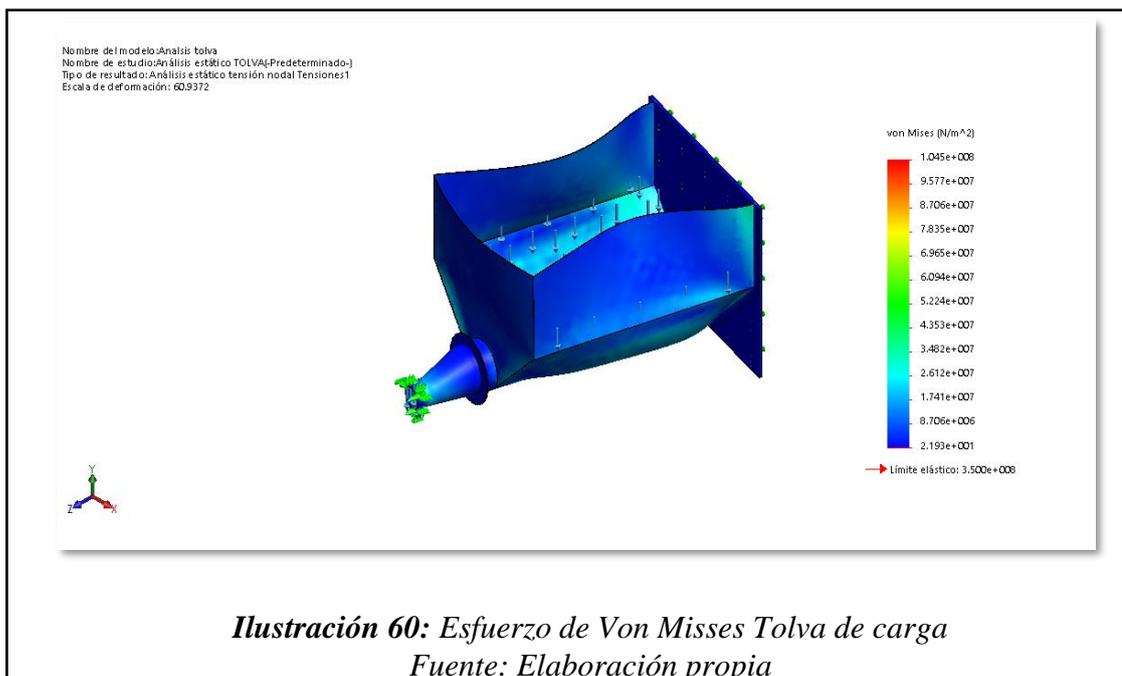
3.1.9.1. Tolva de carga

Consideración: La tolva de carga está diseñada para almacenar un volumen de 0.20 m^3 , se analizó para un caso de virutas metálicas hasta cuatro veces más pesados que la de acero, soportando un peso total de 2900 N, distribuidas en las paredes inferiores de la tolva, el material empleado es un Acero AISI 1020 laminado en frío de 2 mm de espesor.

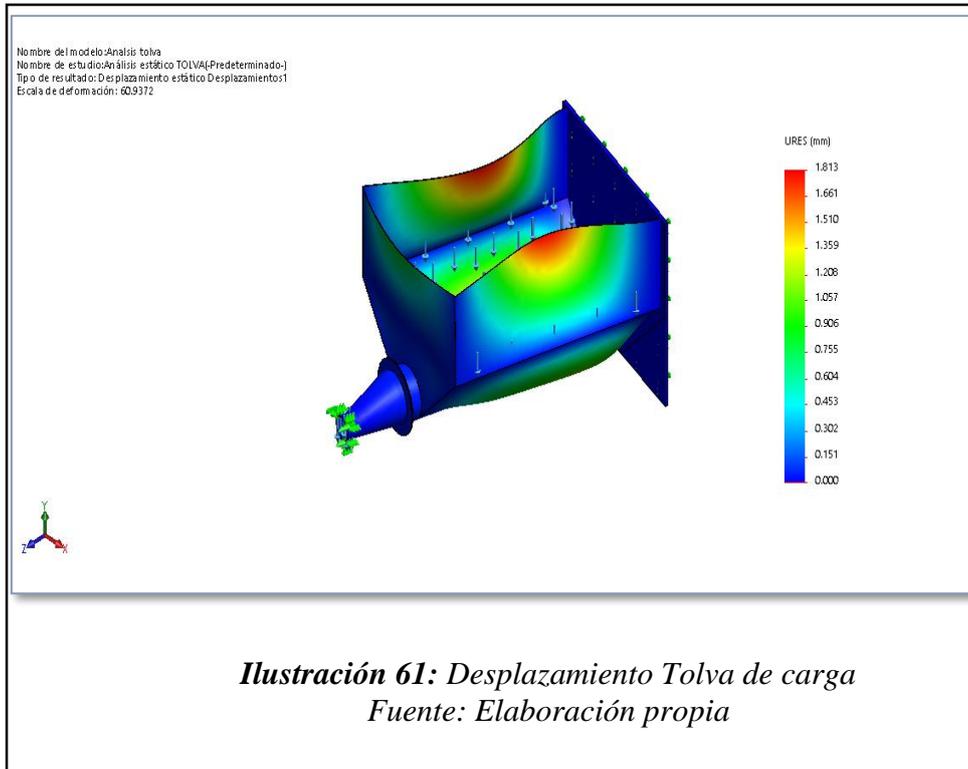
Resultados del factor de seguridad: Se observa el grafico para el factor de seguridad, presentando un valor mínimo de 3.35 con el cual se valida la selección de material y geometría para el componente.



Resultados de la deformación: Se puede apreciar que el esfuerzo de Von Mises máximo calculado por la simulación en SolidWorks es de 1.045 MPa, lo que indica que no se superan los límites de fluencia ni tensión para los materiales empleados.



Resultados del desplazamiento: El desplazamiento por deformación se observa en la parte superior de la tolva, llegando a un valor máximo de 1.81 mm, un valor aceptable, al no interferir en la labor que desarrolla el conjunto, como es la recepción de viruta metálica hacia el transportador sin fin.



3.1.9.2. Alimentador helicoidal

La potencia del motorreductor seleccionado influye directamente sobre la fuerza axial que ejerce la carga sobre las hélices del alimentador, para calcular el valor se emplea la siguiente ecuación

$$F_{AH} = 120 \frac{P_{MR}}{D_H \times \pi \times n_{GS}} \quad \text{Ecuación (34)}$$

Donde

F_{AH} : Fuerza axial en helicoidal [kN]

P_{MR} : Potencia del motorreductor [kW]

D_H : Diámetro externo del helicoidal [m]

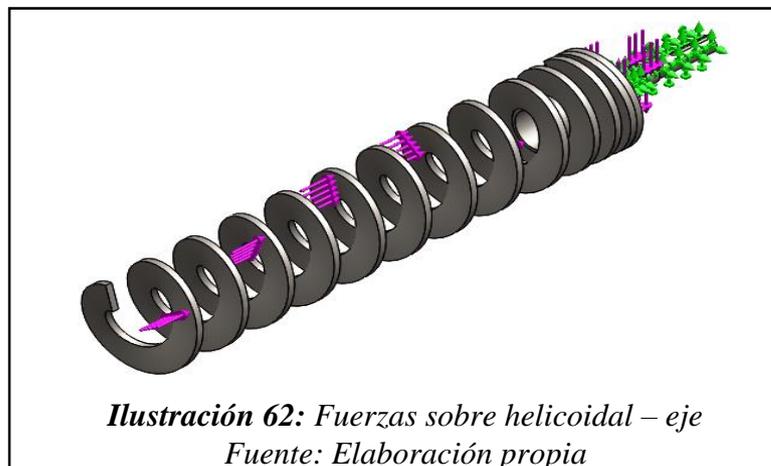
n_{GS} : Velocidad de giro seleccionada [rpm]

Reemplazando los valores ya conocidos se obtiene

$$F_{AH} = 120 \frac{0.37kW}{0.15m \times \pi \times 23rpm}$$

$$F_{AH} = 4.096 \text{ kN}$$

Consideración: El alimentador helicoidal está construido en Acero AISI 4045 HR, mientras que el eje corto en AISI 1020 CD, las sujeciones fijas se ubican en el rodamiento y conexión con el motorreductor, se aplica la fuerza del peso de componentes en el eje y fuerza de empuje de 4.096 kN en la cara lateral del helicoidal, como se aprecia a continuación.



Resultados de la deformación: Se puede apreciar que el esfuerzo de Von Mises máximo calculado por la simulación en SolidWorks es de 294.9 MPa, lo que indica que no se superan los límites de fluencia ni tensión para los materiales empleados

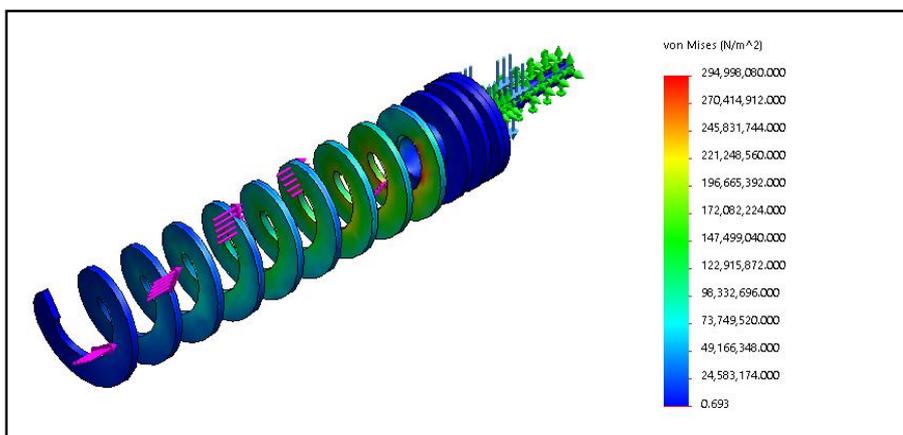
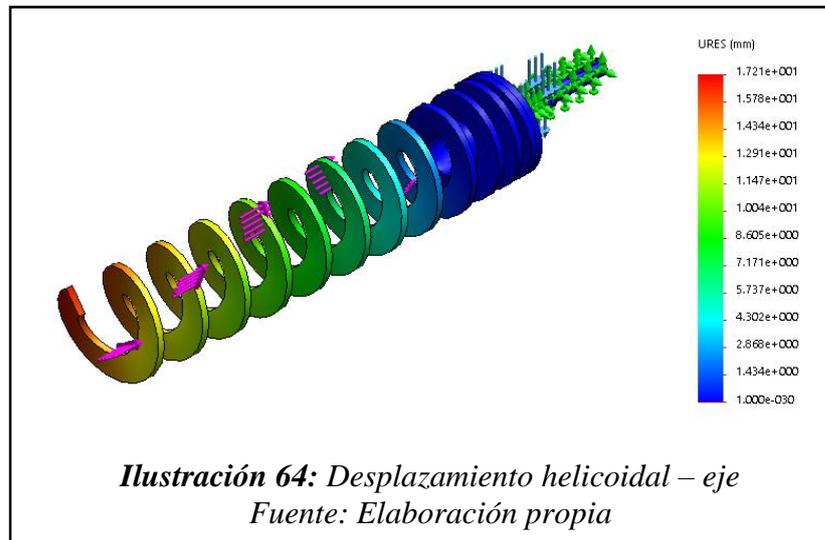
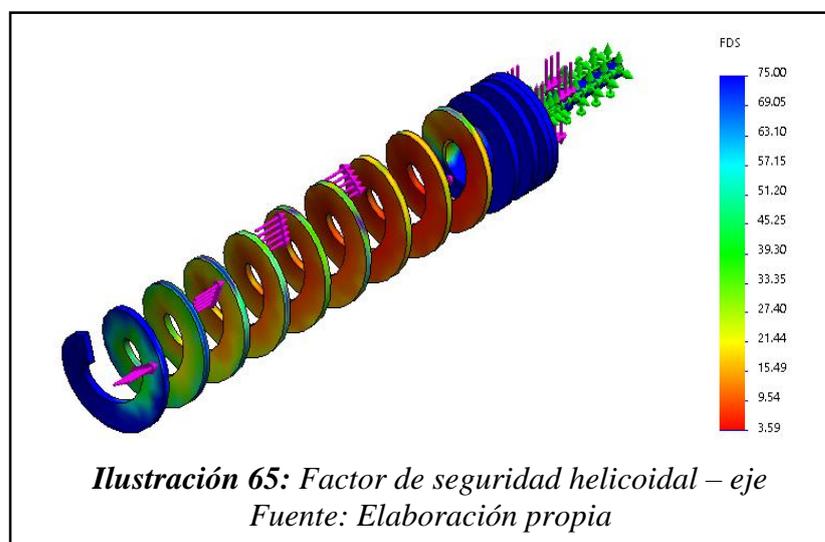


Ilustración 63: Esfuerzo de Von Mises helicoidal – eje
Fuente: Elaboración propia

Resultados del desplazamiento: El desplazamiento por deformación se observa en la punta libre del helicoidal, llegando a un valor máximo de 1.72 mm, un valor aceptable, al no interferir en la labor que desarrolla el conjunto, como es el transporte de viruta metálica hacia la cámara de compactación.

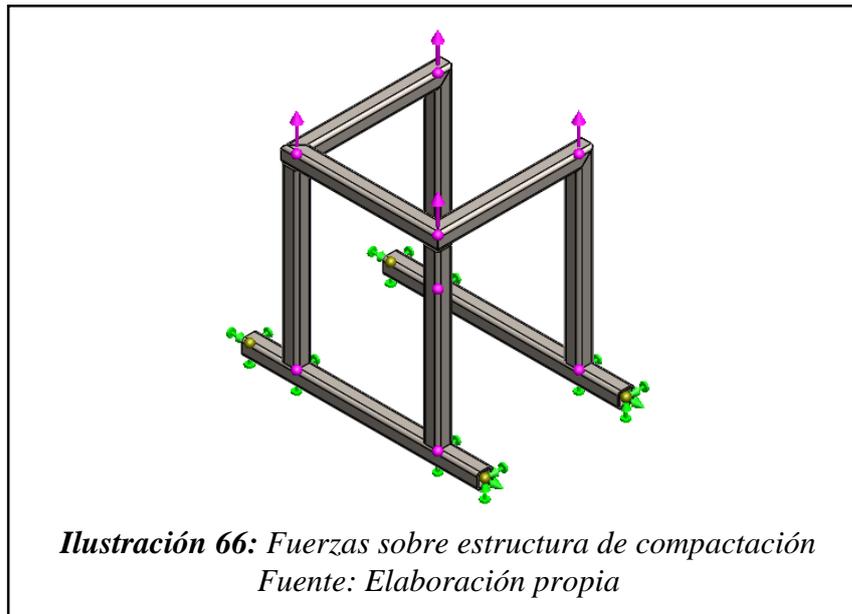


Resultados del factor de seguridad: Se presenta la reducción del factor de seguridad 3.59 a medida se va acumulando la fuerza de empuje sobre el helicoidal, sin embargo, no se supera el valor mínimo requerido

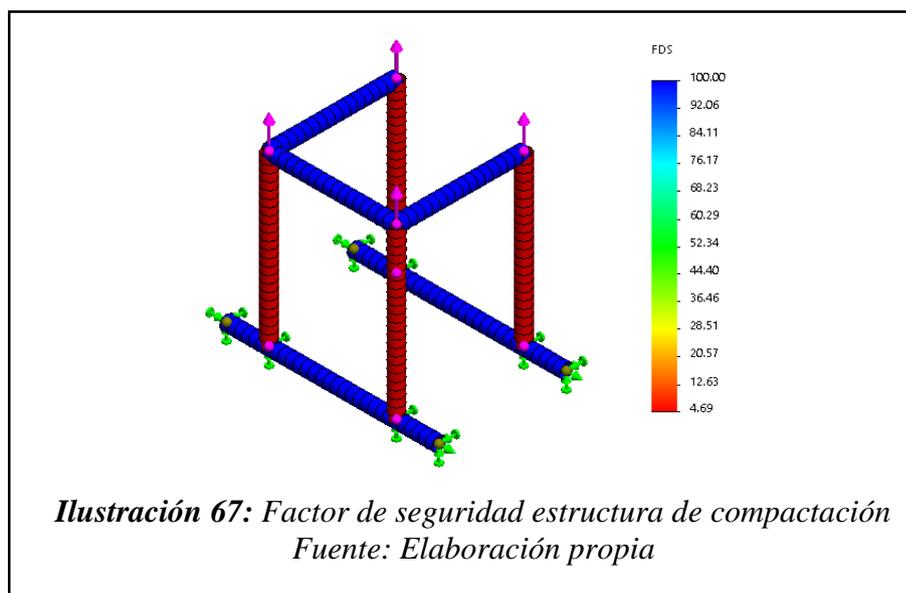


3.1.9.3. Estructura de soporte

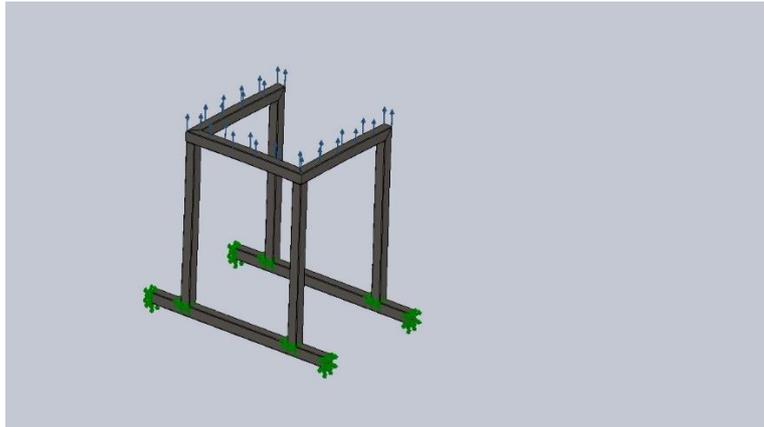
Consideración: La fuerza de compactación ejerce un efecto de tracción sobre la estructura, esta se aplica distribuida con un valor de 67.25 kN en cada miembro, se emplea un perfil cuadrado de $40 \times 40 \times 5$ en AISI 1045 HR con sujeciones en la base.



Resultados: Se observa que el esfuerzo solo se da en los miembros verticales, que son los que soportan la deformación por tracción, el valor mínimo obtenido es de 4.69, validando la selección del espesor para la estructura.

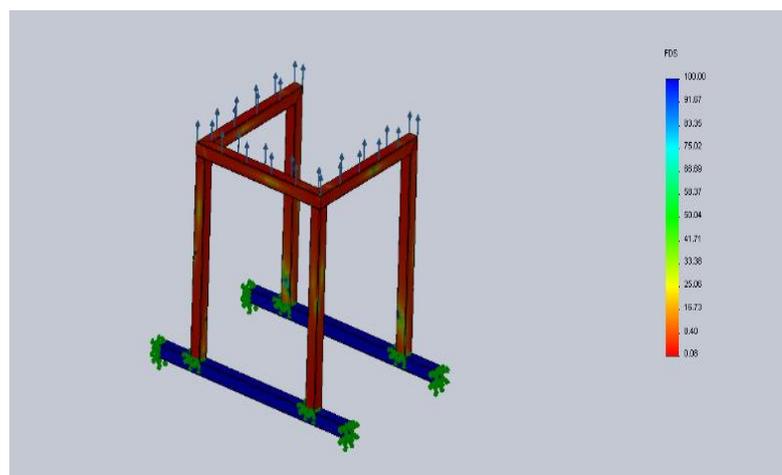


Recalculando: Asegurando el diseño de la máquina compactadora de viruta, se hizo un recalcu de esfuerzos de compactación que soportaría la estructura, con medidas inferiores en un perfil cuadrado de 30 x 30 x 5 en AISI 1045 HR con sujeciones en la base.



*Ilustración 68: Estructura de compactación de perfil cuadrado de 30x30x5mm
Fuente: Elaboración propia*

Resultados: Se observó que el esfuerzo se da en la totalidad de la parte superior de la estructura, que es la parte que soporta la deformación por tracción, el valor mínimo obtenido es de 0.08, invalidando las nuevas medidas del perfil cuadrado.



