

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE DE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA

DISEÑO DE SISTEMA HIDRÁULICO PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE LA
CORREA TRANSPORTADORA 220CV07 EN MINERA GABRIELA MISTAL
(DGM) – CODELCO CHILE

Trabajo de Titulación para optar al Título
de INGENIERO EN MANTENIMIENTO
INDUSTRIAL.

Alumno:
Marcos Antonio Basaur Ramírez

Profesor Guía:
Eduardo Andrés Aracena Cuéllar

DEDICATORIA

A mi familia que tanto me han apoyado y en especial a mi señora Ingrid, a ellos, quienes me permitieron alcanzar este sueño.

ÍNDICE DE MATERIAS

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. ANTECEDENTES	4
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	4
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.	5
1.4. BENEFICIOS DEL PROYECTO	5
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	6
2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO, UBICACIÓN TECNICA, DEL TRABAJO DE TENSADO Y DESTENSADO DE LA CORREA 220CV 07	7
2.1.1. Definición de un sistema de transporte de mineral	7
2.1.1.1. Sistema motriz	8
2.1.1.2. Elementos rodantes	8
2.1.1.3. Cinta	8
2.1.1.4. Tensores	8
2.1.1.5. Raspadores	8
2.1.1.6. Gualderas	8
2.1.1.7. Sistema de protección	8
2.1.1.8. Guardas y protecciones	9
2.1.1.9. Sistema estructural	9
2.1.2. Operación de un sistema de transporte de material	9
2.1.3. Guardas y protecciones de un sistema de transporte de material	10
2.1.4. Sistemas de protección en transportadores de material	11
2.1.5. Elementos de limpieza y gualderas	12
2.1.6. Aseo para sistemas de transporte de material por correas o cintas	13
2.1.7. Inspección de los sistemas de transporte de material por correas o cintas	14
2.1.8. Mantenimiento de sistemas de transporte de material por correas o cintas	16
2.1.9. Aspectos legales y de seguridad en los sistemas de transporte de material por correas o cintas	17

2.1.9.1. Estándar de control de fatalidades	17
2.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EN MINERA GABRIELA MISTRAL	18
2.2.1. Ubicación técnica de la cinta	19
2.2.2. Descripción del trabajo actual del procedimiento de destensado y tensado de la cinta	19
2.2.2.1. Actividades previas al destensado y tensado de la cinta transportadora	19
2.2.2.2. Paso a paso del destensado y tensado de la cinta transportadora	20
a. Destensado de la cinta transportadora	20
b. Tensado de la cinta transportadora	22
c. Herramientas preventivas para realizar el trabajo	22
2.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPONENTES Y PRINCIPIOS INVOLUCRADOS EN EL CIRCUITO HIDRÁULICO DE LA CINTA 220 CV 07	23
2.3.1. Diseño de un sistema hidráulico	23
2.3.1.1. Transformación de la energía	24
2.3.1.2. Comando de la energía	24
2.3.1.3. Transporte de la energía	24
2.3.1.4. Varios	24
2.3.2. Fluidos hidráulicos	25
2.3.2.1. Exigencias de los fluidos hidráulicos	25
2.3.2.2. Viscosidad	26
2.3.2.3. Índice de Viscosidad	27
2.3.2.4. Conducta viscosidad presión	27
2.3.2.5. Otras propiedades de los aceites	27
2.3.3. Bombas hidráulicas	28
2.2.3.1. Bombas hidrodinámicas	28
2.2.3.2. Bombas hidrostáticas	29
2.2.3.3. Características de presión	29
2.2.3.4. Desplazamiento	29
2.2.3.5. Bombas de engranajes	30
2.3.4. Cilindros hidráulicos	31
2.3.4.1. Tipos de cilindro según su efecto	31
a. Cilindros de simple efecto	32
b. Cilindros de doble efecto	32
c. Cilindros de diferenciales	32
2.3.5. Válvulas direccionales	33
2.3.5.1. Características especiales	33

2.3.5.2. Perdida de carga	35
2.3.6. Válvulas de presión	36
2.3.6.1. Válvula limitadora de presión	36
2.3.6.2. Válvula reductora de presión	37
2.3.7. Válvulas de flujo	37
2.3.7.1. Válvulas estranguladoras	38
2.3.8. Filtros hidráulicos	38
2.3.8.1. Filtros en línea de presión	39
2.3.8.2. Filtros en línea de retorno	39
2.3.9. Tubería hidráulica	39
2.3.10. Tipos de flujo	39
2.3.9.1. Selección del diámetro de la tubería	40
2.3.10. Conexiones para tubería hidráulica	42
2.3.10.1. Uniones roscadas BSPP	42
2.3.10.2. Uniones roscadas NPT	43
2.3.10.3. Uniones roscadas JIC	43
2.3.10.4. Uniones métricas	43
2.3.11. Depósito de aceite	44
2.3.11.1. Depósitos	44
2.3.11.2. Construcción del depósito	45
2.3.11.3. Respirador	45
2.3.11.4. Placa deflectora	45
2.3.11.5. Conexiones y ajustes de las líneas	45
2.3.11.6. Tamaño del depósito	46
2.3.12. Símbolos gráficos para la confección de un plano hidráulico según DIN – ISO 1219	47

CAPÍTULO 3: DISEÑO DE UNA SOLUCIÓN TÉCNICA AUTOMATIZADA PARA EL DESTENSAD Y TENSADO DE LA CINTA 220 CV 07	49
3.1. ELECCIÓN DEL ACEITE HIDRÁULICO	50
3.2. ELECCIÓN DE LOS CILINDROS	50
3.3. ELECCIÓN DE LA BOMBA HIDRÁULICA	51
3.4. ELECCIÓN DEL MOTOR ELÉCTRICO	51
3.5. ELECCIÓN DEL FILTRO HIDRÁULICO	52
3.6. ELECCIÓN DE LA TUBERÍA	53
3.6.1. Línea de presión	53
3.6.2. Línea de retorno	54
3.6.3. Línea de succión	54

3.7. ELECCIÓN DE LA TUBERÍA	54
3.8. PLANO HIDRÁULICO DEL TENSADO DE LA CINTA	56
3.9. EVALUACIÓN ECONÓMICA	57
3.9.1. Valorización del tiempo de detención por efecto del destensado tensado de la cinta	57
3.9.2. Confección cuadro de costo de la implementación propuesta	58
CONCLUSIÓN	59
BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE LA INFORMACIÓN	60
ANEXOS	61

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1-1. DIAGRAMA ISHIKAWA BASE PARA LA JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....5

FIGURA 2-2. COMPONENTES CINTAS TRANSPORTADORAS 7

FIGURA 2-3. PROCESO TMC EN MINERA GABRIELA MISTRAL 18

FIGURA 2-4. CORREA 220 CV 07 19

FIGURA 2-5. HERRAMIENTAS, CILINDROS Y BOMBA MANUAL (PORTA POWER).....20

FIGURA 2-6. CREMALLERA DE FIJACIÓN; IZQ. CREMALLERA - DER. SOPORTES
ESTRUCTURALES. 21

FIGURA 2-7. AMARRE DE TRABAJADORES A ESTRUCTURA 21

FIGURA 2-8. DISTANCIA DE TENSADO 22

FIGURA 2-9. TRANSFORMACIÓN DE LA ENERGÍA EN UNA INSTALACIÓN HIDRÁULICA.....23

FIGURA 2-10. DIAGRAMA VISCOSIDAD – TEMPERATURA.....26

FIGURA 2-11. BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO 29

FIGURA 2-12. BOMBA DE ENGRANAJES EXTERNOS.....30

FIGURA 2-13. CILINDRO DE SIMPLE EFECTO CON RESORTE INTERNO CON RESORTE
EXTERNO.....32

FIGURA 2-14. CILINDRO DIFERENCIAL 33

FIGURA 2-15. VÁLVULA DIRECCIONAL 2/2.....33

FIGURA 2-16. VÁLVULA DIRECCIONAL 4/3 VÍAS CON DENOMINACIÓN DE LAS CONEXIONES
.....34

FIGURA 2-17. SÍMBOLOS BÁSICOS PARA VÁLVULAS DIRECCIONALES. IZQ. VÁLVULA DE 2
POSICIONES: DER. VÁLVULA DE TRES POSICIONES 34

FIGURA 2-18. VÁLVULA DIRECCIONAL 4/3 VÍAS CON DENOMINACIÓN DE LAS CONEXIONES
POSICIONES DE CONMUTACIÓN Y ELEMENTOS DE ACCIONAMIENTO.....35

FIGURA 2-19. DIAGRAMA CARACTERÍSTICAS ΔP -Q DE LA VÁLVULA DIRECCIONAL 4/3 VÍAS
.....35

FIGURA 2-20. VÁLVULA LIMITADORA DE PRESIÓN PRECOMANDADA CON DESCARGA POR
VÁLVULA DIRECCIONAL 36

FIGURA 2-21. VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN PRECOMANDADA, IZQUIERDA CON Y
DERECHA SIN VÁLVULA ANTIRRETORNO. 37

FIGURA 2-22. IZQ. VÁLVULA ESTRANGULADORA BIDIRECCIONAL. DER VÁLVULA
ESTRANGULADORA UNIDIRECCIONAL.....38

FIGURA 2-23. FLUJO LAMINAR 39

FIGURA 2-24. FLUJO TURBULENTO 40

FIGURA 2-25. TABLA PARA SELECCIONAR EL DIÁMETRO INTERIOR DE LA TUBERÍA 41

FIGURA 2-26. UNIÓN DE TUBERÍAS SELLO METAL-METAL 42

FIGURA 2-27. UNIÓN ROSCADA BSPP.....42

FIGURA 2-28. UNIÓN ROSCADA JIC 43

FIGURA 2-29. UNIÓN MÉTRICA.....44

FIGURA 2-30. DEPÓSITO DE ACEITE.....47

FIGURA 2-32. SÍMBOLOS SEGÚN ISO DIN 1219.....48

FIGURA 3-1. TENSADO DE LA CINTA:.....50

FIGURA 3-2. HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO DEL FILTRO:.....52

FIGURA 3-3. SELECCIÓN DEL TUBO DEPENDIENDO DE LA PRESIÓN DE TRABAJO 54

FIGURA 3-4. ELECCIÓN DE FLEXIBLE SEGÚN SU DIÁMETRO Y PRESIÓN DE TRABAJO.....55

FIGURA 3-5. VALORES POR HORA DE DETENCIÓN DE LA CINTA 57

FIGURA 3-6. CUADRO DE COSTO 58

SIGLA

ANSI (American National Estandar Institution): Instituto nacional estadounidense de estándares.

API (American Petroleum Institute): Instituto Americano del Petroleo.

DIN (Deutsches Institut für Normung): Instituto Alemán de Normalización

ISO (International Organization for Standardization): Organización Internacional de Normalización

NPSH (Net Positive Suction Head): Altura Neta Positiva en la Aspiración.

PTFE (Teflón): Politetrafluoroetileno

SIMBOLOGÍA

bar	: Medida de presión.
°C	: Grados Celsius (Unidad de Temperatura).
Hp	: Caballos de fuerza (Unidad de Potencia).
h	: Hora (Unidad de tiempo).
Kw	: Kilo watts (Unidad de Medida de Potencia Nominal).
Lb	: Libras (Unidad de Masa).
NPT	: National pipe thread (Unidad de Medida de Rosca nacional de tubos).
m	: Metros (Unidad de Medida de Longitud).
m^3	: Metros Cúbicos (Unidad de Medida de Volumen).
ml	: Mililitros (Unidad de Medida de Volumen).
mm	: Milímetros (Unidad de Medida de Longitud).
Pa	: Pascal (Unidad de Presión).
Pies	: Unidad de Medida de Longitud.
Psi	: Unidad de Medida de Presión
Q	: Caudal (Unidad de medida de Flujo)
RPM	: Revoluciones por minuto (Unidad de Medida de Velocidad de giro)
s	: Segundo (Unidad de Tiempo)

INTRODUCCIÓN

El destensado y tensado de una cinta transportadora es una actividad común en el transporte de mineral de cobre, esto se ve desfavorecido debido a la exposición del trabajador a riesgos críticos tales como el trabajo en altura y atrapamiento. Para evitar la exposición del trabajador, se diseña una unidad hidráulica para automatizar el trabajo en la cinta 220 CV 07, en Minera Gabriela Mistral – GABY

El estudio del proceso de transporte de material nos permite conocer el trabajo que realiza las cintas transportadoras, sus componentes, funcionamiento, mantenimiento y construcción. Además nos dará el conocimiento para poder intervenir la cinta en el lugar preciso.

La elección de los componentes, el ordenamiento de estos en un plano hidráulico, la observación y el conocimiento adquirido en la minera, nos permitirá ofrecer el diseño solución de la unidad hidráulica, confiable, segura y eficiente de manera de poder incorporarla en el proceso industrial.

Finalmente en este proyecto se presentará un cuadro de costo que cuantificará el total de la inversión, de esta manera poder llegar a las conclusiones y recomendaciones necesarias para que el proceso de transporte de mineral sea más confiable, seguro y eficiente.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema hidráulico para el tensado de la correa transportadora en la unidad del área ripio, principalmente para que el personal no se exponga a riesgos de trabajo en altura y atrapamiento.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir el proceso y ubicación técnica, del trabajo de tensado y destensado de la correa 220 CV 07.
- Caracterizar componentes y principios involucrados en el circuito hidráulico de la cinta 220 CV 07.
- Diseñar una solución técnica automatizada para el destensado y tensado de la cinta 220 CV 07.

CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. ANTECEDENTES

El ESTM en Minera Gabriela Mistral – Gaby se efectúa mediante correas transportadoras en la minería del cobre, los sistemas de transporte de material por correas constituyen unos de los sistemas productivos más críticos y en donde a menudo se concentran las indisponibilidades de planta. Para el caso de la División Gabriela Mistral, con más de 15 kilómetros de cinta y transportadores que superan los 6 metros/segundo, la operación y el mantenimiento de estos sistemas cobra una relevancia primordial para el cumplimiento de sus metas productivas. Adicionalmente, una operación y mantenimiento realizados en forma segura, considerando todos los estándares de control de fatalidades, contribuirá a eliminar las causas que han provocado incidentes en el pasado.

Las metas de producción deben ser cumplidas, por lo tanto, los tiempos de mantención son acotados y se deben cumplir y justificar. El destensado y tensado de la correa transportadora 220 CV 07 es una actividad que se ejecuta manualmente sometiendo al trabajador a riesgos críticos, como trabajo en altura y atrapamiento. Para mitigar esta amenaza se propone diseñar una unidad hidráulica la cual efectuaría el trabajo de manera automática sin exponer a las personas a los riesgos antes mencionados.

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La confección de un sistema hidráulico que accionara dos cilindros, los cuales desplazarán una polea tensora lo suficiente tensa para que trabaje sin resbalamiento y sin que se dañe o corte.

Conocer que es el transporte de mineral en la minería, que es una cinta transportadora, la importancia en la minería y los riesgos asociados al trabajo con estas, nos llevan a confeccionar un sistema hidráulico que cumpla con los estándares de seguridad, confiabilidad y eficiencia. Para ello se diseña un circuito hidráulico y calcula cada componente del sistema, ejemplo motor eléctrico, bomba hidráulica, cilindros etc.

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

Para justificar cualquier tipo de trabajo o inversión debemos tener claro las principales falencias que se presentan y que nos llevan a crear nuevas alternativas para realizar un mejoramiento en el trabajo, es por esto que debemos entender un poco el tema del transporte de mineral y sus falencias, haciendo alusión a lo que afecta más directamente, en este caso es la seguridad de las personas.

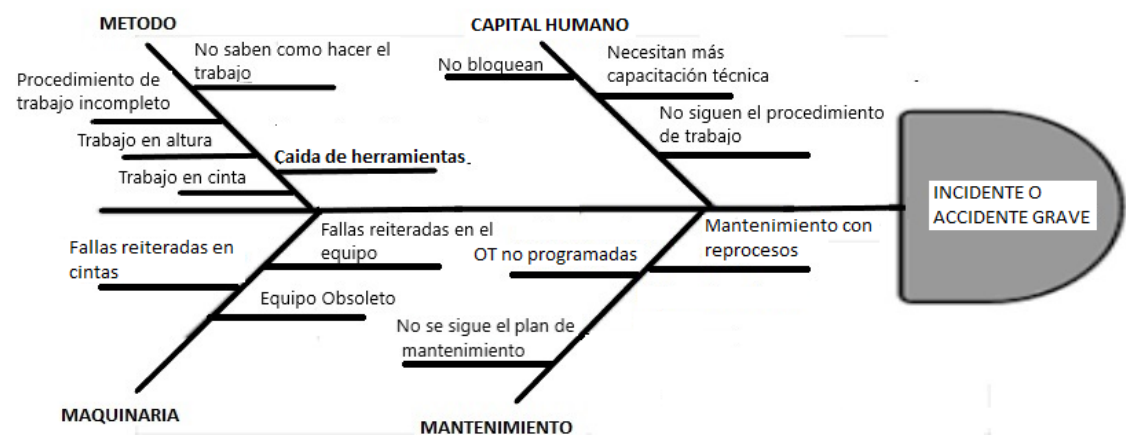


Figura 1-1. Diagrama Ishikawa base para la justificación del proyecto

Fuente: (Basaur Ramirez)

1.4. BENEFICIOS DEL PROYECTO

Disminuir la interacción hombre máquina para evitar un incidente dando cumplimiento al primer valor de Codelco: “Respeto a la vida y la dignidad de las personas”. Nada justifica que asumamos riesgos no controlados que atenten con nuestra salud o seguridad. Además mejorar la eficiencia del destensado y tensado de la cinta a través de un sistema automatizado de este trabajo.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO, UBICACIÓN TECNICA, DEL TRABAJO DE TENSADO Y DESTENSADO DE LA CORREA 220CV 07**

Estándares mínimos obligatorios para ejecutivos, supervisores y trabajadores propios y contratistas, que tiene por objeto asegurar, resguardar y controlar las condiciones básicas para el óptimo funcionamiento de los sistemas de transporte de material por correas.

Es responsabilidad de toda la organización generar la cultura del cuidado de los activos, alineados con la carta de valores y apuntando a seguir siendo el principal productor de cobre a nivel mundial.

2.1.1. Definición de un sistema de transporte de mineral

Un sistema de transporte de material tiene como función trasladar material desde un punto a otro utilizando una correa transportadora.

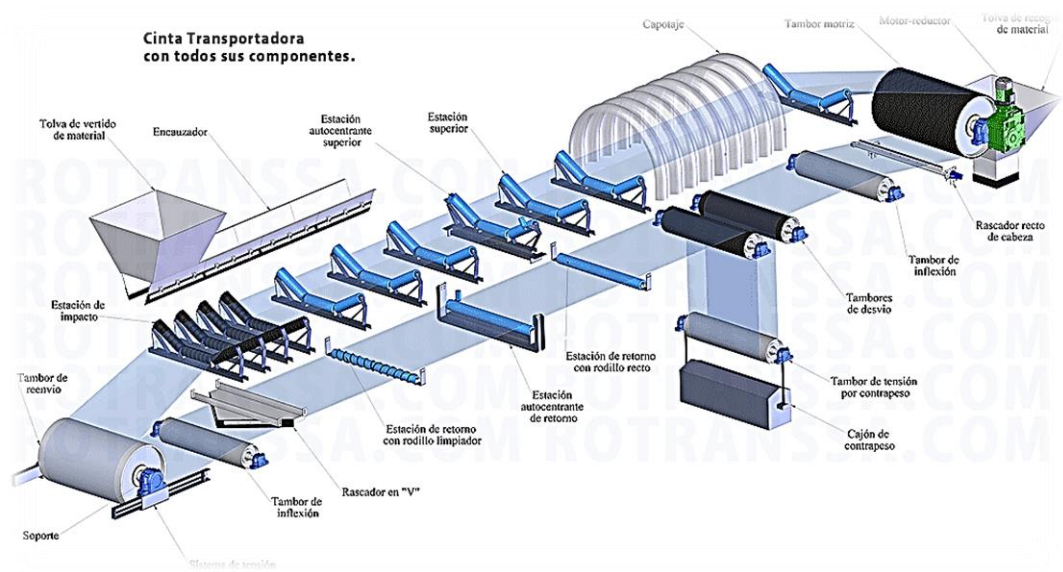


Figura 2-2. Componentes cintas transportadoras

Fuente: (Wikipedia)

2.1.1.1. Sistema motriz

Compuesto por motor y reductor, cuya finalidad como conjunto es transmitir el movimiento requerido por la cinta.

2.1.1.2. Elementos rodantes

Compuesto por poleas y polines, y su finalidad principal es facilitar el movimiento de la cinta.

2.1.1.3. Cinta

Componente con alma del tipo textil o metálica (cables) cubierta por capas de goma, utilizada como medio de depósito y transporte del material.

2.1.1.4. Tensores

Componentes del tipo gravitacional, mecánico o hidráulico, que tiene como función entregar la tensión adecuada para el buen funcionamiento de la cinta.

2.1.1.5. Raspadores

Presentes en distintos sectores de la cinta por retorno, con la finalidad de retirar el material adherido a la cinta.

2.1.1.6. Gualderas

Presentes en los buzones de traspaso, y su función principal es encausar el material depositado en la cinta de manera centrada.

2.1.1.7. Sistema de protección

Instalados en diversos puntos del sistema de transporte para evidenciar alguna condición anómala en el sistema de transporte.

Este sellado lo forma unos anillos de un material especial, fabricados en base a hilo trenzado sin amianto ya sea, algodón, sintético, grafitado o de PTFE y que son introducidos en una caja cilíndrica y prensados axialmente con una brida o prensaestopas

hasta formar un cierre sobre el eje de la bomba o sobre la camisa protectora del eje (elemento desgastable o de sacrificio).

2.1.1.8. Guardas y protecciones

Instalados a lo largo del sistema de transporte para entregar las condiciones adecuadas al personal que requiera realizar alguna actividad durante su operación normal.

2.1.1.9. Sistema estructural

Elemento que soporta y mantiene en alineación los polines y poleas y soporta todos los equipos motrices, accesos y pasillos. Se considera también dentro del sistema estructural a los buzones de alimentación y descarga, cuando corresponda.