*Ilustración 69: Factor de seguridad 02 de estructura de compactación
Fuente: Elaboración propia*

Cálculo de soldadura

Las uniones entre la estructura de soporte estarán soldadas, de manera que se cubra todo el perímetro del tubo cuadrado seleccionado, se analiza las estructuras el cordón de soldadura empleado en las conexiones entre miembros por ser la zona de menor área y mayor esfuerzo, se tiene las siguientes consideraciones:

Fuerza tracción (por cada miembro)	67.25 kN
Lado de perfil (tubo cuadrado)	40 mm
Altura del cordón de soldadura	3 mm
Tipo de soldadura (recomendada para tracción)	A tope

Conocida la geometría y altura del cordón, se procede a calcular el área mediante la Ecuación 32, para soldadura por todo el borde

$$A_w = 1.414h_c(b_p + d_p) \quad \text{Ecuación (26)}$$

Donde:

A_w : Área del cordón de soldadura [m^2]

A_w : Altura del cordón de soldadura [m]

A_w : Largo del perfil [m]

A_w : Ancho del perfil [m]

Reemplazando los datos conocidos se obtiene:

$$A_w = 1.414 \times 0.003m \times (0.04m + 0.04m)$$

$$A_w = 3.39 \times 10^{-4} m^2$$

El esfuerzo que sufre la soldadura viene dado por a la siguiente ecuación

$$\sigma_w = F_T/A_w$$

Donde, σ_w representa el esfuerzo y F_T la fuerza de tracción. Reemplazando los datos calculados se obtiene que

$$\sigma_w = \frac{67.25 \times 10^3 N}{3.39 \times 10^{-4} m^2}$$

$$\sigma_w = 198.16 \times 10^6 Pa$$

El esfuerzo permisible para este tipo de soldadura es igual al 60% de la resistencia del electrodo, teniendo esto en cuenta se calcula el máximo esfuerzo permisible, con el cual se seleccionará el electrodo indicado

$$\sigma_p = \frac{\sigma_w}{0.6}$$

$$\sigma_p = \frac{198.16 Mpa}{0.6}$$

$$\sigma_p = 330.27 Mpa$$

Según la siguiente tabla se puede observar que con la selección de un electrodo E60, se cumplen los requisitos de resistencia a la tensión máxima ejercida sobre el cordón

Número de electrodo AWS	Resistencia a la tensión [Mpa]	Elongación porcentual
E60xx	427	17 - 25
E70xx	482	22
E80xx	551	19
E90xx	620	14 - 17

Tabla 17: Resistencia a la tensión según electrodo AWS
Fuente: Diseño de elementos de máquinas – Shigley

3.2. Discusión de resultados

SE IDENTIFICÓ PROBLEMÁTICA EMPRESARIAL

Se identificó dentro de la empresa INGLEBY SAC, una realidad problemática acerca del reciclado de viruta metálica generados por los distintos trabajos de tornería de las áreas de mantenimiento de maquinaria.

DETERMINAR LA ACEPTACIÓN DE IMPLEMENTAR UNA MÁQUINA HERRAMIENTA

Se precisó adecuado realizar encuestas a los trabajadores, donde se obtuvo una visión positiva de diseñar una máquina compactadora de viruta, para promover el orden de todos los desperdicios metálicos y generar con esto mismo ahorro en costos de movilización y limpieza, como también obtener ingresos comercializando el producto final (briquetas).

PROPONER ALTERNATIVAS DE SOLUCION

Se analizó lo siguiente:

Como las reparaciones de las máquinas y componentes son constantes, y el costo de transporte hacia la ciudad de Chiclayo y de retorno es altísimo, entonces se precisó equipar en el taller de procesos de manufactura con máquinas torneadoras, fresadoras y taladros de banco para los trabajos de mantenimiento mecánico.

Ahora, todo el equipamiento de maquinado, está generando a media escala, residuos metálicos denominados viruta, que está ocasionando a su vez incomodidad dentro del taller, por no contar con un área específica donde se pueda almacenar, además de los costos de transporte y limpieza que ha venido generando estos desechos. Tal es así que se proponen dos opciones para reducir los costos y riesgos de trabajo que genera la viruta metálica:

-Comprar una máquina compactadora de viruta metálica, que además de costosa, solo hay modelos para gran escala de producción.

-O, diseñar una máquina compactadora de viruta metálica, a escala, esta determinada por la producción diaria; y además almacenar con la forma de briqueta.

Siendo esta última propuesta, la seleccionada como solución óptima para el problema encontrado en la empresa INGLEBY SAC, debido a que se diseña en forma de prototipo, acortando los costos de compra de componentes.

CÀLCULAR Y DIMENSIONAR LOS COMPONENTES

El cálculo y dimensionamiento se realizó de acuerdo a la producción diaria de viruta metálica y a la geometría de briquetas que se quiso obtener.

Se calcularon los siguientes componentes:

COMPONENTES	CARACTERISTICAS
Motorreductor	0,37 kW – 23 rpm
Alimentador sin fin	$\varnothing_{\text{exterior}} = 15 \text{ cm} - \text{paso} = 7,5 \text{ cm}$
Cilindro de compactación	$L=74\text{cm} - \varnothing_{\text{compactación}}= 7\text{cm} - P_{\text{bar}} = 200 \text{ bar} - F_{\text{compactación}} = 301,84 \text{ kN}$
Cilindro expulsión	$\varnothing_{\text{vástago}} = 18\text{mm} - F_{\text{expulsión}} = 24,64 \text{ kN}$
Bomba hidráulica	Capacidad = $6.1 \text{ cm}^3/\text{rev}$ – $P_{\text{nominal}} = 240 \text{ bar} - Q = 10.644 \text{ lt}/\text{min} - 1750 \text{ rpm}$
Motor eléctrico	Potencia = 5,5 kW

Tabla 18: Características técnicas de los componentes
Fuente: propia

Se dimensionaron los siguientes elementos:

ELEMENTOS	GEOMETRIA	MATERIAL
Tolva	Volumen = $0,20\text{m}^3$ – espesor = 2mm	AISI 1020 LAMINADO EN FRIO
Soporte de tolva	Altura=610mm base=660mm espesor=10mm	AISI 1020 LAMINADO EN FRIO
Base de compactación	Área= 320 mm x 240 mm espesor =20mm	AISI 1020 LAMINADO EN FRIO
Cámara de compactación	Longitud=420mm diámetro externo=110mm diámetro de compactación=70mm	AISI 1020 LAMINADO EN FRIO

Estructura de compactación	Tubo cuadrado de perfil = 40mm x 40mm Espesor=5mm	AISI 1045 HR
Eje	Longitud 194.50 mm	AISI 1020 LAMINADO EN FRIO
Conector	Longitud= 195mm Diametro de Reducción= 154mm a 74 mm Espesor= 2mm	AISI 1020 LAMINADO EN FRIO

Tabla 19: Geometría de diseño de piezas metálicas
Fuente: propia

SE DELIMITÒ UN AREA PARA LA MAQUINA COMPACTADORA DE VIRUTA

El reciclaje de la viruta metálica empieza en el área de procesos de manufactura donde se encuentran las maquinas torneadoras, fresadora y taladro de banco, de donde se obtiene toda la materia prima para nuestra maquina compactadora, la cual estará ubicada en un espacio donde también se pueda almacenar las briquetas, esto debido a que se requiere ocupar el mínimo espacio posible que anteriormente la viruta ocupaba. Debido a su producción y al tamaño de la maquina compactadora es que se necesita un área aproximada de 4 m x 4 m, suficientes para el almacenaje de toda la producción. Posteriormente se realiza la venta de las briquetas, generando así ingresos para el mantenimiento de la máquina y retorno de inversión de la misma.

ECONOMIA Y FINANCIAMIENTO DE LA MAQUINA

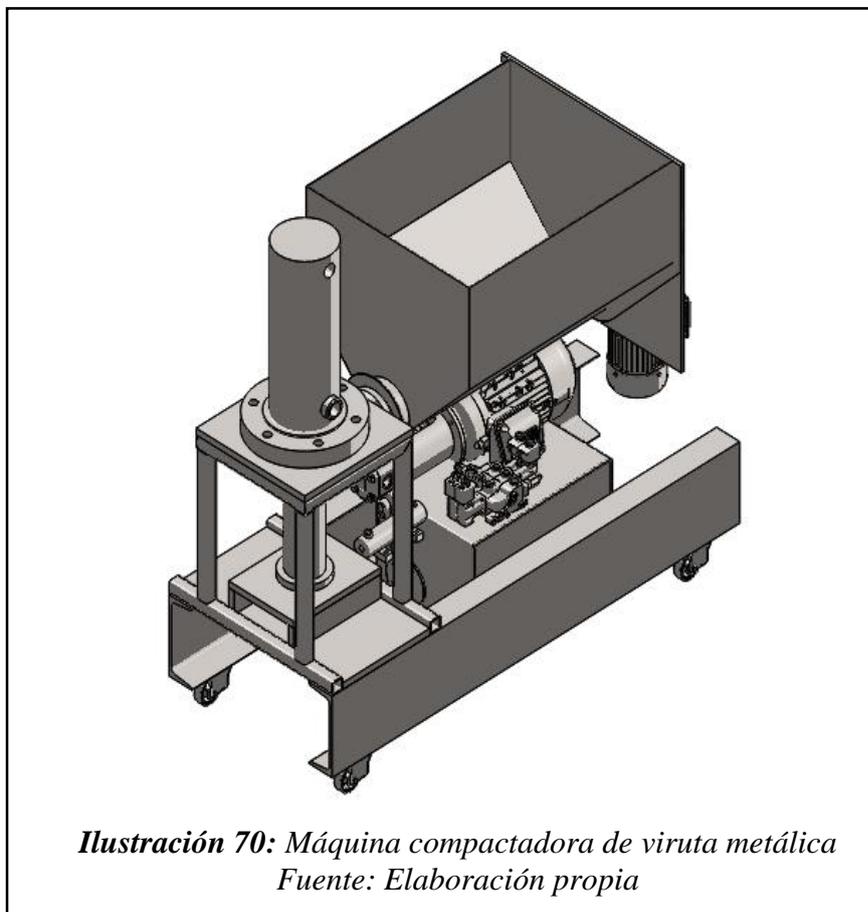
Actualmente esta se cotiza en S/. 0.80 por cada kilogramo de viruta, dejando un ingreso mensual de S/. 614.02. La segunda forma de ingreso, es el ahorro que genera la máquina pues ya no se incurre en gastos de traslado, los que ascienden a S/.2700.00 en periodos de 3 meses.

El gasto mensual en energía eléctrica para accionar los motores se calculó en S/ 126.57 mensual, adicionalmente se asume un gasto en mantenimiento de S/. 200.00 en intervalos de 6 meses.

Según lo calculado la construcción y puesta en marcha de la máquina compactadora de viruta metálica resulta viable económicamente, pues el valor actual neto a un periodo de 2 años es de S/. 17307.61, indicando ganancias para la empresa y la tasa de retorno es del 15%, superando la tasa de descuento establecido.

3.3. Propuesta de investigación

La solución a la problemática en la empresa INGLEBY SAC, se propone con el diseño de una máquina compactadora de viruta metálica, para una capacidad de 20 Kg por hora, la cual reduce significativamente el volumen de los desperdicios generados en el taller de mantenimiento de la empresa, significando un mayor control de estos y una reducción de costos en las operaciones de limpieza y desecho.



3.3.1. Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas de la maquina se describen en la siguiente tabla, en base a los sistemas y componentes seleccionados para el funcionamiento de la misma.

Máquina compactadora de viruta metálica	
Generales	
Capacidad de producción	20 Kg/h
Velocidad de alimentador	23 rpm
Geométricas	
Largo	1.50 m
Alto	1.40 m
Ancho	0.60 m
Peso	650 Kg
Eléctricas	
Voltaje de operación	220 V
Potencia de motor hidráulico	5.5 kW
Potencia de motorreductor	0.37 kW
Hidráulicas	
Caudal de bomba	10 lt/min
Presión de operación	200 bar
Sistema de mando	Electroválvulas

Tabla 20: Especificaciones técnicas de la máquina
Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Características

Las características de los equipos seleccionados se presentan en el anexo de fichas técnicas, mientras que las características geométricas y constructivas de las piezas diseñadas se muestran en los planos contractivos para cada componente.

3.3.3. Presupuesto

En la siguiente tabla se muestran la relación de precios para los componentes de la máquina compactadora de viruta metálica.

COTIZACIÓN DE COMPONENTES

Componente	Precio unit.	Cantidad	Total
Motorreductor	S/. 850.00	1	S/. 850.00
Rodamiento	S/. 40.00	1	S/. 40.00
Eje corto	S/. 25.00	1	S/. 25.00
Helicoidal	S/. 230.00	1	S/. 230.00
Soporte para tolva	S/. 30.00	1	S/. 30.00
Tolva de carga	S/. 145.00	1	S/. 145.00
Conector	S/. 25.00	1	S/. 25.00
Cámara de compactación	S/. 95.00	1	S/. 95.00
Cilindro de compactación	S/. 1 700.00	1	S/. 1 700.00
Estructura de compactación	S/. 85.00	1	S/. 85.00
Cilindro de expulsión	S/. 250.00	1	S/. 250.00
Base de compactación	S/. 45.00	1	S/. 45.00
Tapa de compactación	S/. 12.00	1	S/. 12.00
Tanque hidráulico	S/. 180.00	1	S/. 180.00
Bomba	S/. 105.00	1	S/. 105.00
Acople	S/. 25.00	1	S/. 25.00
Motor	S/. 950.00	1	S/. 950.00
Brida	S/. 12.00	1	S/. 12.00
Electroválvula	S/. 580.00	2	S/. 1 160.00
Presostato	S/. 95.00	1	S/. 95.00
Estructura de base	S/. 80.00	2	S/. 160.00
Ruedas	S/. 45.00	4	S/. 180.00
Ferretería		5%	319.95
Mano de obra		20%	S/. 1 279.80
TOTAL			S/. 7 998.75

Tabla 21: Cotización de máquina compactadora de viruta
Fuente: Elaboración propia

Según la evaluación económica realizada se determinó que el presupuesto necesario para desarrollar el proyecto es de S/. 7998.75 nuevos soles, teniendo en cuanto los costos de componentes industriales y los costos de fabricación de piezas maquinadas.

3.3.4. Evaluación económica

Ingresos

Los ingresos para la empresa INGLEBY SAC, vienen dados de dos formas, la primera por la venta directa de viruta compactada como material para el reciclaje, en el mercado actual esta se cotiza en S/. 0.80 por cada kilogramo de viruta, dejando un ingreso mensual de S/. 614.02. La segunda forma de ingreso, es el ahorro que genera la máquina pues ya no se incurre en gastos de traslado, los que ascienden a S/. 2700.00 en periodos de 3 meses.

Egresos

Los gastos que genera la maquina compactadora, están dados por el gasto mensual en energía eléctrica para accionar los motores, este gasto se calculó en S/ 126.57 mensual, adicionalmente se asume un gasto en mantenimiento de S/. 200.00 en intervalos de 6 meses.

Flujo de caja

En base a los montos y tiempo se elabora el siguiente flujo de caja mensual

	Mes					
	1	2	3	4	5	6
Ingresos						
Kilos de viruta	767.52	767.52	767.52	767.52	767.52	767.52
Precio de la viruta	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Ahorro en transporte			2700			2700
Ingresos	614.02	614.02	3314.02	614.02	614.02	3314.02
Egresos						
Costos energéticos	126.57	126.57	126.57	126.57	126.57	126.57
Mantenimiento						200
Egresos totales	126.57	126.57	126.57	126.57	126.57	326.57
Flujo de caja	487.44	487.44	3187.44	487.44	487.44	2987.44

Tabla22: Flujo de caja económico
Fuente: Elaboración propia

Indicadores económicos

Los indicadores económicos reflejan la viabilidad de la inversión teniendo en cuenta los flujos de caja futuros, para este caso se calculó el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno, para un periodo de 2 años tenido en cuenta una tasa de descuento de 2% mensual, las ecuaciones para el cálculo son las siguientes

$$VAN = \sum_{t=1}^{24} \frac{FC_t}{(1 + 2\%)^t} - I \quad \text{Ecuación (27)}$$

$$\sum_{t=1}^{24} \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} = I \quad \text{Ecuación (28)}$$

Donde

FC_t : Flujo de caja para cada periodo [S/.]

t : Periodo de tiempo [*meses*]

I : Inversión [S/.]

Reemplazando los valores cálculos en el flujo de caja y periodos establecidos se obtiene

$$VAN_{24 \text{ meses}} = S/. 17\,307.61$$

$$TIR_{24 \text{ meses}} = 15\%$$

Según los indicadores calculados la construcción y puesta en marcha de la máquina compactadora de viruta metálica resulta viable económicamente, pues el valor actual neto a un periodo de 2 años es de S/. 17307.61, indicando ganancias para la empresa y la tasa de retorno es del 15%, superando la tasa de descuento establecido.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

1. Se elaboraron entrevistas y visitas técnicas las que permitieron determinar que la empresa “INGLEBY SAC”, genera un aproximado de 26 Kg diarios de viruta metálica como desperdicio resultado de las actividades en el taller de mantenimiento.
2. Mediante el uso de una matriz morfológica se elaboraron cuatro conceptos de solución, los cuales fueron evaluados según la metodología VDI 225 para determinar la alternativa que mejor se adecua al proyecto.
3. Se esquematizó la configuración de la máquina compactadora de viruta metálica, describiendo los elementos principales, esquema hidráulico y funcionamiento de la alternativa seleccionada para desarrollar.
4. Se diseñó la máquina compactadora de viruta metálica, la que emplea un sistema hidráulico para reducir el volumen de la viruta, formando briquetas de 7 *cm* de diámetro × 5 *cm* de alto, a una tasa de producción de 45 unidades por hora.
5. Para el sistema hidráulico se seleccionó una bomba hidráulica de 6.2 cm^3/rev , la que es impulsada por un motor eléctrico de 5.5 *kW* armazón de aluminio 132S, el cilindro de compactación tiene un diámetro de 130 *mm* y funciona a una presión nominal de 200 *bar*, el sistema de alimentación está compuesto por un helicoidal tipo Shaftless de 15 *cm* de diámetro, guiado por un motorreductor de 0.37 *kW* a una velocidad de 23 *rpm*.

6. Mediante el uso del software SolidWorks se analizó por método de elementos finitos la tolva de carga, estructura de compactación y conjunto eje corto – helicoidal, trasladando las fuerzas que se aplican sobre cada elemento se determinó el factor de seguridad mínimo en cada caso, obtenido 3.35, 4.69 y 3.59, respectivamente, lo cual refleja la correcta selección y dimensionamiento de las piezas.
7. Se determinó que para el desarrollo del proyecto se requiere un presupuesto de S/.7998.75, entre los costos de componentes estándar y maquinado de piezas específicas para la máquina compactadora de viruta metálica.

4.2. Recomendaciones

El diseño de la máquina está pensado para las condiciones existentes en el taller de mantenimiento en la empresa INGLEBY SAC, de reproducirse el estudio se recomienda tener en cuenta factores que puedan modificar las condiciones de la máquina o viruta, a fin de realizar las correcciones necesarias.

De implementarse el diseño propuesto se recomienda tener en cuenta las dimensiones y especificaciones presentadas en los planos del equipo, para no incurrir en fallas de instalación en la máquina compactadora de viruta metálica.

En el caso de los componentes seleccionados, se recomienda seguir las indicaciones de instalación y mantenimiento provistos por el fabricante, a fin de evitar fallas o mal funcionamientos en el equipo.

Según los indicadores económicos obtenido en la evaluación de la propuesta, se recomienda implementar la máquina compactadora de viruta metálica en la empresa INGLEBY SAC.