2.1.2. Operación de un sistema de transporte de material

Gestionar y controlar las acciones tendientes a operar los sistemas de transporte de acuerdo a sus parámetros nominales y bajo las condiciones mínimas requeridas para el buen funcionamiento de este, evitando los daños potenciales de algunos de los componentes del sistema, entre estos están los siguientes:

- a) Todo personal de operaciones deberá estar instruido y calificado para la operación de equipos de sistemas de transporte.
- b) Contar con procedimientos o instructivos referidos a la operación de sistemas de transporte
- c) Operar en los rangos nominales de rendimiento horario y potencia para cada sistema.
- d) Controlar tendencias de parámetros en el sistema para poder gestionarlas y tomar acción frente a las mismas.
- e) Verificar que siempre estén habilitados los sistemas de monitoreo y control operacional.
- f) Controlar y autorizar a todo personal que requiera ingresar a los sistemas de transporte durante su operación.
- g) El tránsito en terreno para el control operacional debe ser por los sectores, vías y pasarelas habilitadas para estas tareas.
- h) Controlar en terreno el comportamiento de los sistemas de transporte en: buzones de traspaso, elementos rodantes, gualderas, elementos de limpieza y alineamiento de cintas.

- i) Gestionar y tomar acción para el vaciado de buzones de traspaso en caso de atollos, evitando poner en servicio el sistema de transporte como medio de evacuación del atollo.
- j) Controlar y tomar acción frente a las tensiones de las cintas.
- k) No poner en marcha los sistemas si no están operativos todos los elementos de protección con que cuenta la cinta, al igual que si existiera alguna guarda y protección fuera de lugar.
- l) Informar a Mantenimiento de cualquier anomalía o vulnerabilidad que se detecte durante la operación del sistema.
- m) Realizar una inspección operativa al sistema al menos una vez por turno de 12 horas.
- n) Realizar un chequeo efectivo en terreno de condiciones frente a la activación de alarmas del sistema de transporte, para asegurar posibilidad de partida del transportador bajo riesgo controlado.
- o) Controlar el estado de aseo diario de cada uno de los sistemas de transporte, tomando acción frente a alguna desviación respecto al ESTM N° 1.1.6.
- p) Contar con las herramientas y equipos adecuados y necesarios para casos de emergencias en las cintas (extintores de agua, etc.).
- q) Nunca se deberá detener una cinta transportadora cuando algún elemento rodante se encuentre con alta temperatura o en ignición.
- r) Nunca poner en operación un sistema de transporte que no cuente con la tensión requerida.
- s) El área operativa que administra el sistema de transporte debe operarlo bajo el concepto de “Confiabilidad de Activos”. Es requisito básico que se conozcan los parámetros de diseño y nominales de cada transportador.

2.1.3. Guardas y protecciones de un sistema de transporte de material

Eliminar la ocurrencia de accidentes graves o fatales derivados de la interacción de las personas con partes móviles de los sistemas de transporte, tales como:

- a) El personal deberá realizar y aprobar todas las inducciones del área a la cual requiera ingresar.
- b) Todo sistema de transporte deberá contar con guardas y protecciones para las personas.
- c) Nunca se deberá intervenir un sistema de protección si no se está autorizado o se tenga las competencias para realizarlo.

- d) Siempre se deberán tener habilitadas sirenas y balizas de aviso de inicio de operación del sistema de transporte.
- e) Todo sistema de transporte deberá poseer y tener siempre habilitados *pull cord* en toda su extensión.
- f) Las correas de transporte en altura deberán contar con pasarelas y barandas habilitadas para el tránsito.
- g) En sectores de atravesado de tránsito vehicular, los sistemas de transporte deberán contar con techos de protección.
- h) Es obligación de cada persona informar a quien corresponda la ausencia de cualquier protección del sistema de transporte.
- i) Jamás exponerse a elementos u equipos que no posean protecciones.
- j) Posterior a los mantenimientos planificados o intervenciones imprevistas de los sistemas de transporte, se deben dejar habilitadas todas las protecciones correspondientes.
- k) Toda escalera, pasarela o vías destinadas al tránsito de personal se debe encontrar libre de escombros o contaminación.
- l) Ningún sistema de transporte podrá ponerse en operación si no cuenta con todas sus guardas y protecciones instaladas.
- m) Todo lo referido a guardas y protecciones se complementa con el Estándar de Control de Fatalidades N°8 (ECF-8)

2.1.4. Sistemas de protección en transportadores de material

Asegurar y proteger el buen funcionamiento de los sistemas de transporte frente a alguna condición anómala que se presente, evitando provocar algún daño al transportador.

- a) Cada sistema de transporte debe contar como mínimo de los siguientes elementos de protección: Sensores de desalineamiento, sensor de velocidad cero, sistema de medición de tensión de cinta, paradas de emergencia y sensor de nivel alto en buzón de traspaso (atollo).
- b) Para cintas de cable se deberá contar con sensores y dispositivos de detección de corte de correa.
- c) En la adquisición de cintas de cables se debe considerar la provisión de la cinta con antenas testigos para sistema de detección de corte de correa.
- d) Nunca se deberá intervenir un sistema de protección si no se está autorizado o no se tenga las competencias para realizarlo.
- e) Nunca se deben deshabilitar los sistemas de protección de las correas. Una correa que no tenga en condiciones las protecciones del punto 1 no debe operar.

- f) Cada sistema de transporte deberá contar con polines autoalineantes para carga o retorno dependiendo de la condición específica. Esto se hace doblemente necesario para correas móviles.
- g) Siempre deberán estar en operación normal los detectores de metales y electroimanes con que cuenta el transportador.
- h) En caso de activación de alguno de los dispositivos de protección se deberá chequear en terreno la condición detectada y asegurar su operación o puesta en marcha sin riesgos.
- i) Deberá realizarse una revisión periódica de la lógica de control asociada a los sistemas de protección.
- j) Cada sistema de transporte deberá contar con un plan programado en SAP para los sistemas de protección y ser cumplido a cabalidad por todas las personas relacionadas con el sistema.
- k) Planificar, programar y ejecutar cada una de las actividades de mantenimiento para los elementos de protección.
- l) No operar cintas con valores de tensiones excesivas y que sobrepasen los valores de diseño.
- m) Realizar pruebas funcionales periódicas en los elementos de protección.
- n) En aquellos sistemas de transporte con dificultad de acceso ó de operaciones remotas que no puedan inspeccionarse frecuentemente, deberá estudiarse la factibilidad de incorporar sistemas de detección automática de incendios y sistemas de extinción acordes a la envergadura y complejidad del mismo.
- o) En el caso que el sistema de transporte cuente con sistemas de extinción, estos deben encontrarse habilitados y con sus correspondientes pruebas funcionales, de acuerdo a la frecuencia estipulada para ellas.

2.1.5. Elementos de limpieza y gualderas

Controlar y minimizar las pérdidas de material en los sistemas de transporte, a través del direccionamiento centrado del material en la cinta, como también la limpieza del material adherido a la cubierta de la misma.

Lo anterior impide la contaminación de elementos rodantes y demás componentes del transportador, evitando el desgaste acelerados en las cintas.

- a) Toda cinta transportadora deberá contar con elementos de limpieza, los cuales tendrán que estar acordes al modo de operación de cada una de ellas.
- b) Nunca se deberá intervenir un elemento de limpieza o gualdera si no se está autorizado o no se tenga las competencias para realizarlo.

- c) Nunca se deberá deshabilitar los sistemas de limpieza, salvo en casos de emergencia muy justificados y bajo el correspondiente análisis de riesgos de la condición.
- d) Es obligación de cada persona informar a quien corresponda la ausencia de cualquier elemento de limpieza o gualdera.
- e) Se deberá cumplir con los protocolos y procedimientos de instalación y/o ajuste de gualderas y elementos de limpieza a fin de asegurar su eficiencia y no dañar la cinta.
- f) Proveer de las condiciones estructurales óptimas para la adecuada instalación de las gualderas.
- g) Instalar los componentes de acuerdo a las condiciones que estipule el fabricante. Cada sistema de transporte deberá contar con un plan programado en SAP para los elementos de limpieza y gualderas y ser cumplido a cabalidad por todas las personas relacionadas con el sistema.
- h) En caso de derrames se deberá generar un plan de contingencia hasta la próxima detención para la atención de los componentes.
- i) Planificar, programar y ejecutar cada una de las actividades de mantenimiento referidas a los sistemas de limpieza y gualderas.

2.1.6. Aseo para sistemas de transporte de material por correas o cintas

Planificar y aplicar un programa de limpieza periódico que permita remover la contaminación de los sistemas de transporte, a fin de evitar desgastes acelerados de los componentes que forman parte del sistema.

- a) Nunca se deberá realizar tareas de limpieza si no se está autorizado o no se tenga las competencias para realizarlo.
- b) Generar las condiciones óptimas y seguras para realizar tareas de aseo dentro de los buzones de traspaso.
- c) Es obligación de cada persona informar a quien corresponda la acumulación excesiva de material y el roce de esta con el sistema de transporte.
- d) Monitorear continuamente el estado de los sistemas de limpieza y tomar acción frente a desviaciones.
- e) Contar con plan de contingencia inmediato en casos extremos de contaminación.
- f) Contar con un plan de aseo permanente de acuerdo a la condición de los sistemas de transporte y los puntos de descarga de los sistemas de limpieza.
- g) Utilización efectiva de los servicios de aseo industrial durante detenciones no programadas y programadas.

- h) Identificar y evaluar permanentemente oportunidades de reducción de derrames de material e implementarlas cuando corresponda.
- i) Mientras no se incorporen mejoras tecnológicas debidamente probadas y aprobadas, no está permitido realizar aseo debajo de las correas en movimiento por el riesgo de atrapamiento que esto conlleva. En casos especiales podrá autorizarse esta operación con la adecuada gestión de riesgos que elimine por completo la posibilidad de atrapamiento.
- j) Nunca permitir el contacto del material acumulado con los elementos rodantes y la cinta misma (detener los sistemas ante roce de polines con la carga).
- k) Para el caso de cintas a nivel de piso, el espacio entre la carga acumulada y el elemento rodante no puede ser menor a un diámetro del polín, de lo contrario el sistema debe detenerse para realizar limpieza.
- l) Mantener el buen alineamiento de los sistemas de transporte para evitar los derrames de carga.
- m) Contar con los equipos y herramientas adecuadas para realizar el aseo industrial, priorizando los conceptos de salud ocupacional, mecanización y productividad
- n) Mantener un adecuado programa de inspecciones y limpieza planificado en SAP a fin de permitir su monitoreo y seguimiento.
- o) Nunca se podrá realizar una actividad de limpieza o aseo si no se cuenta con el equipo de protección adecuado a la tarea.

2.1.7. Inspección de los sistemas de transporte de material por correas o cintas

Identificar y controlar el funcionamiento adecuado de los sistemas de transporte, con la finalidad de detectar desviaciones que puedan ocasionar daños en los componentes del sistema.

Una inspección periódica, frecuente y bien canalizada se considera uno de los pilares en la confiabilidad operacional de un transportador.