REFERENCIAS

- Aquino, H., Gonzales, M., Nava, J., Orozco, D. y Portillo, J. (2016). *Compactadora de viruta de aluminio* (tesis de pregrado). Centro De Estudios Científicos Y Tecnológicos N°. 9 Juan De Dios Bátiz, México D.F., México.
- Concha, D. (2005). *Reciclado de rebaba producida por el área de maquinado de una fábrica de partes de aluminio* (tesis de pregrado). Universidad De Las Américas De Puebla, Puebla, México.
- Cruz, R. & Santo, L. (2013). *Diseño de un prototipo de máquina compactadora para la recuperación de viruta de aluminio que se genera en la empresa corporación ecuatoriana de aluminio de la ciudad de Latacunga CEDAL S.A* (tesis de grado). Universidad Técnica De Cotopaxi, Latacunga, Ecuador.
- Cunalata, C. (2011). *Diseño y análisis estructural de un prototipo de compactadora de chatarras de aluminio para el reciclaje* (tesis de pregrado). Universidad De Granma, Latacunga, Ecuador.
- Dieter, G. E. y Schmidt, L. C. (2013). *Engineering design*. The United States, New York: McGraw-Hill.
- Eggert, R. (2010). *Engineering design*. The United States, Meridian: High Peak Press.
- Garcia, J. & Mochon, L. (2014). *Diseño de una compactadora de chatarra de alto tonelaje* (tesis de pregrado). Universidad Pontificia Comillas, Madrid, España.

Garrido, Y. (2007). *Diseño de máquina briqueteadora de viruta de acero para la maestranza Valdivia* (tesis de pregrado). Universidad Austral De Chile, Valdivia, Chile.

Mariño, M. (2016, 24 de octubre). Propuesta para el uso de los desechos sólidos en los talleres de maquinado de la ciudad de Santiago de Cuba. *Revista Científica Internacional de Cienfuegos*.

Recuperado de:

<http://biblioteca.ucf.edu.cu/biblioteca/eventos/>.

Nishan, S. (2017, 01 de mayo). Design and Development of Metal Chip Block Making Machine. *International Journal for Scientific Research & Development*.

Recuperado de:

<http://ijsrd.com/Article.php?manuscript=IJSRDV5I21337>.

Norma ANSI Z245.2-2008. Stationary Compactors – Safety Requirements for Installation, Maintenance and Operation. American National Standards Institute. Whashington. 27 de febrero de 2008.

Norma IEC 61439-1. Low-voltage switchgear and controlgear assemblies. International Electrotechnical Commission. Agosto de 2011.

Norma ISO 128-1:2003. Technical drawings. International Organization for Standardization. Suiza. 15 de febrero de 2003.

Penchev, T., Altaparmakov, I. y Karastojanov, D. (2014). Briquetting of Metal Chips by Controlled Impact: Experimental Study. *Recent Advances in Environmental Sciences and Financial Development*, 1(6), 62-67.

Pramod, R., Kumar, G. y Veeresh, B. (2017). Design and fabrication of metal briquette machine for shop floor. *AIP Conference Proceedings*, 1859(1).

RUF. (2017). Briquetting Systems METAL.

Recuperado de:

http://www.ruf-riquetter.com/images/pdfs/RUF%20ProductFlyer_Metal-8.pdf

Serway, R & Jewett, J. (2010). *FÍSICA para ciencias e ingeniería*. Volumen 1. Séptima edición. CENGAGE learning: México DF. pp 121.

Thompson, E. (2002). EE.UU. Patente N°. 6,349,638. Michigan, Kalamazoo: U.S. Patent and Trademark Office.

Urlich, I. (2014). *Propuesta de plan de manejo de residuos sólidos de una empresa de importación, comercialización y mantenimiento de maquinaria pesada para minería* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

ANEXOS

03. ¿Cree usted que el reducir los volúmenes de viruta sea beneficioso para la empresa?

- Mucho
- Solo un poco
- No mucho

04. ¿Considera necesario la adquisición de una maquina compactadora de viruta metálica, para reducir el volumen de desperdicio al interior del taller?

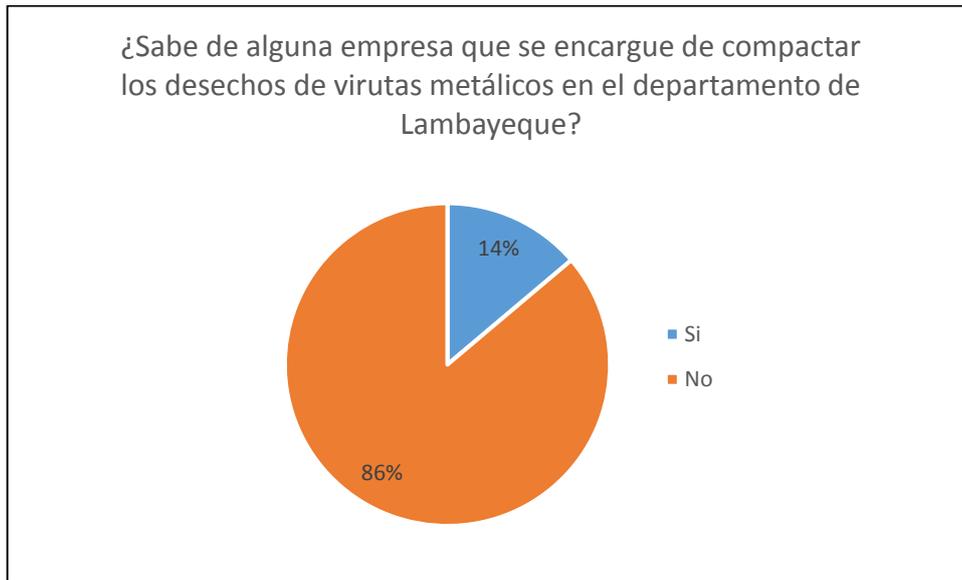
- Justificable
- Muy necesario
- Innecesario

05. ¿Cree usted que es más fácil trabajar con las virutas metálicas ordenadas en forma de briqueta al interior del taller?

- Si
- No
- No hay diferencia

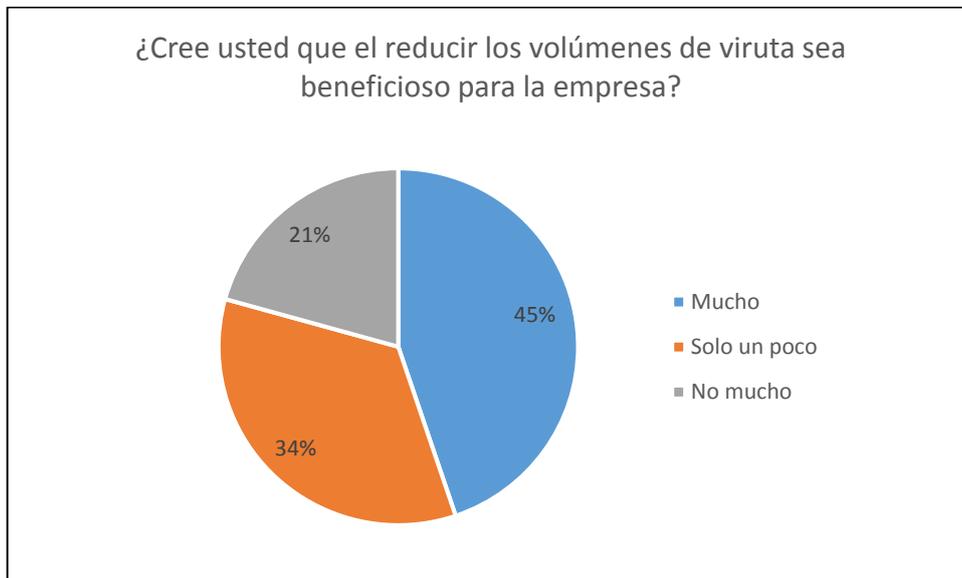
Firma del encuestador

Pregunta N° 2



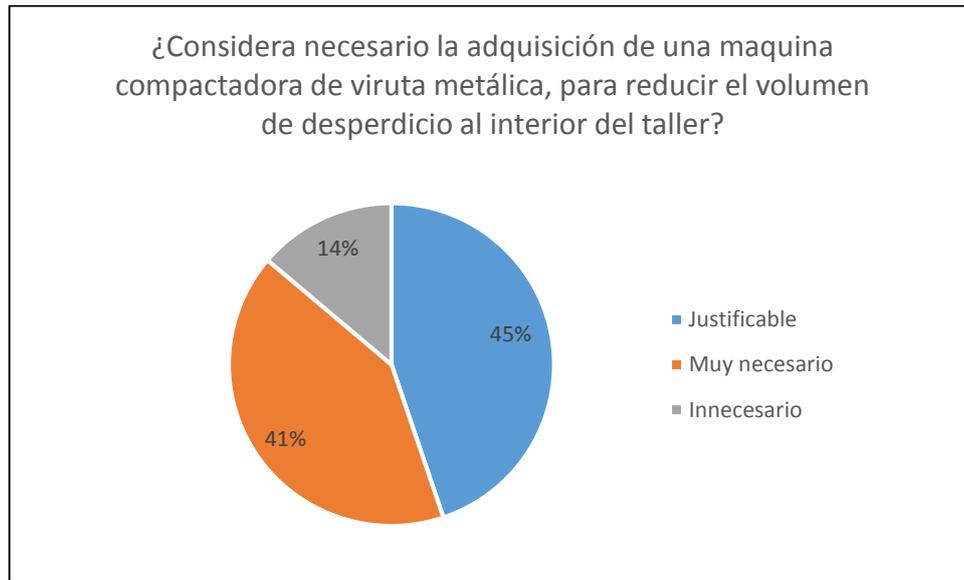
Análisis. – Se encontró que el 82% de personal no tiene conocimiento de empresas que se dediquen al manejo de virutas metálicas, en el distrito de Lambayeque, y un 14% tiene conocimiento de empresas que se dedican a el reciclaje en general.

Pregunta N° 3



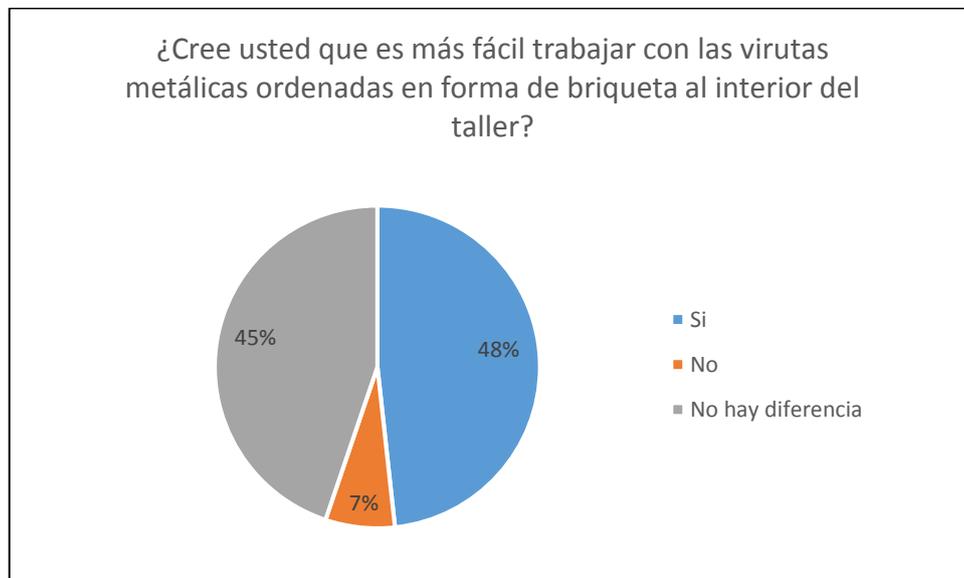
Análisis. – Los trabajadores creen que el manejar de manera diferente los residuos metálicos, traerá consigo mejoras para la empresa, de manera económica, por el orden que se lograra y el mejor uso de los espacios.

Pregunta N° 4



Análisis. – La gran mayoría de trabajadores considera la implementación de una maquina compactadora de viruta justificable debido a la cantidad de residuos y muy necesaria por los beneficios que representa para la empresa y el trabajador

Pregunta N° 5



Análisis. – Se puede observar que el 48% definitivamente cree que compactar la viruta metálica reflejara una facilidad para desempeñar sus labores en el taller de mantenimiento, mientras que el 45% cree que no se notara mucha diferencia, y por ultimo solo un 7% cree que no facilitara su trabajo.

Conclusiones de la encuesta aplicada.

De los resultados y análisis obtenidos mediante la encuesta aplicada a los trabajadores del taller de mantenimiento en la empresa INGLEBY SAC, se concluye que:

- La empresa destina áreas para el almacenamiento de la viruta metálica, estas pueden ser usadas con otros fines si se logra reducir el volumen de virutas metálicas producidas.
- Actualmente no se puede contratar el servicio de compactado de viruta metálica en el distrito de Lambayeque, generando costos para la empresa.
- La implementación de una maquina compactadora para la viruta metálica es vista por los trabajadores como necesaria, por los beneficios que lograría la empresa y por qué les permitiría trabajar de manera más ordenada facilitando el desempeño de sus labores.

ANEXO 03: FORMULARIO DE ENTREVISTA



FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y URBANISMO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Formulario de entrevista

Proyecto	Diseño de maquina compactadora de viruta metálica con capacidad de 20 kg/h para la empresa “INGLEBY SAC” – Motupe, Lambayeque.	
Entrevistador	Zuñiga Acosta Daniel	DNI N°: 41792086
Entrevistado	Ing. Darwin Avellaneda López	DNI N°: 41920787
Fecha	07 de mayo de 2018	

El entrevistado es Ing. Darwin Avellaneda López, director del taller de mantenimiento en la empresa INGLEBY SAC

¿Cuáles son las principales actividades que se lleva a cabo en el taller de mantenimiento de la empresa INGLEBY SAC?

Buenos días, principalmente en el taller se desarrollar trabajos de mantenimiento, llámese limpieza de los equipos, calibración de motores, engrase y labores preventivas, esto para todos los equipos agrícolas con que se cuenta en la empresa, ya que puede observar son bastantes, sin contar los que están en campo y llegan cada 3 a 4 días. Adicional a esto se realizan reparaciones, ya que hay ocasiones que una máquina se para por falla y en los tiempos que toma llamar a un técnico, mandar a torneer una pieza que haga falta y el transporte hasta Chiclayo que es lo más cercano, se tiene muchas pérdidas para la empresa, por ese motivo el taller esta implementado para fabricar piezas en torno o fresadora.

¿Con que equipos que producen virutas se cuenta en el taller de mantenimiento?

En el taller tenemos dos tornos grandes, una máquina fresadora y dos taladros de banco, en esas máquinas se casi la totalidad de formación de viruta al emplearlas.

¿Cuál es la cantidad de viruta que se genera, en aproximaciones semanal?

Eso depende de la frecuencia con que se hagan las reparaciones, hay días en que no se trabaja más que un par de veces en las máquinas y otras ocasiones que tenemos que esperar que se desocupen una tras otra, como media diaria se tienen unos 30 kilogramos aproximadamente, en un día de trabajo normal, a la semana serian 180 kilogramos.

¿Qué tipo de material se maquinan en el taller generalmente?

Con mayor frecuencia se trabaja en Acero, de diferentes grados 1020, 1040 estirado en frio, los tipos comerciales, en ocasiones se máquina aluminio, según como se tenga que hacer la pieza, dependiendo de eso hemos trabajado hasta con acero inoxidable y cromo, pero muy poco frecuente.

¿Qué dimensiones tendrán las briquetas formadas por la compactadora de viruta metálica para su fácil almacenamiento?

Según tengo conocimiento, a nivel mundial existen prensas briqueteadoras que oscilan entre las 7-8 toneladas/ 8 h, y con un peso de 4 – 5 kg por briqueta; para los cuales usan diámetros de briquetas que están entre los 100 mm y 120mm.

Entonces como nuestra producción de viruta metálica es 20 kg/h, se ha determinado por obtener briquetas de 70mm de diámetro, y con un peso de 1 a 2 kg, facilitando su almacenaje en el lugar determinado.

¿Cuáles son los costos que involucra el manejo de la viruta metálica a la empresa?

Los costos de transporte son responsabilidad de otra área, yo no tengo conocimiento de eso, pero en el taller si genera bastante incomodidad al momento de desplazarse, la viruta se almacena hasta tener un volumen considerable y después es desechada, hasta eso se genera desorden en mi taller, pudiendo hasta ocasionar accidentes.

¿Cuál considera que sería la mayor dificultad para la implementación de una máquina compactadora?

Principalmente creo que sería el costo de comprar una máquina para eso, ya que no creo que sean muy económicas y la administración siempre está buscando reducir presupuesto en el taller, aunque sería de mucha utilidad y bajarían los precios del transporte, ya que no se tiene que estar contratando camiones para desechar la viruta, bastaría con una camioneta o furgón para eso, de seguro van a ahorrar en eso.

¿Tienen otras opciones para el manejo de la viruta metálica?

Actualmente se está tomando la iniciativa de clasificar los residuos generados, en contenedores, ya sabes un color para este material, un color para el otro, esto ayuda para mantener un poco más el orden en el taller, además como el contenedor del acero se llena con más rapidez lo desechan más rápido. Aunque algunos empleados consideran una pérdida de tiempo el estar cambiando de recipiente cada vez que van a torneear un material diferente, pero es una medida que la empresa exige y a mi parecer está mejorando las cosas.

ANEXO 05: GUÍA DE ANÁLISIS DOCUMENTARIO



**UNIVERSIDAD
SEÑOR DE SIPÁN**
FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Guía de análisis documentario

Proyecto : Diseño de maquina compactadora de viruta metálica con capacidad de 20 kg/h para la empresa "INGLEBY SAC" – Motupe, Lambayeque.

Investigador : Zuñiga Acosta Daniel

Titulo	Pagina	Ubicación	Fecha de consulta
<i>Design and Development of Metal Chip Block Making Machine</i>	<i>2</i>	<i>Virtual</i>	<i>1/04/2018</i>

ANEXO 06: PROTOCOLO DE PRUEBAS DE DENSIDAD



FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y URBANISMO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Protocolo para pruebas de densidad

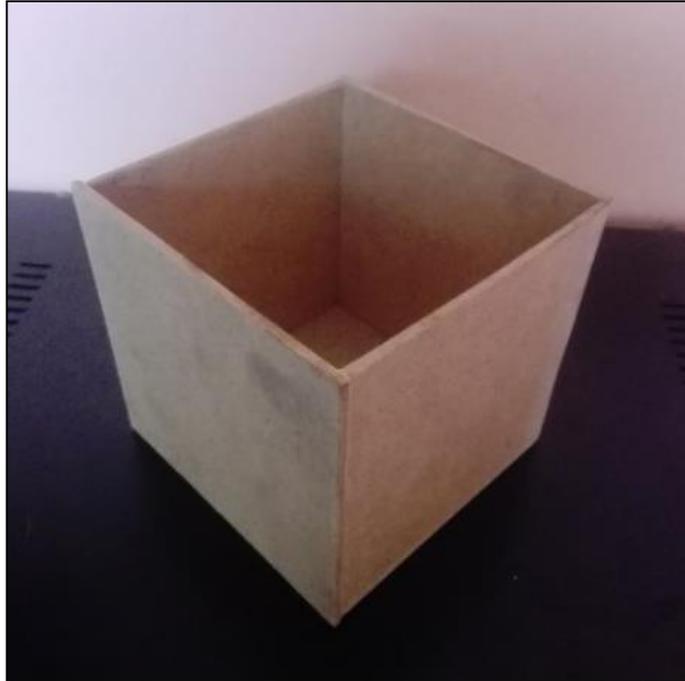
Proyecto	Diseño de maquina compactadora de viruta metálica con capacidad de 20 kg/h para la empresa “INGLEBY SAC” – Motupe, Lambayeque.	
Alumno	Zuñiga Acosta Daniel	DNI N°: 41792086
Fecha	06 de mayo de 2018	

Materiales

- Regla
- Cúter
- MDF 3mm
- Viruta metálica
- Balanza electrónica

Procedimiento

Sobre el MDF dibujar paneles cuadrados para obtener con una longitud interna de 10 cm, agregando las pestañas para formar un cubo abierto, cortar con cúter y pegar para obtener el volumen de control, al tener medidas interiores de 10 cm, se obtiene un volumen total de $1000 \text{ cm}^3 = 0.001 \text{ m}^3$.



Una vez logrado el volumen de control, rellenar con viruta metálica hasta el tope, retirar la viruta en una bolsa plástica y pesar en la balanza electrónica, este resultado indicara la densidad para el material en gr/dm^3 , lo que sería equivalente a Kg/m^3 .



Resultados

Se tomaron 5 muestras para el mismo volumen de control, las cuales fueron pesada, obteniéndose la siguiente tabla, según la variabilidad de los resultados se optó por emplear el promedio de las mediciones para realizar los cálculos de la maquina compactadora de viruta.

Muestra	Peso [gr]	Peso [Kg]	Densidad [Kg/m ³]
1	322	0.322	322
2	328	0.328	328
3	328	0.328	328
4	323	0.323	323
5	327	0.327	327
Promedio	325.6	0.3256	325.6

Conclusiones

Se concluye que la viruta metálica generada en el área de mantenimiento de la empresa “INGLEBY SAC” tiene una densidad de 325.5 Kg/m^3 , la cual será compactada hasta reducir su volumen a una escala aceptable

ANEXO 07: PROTOCOLO DE PRUEBAS DE COMPACTACIÓN



FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y URBANISMO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Protocolo para pruebas de compactación

Proyecto	Diseño de maquina compactadora de viruta metálica con capacidad de 20 kg/h para la empresa “INGLEBY SAC” – Motupe, Lambayeque.	
Alumno	Zuñiga Acosta Daniel	DNI N°: 41792086
Fecha	06 de mayo de 2018	

Materiales

- Regla
- Manómetro
- Tubo metálico 2”
- Viruta metálica
- Prensa hidráulica

Procedimiento

Se diseñó un contenedor como volumen de control, empleando un tubo metálico de 2” de diámetro y 10 cm de alto, en el cual se depositó la viruta metálica, al no variar el área de sección del tubo a lo largo de toda la prueba, se empleó la altura del mismo para el control de la compactación.

Una vez relleno de viruta metálica, se ubica debajo de la prensa hidráulica y se empieza a aplicar presión, a medida que el vástago baja la presión aumenta, se tomó medición de la altura de compactación de la viruta metálica en los intervalos de presiones 40 – 50 – 60 – 70 – 80 *Mpa*. Según se lograba observar el nivel de compactación de la viruta.

Resultados

Se tomaron 5 muestras para la misma altura de control, tomándose medicaciones en los intervalos señalados, los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla, no se emplea promedios ya que se trata de un análisis progresivo según la presión aplicada.

Muestra	Presión [Mpa]	Altura final [cm]	Radio de reducción	Densidad [Kg/m ³]
1	40	3.86	2.591	843.52
2	50	2.16	4.630	1507.41
3	60	1.66	6.024	1961.45
4	70	1.42	7.042	2292.96
5	80	1.32	7.576	2466.67

Conclusiones

Según lo observado a medida que se aumenta la presión el radio de reducción también aumenta, pero de una forma no proporcional, por tal motivo la diferencia entre el radio de reducción a 70 y 80 *Mpa*, no es tan diferente, por este motivo se opta por emplear los datos obtenidos a 70 *Mpa*, para el diseño de la máquina compactadora de viruta metálica.

ANEXO 08: FICHA TÉCNICA CILINDROS HIDRÁULICOS GLUAL



CARACTERISTIQUES

Norme	ISO 3320 - DIN 24334																		
Type de construction	Soudé																		
Pression de service	200 bar																		
Pression d'essai	300 bar																		
Position de montage	Indifférente																		
Température ambiante	-20°C...+80°C pour étanchéité qualité 3-8 / -20°C...+160°C pour étanchéité VITON qualité 2																		
Température du fluide	-20°C...+80°C pour température ambiante 3-8 / -20°C...+160°C pour étanchéité VITON qualité 2																		
Fluide	Huile minérale – Autres fluides sur demande																		
Viscosité	12...90 mm ² /s																		
Filtration	Pollution de l'huile suivant NAS 1638 classe 9...10 à obtenir avec filtre β ₂₅ = 75																		
Etanchéité tige et piston	Voir désignation de commande																		
Ø Alésage (mm)	40	50	63	80	100	125	140	160	180	200	220	250	320	360	400	450	500		
Vitesse maxi (m/s) Etanchéité 3	0,5		0,4		0,25				0,20										
Vitesse maxi (m/s) Etanchéité 8	1				0,7				0,5										
Longueur d'amortissement (mm)	arrière		23	23	26	25	33	38	38	44	43	43	43	43	48	60	60	70	80
	sans amortis.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Course mini (mm)	avec amortis.		25	25	30	30	40	45	45	50	50	50	50	50	55	65	65	75	85
	Tolérance de course		ISO 8135																

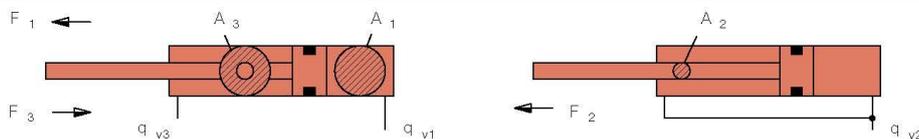
CARACTERÍSTICAS

Norma	ISO 3320 - DIN 24334																		
Tipo de construcción	Soldado																		
Presión nominal	200 bar																		
Presión de prueba	300 bar																		
Posición de montaje	Indiferente																		
Temperatura ambiente	-20°C...+80°C con estanqueidad tipo 3-8 / -20°C...+160°C con estanqueidad VITON tipo 2																		
Temperatura del fluido	-20°C...+80°C con estanqueidad tipo 3-8 / -20°C...+160°C con estanqueidad VITON tipo 2																		
Fluido	Aceite mineral – Otros fluidos bajo demanda																		
Viscosidad	12...90 mm ² /s																		
Filtración	Grado de filtración según NAS 1638 clase 9...10 a obtener con filtro β ₂₅ = 75																		
Estanqueidad vástago y pistón	Ver codificación para pedido																		
Ø Pistón (mm)	40	50	63	80	100	125	140	160	180	200	220	250	320	360	400	450	500		
Velocidad máxima (m/s) Juntas tipo 3	0,5		0,4		0,25				0,20										
Velocidad máxima (m/s) Juntas tipo 8	1				0,7				0,5										
Longitud de amortiguación (mm)	Trasera		23	23	26	25	33	38	38	44	43	43	43	43	48	60	60	70	80
	Sin amortig.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Carrera mínima (mm)	Con amortig.		25	25	30	30	40	45	45	50	50	50	50	50	55	65	65	75	85
	Tolerancia de carrera		ISO 8135																

Areas, forces, flow
Flächen, Kräfte, Volumenstrom
Sections, forces, débit

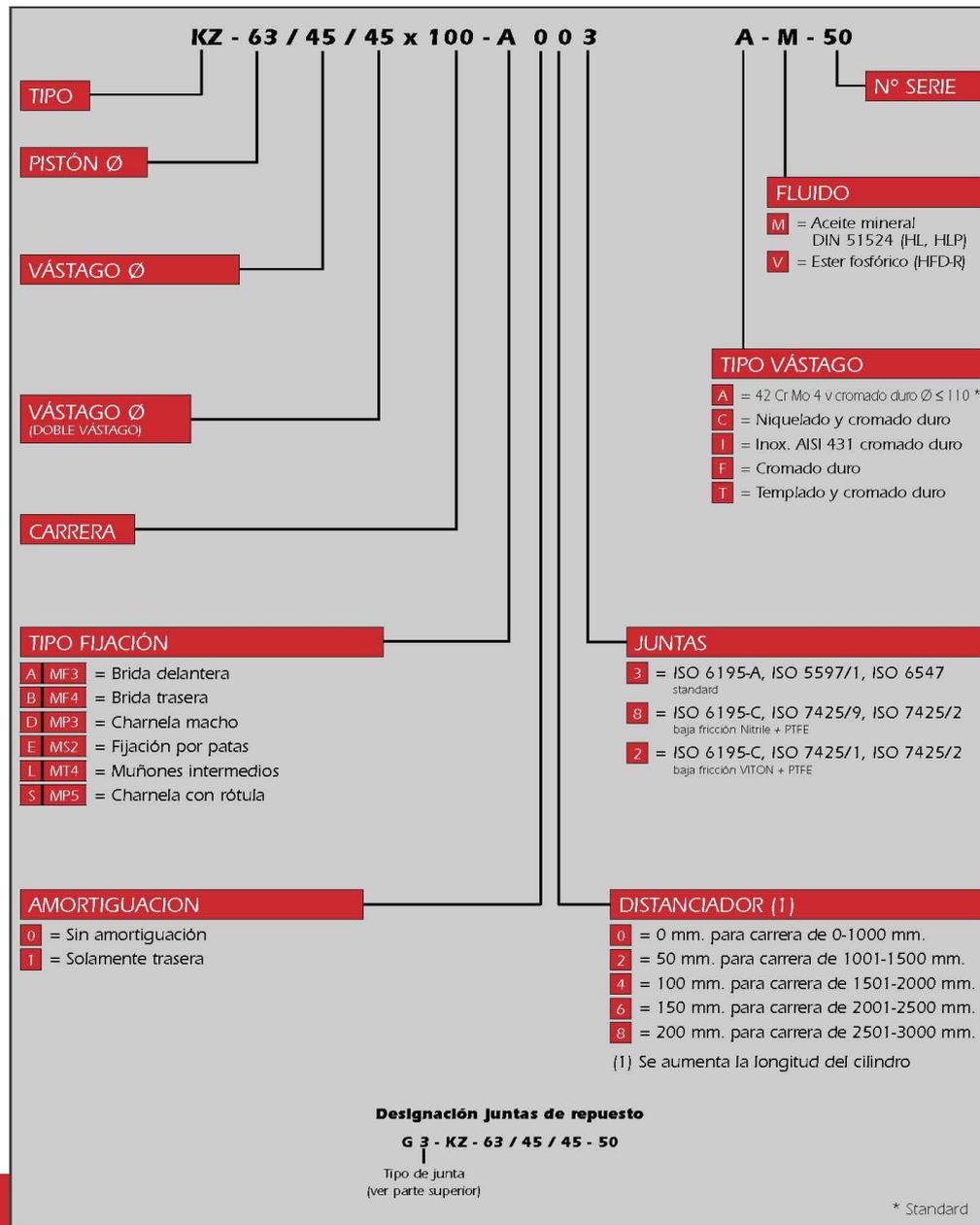
SECCIÓN, FUERZA, CAUDAL

Bore	Rod	Área ratio	Areas			Force at 200 bar ¹			Flow at 0,1 m/s ²		
			Bore	Rod	Annulus	Push	Regen.	Pull	Out	Regen.	In
Kolben	Kolbenstange	Flächenverhältnis	Kolben	Stange	Ring.	Druck	Diff.	Zug	Aus	Diff.	Ein
Alesage	Tige	Rapport de section	Sections			Force à 200 bar ¹			Débit à 0,1 m/s ²		
Pistón	Vástago	Relación secciones	Pistón	Vástago	Anular	Fuerza a 200 bar ¹			Caudal a 0,1 m/s ²		
AL Ø mm	MM Ø mm	Ø A1/A3	A ₁ cm ²	A ₂ cm ²	A ₃ cm ²	F ₁ kN	F ₂ kN	F ₃ kN	q _{v1} l/min	q _{v2} l/min	q _{v3} l/min
40	18	1,25		2,54	10,03						
	22	1,43		3,80	8,77						
	28	1,96	12,57	6,16	6,41	24,64	4,99	19,64	7,54	1,53	6,01
							7,45	17,18		2,28	5,26
							12,07	12,56		3,69	3,85
							7,45	31,03		2,28	9,50
							12,07	26,42		3,69	8,09
							19,95	18,53	11,78	6,11	5,67
50	22	1,24		3,80	15,83						
	28	1,46		6,16	13,47						
	36	2,08	19,63	10,18	9,45	38,49	7,45	31,03			
							12,07	26,42			
							19,95	18,53			
							12,07	49,03			
							19,95	41,15			
							31,17	29,93	18,70	3,69	15,01
63	28	1,25		10,18	25,01						
	36	1,48		15,90	20,99						
	45	2,04	31,17	15,90	15,27	61,11	19,95	78,57			
							31,17	77,57			
							48,27	50,25			
							19,95	192,25			
							31,17	165,10			
							48,27	105,66	30,16	6,11	24,05
							75,43	78,51		14,78	15,38
80	36	1,25		10,18	40,09						
	45	1,46		15,90	34,37						
	56	1,96	50,27	24,63	25,64	98,56	19,95	122,77			
							48,27	105,66			
							75,43	78,51	47,12	9,54	37,58
100	45	1,25		15,90	62,64						
	56	1,46		24,63	53,91						
	70	1,96	78,54	38,48	40,06	154,00	48,27	105,66			
							75,43	78,51			
							48,27	192,25			
							75,43	165,10			
							124,69	115,84	73,63	23,09	50,54
							186,27	207,82		38,17	35,46
125	56	1,25		24,63	98,09						
	70	1,46		38,48	84,24						
	90	2,08	122,72	63,62	59,10	240,62	75,43	124,69			
							124,69	105,66			
							186,27	207,82			
							240,62	165,10			
							311,72	147,78	92,36	38,17	69,27
							482,72	177,03		47,12	54,19
							754,32	147,78		47,12	45,24
140	70	1,33		38,48	115,46						
	90	1,70		63,62	90,32						
	100	2,04	153,94	78,54	75,40	301,84	124,69	153,94			
							186,27	207,82			
							240,62	165,10			
							311,72	147,78	120,64	38,17	82,47
							482,72	177,03		57,02	63,62
160	70	1,24		38,48	162,58						
	90	1,46		63,62	137,44						
	110	1,90	201,06	95,03	106,03	394,23	124,69	269,39			
							186,27	207,82			
							240,62	165,10			
							311,72	147,78	152,68	38,17	114,51
							482,72	177,03		57,02	95,66
							754,32	147,78		47,12	79,05
180	90	1,33		63,62	190,85						
	110	1,60		95,03	159,44						
	125	1,93	254,47	122,72	131,75	498,96	124,69	374,07			
							186,27	312,49	152,68	38,17	114,51
							240,62	258,23		57,02	95,66
							311,72	204,03		47,12	79,05
200	110	1,43		95,03	219,13						
	125	1,64		122,72	191,44						
	140	1,96	314,16	153,94	160,22	616,00	186,27	429,49			
							240,62	375,22	188,50	73,63	131,48
							311,72	314,03		92,36	114,86
							482,72	207,82		57,02	95,66
							754,32	147,78		47,12	79,05
220	125	1,48		122,72	257,41						
	140	1,68		153,94	226,19						
	160	2,12	380,13	201,06	179,07	745,35	240,62	504,53			
							311,72	443,34	228,08	73,63	154,45
							482,72	350,98		92,36	135,72
							754,32	207,82		57,02	107,44
250	125	1,33		122,72	368,15						
	140	1,46		153,94	336,93						
	180	2,08	490,87	254,47	236,40	962,49	498,76	660,39			
							498,76	463,35	294,52	92,36	202,16
							754,32	350,98		152,68	141,84
320	140	1,24		153,94	650,31						
	180	1,46		254,47	549,78						
	220	1,90	804,25	380,13	424,12	1576,96	301,72	1274,61			
							498,76	1077,57	482,55	152,68	390,19
							745,06	831,27		152,68	329,87
							1496,28	1496,28		228,08	254,47
360	180	1,33		254,47	763,41						
	200	1,45		314,16	703,72						
	250	1,93	1017,88	490,87	527,01	1995,84	615,75	1379,28			
							962,11	1032,92	610,73	188,50	422,23
							1206,87	1256,13		294,52	316,20
400	200	1,33		314,16	942,48						
	220	1,43		380,13	876,51						
	280	1,96	1256,64	615,75	640,89	2464,00	745,06	1717,95			
							1206,87	1256,13	753,98	228,08	565,49
							1576,96	1540,92		369,45	525,90
450	220	1,31		380,13	1210,30						
	250	1,45		490,87	1099,56						
	320	2,02	1590,43	804,25	786,18	3118,49	745,06	2372,19			
							962,11	2155,13	954,26	294,52	726,18
							1576,96	1540,92		482,55	659,73
500	250	1,33		490,87	1472,63						
	280	1,46		615,75	1347,75						
	360	2,08	1963,50	1017,88	945,62	3850,00	962,11	2886,34			
							1206,87	2641,58	1178,10	294,52	883,57
							1995,04	1853,41		369,45	808,65
										610,73	567,37



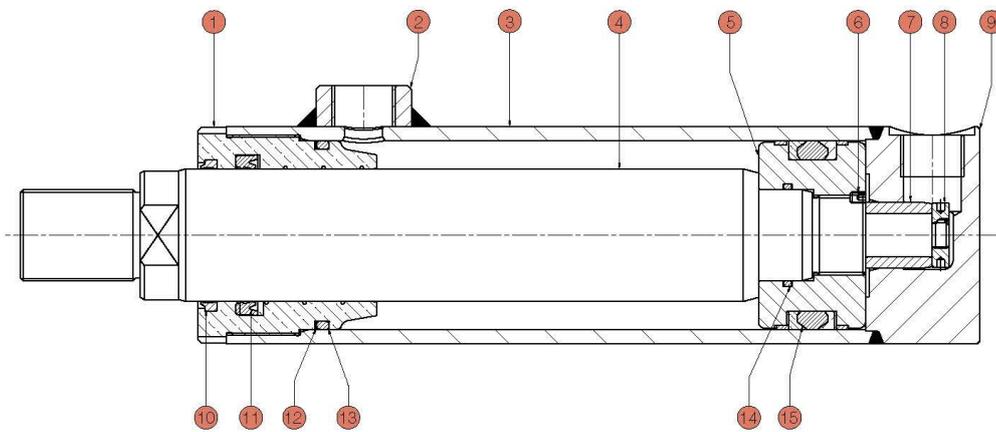
Notes:	Bemerkungen:	Remarques:	Notas:
1-Theoretical force (without consideration of efficiency). 2-Stroke velocity.	1- Theoretische Kraft (ohne Berücksichtigung des Wirkungsgrades). 2- Hubgeschwindigkeit.	1- Force théorique (le rendement n'est pris en considération). 2- Vitesse de la tige.	1- Fuerza teórica (el rendimiento no está considerado). 2- Velocidad del vástago.
1MPa = 10 bar 1kN = 102 kp	1MPa = 10 bar 1kN = 102 kp	1MPa = 10 bar 1kN = 102 kp	1MPa = 10 bar 1kN = 102 kp

Designación cilindro KZ

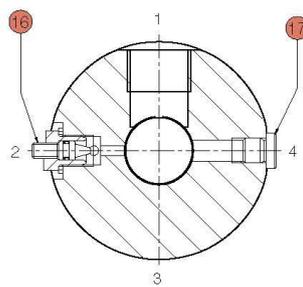


SPARE PARTS
ERSATZTEILBILD
PIÈCES DE RECHANGE
PIEZAS DE RECAMBIO

SEALS TYPE	3- Seals type
DICHTUNGSVARIANTE	3- Dichtungsvariante
ETANCHEITÉ	3- Etanchéité
JUNTAS TIPO	3- Juntas tipo



Cushion adjustment
Dämpfungsschraube
Vis de réglage d'amortissement
Regulador de amortiguación



Bleeding
Entlüftung
Orifice de purge
Purga de aire

Position	Description
1	Rod guide rings
2	Port
3	Cylinder housing
4	Rod
5	Piston
6	Screw stop pin
7	Raer cushioning piston
8	Nut
9	Rear cylinder head
10	Wiper ISO 6195 A
11	Rod seal Iso 5597/1
12	Anti-extrusion seal
13	O-Ring seal ISO 3601
14	O-Ring seal ISO 3601
15	Piston seal ISO 6547
16	Cushion adjustment screw
17	Bleed screw ALLEN

Position	Benennung
1	Kolbenstangenführungsbuchse
2	Abdichtung
3	Zylinderrohr
4	Kolbenstange
5	Kolben
6	Gewindestift DIN 913
7	Dämpfungskolben vorne
8	Mutter
9	Zylinderkopf hinten
10	Staubabstreifring ISO 6195 A
11	Dachmanschettensalz ISO 5597/1
12	Stützring
13	O-Ring-Dichtung ISO 3601
14	O-Ring-Dichtung ISO 3601
15	Dachmanschettensalz ISO 6547
16	Dämpfungseinstellschraube
17	Gewindestift DIN 913