- a) Nunca se deberán realizar tareas de inspección si no se está autorizado y/o no se tenga las competencias para realizarla.
- b) Utilizar los EPP requeridos para el área donde se realizará la inspección.
- c) Cada sistema de transporte deberá contar con un plan periódico de inspecciones programado en SAP, y ser cumplido a cabalidad por todas las personas relacionadas con el sistema.
- d) Siempre que sea posible, deberá proveerse de monitoreo continuo de vibraciones y temperatura de los sistemas motrices y descansos de poleas, a fin de

asegurar la eficacia y eficiencia de la inspección. La inspección sintomática instrumentalizada es un estándar que debe aplicarse a todos los sistemas motrices y poleas de los sistemas de transporte (vibración, temperatura, ultrasonido, etc.)

e) Es obligación de cada persona informar a quien corresponda los hallazgos que pudiera encontrar en los sistemas de transportes, y con ello informarlo a sistema SAP a través de un aviso.

f) Definir puntos de inspección dentro de los sistemas de transporte que cuenten con las condiciones óptimas y seguras para el desarrollo de las tareas de inspección.

g) Se debe contar con pautas de inspección adecuadas a los sistemas de transporte.

h) Contar con los equipos y herramientas adecuadas para realizar las tareas de inspección.

i) Para correas de gran longitud con cables de acero, en lo posible, debe instalarse un sistema de monitoreo continuo tipo scanner, a fin de vigilar los empalmes y la cinta en general.

j) Cada vez que se realiza un empalme en una correa con cable de acero considerada crítica, debe realizarse la inspección radiográfica correspondiente a fin de verificar la calidad del mismo.

k) Cumplir con los procedimientos para la inspección y monitoreo de los sistemas de transporte de material por correas.

l) Todo hallazgo resultante de la aplicación de una pauta de inspección deberá quedar reflejado en un aviso en SAP.

m) Implementar un plan comunicacional que indique los canales válidos para informar los hallazgos encontrados en la inspección de acuerdo a su criticidad.

n) Definición clara de acción a tomar de acuerdo a criticidad de hallazgo.

o) Monitorear continuamente la gestión realizada con los hallazgos informados en las pautas de inspección.

p) El plan de inspecciones debe contener al menos con: medición de vibraciones de unidades motrices, medición de espesores y estado general de la cinta, medición de temperatura, aseo, polines y poleas, gualderas y raspadores, estructura, pruebas del sistema de protección, guardas y protecciones, elementos de desgaste de buzones de traspaso, entre otros.

2.1.8. Mantenimiento de sistemas de transporte de material por correas o cintas

Gestionar y asegurar el cumplimiento de las actividades y programas derivados de los planes de mantenimiento necesarios para el buen funcionamiento de los sistemas de transporte, con la finalidad de entregar como producto final una disponibilidad y confiabilidad acorde con las metas del negocio.

- a) Nunca se deberá realizar tareas de mantenimiento si no se está autorizado y/o no se tenga las competencias para realizarlo y su correspondiente orden de trabajo asociada.
- b) Utilizar los EPP requeridos para el área donde se realizará la intervención del sistema.
- c) Generar las condiciones óptimas y seguras para realizar cada una de las tareas de mantenimiento.
- d) Todo sistema de transporte de mineral debe contar con planes de mantenimiento con la adecuada estrategia, de acuerdo al contexto operacional y acorde a los modos de falla típicos del o los sistemas propios y complementarios del sistema referido. Adicionalmente, el plan de mantenimiento debe contar con una adecuada trazabilidad, la que debe obligatoriamente evidenciarse en SAP-PM.
- e) Asegurar los cumplimientos de los planes matrices asociados a los sistemas de transporte.
- f) Monitorear y asegurar que cada aviso SAP tenga una OT asociada a dicho hallazgo.
- g) Asegurar las condiciones de mantenibilidad en los sistemas de transporte para disminuir los tiempos de mantenimiento y reparación.
- h) Auditar continuamente el ciclo del mantenimiento de los sistemas de transporte, para controlar cumplimientos e identificar posibles mejoras.
- i) Asegurar el cumplimiento y seguimiento de los protocolos de ejecución de trabajos en los sistemas de transporte, especialmente lo relacionado con el proceso de empalme y vulcanizado para asegurar calidad y evitar reprocesos.
- j) Asegurar que cada acción de mejora proveniente de la auditoría y análisis del ciclo del mantenimiento sean implementadas.
- k) Cumplir con los procedimientos en cada una de las actividades asociadas al mantenimiento.
- l) Asegurar que para cada tarea a realizar se cuente con los repuestos, materiales y componentes en cantidad y calidad.
- m) Contar con todos los equipos y herramientas adecuadas para la intervención de los sistemas de transporte.

n) Antes de ingresar e intervenir un buzón de traspaso para realizar una inspección y/o mantenimiento debe efectuarse una detallada revisión desde su exterior a fin de analizar y controlar los riesgos, especialmente los de caída de material colgado.

2.1.9. Aspectos legales y de seguridad en los sistemas de transporte de material por correas o cintas

Identificar los Estándares de Control de Fatalidad que aplican a las actividades aquí descritas.

Describir las principales normativas que se derivan de la reglamentación vigente (Decreto Supremo N°132, Reglamento de Seguridad Minera, (Capítulo Segundo, Artículos 113 y 116)

- a) Nunca se debe realizar actividades de operación y mantenimiento si no se está autorizado o no se tenga las competencias para hacerlo.
- b) Toda inspección, intervención de operaciones o mantenimiento debe contar previamente con un análisis de riesgo de la tarea (ART), realizada en terreno y por las personas que ejecutarán el trabajo.
- c) El área que opera y mantiene el sistema de transporte debe contar con procedimientos de Operación, Mantenimiento y Emergencia.

2.1.9.1. Estándar de control de fatalidades

Los siguientes Estándares de Control de Fatalidades (ECF) deben ser considerados en la aplicación de este estándar:

- ECF 1: Aislación, bloqueo y permiso de trabajo
- ECF 2: Trabajo en altura física
- ECF 3: Equipo pesado
- ECF 4: Vehículos livianos
- ECF 5: Equipos y herramientas portátiles y manuales
- ECF 7: Cargas suspendidas e izaje
- ECF 8: Guardas y protecciones de equipo
- ECF 12: Incendio

2.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EN MINERA GABRIELA MISTRAL

El proceso comienza desde la mina, en donde el mineral es transportado mediante camiones de extracción al chancador primario (área 110). El resto del transporte del mineral se hace mediante cintas transportadoras. El Chancador primario mediante la cinta acumula material en el Stock Pile y este a los chancadores secundario (área 140) y terciario (área 145). Una vez obtenida la granulometría adecuada entre 14 a 16 mm es transportado mediante cintas a los tambores de acidificación (área 150) en donde se le aplica la primera humectación con solución acida. Posteriormente el material es depositado en 2 pilas mediante el puente apilador (área 160). El proceso de apilamiento termina aquí en donde el mineral es sometido al proceso de lixiviación por aproximadamente 45 días.

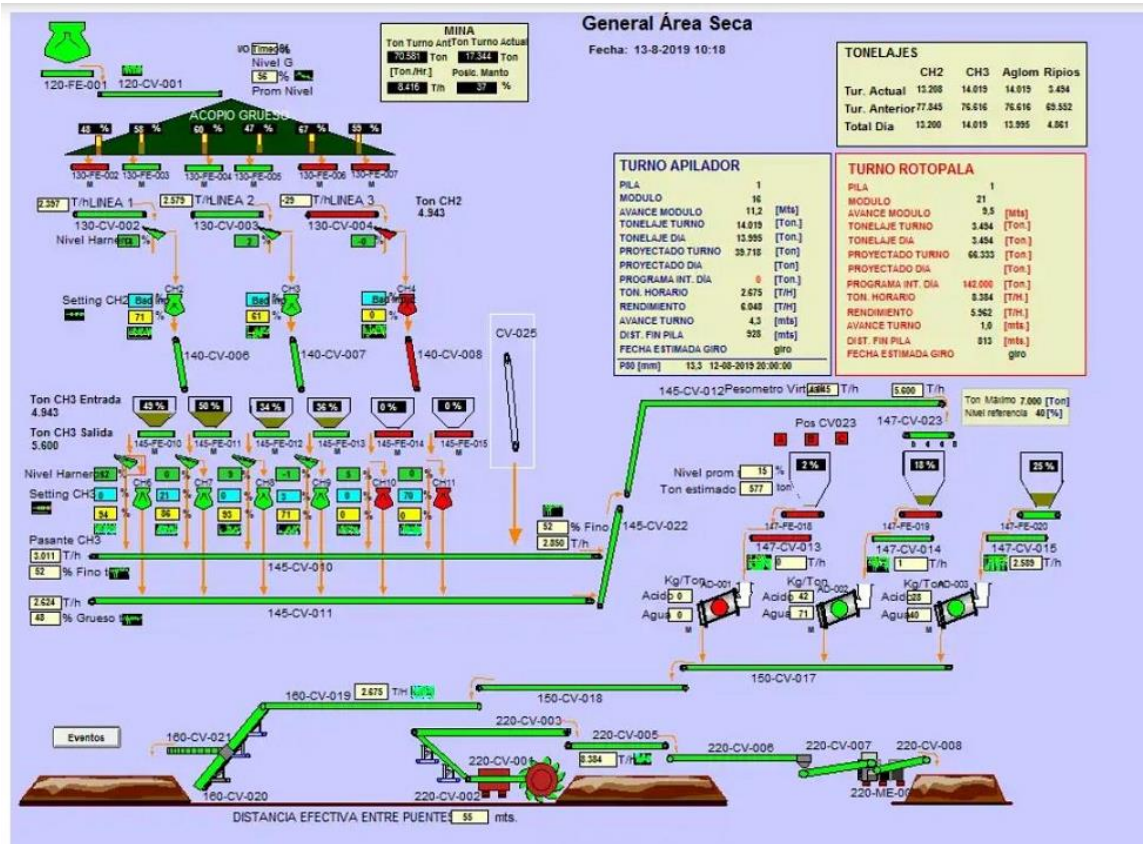


Figura 2-3. Proceso TMC en minera Gabriela Mistral

Fuente: (MINERA)

Una vez terminado el proceso de lixiviación el mineral es retirado mediante una rueda de extracción llamada “Rotopala” y enviado al botadero de ripio a través de las correas

transportadoras 220 CV 01, 220 CV 02, 22CV 03 220 CV 05, 220 CV 06 (fig. 2), 220 CV 07(fig. 2) y finalmente 220 CV 08 (fig. 2). Esta última correa esta sobre un equipo un apilador articulado llamado “Espreader”(fig. 2), (Basaur Ramirez, Transporte de mineral en minera GABY, 2018)

2.2.1. Ubicación técnica de la cinta

La correa está ubicada en el área 220 y corresponde a la correa CV 07 , entre las correas CV 06 y CV 08.

Ubicación técnica de correa transportadora 220 CV 07



Figura 2-4. Correa 220 CV 07

Fuente: (Elaboración, 2018)

2.2.2. Descripción del trabajo actual del procedimiento de destensado y tensado de la cinta

El procedimiento corresponde a la descripción del paso a paso de la actividad ejecutada por los trabajadores.