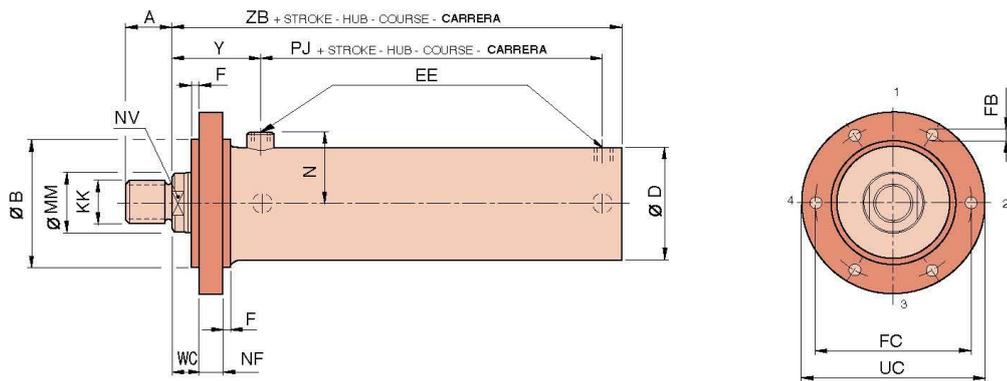
Repères	Désignation
1	Doille guide
2	Connexion
3	Tube
4	Tige
5	Piston
6	Prisonner DIN 913
7	Douille d'amortisseur
8	Ecrou
9	Fond de vérin
10	Joint racleur ISO 6195 A
11	Garniture tige ISO 5597/1
12	Anneau antiextrusion
13	Joint torique ISO 3601
14	Joint torique ISO 3601
15	Garniture piston ISO 6547
16	Vis de réglage amortisseur
17	Bouchons

Posición	Descripción
1	Guía
2	Mamelón
3	Camisa
4	Vástago
5	Pistón
6	Prisionero DIN 913
7	Casquillo de amortiguación trasera
8	Tuerca
9	Tope trasero
10	Rascador ISO 6195 A
11	Junta vástago ISO 5597/1
12	Anillo antiextrusión
13	Junta tórica ISO 3601
14	Junta tórica ISO 3601
15	Junta pistón ISO 6547
16	Regulador de amortiguación
17	Purga

A
ISO MF 3

Front round flange mounting
Runder Kopffansch
Bride ronde avant
BRIDA DELANTERA

Nominal pressure
Nenndruck
Pression nominale
Presión nominal **200 bar**



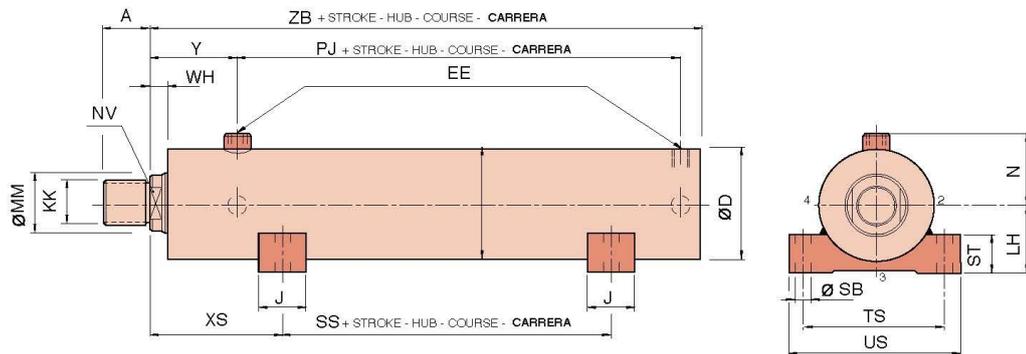
Location of cushioning screws, side 2 - Lage der Dämpfungs-schrauben, Seite 2 - Position des vis de réglage d'amortissement, face 2 - Posición regulador amortiguación, lado 2

Bore Ø Kolben Ø Alésage Ø Piston Ø	40		50			63			80			100			125			140			160			180				
	MM	18	22	28	22	28	36	28	36	45	36	45	56	45	56	70	56	70	90	70	90	100	70	90	110	90	110	125
A	18	22	28	22	28	36	28	36	45	36	45	56	45	56	63	56	63	75	63	75	85	63	75	85	85	85	95	95
B _ø	70		90			110			125			150			190			200			220			250				
D	55		60			73			95			115			145			165			185			210				
EE	1/2"G		1/2"G			3/4"G			3/4"G			1"G			1 1/4"G			1 1/4"G			1 1/2"G			1 1/2"G				
F	5		5			5			5			5			5			5			5			5				
FB _{H13}	6 x 11Ø		6 x 11Ø			6 x 13Ø			6 x 13Ø			6 x 17Ø			6 x 21Ø			6 x 21Ø			6 x 28Ø			6 x 31Ø				
FC _{ø,2}	95		110			135			150			180			225			235			275			320				
KK	M 14 x 1,5	M 16 x 1,5	M 20 x 1,5	M 16 x 1,5	M 20 x 1,5	M 27 x 2	M 20 x 1,5	M 27 x 2	M 33 x 2	M 27 x 2	M 33 x 2	M 42 x 2	M 33 x 2	M 42 x 2	M 48 x 2	M 42 x 2	M 48 x 2	M 56 x 2	M 48 x 2	M 56 x 2	M 64 x 3	M 48 x 2	M 64 x 3	M 72 x 3	M 64 x 3	M 72 x 3	M 80 x 3	
N	46		48			58			69			80			98			108			122			135				
NF	20		25			30			35			40			45			50			50			55				
NV	15	18	22	18	22	30	22	30	39	30	39	48	39	48	60	48	60	80	60	80	85	60	80	100	80	100	115	
PJ	64		74			79			83			98			108			115			125			130				
UC	120		140			165			180			220			275			285			335			380				
WC	23		23			27			25			35			37			40			45			45				
Y	74		80			97			100			117			129			140			155			155				
ZB	158		173			197			205			240			267			285			315			320				

E
ISO MS 2

Foot mounting
Fussbefestigung
Fixation par pattes
FIJACIÓN POR PATAS

Nominal pressure
Nenndruck
Presión nominal
200 bar



Location of cushioning screws, side 2 - Lage der Dämpfungsschrauben, Seite 2 - Position des vis de réglage d'amortissement, face 2 - Posición regulador amortiguación, lado 2

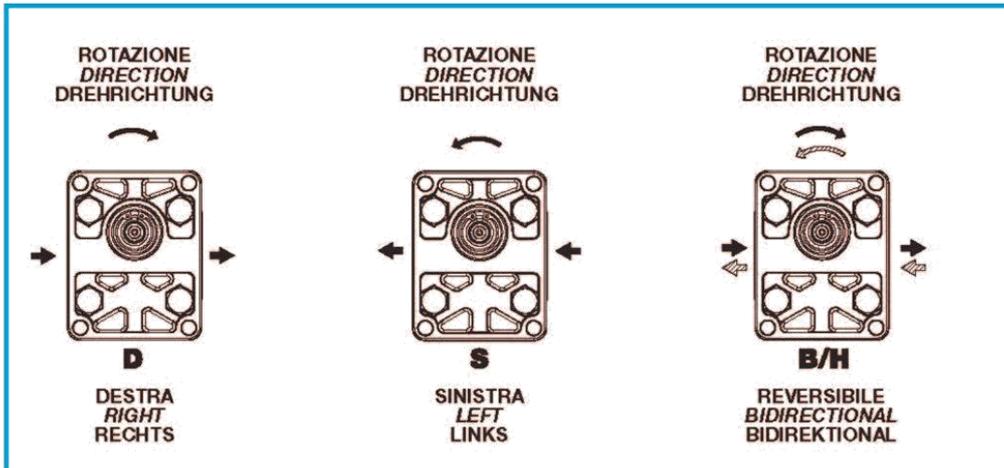
	40			50			63			80			100			125			140			160			180		
MM	18	22	28	22	28	36	28	36	45	36	45	56	45	56	70	56	70	90	70	90	100	70	90	110	90	110	125
A	18	22	28	22	28	36	28	36	45	36	45	56	45	56	63	56	63	75	63	75	85	63	85	85	85	85	95
D	55			65			78			100			120			150			170			190			210		
EE	1/2"G			1/2"G			3/4"G			3/4"G			1"G			1 1/4"G			1 1/4"G			1 1/2"G			1 1/2"G		
J	25			25			30			40			50			60			65			75			85		
KK	M 14 x 1,5	M 16 x 1,5	M 20 x 1,5	M 16 x 1,5	M 20 x 1,5	M 27 x 2	M 20 x 1,5	M 27 x 2	M 33 x 2	M 27 x 2	M 33 x 2	M 42 x 2	M 33 x 2	M 42 x 2	M 48 x 2	M 42 x 2	M 48 x 2	M 56 x 2	M 48 x 2	M 56 x 2	M 64 x 3	M 48 x 2	M 64 x 3	M 72 x 3	M 64 x 3	M 72 x 3	M 80 x 3
LH _{n10}	38			45			65			70			85			105			115			135			150		
N	46			50			60			71			82			100			110			124			135		
NV	15	18	22	18	22	30	22	30	39	30	39	48	39	48	60	48	60	80	60	80	85	60	80	100	80	100	115
PJ	64			74			79			83			98			108			115			125			130		
SB _{H13}	11			11			13			17			21			25			28			31			37		
SS	35			40			35			35			40			40			40			40			40		
ST	20			25			35			40			50			60			65			70			80		
TS _{S13}	96			110			150			170			205			255			280			330			355		
US	120			135			180			210			250			305			340			400			435		
WH	18			18			22			20			30			32			35			40			40		
XS	60			68			87			90			105			117			130			140			140		
Y	74			80			97			100			117			129			140			155			155		
ZB	158			173			197			205			240			267			285			315			320		
Min. stroke Min. Hub Course Min. Carrera min.	-			-			-			25			30			40			50			60			80		

POMPE AD INGRANAGGI SERIE MUST
GEARS PUMPS SERIES MUST
ZAHNRADPUMPEN BAUREIHE MUST

GM016
must



DEFINIZIONE DEL VERSO DI ROTAZIONE GUARDANDO L'ALBERO DI TRASCINAMENTO
 DEFINITION OF ROTATION LOOKING AT THE DRIVE SHAFT
 BESTIMMUNG DER DREHRICHTUNG MIT BLICK AUF DIE ANTRIEBSWELLE



FORMULE INERENTI A POMPE
 FORMULAS FOR PUMPS
 FORMELN FÜR PUMPEN

**POMPA
 PUMP
 PUMPE**

$$Q = c \cdot \eta_v \cdot n \cdot 10^{-3} \quad [l/min]$$

$$M = \frac{\Delta p \cdot c}{62,83 \cdot \eta_m} \quad [Nm]$$

$$P = \frac{\Delta p \cdot c \cdot n}{600 \cdot 1000 \cdot \eta_t} \quad [kW]$$

Q [l/min]	Portata Flow rate Durchfluß	c [cm ³ /giro]	Cilindrata Displacement Fördervolumen	η_v	Rendimento volumetrico Volumetric efficiency Volumetrisch Leistungsfähigkeit
M [Nm]	Coppia Torque Drehmoment	n [min ⁻¹]	nr. giri Speed Drehzahl	η_m	Rendimento meccanico Mechanical efficiency Mechanisch Leistungsfähigkeit
P [kW]	Potenza Power Leistung	Δp [bar]	Pressione Pressure Druck	η_t = η_v · η_m	Rendimento totale Overall efficiency Gesamt Leistungsfähigkeit

HPZ ..2

POMPE AD INGRANAGGI
GEAR PUMPS
ZAHNRADPUMPEN

must

HPZ PA2

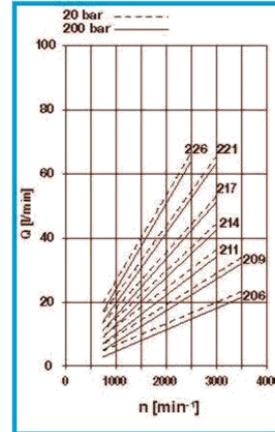
POMPE AD INGRANAGGI
GEAR PUMPS
ZAHNRADPUMPEN

DATI TECNICI
TECHNICAL DATA
TECHNISCHE MERKMALE



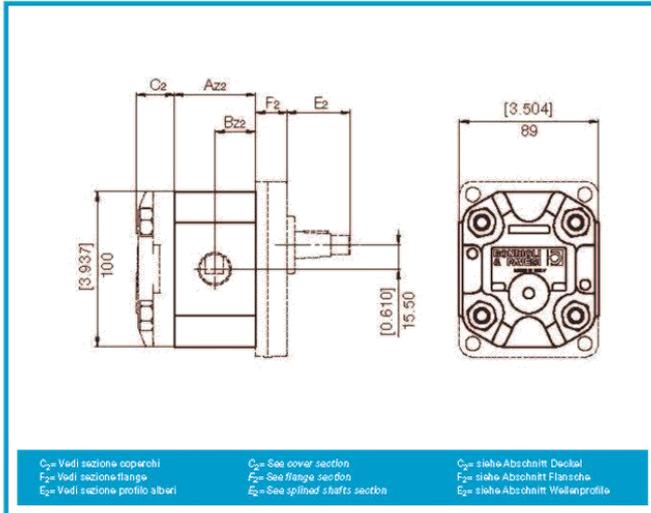
DIAGRAMMA PORTATE
DIAGRAMS
KENNLINIEN

GRUPPO GROUP BAUREIHE	TIPO TYPE TYP	CILINDRATA TEORICA NOMINAL DISPLACEMENT FÖRDERVOLUMEN (l/m)		CONTINUA CONTINUOUS DAUER		PRESSIONE PRESSURE DRUCK		INTERMITTENTE INTERMITTENT INTERMITTIERENDER		PICCO PEAK SPITZEN		VELOCITÀ DI ROTAZIONE SPEED DREHZAHL		MASSA WEIGHT GEWICHT	
		cm ³	in ³	bar	psi	bar	psi	bar	psi	bar	psi	MAX	MIN	kg	lbs
2	06	6,10	0,37	240	3481	260	3771	300	4351			3500		2,50	5,51
	09	9,00	0,55	230	3336	250	3626	280	4061					2,60	5,73
	11	11,50	0,70	230	3336	250	3626	280	4061					2,80	6,17
	14	14,20	0,87	230	3336	250	3626	280	4061				700	3,00	6,61
	17	17,00	1,04	230	3336	250	3626	280	4061					3,10	6,83
	21	21,30	1,30	200	2901	220	3191	250	3626					3,40	7,49
	26	25,60	1,56	180	2611	190	2756	210	3046	2500					3,60



**DIMENSIONI
SIZE
ABMESSUNGEN**

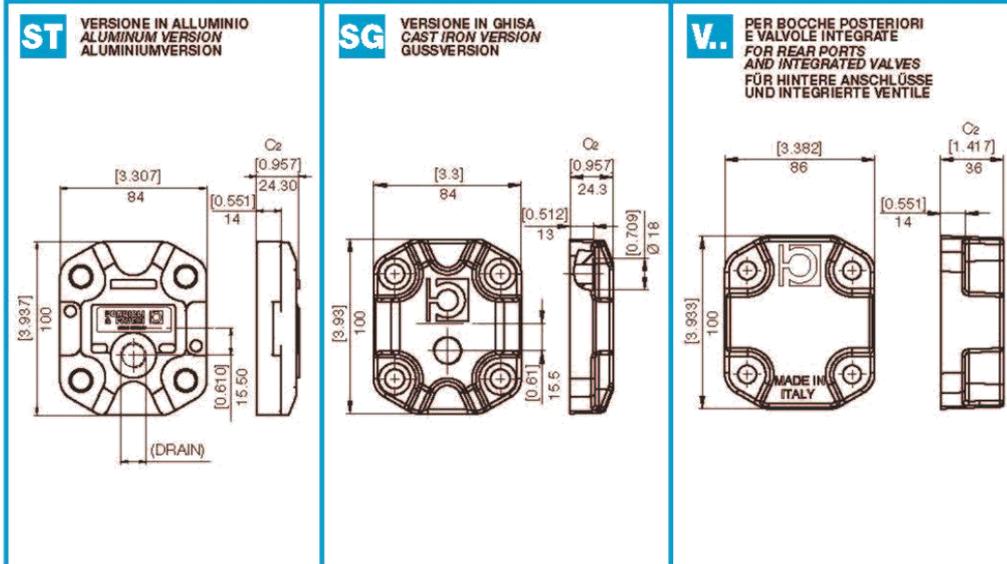
HPZ..2



**DIMENSIONI
SIZE
ABMESSUNGEN**

TIPO TYPE TYP	A ₂₂		B ₂₂	
	mm	in	mm	in
06	54,65	2,152	27,325	1,076
09	60,85	2,396	30,425	1,198
11	66,45	2,616	33,225	1,308
14	72,25	2,844	36,125	1,422
17	78,55	3,093	39,275	1,546
21	88,05	3,467	44,025	1,733
26	97,45	3,837	48,725	1,918

**COPERCHI
COVERS
DECKEL**

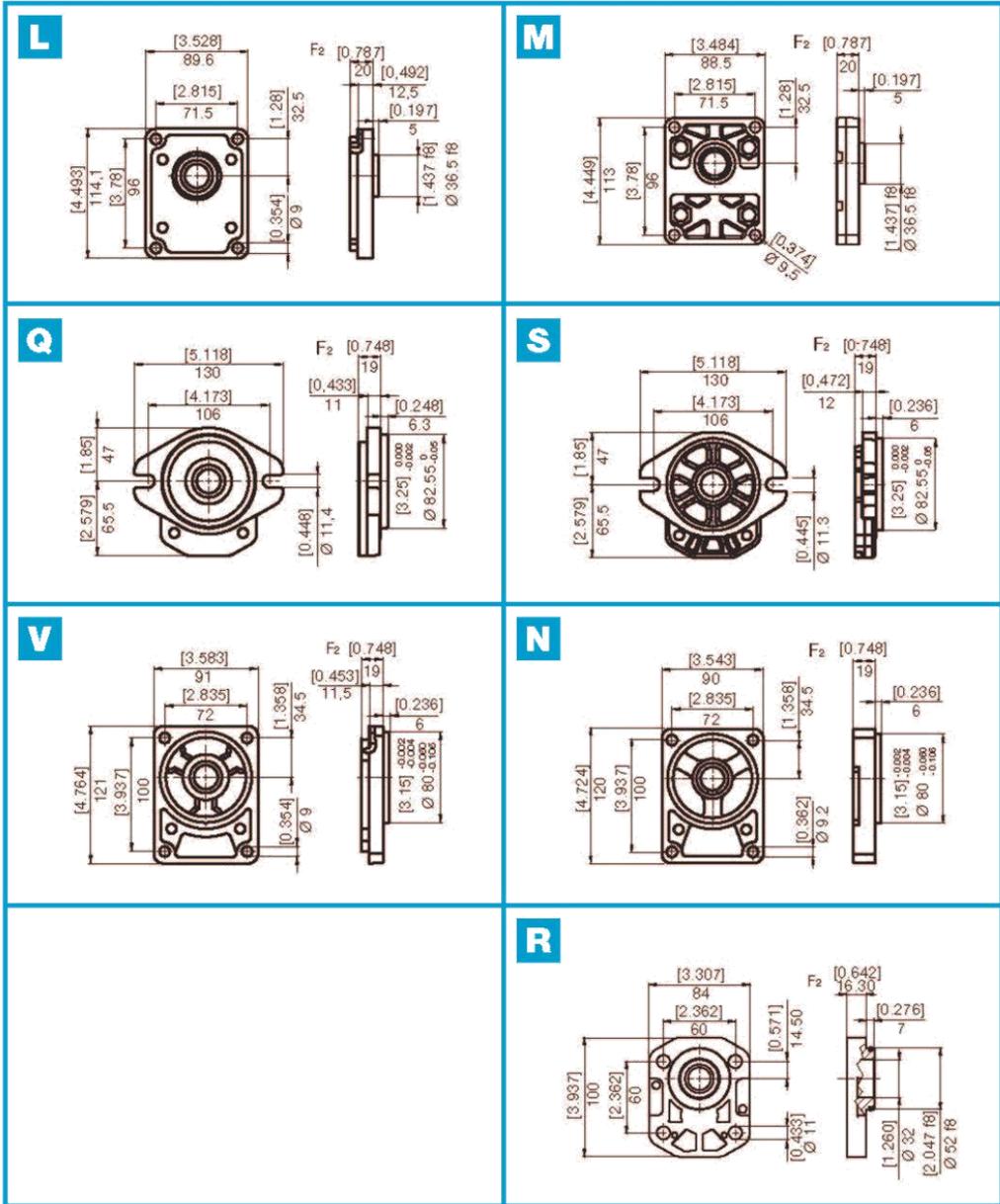


FLANGE
FLANGES
FLANSCH

VERSIONE IN GHISA
CAST IRON VERSION
GUSSVERSION

VERSIONE IN ALLUMINIO
ALUMINUM VERSION
ALUMINIUMVERSION

HPZ..2



PROFILO ALBERI
SPLINE SHAFTS
WELLENPROFILE

HPZ..2

<p>L COPPIA MAX MAX TORQUE MAX DREHMOMENT 140 N•m</p> <p>Coppia di serraggio = 50 N•m Tightening torque = 50 N•m Anzugsmoment = 50 N•m</p>	<p>M COPPIA MAX MAX TORQUE MAX DREHMOMENT 120 N•m</p> <p>Coppia di serraggio = 50 N•m Tightening torque = 50 N•m Anzugsmoment = 50 N•m</p>
<p>P COPPIA MAX MAX TORQUE MAX DREHMOMENT 70 N•m</p> <p>Coppia di serraggio = 70 N•m Tightening torque = 70 N•m Anzugsmoment = 70 N•m</p>	<p>N COPPIA MAX MAX TORQUE MAX DREHMOMENT 65 N•m</p> <p>Coppia di serraggio = 65 N•m Tightening torque = 65 N•m Anzugsmoment = 65 N•m</p>
<p>Z COPPIA MAX MAX TORQUE MAX DREHMOMENT 70 N•m</p> <p>Coppia di serraggio = 70 N•m Tightening torque = 70 N•m Anzugsmoment = 70 N•m</p>	<p>V COPPIA MAX MAX TORQUE MAX DREHMOMENT 120 N•m</p> <p>Coppia di serraggio = 120 N•m Tightening torque = 120 N•m Anzugsmoment = 120 N•m</p>

E LATERALE
LATERAL
SEITLICH

TIPO TYPE TYP	M		N		O	
	mm	in	mm	in		Nm
E3	13	0,51	30	1,18	M6	10
E5	20	0,79	40	1,57	M8	17

X LATERALE
LATERAL
SEITLICH

TIPO TYPE TYP	M		N		O	
	mm	in	mm	in		Nm
X4	15	0,59	35	1,38	M6	10
X5	15	0,59	40	1,57	M6	10
X6	20	0,79	40	1,57	M6	10
X8	27	1,06	55	2,57	M8	17

G LATERALE
LATERAL
SEITLICH

TIPO TYPE TYP	M	P	
		Nm	mm in
*G3	3/8" GAS BSPP	38	12 0,47
G4	1/2" GAS BSPP	50	16 0,63
G6	3/4" GAS BSPP	90	19 0,75
G7	1" GAS BSPP	160	19 0,75

U LATERALE
LATERAL
SEITLICH

TIPO TYPE TYP	DIMENSIONE SIZE GRÖSSE	N		P		Q		M	
		mm	in	mm	in	mm	in		Nm
*U3	3/8"	25	0,98	13	0,51	0,3	0,01	9/16-18 UNF	25
U5	5/8"	34	1,34	17	0,67	0,3	0,01	7/8-14 UNF	70
U6	3/4"	41	1,61	19	0,75	0,3	0,01	1-1/16-12 UNF	90
U7	1"	49	1,93	20	0,79	0,3	0,01	1-5/16-12 UNF	160

N LATERALE
LATERAL
SEITLICH

TIPO TYPE TYP	DIMENSIONE SIZE GRÖSSE	M		P		Q		O	
		mm	in	mm	in	mm	in		Nm
N4	1/2"	13	0,51	38,1	1,49	17,5	0,68	5/16-18UNC-2B	15
N6	3/4"	20	0,79	47,6	1,87	22,2	0,87	3/8"-16UNC-2B	25
N7	1"	27	1,06	52,4	2,60	26,2	1,03	3/8"-16UNC-2B	38

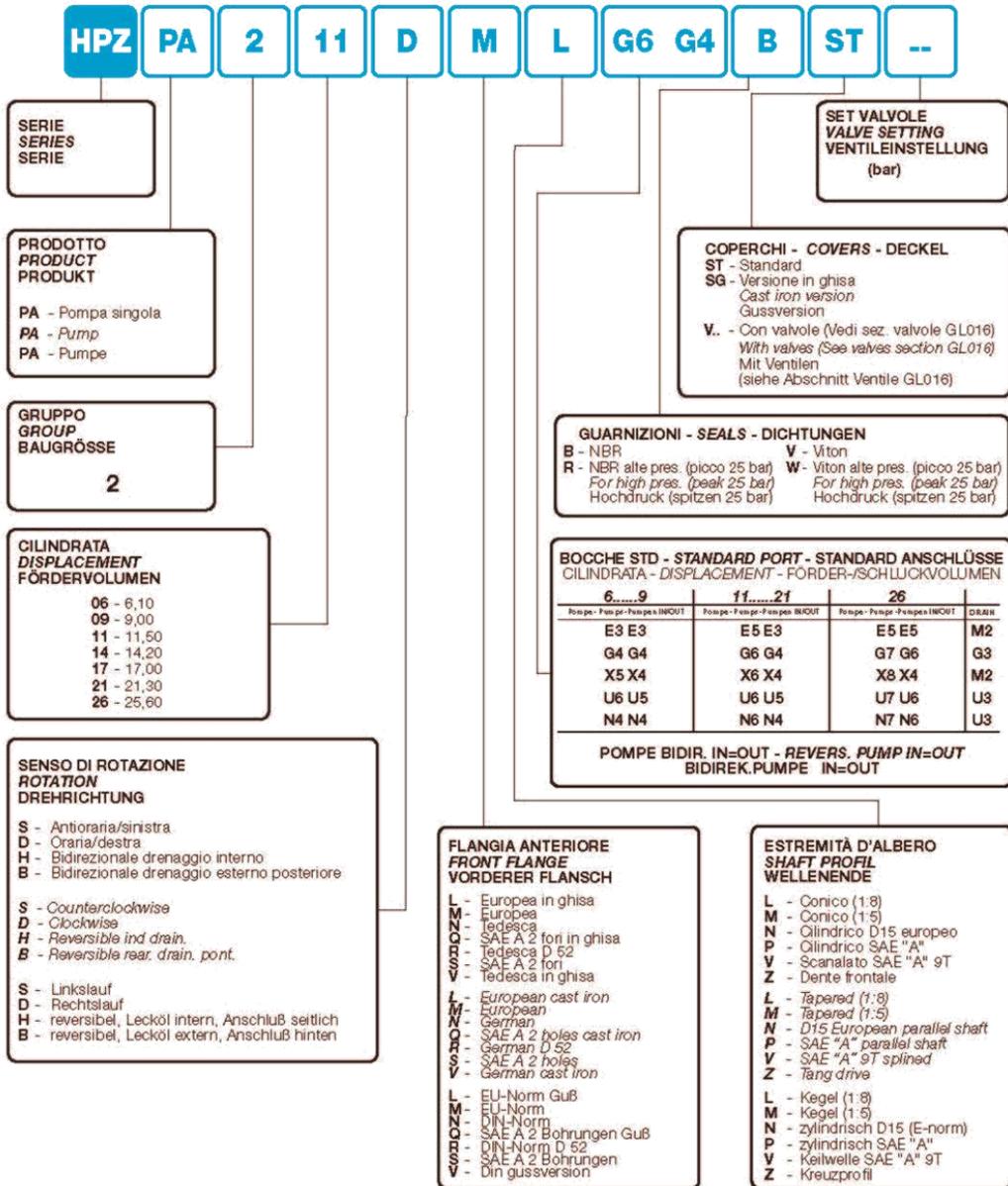
M

TIPO TYPE TYP	M	P	
		Nm	mm in
*M2	M14x1,5	17	12 0,47

* Drenaggio

* Drain Port

* Lecköl



ANEXO 10: FICHA TÉCNICA MANGUERA DE PRESIÓN PARKER



aerospace
climate control
electromechanical
filtration
fluid & gas handling
hydraulics
pneumatics
process control
sealing & shielding



Manguera hidráulica, terminales y equipo

Catálogo



ENGINEERING YOUR SUCCESS.

Mangueras y terminales de media presión



Esta gama de manguera de media presión contiene la manguera hidráulica Elite No-Skive compacta que excede las especifica-

ciones ISO y EN y la manguera hidráulica No-Skive clásica según especificaciones ISO, EN y SAE. Esta gama de manguera se com-

pleta con una completa selección de terminales en acero y acero inoxidable.

- Amplia gama de temperaturas de trabajo: -50 °C hasta -150 °C
- Tubo interno de nitrilo indicado para aceites minerales y biodegradables
- Amplia gama de compatibilidad de fluidos; aceite, agua, éster fosfato, etc
- El uso de componentes de alta calidad permite cubiertas finas, de menos peso pero con una larga vida útil asegurada
- Alta flexibilidad para fácil instalación y una vida de servicio incrementada

- Pequeño radio de curvatura y peso ligero para aplicaciones donde el espacio y el peso son factores determinantes
- Cubiertas de alta resistencia a la abrasión que exceden los requisitos de ISO 6945, extendiendo la vida de servicio
- Componentes de la cubierta con alta resistencia al ozono y por ello a condiciones climáticas y envejecimiento
- Máquinas Parkimp, portátiles o montadas en banco para fácil manejo; los flexibles cumplen las directivas CE



- Tecnología No-Skive completa para toda la gama de mangueras de media presión que permite la producción de flexibles de forma más sencilla, rápida y segura

451

No-Skive

ISO 11237 Tipo R17 – SAE 100R17



- Construcción de manguera *No-Skive* de cubierta delgada
- Presión constante 21,0 Mpa
- Tubo interno de nitrilo (NBR) – alta resistencia química

Aplicaciones primarias

Aplicaciones hidráulicas generales de media presión

Especificaciones aplicables

ISO 11237 Tipo R17 – SAE 100R17

Construcción de manguera

Tubo: Nitrilo (NBR)
Refuerzo: Una o dos mallas de alambre de acero de alta resistencia
Cubierta: Goma sintética

Fluidos recomendados

Fluidos con base de petróleo y agua-glicol, aceites lubricantes, aire y agua. Para aire por encima de 1,7 MPa hay que picar la cubierta de la manguera. Consulte la sección de compatibilidad química en página **Ab-22** hasta **Ab-30** para información más detallada.

Rango de temperatura -40 °C hasta +100 °C

Excepción: Aire máx. +70 °C
Agua máx. +85 °C

Terminales serie

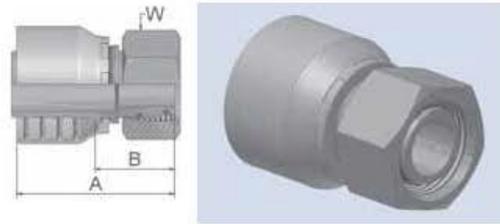


Referencia	Manguera D.I.				Manguera D.E.	Índices de presión				Min. radio de curvatura mm	Peso kg
	DN	Pulg.	Módulo	mm	mm	Presión máx. de trabajo		Presión de rotura mín.			
						MPa	psi	MPa	psi		
451-4	6	1/4	-4	6,3	13,4	21,0	3000	84,0	12000	50	0,24
451-6	10	3/8	-6	9,5	17,2	21,0	3000	84,0	12000	65	0,34
451-8	12	1/2	-8	12,7	20,4	21,0	3000	84,0	12000	90	0,52
451-10	16	5/8	-10	15,9	23,8	21,0	3000	84,0	12000	100	0,66
451-12	20	3/4	-12	19,1	27,8	21,0	3000	84,0	12000	120	0,86

La combinación de alta temperatura y presión podrían reducir la vida útil de la manguera.

CA Hembra giratoria métrica 24°
Serie ligera con junta tórica
Recta

ISO 12151-2-SWS-L – DKOL



XXXX-XX-XX		D.I. de manguera				Rosca métrica	D.E. de tubo mm	A mm	B mm	W mm
Referencia	Referencia	DN	Pulgada	Tamaño	mm					
46 1CA46-6-4	48 1CA48-6-4	6	1/4	-4	6,3	M12x1,5	6	46	22	14
1CA46-8-4	1CA48-8-4	6	1/4	-4	6,3	M14x1,5	8	46	22	17
1CA46-10-4	1CA48-10-4	6	1/4	-4	6,3	M16x1,5	10	46	22	19
1CA46-12-4	1CA48-12-4	6	1/4	-4	6,3	M18x1,5	12	46	22	22
1CA46-8-5	1CA48-8-5	8	5/16	-5	7,9	M14x1,5	8	50	26	17
1CA46-10-5	1CA48-10-5	8	5/16	-5	7,9	M16x1,5	10	46	22	19
1CA46-12-5	1CA48-12-5	8	5/16	-5	7,9	M18x1,5	12	46	22	22
1CA46-8-6	1CA48-8-6	10	3/8	-6	9,5	M14x1,5	8	49	26	17
1CA46-10-6	1CA48-10-6	10	3/8	-6	9,5	M16x1,5	10	46	23	19
1CA46-12-6	1CA48-12-6	10	3/8	-6	9,5	M18x1,5	12	46	23	22
1CA46-15-6	1CA48-15-6	10	3/8	-6	9,5	M22x1,5	15	47	24	27
1CA46-18-6	1CA48-18-6	10	3/8	-6	9,5	M26x1,5	18	50	28	32
1CA46-12-8	1CA48-12-8	12	1/2	-8	12,7	M18x1,5	12	50	26	22
1CA46-15-8	1CA48-15-8	12	1/2	-8	12,7	M22x1,5	15	50	26	27
1CA46-18-8	1CA48-18-8	12	1/2	-8	12,7	M26x1,5	18	49	25	32
1CA46-15-10	1CA48-15-10	16	5/8	-10	15,9	M22x1,5	15	54	29	27
1CA46-18-10	1CA48-18-10	16	5/8	-10	15,9	M26x1,5	18	50	25	32
1CA46-22-10	1CA48-22-10	16	5/8	-10	15,9	M30x2	22	58	33	36
1CA46-18-12	1CA48-18-12	20	3/4	-12	19,1	M26x1,5	18	51	25	32
1CA46-22-12	1CA48-22-12	20	3/4	-12	19,1	M30x2	22	56	30	36
1CA46-28-12	1CA48-28-12	20	3/4	-12	19,1	M36x2	28	61	35	41
1CA46-22-16	1CA48-22-16	25	1	-16	25,4	M30x2	22	60	30	36
1CA46-28-16	1CA48-28-16	25	1	-16	25,4	M36x2	28	63	33	41
1CA46-35-16	1CA48-35-16	25	1	-16	25,4	M45x2	35	63	33	50
1CA46-35-20	1CA48-35-20	32	1-1/4	-20	31,8	M36x2	28	81	34	41
	1CA48-35-20	32	1-1/4	-20	31,8	M45x2	35	66	28	50
	1CA48-42-24	40	1-1/2	-24	38,1	M52x2	42	77	39	60

Los terminales se entregan con junta tórica de Nitrilo (NBR) resistente al ozono como versión estándar. La temperatura de trabajo desde -30 °C hasta +105 °C. Disponibles a petición terminales con juntas tóricas especiales (Vitón o EPDM). Vea la sección E₆ para dimensiones y referencias de juntas.

Serie de terminales aprobados para tipos de manguera:

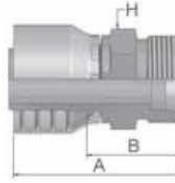
Disponible también en acero inoxidable.
Puede consultar detalles en CAT 4400.1UK

46	o	48	441	441RH	461LT	462	462ST													
46	463	492	492ST	692	692TWIN															
48	301SN	301TC	302	304	351TC	421RH	421SN	421WC	422	426	436	451	451TC	471TC	472TC	477	477ST	493	811	881



D2 Macho métrico recto 24° Serie pesada Rígido

ISO 12151-2-S-S – CES



XXXXX-XX-XX		D.I. de manguera				Rosca métrica	D.E. de tubo mm	A mm	B mm	H mm
Referencia		DN	Pulgada	Tamaño	mm					
<input type="checkbox"/> 46	<input type="checkbox"/> 48									
1D246-6-4	1D248-6-4	6	1/4	-4	6,3	M14x1,5	6	48	24	14
1D246-8-4	1D248-8-4	6	1/4	-4	6,3	M16x1,5	8	48	24	17
1D246-10-4	1D248-10-4	6	1/4	-4	6,3	M18x1,5	10	50	26	19
1D246-12-4	1D248-12-4	6	1/4	-4	6,3	M20x1,5	12	48	26	22
1D246-8-5	1D248-8-5	8	5/16	-5	7,9	M16x1,5	8	48	24	17
1D246-10-5	1D248-10-5	8	5/16	-5	7,9	M18x1,5	10	50	26	19
1D246-12-5	1D248-12-5	8	5/16	-5	7,9	M20x1,5	12	50	26	22
1D246-14-5	1D248-14-5	8	5/16	-5	7,9	M22x1,5	14	51	28	22
1D246-10-6	1D248-10-6	10	3/8	-6	9,5	M18x1,5	10	50	27	19
1D246-12-6	1D248-12-6	10	3/8	-6	9,5	M20x1,5	12	49	26	22
1D246-14-6	1D248-14-6	10	3/8	-6	9,5	M22x1,5	14	51	28	22
1D246-12-8	1D248-12-8	12	1/2	-8	12,7	M20x1,5	12	49	26	22
1D246-16-8	1D248-16-8	12	1/2	-8	12,7	M24x1,5	16	52	29	24
1D246-16-10	1D248-16-10	16	5/8	-10	15,9	M24x1,5	16	58	30	24
1D246-20-10	1D248-20-10	16	5/8	-10	15,9	M30x2	20	58	32	30
1D246-20-12	1D248-20-12	20	3/4	-12	19,1	M30x2	20	61	35	30
1D246-25-12	1D248-25-12	20	3/4	-12	19,1	M36x2	25	64	38	36
1D246-25-16	1D248-25-16	25	1	-16	25,4	M36x2	25	68	39	36
1D246-30-16	1D248-30-16	25	1	-16	25,4	M42x2	30	71	42	46
1D246-38-20		32	1-1/4	-20	31,8	M52x2	38	84	46	55
	1D248-38-20	32	1-1/4	-20	31,8	M52x2	38	91	44	55

Serie de terminales aprobados para tipos de manguera:

Disponible también en acero inoxidable.
Puede consultar detalles en CAT 4400.1/UK

46 o 48 441 441RH 461LT 462 462ST

46 463 492 492ST 692 692TWIN

48 301SN 301TC 302 304 351TC 421RH 421SN 421WC 422 426 436 451 451TC 471TC 472TC 477 477ST 493 811 881



ANEXO 11: FICHA TÉCNICA FLUIDO HIDRÁULICO REPSOL

HIDRAULICO SC

INDUSTRIA

Lubricantes



Descripción

Aceites de la máxima calidad para circuitos hidráulicos. Fabricados a partir de bases parafínicas con tecnología "ashless": incorporan aditivos sin cenizas especiales para aquellos sistemas hidráulicos con servoválvulas de muy fina tolerancia y donde se exija una excelente filtrabilidad al fluido hidráulico.

Cualidades

- Gran resistencia al envejecimiento y a la formación de lodos
- Alto índice de viscosidad
- Excelentes propiedades EP
- Gran facilidad para separar el agua
- Gran capacidad de eliminación de aire
- Magnífica filtrabilidad
- Excelentes propiedades antiespuma
- Buen poder antiherrumbre y anticorrosivo
- Compatible frente a juntas y elastómeros

Niveles de calidad

En función del grado de viscosidad del producto cumple los siguientes niveles de calidad:

- DIN 51524 Parte 2 HLP
- ISO 6743/4 HM
- ISO 11158
- PARKER DENISON HF-0, HF-1, HF-2
- MAG IAS P-68, P-69 y P-70
- AFNOR NFE 48603 – HM

Existe una ficha de datos de seguridad disponible bajo petición.

repsol.com
+34 901 111 999

Ficha técnica Lubricantes. Revisión 8. Octubre 2013.