2.2.2.1. Actividades previas al destensado y tensado de la cinta transportadora

El supervisor-Líder Mecánico de Salfamantenciones debe efectuar reunión de coordinación para la distribución de tareas y responsabilidades en la ejecución del trabajo.

Programar el trabajo, previa inspección del equipo y área de trabajo, generalmente el inspector asignado al área aportar esta información, en caso contrario personal de turno entregara antecedentes, y si aún persiste la carencia de información, se deberá acceder al sector e inspeccionar, solicitando permiso de ingreso con el ingeniero de turno de DGM. Retirar de bodega y o el taller los equipos necesarios, verificando el correcto estado de funcionamiento y cumplimiento de todas las normas internas para las herramientas a utilizar.

Retirar materiales y herramientas, verificando el correcto estado de funcionamiento.

2.2.2.2. Paso a paso del destensado y tensado de la cinta transportadora

Procedimiento ejecutado por el personal de cintas y revisado por los asesores de seguridad para ejecutar de manera efectiva y segura el trabajo.

a. Destensado de la cinta transportadora

1.- En el sector de la polea tensora, en cabezal de la correa 220 CV 07, instalar cilindros serie C-10, en los descansos laterales de la polea tanto derecho como izquierdo, se le debe dar tensión a los descansos de la polea a 5400 PSI.



Figura 2-5. Herramientas, cilindros y bomba manual (porta power)

Fuente: (Elaboración, 2018)

2.- Tensionada la polea se debe retirar los soportes estructurales que sujetan la estructura dentada



Figura 2-6. Cremallera de fijación; izq. Cremallera - der. soportes estructurales.

Fuente: (Elaboración, 2018)

- 3.- Lentamente se debe liberar la presión de los cilindros C-10 para generar un movimiento de la polea permita destensar la cinta.
- 4.-Se llevan los cilindros a tope para generar la mayor blanda posible de la cinta o correa.
- 5.- Observación, si el largo del cilindro es insuficiente se deben utilizar suples estructurales.
- 6.- Finalizado el destensado de la correa, el personal deberá realiza aseo en el área de trabajo, retirando las herramientas, equipos y todos los residuos generados en la ejecución de la actividad y segregarlos según corresponda.



Figura 2-7. Amarre de trabajadores a estructura

Fuente: (Elaboración, 2018)

- 7.- Hacer retiro del bloqueo personal de cada trabajador en canastillo de bloqueo, y registrar su salida de dicho equipo en el libro de registro de bloqueo.

8.- Realizar llenado de OT con toda la información necesaria y requerida para el control y monitoreo del componente.

9.- Entregue el trabajo a su supervisor para que el revise lo ejecutado. Luego retire su bloqueo registrando la hora y firma en la bitácora de bloqueo.

b. Tensado de la cinta transportadora

1.- En el sector de la polea tensora, en cabezal de la correa 07, instalar cilindros serie C-10, en los descansos laterales de la polea tanto derecho como izquierdo, se le debe dar tensión a los descansos de la polea a 5400 PSI. Además se debe cumplir con la distancia de tensado indicado en la figura 2-8.

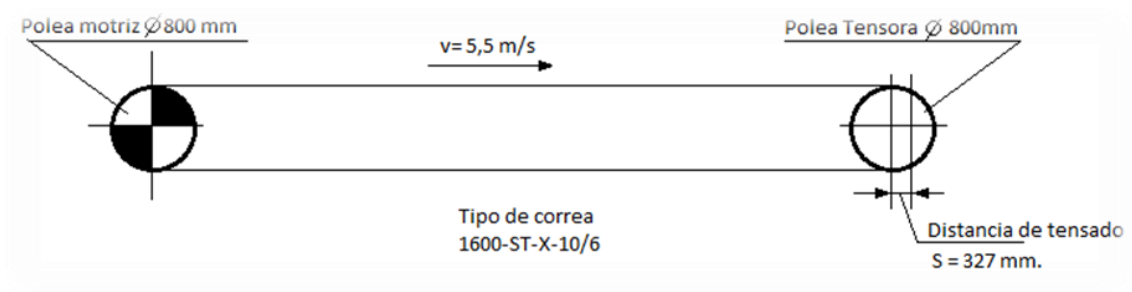


Figura 2-8. Distancia de tensado

Fuente: (Elaboración, 2018)

2.- Tensionada la polea se debe instalar los soportes estructurales que sujetan la estructura dentada manteniendo la distancia de la figura 2-5.

3.- Lentamente se debe liberar la presión de los cilindros C-10 para poder liberar y sacar los cilindros C-10 y quede tensada la cinta..

4.- Finalizado el tensado de la cinta, el personal deberá realizar aseo en el área de trabajo, retirando las herramientas, equipos y todos los residuos generados en la ejecución de la actividad y segregarlos según corresponda.

5.- Hacer retiro del bloqueo personal de cada trabajador en canastillo de bloqueo, y registrar su salida de dicho equipo en el libro de registro de bloqueo.

c. Herramientas preventivas para realizar el trabajo

1.- ART.

2.- Reglas que salvan vidas.

- 3.- Curso de altura
- 4.- Ingreso al área
- 5.- Check list de las manos.
- 6.- Riesgo critico operacional RCO
- 7.- Tarjeta verde
- 8.- IPER
- 9.- Estándar de control de fatalidades ECF
- 10.- Procedimiento de trabajo

2.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPONENTES Y PRINCIPIOS INVOLUCRADOS EN EL CIRCUITO HIDRÁULICO DE LA CINTA 220 CV 07

2.3.1. Diseño de un sistema hidráulico

En instalaciones hidráulicas se transforma la energía mecánica en energía hidráulica. De este modo es transportada, comandada y regulada, para ser transformada nuevamente en energía mecánica.

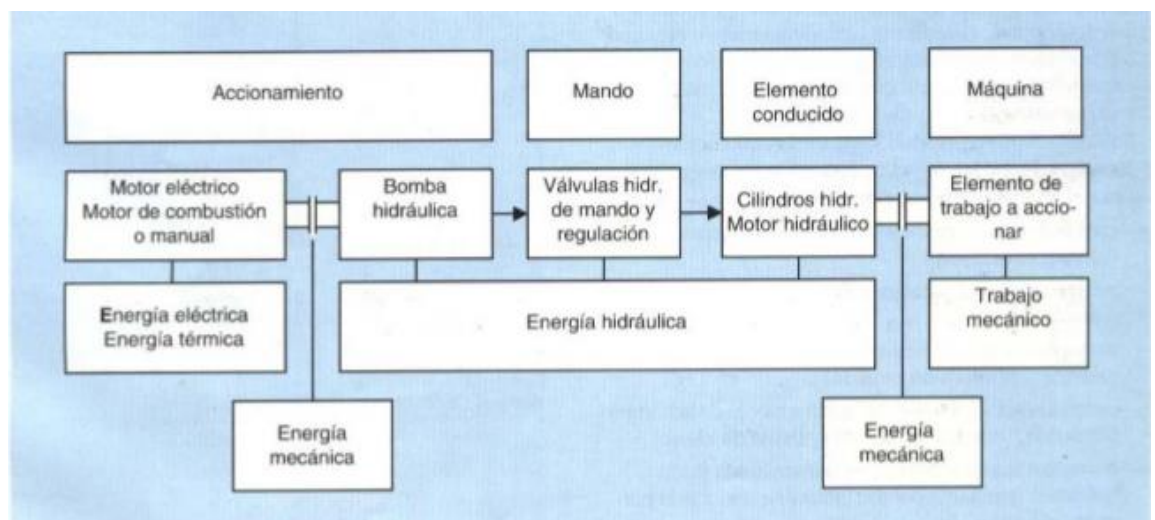


Figura 2-9. Transformación de la energía en una instalación hidráulica

Fuente: (H Exner, y otros, 1991)

2.3.1.1. Transformación de la energía

Para la transformación de energía se emplean del lado primario bombas hidráulicas y, del lado secundario cilindros y motores hidráulicos.

2.3.1.2. Comando de la energía

La energía hidráulica, y con ello la potencia transmitida, se influyen en la magnitud y el sentido mediante presión y caudal por medio de bombas, válvulas de mando y válvulas reguladoras.

2.3.1.3. Transporte de la energía

El fluido hidráulico, conducido a través de tubos, mangueras taladros en bloques de mando o placas de mando realiza el transporte de energía o también solo la conducción de presión.

2.3.1.4. Varios

Para el almacenamiento y el cuidado del fluido hidráulico se requiere una serie de instalaciones suplementarias, como tanque, filtro, enfriador, elementos de calefacción y dispositivos de medición y control.

Todos los diseños de circuitos deben de empezar por un trabajo por hacer. Hay un peso por levantar, una cabeza de herramienta por girar o una cabeza que debe ser prensada.

El trabajo determina el tipo de actuador que se va a usar. Si solo se requiere levantar una carga, un cilindro hidráulico colocado debajo de ésta, hará el trabajo. Lo largo de la carrera del cilindro será cuando menos igual a lo largo de la distancia que la carga se tiene que mover. Su área será determinada por la fuerza requerida para levantar la carga y la presión operante deseada. En los cálculos se debe considerar un margen estimado de error de a lo menos un 15 a un 20%.

Los desplazamientos de los cilindros serán controlados por una válvula direccional, si la carga se debe parar en algún punto intermedio de su desplazamiento, la válvula direccional deberá tener una posición neutral en la cual el fluido de aceite de una de sus cámaras sea bloqueada para soportar las cargas en el cilindro. El porcentaje al cual la carga debe de desplazarse determinara el tamaño de la bomba.

Los KW necesarios para impulsar la bomba está en función de su abastecimiento y de la máxima presión a la cual funcionara.

Para evitar la sobrecarga del motor eléctrico y proteger la bomba y otros componentes de presión excesiva debido a las sobrecargas o atascamientos, deberá ser instalado un juego de válvulas en la línea de salida de la bomba y el orificio de entrada de la válvula direccional, para limitar la presión máxima del sistema.

Un depósito del tamaño aproximado de dos a tres veces la capacidad de la bomba en litros por minuto y unas adecuadas conexiones de tubo completarían el sistema.

Estos sellos poseen en su interior dos sellos orientados espalda con espalda, es decir que tienen un doble juego de anillos de sellado. Estos por lo general tienen una conexión para agua de refrigeración, estos se utilizan principalmente en aplicaciones muy críticas en las que es necesario un sellado muy preciso.

2.3.2. Fluidos hidráulicos

La función principal del fluido hidráulico en una instalación hidráulica es la transmisión de la fuerza y movimientos.

Debido a las múltiples posibilidades de aplicación y de empleo de los accionamientos hidráulicos, se le exige a los fluidos hidráulicos diversas funciones y características.

Dado que no existe un fluido hidráulico igualmente adecuado para todos los sectores de aplicación, al elegir el mismo deberán considerarse las características específicas de cada caso de aplicación. Solo de ese modo resulta posible un servicio libre de inconvenientes y económico.

Sin embargo, el líquido más comúnmente usado en los sistemas hidráulicos es el aceite de petróleo. El aceite transmite la potencia fácilmente porque es muy poco compresible. Este se comprimirá, un promedio del uno por ciento en una presión 68 bar, mínima cantidad en la mayoría de los sistemas (Vickers)

2.3.2.1. Exigencias de los fluidos hidráulicos

El fluido hidráulico debe poder cubrir todas las piezas en movimiento con una película continua. Como consecuencia de las altas presiones, alimentación insuficiente de aceite, baja viscosidad y movimientos de deslizamientos lentos o demasiado rápidos la película puede romperse. La consecuencia es un agarrotamiento por desgaste (tolerancia estándar por ejemplo en válvulas direccionales 8 a 10 Ω m).

Además del agarrotamiento por desgaste se diferencia entre por abrasión, fatiga y corrosión.

- El desgaste por abrasión se produce en el caso de fluidos hidráulicos sucios, no o insuficientemente filtrados, por ensuciamiento de partículas de sólidos (p. ej.

abrasiones de metales, escoria, arena, etc.) entre piezas que se deslizan entre si. Las partículas extrañas conducidas en el fluido a altas velocidades pueden producir abrasión en los equipos.

- La cavitación puede provocar un cambio en la estructura de los equipos y conducir a un desgaste por fatiga. También se puede producir un mayor desgaste en caso de ensuciamiento de fluidos con agua en los cojinetes de las bombas.

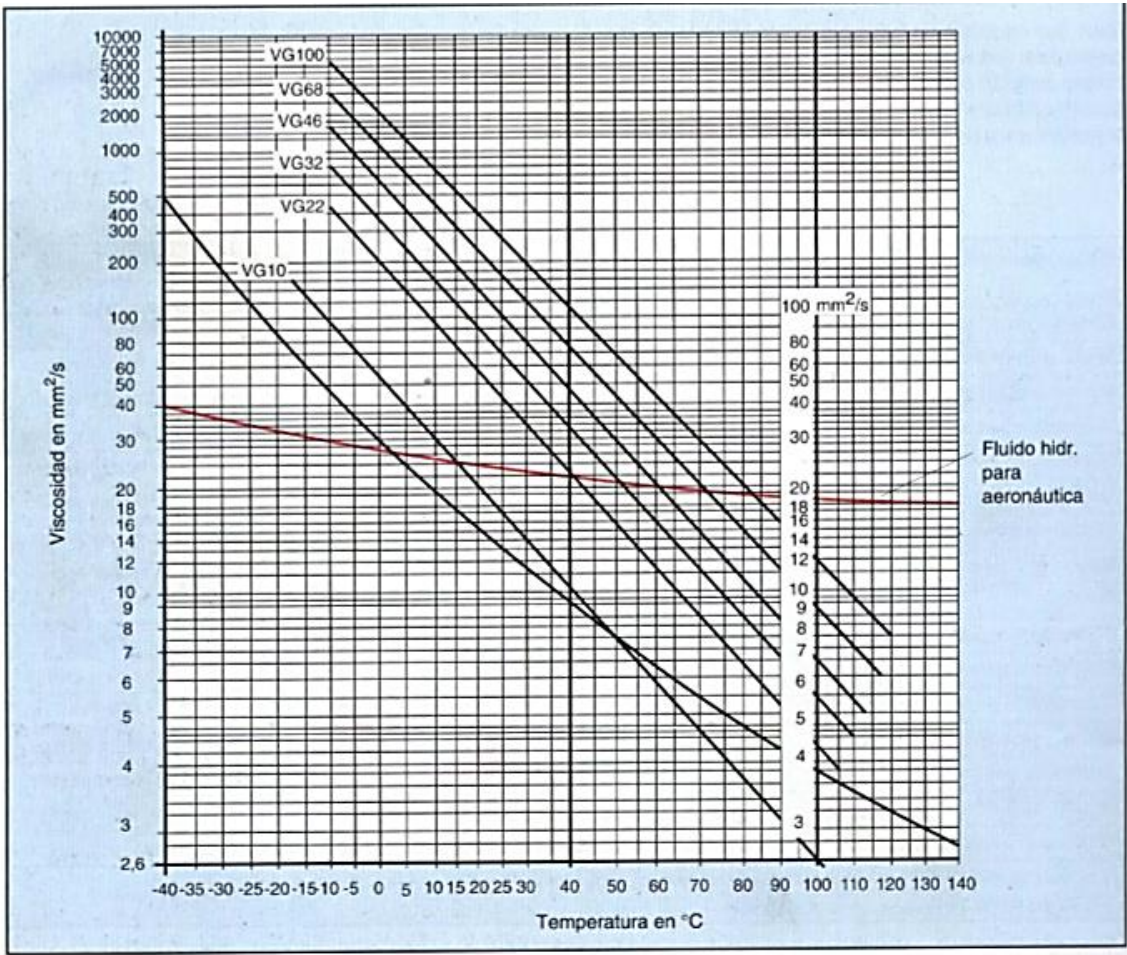


Figura 2-10. Diagrama viscosidad – temperatura

Fuente: (H Exner, y otros, 1991)

Como consecuencia de tiempos de parada prolongados de la instalación hidráulica y el empleo de fluidos hidráulicos inadecuados puede producirse desgaste por corrosión. Se forma óxido por efecto de la humedad en las superficies de deslizamiento, lo que conduce a un mayor desgaste de los equipos.

2.3.2.2. Viscosidad

Bajo viscosidad se entiende la característica de un fluido hidráulico de ofrecer una resistencia al desplazamiento laminar recíproco de dos capas vecinas de fluido hidráulico.

La magnitud característica más importante al seleccionar un fluido hidráulico es la viscosidad. No caracteriza la calidad de un fluido, sino que indica la conducta del fluido hidráulico a una determinada temperatura de referencia. Para la selección de componentes hidráulicos es muy importante considerar los valores mínimos y máximos de viscosidad indicados en la documentación del fabricante de componentes hidráulicos.

2.3.2.3. Índice de Viscosidad

En el caso de fluctuaciones de temperatura el fluido hidráulico – también en un amplio rango – no deberá volverse ni “muy espeso ni muy fluido”, dado que en tal caso los caudales variarían en los puntos de estrangulamiento (variación de velocidad del consumidor). El cálculo de índice de viscosidad se realiza según DIN ISO 2909. En el diagrama de viscosidad-temperatura se reconoce el índice conveniente de viscosidad del fluido hidráulico por su curva característica plana.

Los fluidos hidráulicos con un elevado índice de viscosidad se requieren especialmente en aquellas aplicaciones en que estarán sujetos a elevadas fluctuaciones de temperatura, como máquinas de trabajo móviles, aviones y vehículos.

2.3.2.4. Conducta viscosidad presión

La viscosidad de los fluidos hidráulicos aumenta con el incremento de la presión. En presiones superiores a 200 bar deberá considerarse esta característica al proyectar instalaciones hidráulicas. Con aproximadamente 400 bar ya se alcanza una duplicación de la viscosidad. (Lang, 1991)

2.3.2.5. Otras propiedades de los aceites

- Compatibilidad con materiales	- Resistente a solitación oxidativa.
- Estabilidad de cizallamiento.	- Baja compresibilidad.
- Resistente a cargas térmicas	- Reducida formación de espuma
- Poca absorción de aire y buena liberación del mismo.	- Elevado punto de ebullición y baja presión de vapor.
- Elevada densidad.	- Buena conducción de calor.
- No formar lodo.	- Fácil mantenimiento.
- No contaminante.	- Buena filtrabilidad.

- No tóxicos como fluido, como gas y después de una descomposición.	- Compatibilidad e intercambiabilidad con otros fluidos hidráulicos (cambio de fluido hidráulico)
- Buena características dieléctricas (no conductivas)	- No higroscópicos (para evitar el agua al sistema).
- Poco inflamables – no combustibles	- Buena protección anticorrosiva.
- No se forman sustancias pegajosas.	- Costo y disponibilidad.

2.3.3. Bombas hidráulicas

La bomba es probablemente el componente más importante y menos entendido de un sistema hidráulico. Su función es convertir la energía mecánica en energía hidráulica al empujar el fluido hidráulico dentro del sistema. Las bombas se hacen de muchos tipos y tamaños, mecánicas y manuales, con muchos y diferentes mecanismos de bombeo y para muchos y diversos propósitos. Sin embargo, todas las bombas caen en una de las dos categorías, hidrodinámicas o hidrostáticas.

2.2.3.1. Bombas hidrodinámicas

Las bombas hidrodinámicas o de desplazamiento no positivo, tales como las de diseño de turbina o centrifugas, se usan principalmente para transferir fluidos en donde la única resistencia encontrada es la creada por el peso y la fricción del mismo fluido. La mayoría de las bombas de desplazamiento positivo operan por medio de la fuerza centrífuga en donde los fluidos entran al centro de la caja de la bomba y son expulsados por el rápido empuje del impulsor. No hay sello positivo entre los orificios de entrada y de salida y la capacidad de presión es a causa del impulso de velocidad.

Mientras ellas dan un flujo suave y continuo, su salida es reducida al aumentar la resistencia. En efecto, es posible obstaculizar completamente la salida al estar funcionando la bomba. Por esta razón y otras las bombas de desplazamiento no positivo son rara vez usadas en sistemas hidráulicos actuales.

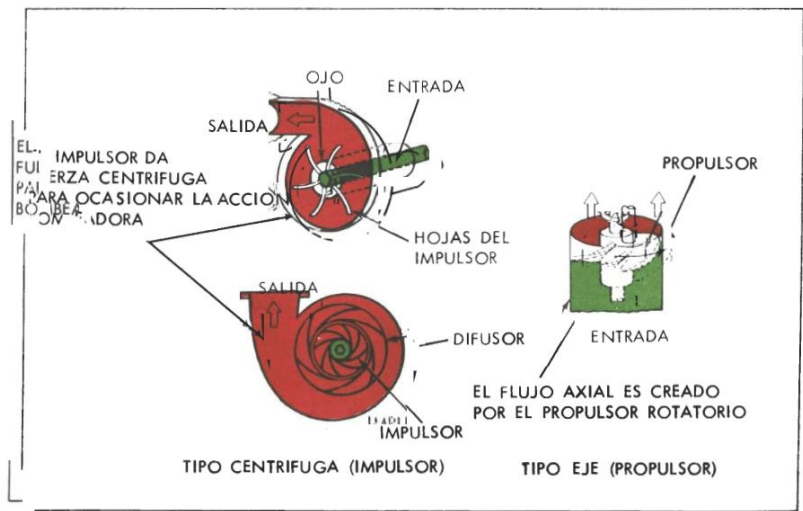


Figura 2-11. Bombas de desplazamiento positivo

Fuente: (Vickers)

2.2.3.2. Bombas hidrostáticas

Las bombas hidrostáticas o de desplazamiento positivo dan una cantidad específica de fluido por cada carrera, revolución o ciclo. Su salida exceptuando las perdidas por fuga es independiente a la presión de salida haciéndolas ideales para usarlas para transmitir potencia.

Generalmente las bombas están catalogadas por su máxima capacidad de presión operante y su salida en GPM, Lt/min, cc/rev, o un impulso de velocidad específico.

2.2.3.3. Características de presión

El porcentaje de presión de una bomba es determinado por el fabricante basado en un cálculo razonable de durabilidad en el uso bajo condiciones específicas. Es importante saber que no hay un factor estándar de seguridad en las industrias en estos porcentajes. Operar la bomba a presiones más altas puede desgastarla o causarle daños mayores.