HIDRAULICO SC

INDUSTRIA

Lubricantes



Características técnicas

	UNIDAD	METODO	VALOR		
Grado ISO VG			32	46	68
Viscosidad a 40° C	cSt	ASTM D 445	29,5	46	68
Viscosidad a 100° C	cSt	ASTM D 445	5,1	6,6	8,7
Índice de viscosidad		ASTM D 2270	100	98	98
Inflamabilidad V/A	°C	ASTM D 92	200	220	240
Punto congelación	°C	ASTM D 97	-15	-27	-24
Desemulsión a 54° C	min	ASTM D 1401	20	20	20
Corrosión al Cu	--	ASTM D 130	1	1	1
Rust, Método A	--	ASTM D 665	Pasa	Pasa	Pasa
TAN	mg KOH/g	ASTM D 974	0,4	0,4	0,4
Aeromulsión a 50° C	min	ASTM D 3427	2	3	6
Oxidación, TAN a 2000 h	mg KOH/g	ASTM D 943	<2	<2	<2
FZG, escalón de daños	--	DIN 51583	11	11	11
Máquina 4 bolas, diámetro de huella	mm	ASTM D 4172	0,35	0,30	0,30
Máquina 4 bolas, índice carga desgaste	--	ASTM D 2783	28	34	35



Existe una ficha de datos de seguridad disponible bajo petición.

repsol.com
+34 901 111 999

Ficha técnica Lubricantes. Revisión 8. Octubre 2013.

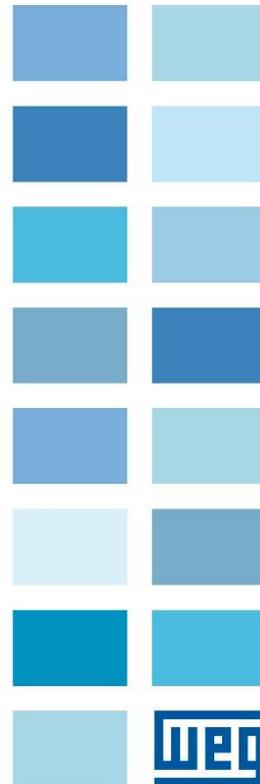
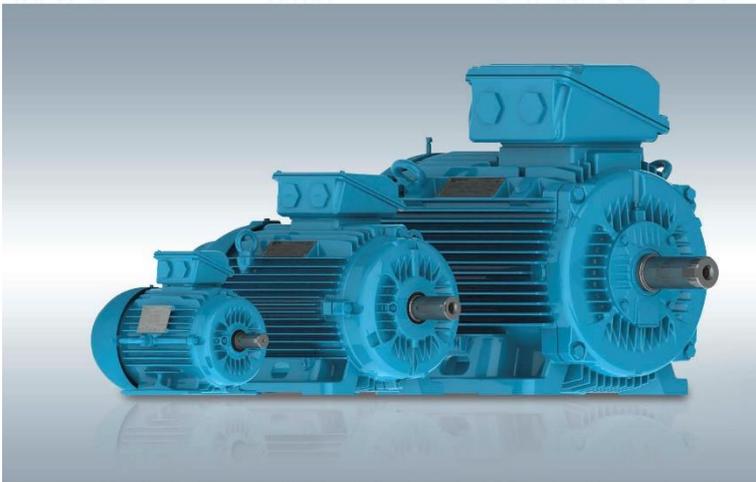
ANEXO 12: FICHA TÉCNICA MOTOR ELÉCTRICO WEG

Motores | Automatización | Energía | Transmisión y Distribución | Pinturas

Catálogo de motores BT

Tipo de construcción: Aluminio y Fundición

Grado de eficiencia: IE2 según IEC 60034-30



Gama de motores Carcasa de Aluminio

Potencia kW	Carcasa	In (A) 400V	II/In	Cp/Cn	Cm/Cn	Inercia (kgm2)	Nivel sonoro dB(A)	Peso (kg)	% de plena carga					
									Eficiencia			Factor de potencia		
									50	75	100	50	75	100

Carcasa de aluminio- Alta Eficiencia - IE2- 2 polos

0,12	63	0,38	4,8	300%	290%	0,00012	52	5,7	53	60	61	0,53	0,66	0,75
0,18	63	0,53	4,6	290%	280%	0,00014	52	6	56	62	63	0,54	0,68	0,78
0,25	63	0,71	4,7	320%	290%	0,00016	52	6,7	58	64	65	0,53	0,67	0,78
0,37	71	0,88	5,6	270%	280%	0,00033	56	9	68	71	71	0,66	0,79	0,86
0,55	71	1,25	5,3	270%	270%	0,0004	56	11	70	72	72	0,7	0,82	0,88
0,75	80	1,58	6,8	310%	310%	0,00065	59	12	76	79	79,5	0,73	0,82	0,86
1,1	80	2,32	6,3	320%	310%	0,00082	59	15	79,5	80,5	80,5	0,67	0,79	0,85
1,5	90S/L	3,14	5,9	260%	260%	0,00162	62	17,5	81,5	82	82	0,66	0,78	0,84
2,2	90S/L	4,58	6,6	300%	300%	0,00221	62	21	83	83,6	83,6	0,63	0,76	0,83
3	100L	5,92	7,7	290%	310%	0,00508	67	26	84	85	85	0,68	0,8	0,86
4	112M	7,72	6,5	230%	290%	0,00657	64	33	86	86	86	0,7	0,81	0,87
5,5	132S	10,60	6,8	220%	300%	0,01619	67	51	86,5	88	88	0,68	0,79	0,85
7,5	132S	14,10	6,8	220%	290%	0,01979	67	56	88	88,5	88,5	0,72	0,82	0,87
9,2	132M	17,30	7,6	250%	320%	0,02339	67	61	88,5	89	89	0,7	0,81	0,86

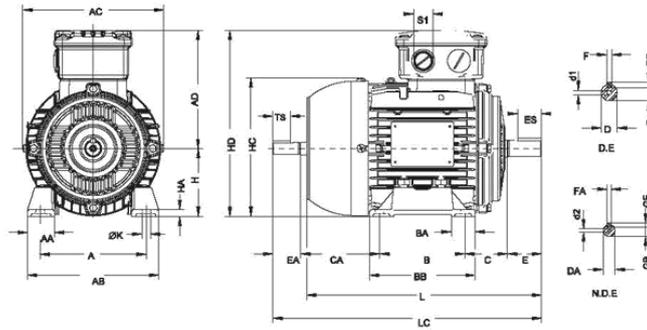
Carcasa de aluminio- Alta Eficiencia - IE2- 4 polos

0,12	63	0,38	3,9	180%	200%	0,00039	44	5,2	55	58	59	0,54	0,67	0,77
0,18	63	0,55	4,3	220%	220%	0,00055	44	6,5	59	61	61	0,55	0,68	0,77
0,25	71	0,72	4	210%	220%	0,00055	43	8,9	63	66	66	0,54	0,67	0,76
0,37	71	1,08	4,2	250%	250%	0,00066	43	9,5	65	68	68	0,5	0,64	0,73
0,55	80	1,27	5,8	240%	280%	0,00221	44	12,5	75	76,5	76,5	0,61	0,74	0,82
0,75	80	1,63	6	260%	290%	0,00289	44	15	79	79,6	79,6	0,63	0,76	0,83
1,1	90S/L	2,40	6,5	210%	260%	0,00494	49	19,5	81	81,8	81,8	0,62	0,75	0,81
1,5	90S/L	3,26	6,3	200%	280%	0,00546	49	21,5	81,5	83	83	0,57	0,72	0,8
2,2	100L	4,64	6,6	310%	320%	0,00822	53	28,5	84	84,5	84,5	0,63	0,75	0,81
3	100L	6,17	6,5	320%	330%	0,00972	53	33,5	85	85,6	85,6	0,64	0,76	0,82
4	112M	8,12	6,6	200%	260%	0,01588	56	42	86	86,7	86,7	0,64	0,76	0,82
5,5	132S	10,50	7,3	190%	300%	0,04163	56	48,5	88	88,1	88,1	0,69	0,81	0,86
7,5	132M	14,10	7,2	200%	300%	0,05284	56	55,5	88,7	89	89	0,71	0,81	0,86
9,2	132M	17,30	7,7	200%	320%	0,06039	56	63,5	89,2	89,5	89,5	0,7	0,81	0,86



Datos dimensionales. Carcasa de Aluminio

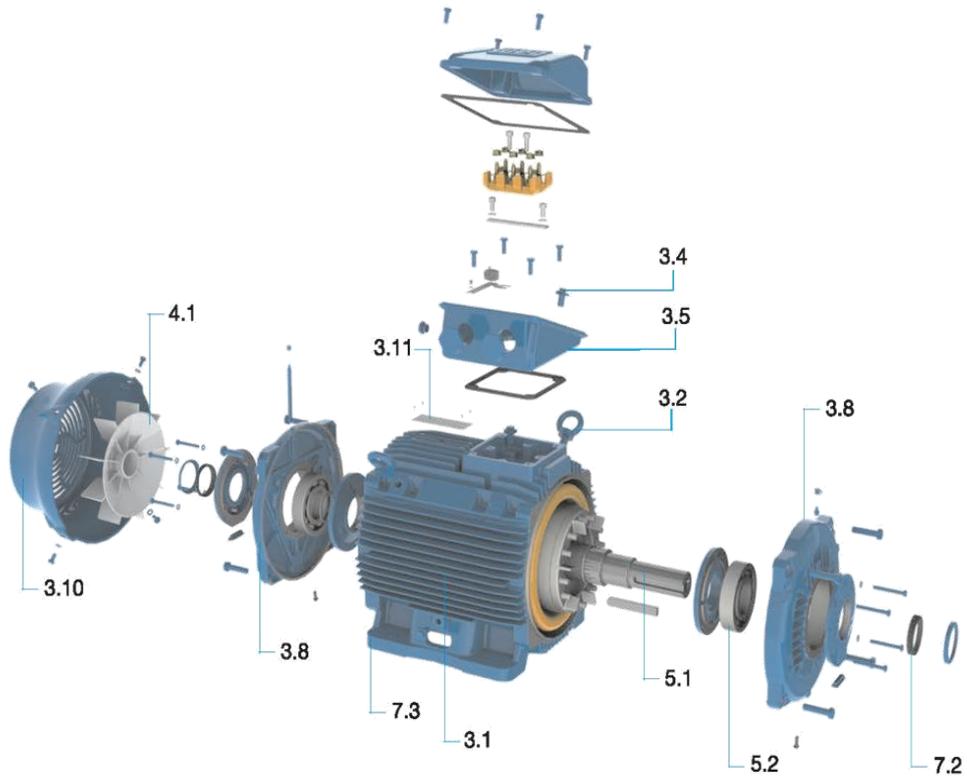
Tipo constructivo: Patas



CARCASA	A	AA	AB	AC	AD	B	BA	BA'	BB	C	CA	DIMENSIONES DEL EJE											
												D	E	ES	F	G	GD	DA	EA	TS	FA	GB	GF
63	100	19	116	125	113	80	23		95	40	78	11j6	23	14	4	8.5	4	9j6	20	12	3	7.2	3
71	112	28	134	141	121	90	24.5		108	45	88	14j6	30	18	5	11	5	11j6	23	14	4	8.5	4
80	125	32	155	159	136	100	28		124	50	93	19j6	40	28	6	15.5	6	14j6	30	18	5	11	5
90S/L	140	35	170	179	150	125	24		146	56	129 104	24j6	50	36		20		16j6	40	28		13	5
100L	160	40	196	200	160		30			63	118	28j6	60	45	8	24	7	22j6			6	18.5	6
112M	190	46	220	223	180	140	50		170	70	128							24j6	50	36		20	
132S							40														8		7
132M	216	44	248	270	207	178	32		210	89	150	38k6	80	63	10	33	8	28j6	60	45		24	



Detalle constructivo de motores

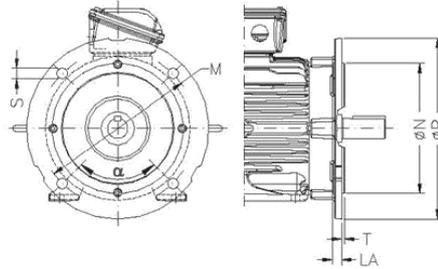


Descripción

3.1	Carcasa
3.2	Cáncamos de elevación
3.4	Conectores de tierra
3.5	Caja de bornes
3.8	Escudo
3.10	Directriz de aire
3.11	Placa de características
4.1	Ventilador
5.1	Eje
5.2	Rodamientos
7.2	Sistema de sellado
7.3	Plan de pintura

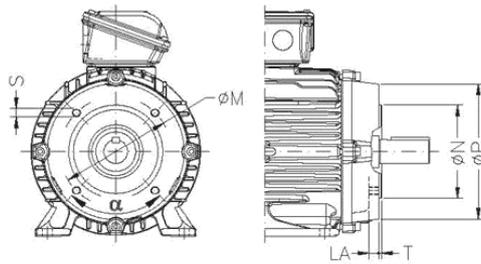
Tipo constructivo: Brida

Brida "FF"



Brida "FF"									
Carcasa	Brida	LA	M	N	P	S	T	α	Nº de agujeros
63	FF-115	9	115	95	140	10	3	45°	4
71	FF-130		130	110	160		3,5		
80	FF-165	10	165	130	200	12	3,5		
90									
100	FF-215	11	215	180	250	15	4		
112									
132	FF-265	12	265	230	300	19	5		
160	FF-300	18	300	250	350				
180									
200	FF-350		350	300	400				

Brida "DIN-C"



Carcasa	Brida	LA	M	N	P	S	T	α	Nº de agujeros
63	C-90	9.5	75	60	90	M5	2.5	45°	4
71	C-105	8	85	70	105	M6			
80	C-120	10.5	100	80	120		M8		
90	C-140	12	115	95	140	M8			
100	C-160	13.5	130	110	160				
112									
132	C-200	15.5	165	130	200	M10			

ANEXO 13: FICHA TÉCNICA BRIDA MOTOR - BOMBA

PUMP MOTOR ADAPTERS FOR ELECTRIC MOTORS

56C THRU 145TC & 182UC THRU 184UC

Pump Motor Adapters (Bell Housings) are designed to assure proper shaft alignment between the electric motor and your hydraulic pump. They also reduce assembly cost over using a foot mounting bracket or riser.

Standard Features:

- Drive coupling access hole with safety orange removable cover
- Electric Motor mounting bolts provided
- Pump mounting orientation can be rotated in 90 degree increments by rotating the adapter on the electric motor.
- Available for mounting your assembly horizontal and vertical with most adapter styles

Standard Material:

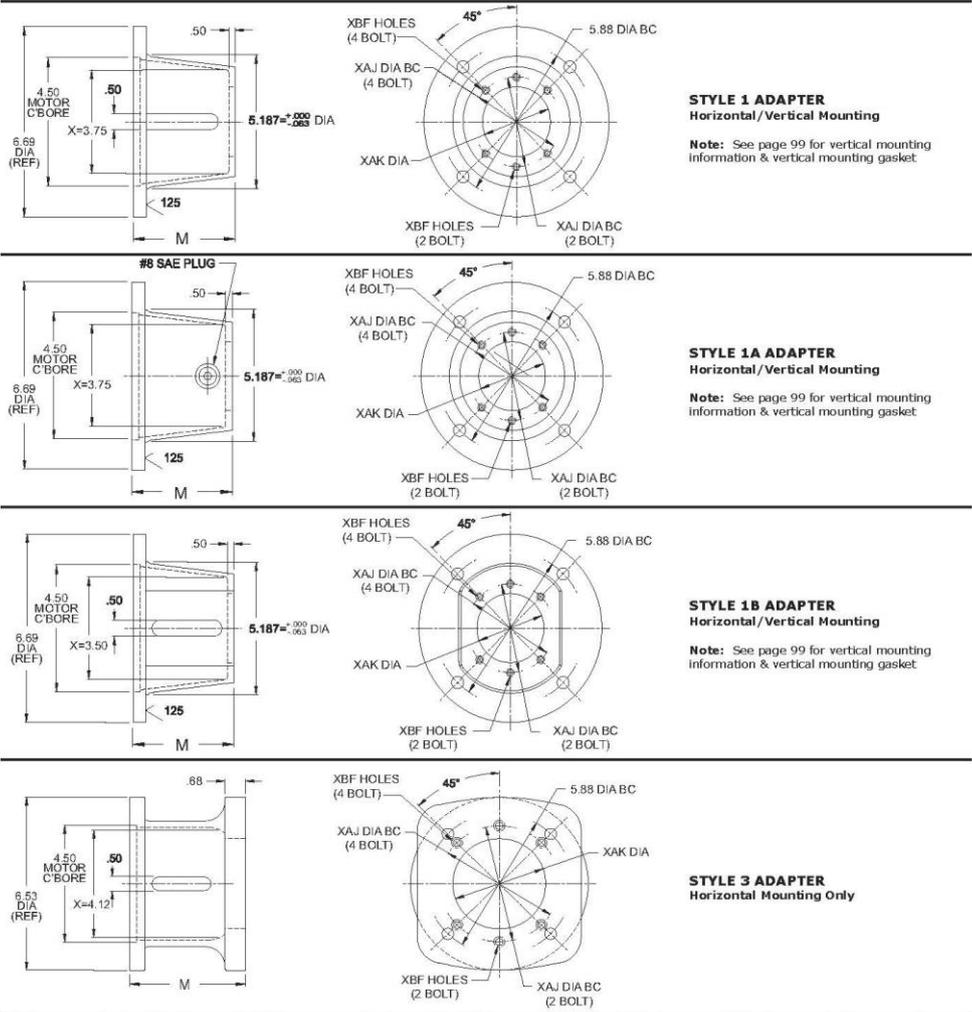
- Die and Cast Aluminum

NOTES:

- X = Permissible inside radial clearance
- All dimensions are inches

WARNING:

- To avoid possible injury, access hole cover must be in place during operation



If your pump is not listed or is a non-standard pump, contact us for special machining and/or information. Not all pump mounting holes are supplied on every adapter. Dimensions and specifications are subject to change without notice. Not all items are Made-To-Stock, contact us for availability. 11/15

Ph : 920-682-6877 Fx : 920-684-7210		sales@ldi-industries.com www.ldi-industries.com
--	--	--

PUMP MOTOR ADAPTERS FOR ELECTRIC MOTORS

56C THRU 145TC & 182UC THRU 184UC (CONT'D)

Motor Size	56C	143TC	145TC	182UC	184UC
HP/1800 RPM	1/4-1/2	1	2	1	1-1/2
Shaft Diameter	.62	.88	.88	.88	.88
Key Size	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16
Shaft Length	2.06	2.12	2.12	2.12	2.12



Pump Mounts - 56C thru 145TC and 182UC thru 184UC									
Pump Type	Flange	XAJ Bolt Circle	XAK Pump Pilot	XBF Mounting Holes	Adapter Style	Mounting		M Face to Face	Part No.
						Horizontal	Vertical		
Standard SAE Pump Flanges									
USA 4F17	4 Bolt	2.84	1.781	5/16-18	1	Yes	Yes	3.50	170599
					1A	Yes	Yes	3.50	6094
					1B	Yes	Yes	3.81	152199
					1	Yes	Yes	4.25	6029
					1A	Yes	Yes	4.25	6070
					1B	Yes	Yes	4.5	150199
SAE AA	2 Bolt	3.25	2.001	3/8-16	1	Yes	Yes	3.50	170699
					1A	Yes	Yes	3.50	6093
					1B	Yes	Yes	3.81	152299
					1	Yes	Yes	4.25	6027
					1B	Yes	Yes	4.50	150299
					1	Yes	Yes	5.06	171499
SAE A	2 Bolt	4.19	3.251	3/8-16	1A	Yes	Yes	3.50	6091
					1A	Yes	Yes	4.25	6071
SAE A	2 Bolt	4.19	3.251	3/8-16	1	Yes	Yes	3.50	170799*
					1B	Yes	Yes	3.81	152399
					1	Yes	Yes	4.25	6028*
					1B	Yes	Yes	4.50	150499
					1	Yes	Yes	5.06	6042
					1B	Yes	Yes	5.25	150599
SAE B	2 Bolt	5.75	4.001	1/2-13	3	Yes	No	4.25	149199
	4 Bolt	5.00			3	Yes	No	5.06	149799
SAE C	4 Bolt	6.38	5.001	1/2-13	3	Yes	No	5.63	6085
									6074
3 Bolt Mounting Flange									
3H	3 Bolt	2.75	2.121	1/4-20	1	Yes	Yes	4.25	6062
6 Bolt Mounting Flange									
6HB	6 Bolt	3.25	2.626	3/8-16	1	Yes	Yes	4.25	1948
Double A Pumps (BSM)									
14-42-PFG	4 Bolt	Spl. Mtg.	1.249	15/64 Dia.	1	Yes	Yes	4.25	1937
Metric Series 4 Bolt Flange									
R4M	4 Bolt	63mm	50.02mm	.312 Dia.	1	Yes	Yes	4.25	6075
*Non-stock special order item									
*NOTE: Also contains additional SAE-A 4 bolt mounting suitable for mounting SAE-A 45°									

Dimensions and specifications are subject to change without notice. Not all items are Made-To-Stock, contact us for availability.