2.2.3.4. Desplazamiento

La capacidad de flujo de la bomba es lo que se llama su desplazamiento por revolución o por su salida en Lt/min o GPM.

Desplazamiento es el volumen líquido transferido en una revolución. Es igual al volumen de una cámara bombeara multiplicado por el número de cámaras que pasan por la salida por revolución. El desplazamiento se puede expresar en cc/rev o Pulg³/rev,

La mayoría de las bombas tienen un cierto desplazamiento que no puede ser cambiado excepto cuando se reemplazan ciertas partes. Sin embargo, es posible en algunas variar el tamaño de la cámara bombeadora y por eso su desplazamiento por medio de controles externos.

Algunas bombas de paletas desbalanceadas y muchas de pistón pueden variar su abastecimiento de máximo a cero, con algunas de ellas invirtiendo su flujo cuando el control cruza un centro o posición neutral

2.2.3.5. Bombas de engranajes

Una bomba de engranaje desarrolla flujo al llevar fluido entre los dientes de dos engranes dentados. Uno de los engranes es impulsado por el eje impulsor y gira al otro. Las cámaras bombeadoras que se forman entre los dientes del engrane están cubiertas por la caja de la bomba y las placas de los lados (frecuentemente llamados placas de presión o desgaste).

Un vacío parcial se crea en la entrada de la bomba cuando se van girando los engranes. El fluido fluye en el espacio para llenarlo y es girado hacia afuera del engrane. Cuando se van encontrando los dientes del engrane en la salida el fluido es expulsado.

Una alta presión en la salida de la bomba implica una carga desbalanceada en los engranes y en los soportes que lo soportan.

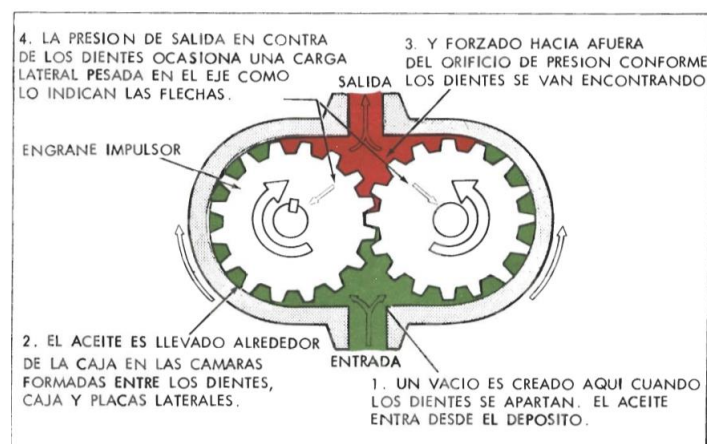


Figura 2-12. Bomba de engranajes externos

Fuente: (Vickers)

2.3.4. Cilindros hidráulicos

Además del motor hidráulico, en un circuito hidráulico hoy en día el cilindro hidráulico es un equipo insustituible para la transformación de energía hidráulica en energía mecánica. Es por lo tanto, el miembro de unión entre el circuito hidráulico y la máquina de accionamiento.

A diferencia del motor hidráulico, el cual realiza movimientos rotatorios (giratorios), el cilindro hidráulico tiene la función de realizar movimientos de traslación (lineales) y, simultáneamente transmitir fuerzas,

La fuerza máxima posible del cilindro “F” depende, despreciando la fricción, de la presión de servicio máxima admisible “p” y de la superficie efectiva “A”.

$$F = p \times A \text{ en kN}$$

Para el accionamiento con cilindros hidráulicos en movimientos lineales de máquinas de trabajo se obtienen las siguientes ventajas:

- El accionamiento directo con cilindros hidráulicos es sencillo en su montaje y fácilmente ubicable para el constructor de máquinas.
- Al no haber conversión de movimiento rotatorio en movimiento lineal, el accionamiento del cilindro posee buen rendimiento.
- La fuerza del cilindro permanece constante desde el comienzo hasta el fin de la carrera.
- La velocidad del pistón, que depende del caudal introducido y de la superficie, también permanece constante a lo largo de toda la longitud de la carrera.
- De acuerdo con el tipo constructivo, un cilindro puede producir fuerzas de compresión o de tracción.
- El dimensionamiento de cilindros hidráulicos permite construir accionamientos de gran potencia con cotas reducidas de montaje.

Los casos de aplicación más frecuentes de cilindros hidráulicos son la elevación, el descenso, el bloqueo y el desplazamiento de cargas.

2.3.4.1. Tipos de cilindro según su efecto

De acuerdo con su efecto los cilindros hidráulicos se dividen en:

- Cilindros de simple efecto y
- Cilindros de doble efecto.

a. Cilindros de simple efecto

Los cilindros de simple efecto solamente pueden entregar su fuerza en un sentido. El retro posicionamiento del pistón solo se puede llevar a cabo mediante un resorte, por peso propio del pistón o por efecto de una fuerza externa. Básicamente los cilindros de efecto simple tienen una superficie efectiva.

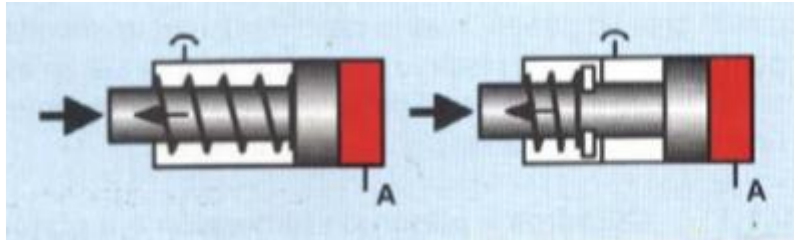


Figura 2-13. Cilindro de simple efecto con resorte interno con resorte externo

Fuente: (H Exner, y otros, 1991)

b. Cilindros de doble efecto

Los cilindros de doble efecto poseen dos superficies de efecto opuesto, de igual o distinto tamaño. Disponen de dos conexiones de tuberías independientes entre sí. Mediante alimentación de un medio de presión a través de las conexiones “A” o “B” el pistón puede transmitir fuerzas de tracción o de compresión en ambos sentidos de carrera. Este tipo de cilindro se emplea en prácticamente todos los campos de aplicación. Los cilindros de doble efecto se subdividen en cilindros diferenciales y cilindros de doble vástago.

c. Cilindros de diferenciales

En la mayoría de los casos de aplicación los cilindros se realizan con un solo vástago. Los cilindros diferenciales poseen un pistón, el cual está unido fijamente a un vástago de diámetro menor. El nombre de cilindro diferencial se deriva de las superficies efectivas de distinto tamaño. La relación de superficies entre superficie del pistón y superficie anular se denomina factor ϕ . La fuerza máxima transmisible depende para el movimiento de salida de la superficie del pistón y para el movimiento de entrada, de la superficie anular y de la presión de servicio máxima admisible. Es decir, que a igual presión de servicio la fuerza de salida es mayor en el factor ϕ a la fuerza de entrada. Las

cámaras a llenar en cada caso, dada la carrera, son iguales en longitud, pero distintas en su volumen dadas las diferencias entre superficie del embolo y superficie anular. Por ello las velocidades de carrera se comportan de modo inverso a las superficies.

Es decir:

- Gran superficie → marcha lenta
- Pequeña superficie → marcha rápida

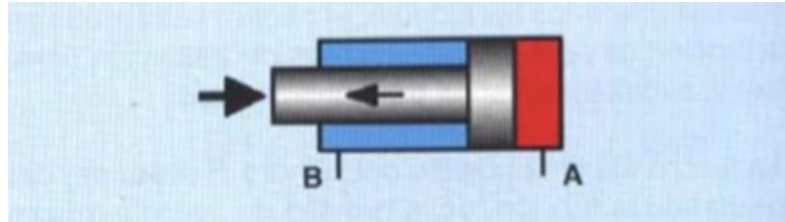


Figura 2-14. Cilindro diferencial

Fuente: (H Exner, y otros, 1991)

2.3.5. Válvulas direccionales

Bajo el término “válvulas direccionales” se resumen todas las válvulas con las cuales se pueden comandar el arranque, la parada y el cambio de sentido del caudal de un fluido hidráulico.

2.3.5.1. Características especiales

La denominación de las válvulas depende del número de conexiones útiles (no se cuentan las conexiones de mando) y del número de posiciones de conmutación.

Por lo tanto, una válvula con dos conexiones útiles y 2 posiciones de conmutación se denomina válvula direccional 2/2 vías.

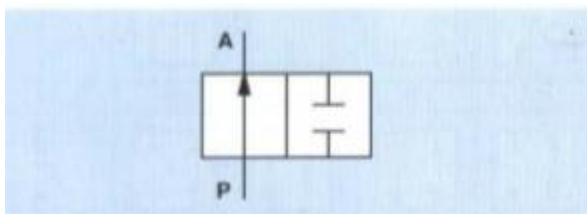


Figura 2-15. Válvula direccional 2/2

Fuente: (H Exner, y otros, 1991)

Una válvula direccional con 4 conexiones útiles y 3 posiciones de conmutación se denomina válvula direccional 4/3 vías.

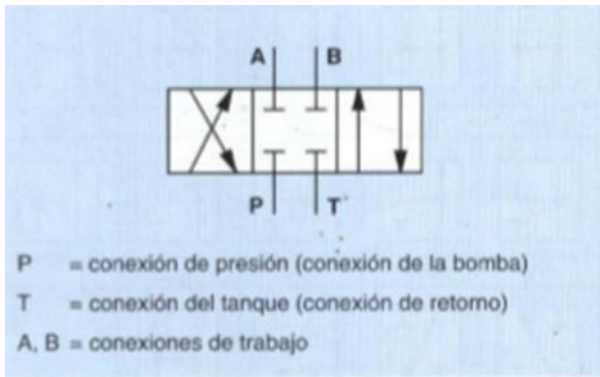


Figura 2-16. Válvula direccional 4/3 vías con denominación de las conexiones
Fuente: (H Exner, y otros, 1991)

Las posiciones de conmutación con sus órganos correspondientes de accionamiento se caracterizan con letras minúsculas “a” y “b” en la figura 2-17 se ha representado una válvula con 2 y otra con 3 posiciones de conmutación. En la válvula direccional con 3 posiciones de conmutación la del medio es la “posición de reposo”(posición de centrado). Se denomina posición de reposo a aquella posición en la cual las piezas móviles no accionadas, han tomado una posición determinada por una fuerza (p . Ej resorte)
Las válvulas con 3 o mas posiciones de conmutación esta posición se denomina “o”. En las válvulas con 2 posiciones de conmutación la posición de reposo se denomina “a” o “b”.