04/15

Ph : 920-682-6877
 Fx : 920-684-7210



sales@ldi-industries.com
 www.ldi-industries.com

Pg RA-83

ANEXO 14: FICHA TÉCNICA ALIMENTADOR SHAFTLESS MARTIN



Shaftless Screw Conveyors

SHAFTLESS SCREW CONVEYORS

TYPICAL APPLICATIONS

FEATURE, FUNCTION & BENEFIT

SIZE AND CAPACITY

Martin Shaftless Screw Conveyors – The Problem Solver

Martin Shaftless Screw Conveyors are the ideal solution for hard-to-transport materials ranging from irregularly shaped dry solids such as scrap wood and metals, to semi-liquid and sticky materials including pulp, compost, food-processing refuse, hospital waste, and wastewater products.

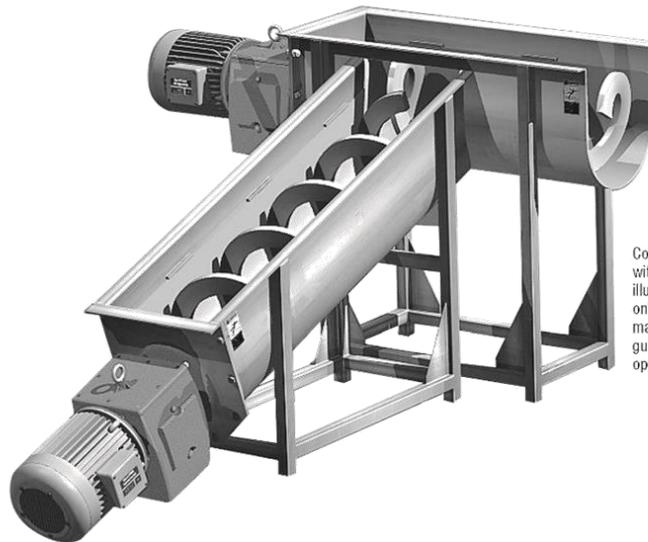
Martin Shaftless Conveyors' simple, pipeless design employs fewer parts than conventional shafted-screw conveyors, reducing lifetime maintenance costs. It enables higher trough loading and lower RPMs, maximizing the volume of materials conveyed.

Martin's Shaftless Screw eliminates jamming and buildup typical in shafted-screw conveyors for greater uptime, higher efficiency, and lower maintenance. It eliminates hanger bearings and

end bearings to reduce maintenance and increase efficiency – enabling direct transfer to another conveyor.

Martin Shaftless Screw Conveyors and components are manufactured and stocked at our branches strategically located near major industrial markets across North America. This ensures rapid shipping on new installations and next-day delivery on stock replacement parts.

Several test units, as well as video footage of actual applications, are available for demonstration of the unique capabilities of the shaftless screw. Discover the benefits *Martin* conveyors can bring to your business – call us today to arrange an on-site demo using your product.



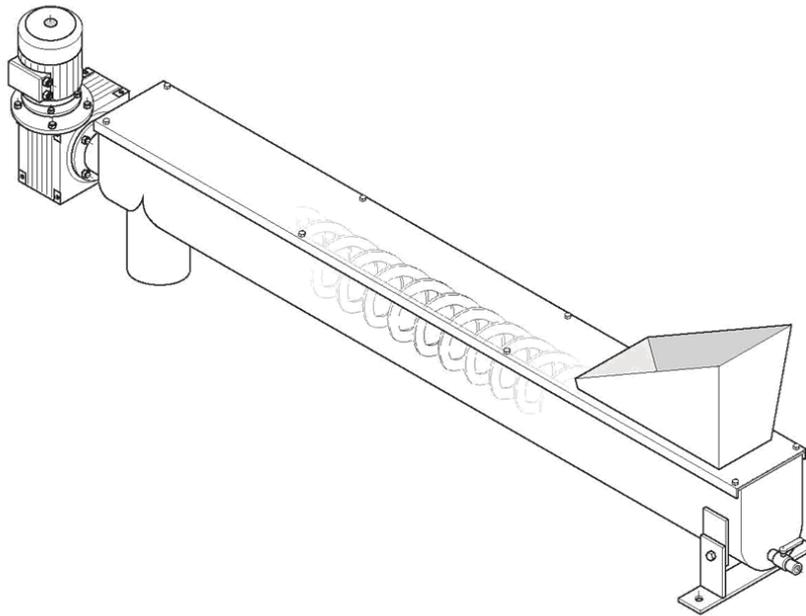
Conveyors shown without cover for illustration purposes only. Please follow manufacturing safety guidelines when operating conveyors.

Shaftless Screw Conveyors



Typical Applications

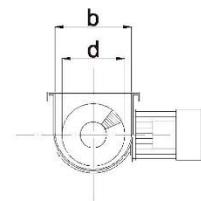
- **Rendering**
 - **Poultry Processing**
 - Chicken Feathers
 - **Wine & Beverage Industries**
 - Whole Berry
 - **Waste Water**
 - Solid Waste Treatment
 - Screenings
 - **Chemical & Heavy Industrial**
 - Ash
 - Coal
 - Bauxite
- **Meat Processing**
 - Whole Carcasses
 - Stems
 - Sludge
 - Solids Removal
 - Recycle Batteries
 - Metal Chip Handling
 - Iron Ore
- **Fish Processing**
 - Animal Waste
 - Pumice
 - Grit
 - Carbon Black
 - Bentonite
 - Limestone
- Fish/Animal Bones
- Fruit Peels
- Shredded Tires
- Caustic Soda
- Insulation



CONFIGURATIONS / OPTIONS	
	Type of Steel <ul style="list-style-type: none"> • Carbon Steel • High Brinell Carbon Steel • Stainless Steel
	Capacity <ul style="list-style-type: none"> • Up to 17,000 CFH
	Diameter <ul style="list-style-type: none"> • 6" to 30" (and larger)
	Pitches <ul style="list-style-type: none"> • Full, 2/3, 1/2
	Trough <ul style="list-style-type: none"> • CEMA Standards
 <p>Shaftless Screw Live Bottom</p>	Options <ul style="list-style-type: none"> • Liners <ul style="list-style-type: none"> - UHMW - Xylethon - Tivar - AR • Rider Bars • Inspection and Overflow Hatches • Various Drive Configurations • Available • Housings: CEMA Standard • U-Trough or Split Tubular Housing
	Configurations <ul style="list-style-type: none"> • Single or Inner/Outer Flight Design • Twin Screw • Multiple Live Bottom Feeders • Inclined Screw Conveyors • Grit Washers • Vertical

*Conveyors shown without cover for illustration purposes only. Please follow manufacturing safety guidelines when operating conveyors.

Dimensions				
efficiency [m ³ /h]	d [mm]	b [mm]	l [mm]	gear power [kW]
0.6	120	150	0.5 - 13.0	0.25 - 3.0
1.0	160	200	0.5 - 13.0	0.37 - 3.0
2.5	200	260	0.5 - 13.1	0.75 - 4.0
4.0	150	320	0.5 - 13.2	0.75 - 4.0
5.5	300	380	0.5 - 13.3	1.1 - 5.5
8.0	360	440	0.5 - 13.4	1.1 - 5.5
10.0	400	490	0.5 - 13.5	1.5 - 5.5



ADDITIONAL INFORMATION:

- 1 - capacity depends on installation angle
- 2 - quantity and dimensions of chambers are indicated by customer
- 3 - in case of outdoor working the thermal insulation and heating must be applied

ANEXO 15: FICHA TÉCNICA MOTORREDUCTOR NORD

Intelligent Drivesystems, Worldwide Services



ES

G1035

Reductores de sinfín UNIVERSAL
SI y SMI

IE1
Standard

IE2

IE3

NORD
DRIVESYSTEMS



Resumen del sistema modular

Reductores de sinfin



Prerreductor coaxial H10



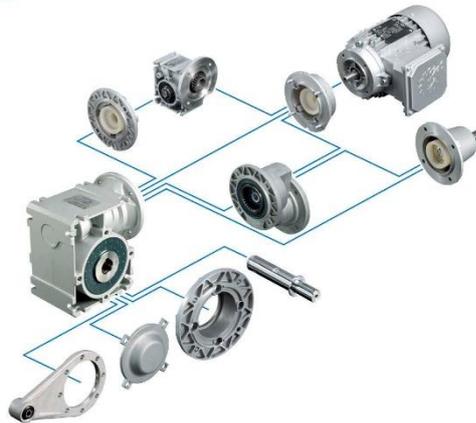
Acoplamiento de reductor de sinfin doble combinado



Motor trifásico según normas IEC / Motor de freno



Acoplamiento del motor según normas IEC
Acoplamiento del motor según normas NEMA



Eje de entrada libre Tipo W



Eje macho V, L, VF



Purga de aire (sin ilustración)

Brida de salida B5



Brazo de reacción



Tapa de protección





0,37 kW

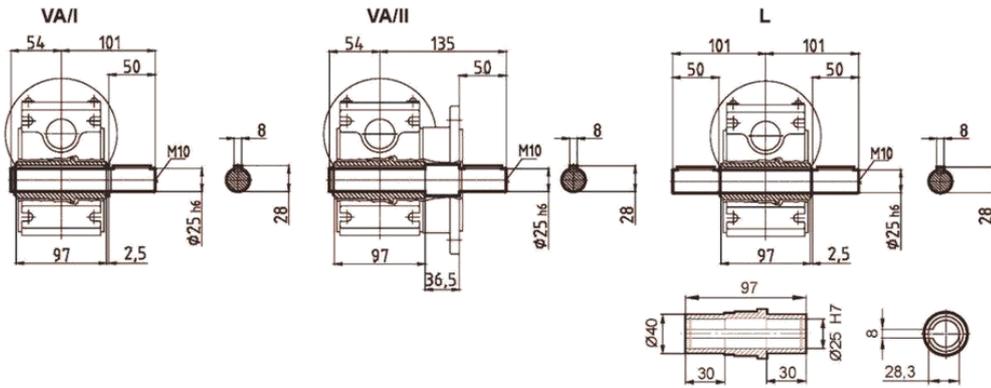
1SI, 1SMI - Motorreductores de sinfín

P ₁ [kW]	n ₂ [min ⁻¹]	M ₂ [Nm]	f _B	i _{ges}	i _{sch}	i _{vor}	F _R	F _{RF}	Motorreductor			IE1 kg	mm [mm]
									IE1	IE2	IE3		
0,37	14	133	1,4	100	100		8,0	5,0	SK 1SI 75 IEC71 - 71 L/4				B36-37
	17	115	1,8	80	80		8,0	5,0					
	23	95	2,3	60	60		8,0	5,0	SK 1SMI 75 IEC71 - 71 L/4			20 B46-47	
	28	83	2,8	50	50		8,0	5,0					
	14	120	0,9	100	100		5,3	2,4	SK 1SI 63 IEC71 - 71 L/4			B34-35	
	17	104	1,1	80	80		5,4	2,4					
	23	88	1,5	60	60		5,5	2,5	SK 1SMI 63 IEC71 - 71 L/4			12 B44-45	
	28	78	1,8	50	50		5,5	2,5					
	34	66	2,2	40	40		5,5	2,5					
	46	53	3,0	30	30		5,5	2,5					
	55	49	2,8	25	25		5,6	2,5					
	23	80	0,9	60	60		4,8	2,4	SK 1SI 50 IEC71 - 71 L/4			B32-33	
	28	72	1,1	50	50		4,8	2,5					
	34	61	1,4	40	40		4,8	2,5	SK 1SMI 50 IEC71 - 71 L/4			11 B42-43	
	46	50	1,8	30	30		4,8	2,5					
	55	46	1,6	25	25		4,8	2,5					
	69	38	2,1	20	20		4,8	2,5					
	92	30	2,9	15	15		4,8	2,5					
	110	27	2,7	12,5	12,5		4,8	2,5					
	34	55	0,8	40	40		2,7	1,1	SK 1SI 40 IEC71 - 71 L/4			B30-31	
	46	45	1,1	30	30		2,7	1,1					
	55	44	1,0	25	25		2,7	1,1	SK 1SMI 40 IEC71 - 71 L/4			9 B40-41	
	69	36	1,2	20	20		2,8	1,1					
	92	29	1,7	15	15		2,8	1,1					
	110	26	1,6	12,5	12,5		2,8	1,1					
	138	21	2,0	10	10		2,8	1,2					
	184	16	2,7	7,5	7,5		2,8	1,2					
	69	34	0,8	20	20		1,5	0,6	SK 1SI 31 IEC71 - 71 L/4			B28-29	
	92	27	1,1	15	15		1,4	0,6					
	110	24	1,0	12,5	12,5		1,3	0,6	SK 1SMI 31 IEC71 - 71 L/4			8 B38-39	
	138	20	1,3	10	10		1,2	0,6					
	184	16	1,7	7,5	7,5		1,1	0,6					
	276	11	2,1	5	5		1,0	0,7					

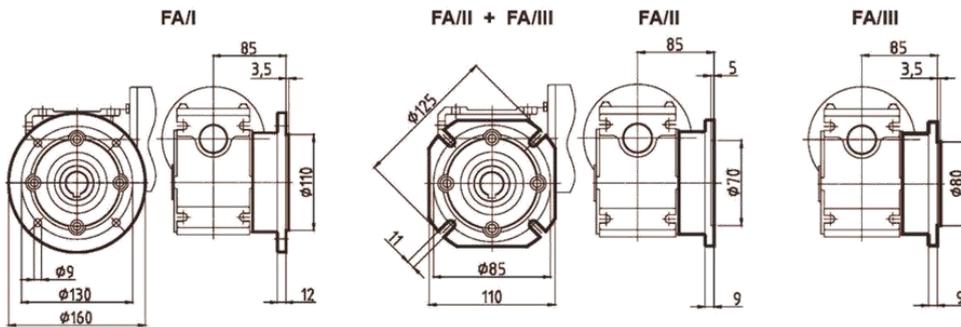


SK 1 SI 50 IEC...

Ejes macho



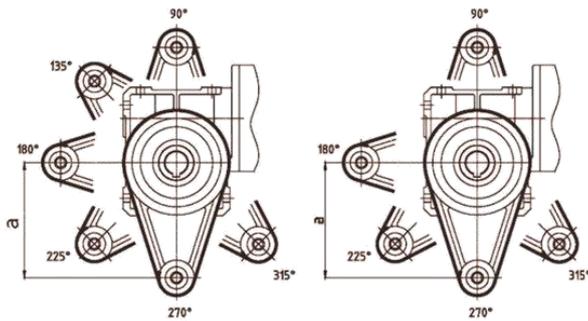
Brida de salida B5



Brazo de reacción

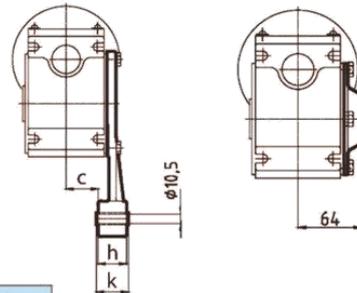
DA/I 90 .. DA/II 315

DA/II 90.. DA/II 315 + DA/III 90.. DA/III 315



Tapa de protección

HA



	a	c	h	k
I	130	36	32	36
II	110	41	14	14
III	100	41	14	14

Y-bearings and Y-bearing units



Flanged Y-bearing units



Flanged Y-bearing units with a cast housing

Flanged Y-bearing units with a cast housing can be relubricated through a grease fitting in the housing. This makes them especially suitable for bearing arrangements that operate under any of the following conditions:

- high levels of contamination
- high speeds
- high temperatures
- relatively heavy loads

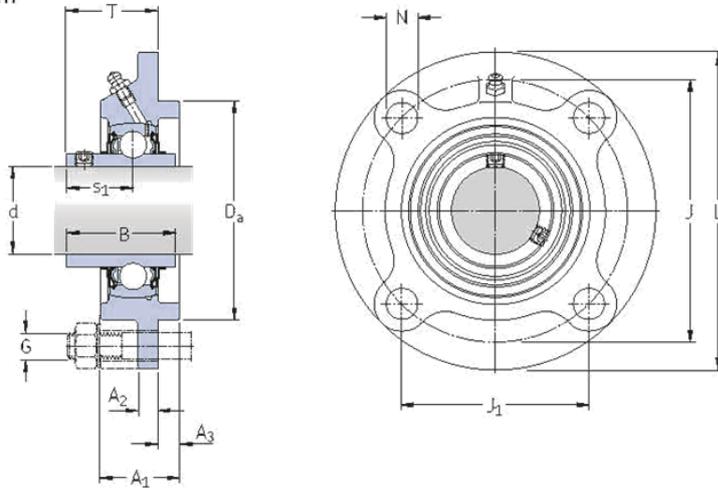
Three different housing designs are available:

- FY and FYJ series with a square flange and four holes for attachment bolts (→ **fig. 1**)
- FYC series with a round flange and four holes for attachment bolts (→ **fig. 2**)
- FYT, FYTB and FYTJ series with an oval flange and two holes for attachment bolts (→ **fig. 3**).



SKF

**Flanged Y-bearing units with a cast housing with a round flange and grub screws,
metric shafts
d 20 – 65 mm**



Dimensions														Basic load ratings		Fatigue load limit	Limiting speed with shaft tolerance h6	Designation Bearing unit
d	A ₁	A ₂	A ₃	B	D _a h8	J	J ₁	L	N	G	s ₁	T	dynamic C	static C ₀	P _u	r/min	-	
mm														kN	kN			
20	25,5	7	5	31	62	78	55,2	100	12	10	18,3	28,3	12,7	6,55	0,28	8 500	FYC 20 TF	
25	27	7	6	34,1	70	90	63,6	115	12	10	19,8	29,8	14	7,8	0,335	7 000	FYC 25 TF	
30	31	8	8	38,1	80	100	70,7	125	12	10	22,2	32,2	19,5	11,2	0,475	6 300	FYC 30 TF	
35	34	9	8	42,9	90	110	77,8	135	14	12	25,4	36,4	25,5	15,3	0,655	5 300	FYC 35 TF	
40	36	9	10	49,2	100	120	84,9	145	14	12	30,2	41,2	30,7	19	0,8	4 800	FYC 40 TF	
45	38	14	12	49,2	105	132	93,3	160	16	14	30,2	40,2	33,2	21,6	0,915	4 300	FYC 45 TF	
50	40	14	12	51,6	110	138	97,6	165	16	14	32,6	42,6	35,1	23,2	0,98	4 000	FYC 50 TF	
55	43	15	12	55,6	125	150	106,1	185	19	16	33,4	46,4	43,6	29	1,25	3 600	FYC 55 TF	
60	48	15	12	65,1	135	160	113,1	195	19	16	39,7	56,7	52,7	36	1,53	3 400	FYC 60 TF	
65	50	15	14	68,3	145	170	120,2	205	19	16	42,9	58,9	55,9	40	1,7	3 000	FYC 65 TF	



Designations Bearing unit	Separate components		Mass Bearing unit
	Housing	Bearing	
-			kg
FYC 20 TF	FYC 504	YAR 204-2F	0,70
FYC 25 TF	FYC 505	YAR 205-2F	0,93
FYC 30 TF	FYC 506	YAR 206-2F	1,35
FYC 35 TF	FYC 507	YAR 207-2F	1,55
FYC 40 TF	FYC 508	YAR 208-2F	2,00
FYC 45 TF	FYC 509	YAR 209-2F	2,65
FYC 50 TF	FYC 510	YAR 210-2F	2,80
FYC 55 TF	FYC 511	YAR 211-2F	4,30
FYC 60 TF	FYC 512	YAR 212-2F	4,90
FYC 65 TF	FYC 513	YAR 213-2F	5,70



LAMINAS