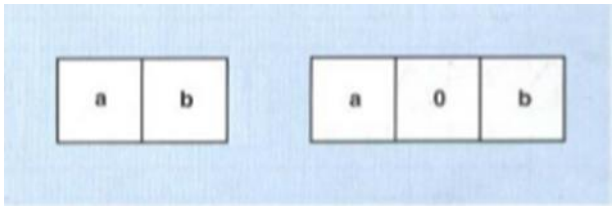


Figura 2-17. Símbolos básicos para válvulas direccionales. Izq. Válvula de 2 posiciones:
der. válvula de tres posiciones
Fuente: (H Exner, y otros, 1991)

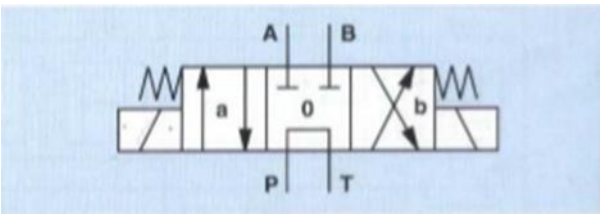


Figura 2-18. Válvula direccional 4/3 vías con denominación de las conexiones posiciones de conmutación y elementos de accionamiento

Fuente: (H Exner, y otros, 1991)

2.3.5.2. Perdida de carga

La diferencia de presión Δp es la diferencia entre la presión a la entrada y a la salida de la válvula, es decir, la resistencia interna de la válvula direccional. Esta diferencia de presión se produce en el rango de flujo laminar especialmente por la fricción en las paredes; en el rango de flujo turbulento se produce por la pérdida de energía cinética por la turbulencia del flujo en los centros de mando

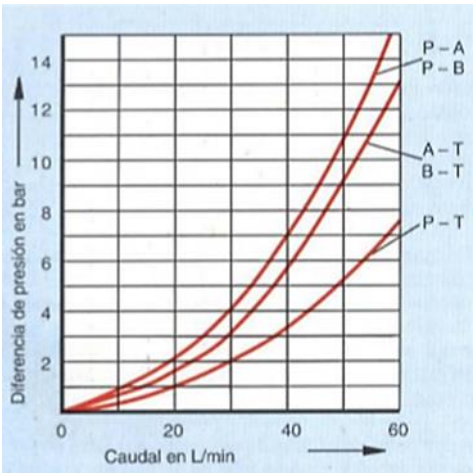


Figura 2-19. Diagrama características Δp -Q de la válvula direccional 4/3 vías

Fuente: (H Exner, y otros, 1991)

Dado que en la práctica la diferencia de presión no se puede calcular con exactitud suficiente, los fabricantes calculan empíricamente los valores para las distintas válvulas y registran resultados como características Δp -Q (diagrama anterior). Sin embargo, se

debe diferenciar entre las distintas conexiones producidas por las diversas conmutaciones (p.ej. P hacia A y B hacia T o P hacia B y A hacia T, etc.).

A fin de poder comparar resultados de medición resulta necesario realizar ensayos según DIN 4411, debiendo mantenerse constante la viscosidad del fluido.

2.3.6. Válvulas de presión

El término “válvula de presión” abarca todas aquellas válvulas que influyen de un modo determinado, predefinible sobre la presión del sistema en una instalación o en una parte de la misma. Ello sucede exclusivamente mediante variación de secciones transversales de estrangulamiento, empleando elementos de ajustes mecánicos, hidráulicos neumáticos y eléctricos

De acuerdo con el estancamiento de la sección transversal de estrangulamiento en las válvulas de presión se diferencian entre las de corredera y las de asiento

De acuerdo con su función las válvulas se pueden subdividir en cuatro grupos.

- Válvulas limitadoras de presión.
- Válvulas de secuencia (conectoras por presión).
- Válvulas de desconexión por presión y
- Válvulas reductoras de presión

2.3.6.1. Válvula limitadora de presión

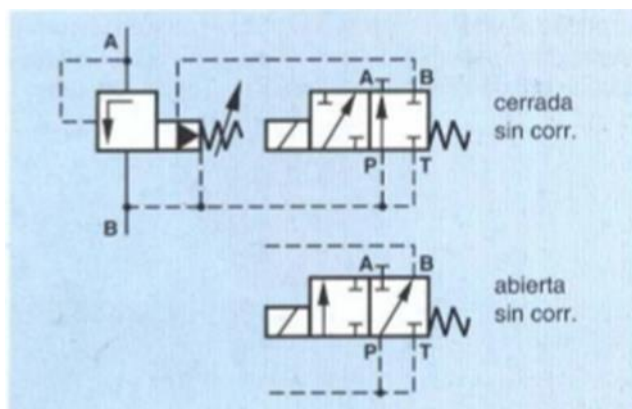


Figura 2-20. Válvula limitadora de presión precomandada con descarga por válvula direccional

Fuente: (H Exner, y otros, 1991)

En los sistemas hidráulicos la válvula limitadora de presión cumple la función de limitar la presión del sistema a un valor determinado. Cuando se alcanza este valor indicado en la válvula limitadora de presión reacción y conduce el caudal sobrante – es la diferencia de caudal entre caudal de la bomba y del consumidor – desde el sistema de vuelta del estanque.

Con la combinación de una válvula limitadora de presión con una válvula direccional ofrece la posibilidad de conmutar de modo sencillo la función limitadora de presión a circulación sin presión mediante señal de mando (fig. 2-20)

2.3.6.2. Válvula reductora de presión

A diferencia de la válvula limitadora de presión, que indica el valor de la presión de entrada (presión de la bomba), la válvula reductora de presión influye sobre la presión de salida (presión del consumidor).

La reducción de la presión de entrada (presión primaria), o bien, el mantenimiento constante de la presión de salida (presión secundaria) puede producirse solo a un valor que se encuentra por debajo de la presión variable reinante en el circuito principal. De este modo puede reducirse en una parte del circuito la presión a un valor inferior de la presión del sistema.

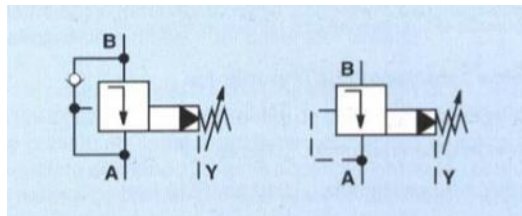


Figura 2-21. Válvula reductora de presión precomandada, izquierda con y derecha sin válvula antirretorno.

Fuente: (H Exner, y otros, 1991)

2.3.7. Válvulas de flujo

Las válvulas de flujo sirven para influenciar la velocidad de movimiento de consumidores mediante variación de sección transversal (disminución o aumento) del caudal de flujo en el punto de estrangulamiento.

2.3.7.1. Válvulas estranguladoras

En las válvulas estranguladoras el caudal depende de la diferencia de presión en el punto de estrangulamiento, es decir, a mayor diferencia de presión mayor caudal.

En muchos mandos en que no se requieren caudales (-> velocidades) constantes solo se emplean válvulas estranguladoras porque las válvulas reguladoras de flujo resultan demasiado costosas.

Por lo tanto, las válvulas estranguladoras se emplean cuando:

- Esta dada una resistencia de trabajo constante o
- Una variación de velocidad por variación de carga no resulte importante o sea deseable.

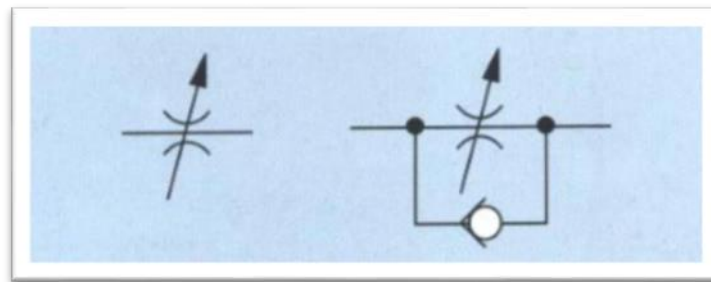


Figura 2-22. Izq. Válvula estranguladora bidireccional. Der válvula estranguladora unidireccional

Fuente: (H Exner, y otros, 1991)

2.3.8. Filtros hidráulicos

En un sistema generalmente hay tres sitios para localizar un filtro. La succión (llamado colador), la línea de presión y la línea de retorno. Ambos filtros y coladores se pueden conseguir para líneas de entrada. Los filtros solo se usan generalmente en otras líneas.

La figura 2-27 nos muestra un colador del tipo que se instala en las líneas de entrada de la bomba dentro del depósito. Este algo tosco refiriéndose a los filtros, ya que, se hace de una tela fina de alambre. Un colador de malla de 100 micrones apropiado para aceite, protege a la bomba de partículas mayores a 150 micrones de tamaño más o menos. (Vickers)

2.3.8.1. Filtros en línea de presión

Algunos filtros han sido diseñados para ser instalados en la línea de presión y pueden atrapar las partículas mucho más pequeñas que los de la línea de entrada. Estos filtros pueden ser usados donde los componentes del sistema son menos tolerantes a la contaminación que la bomba, tales como válvulas, este filtro atrapa la partículas finas cuando el fluido deje la bomba.

2.3.8.2. Filtros en línea de retorno

Los filtros de la línea de retorno también pueden atrapar partículas muy finas antes de que el fluido regrese al tanque. Estos filtros son útiles en los sistemas que no tienen un depósito grande que permita a los contaminantes que se asienten. Un filtro en la línea de retorno es lo mejor en un sistema con una bomba de alto rendimiento que tenga tolerancias muy estrechas la cual usualmente no es suficientemente protegida por un filtro de la línea de entrada (Vickers)

2.3.9. Tubería hidráulica

La tubería (tubing) de acero sin costura ideal para circuitos hidráulicos ofrece mayores ventajas para la instalación. La tubería se puede doblar de cualquier forma es más fácil de manejar y se puede usar y volver a usar sin problema de sello. Normalmente se pueden reducir los números de uniones gracias a su maleabilidad ya que no se producen estrías ni pliegues en los dobleces.

2.3.10. Tipos de flujo

El tipo de flujo también es importante para la pérdida de energía en una instalación hidráulica. Se diferencian dos tipos de flujo:

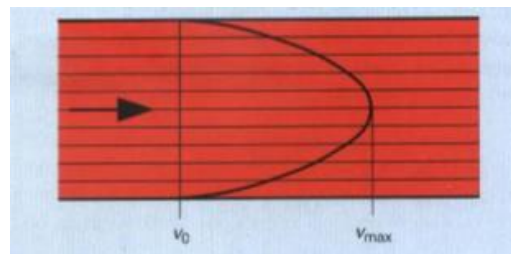


Figura 2-23. Flujo laminar

Fuente: (H Exner, y otros, 1991)



Figura 2-24. Flujo Turbulento

Fuente: (H Exner, y otros, 1991)

Hasta ciertas velocidades los líquidos se mueven por capas (laminarmente) a través del tubo. La capa interna del líquido tiene mayor velocidad. La capa externa está detenida en la pared del tubo (fig 2-23) . Si se aumenta la velocidad de flujo, en la velocidad crítica el tipo de flujo cambia, se vuelve arremolinado turbulento (fig 2-24).

De este modo se incrementa la resistencia al flujo y, con ello, las pérdidas hidráulicas. Por este motivo el flujo turbulento generalmente resulta indeseado.

La velocidad crítica no es una magnitud definida. Depende de la viscosidad del fluido y de la sección transversal del tubo. La velocidad crítica se puede calcular y en instalaciones hidráulicas no deberá ser superada.

2.3.9.1. Selección del diámetro de la tubería

Si se conocen los galones por minuto GPM se debe usar la fórmula para saber el área interior de la sección transversal.

$$\text{Área [in}^2\text{]} = \frac{\text{GPM} \times 0,3208}{\text{Velocidad en pies por segundo } [\frac{f}{s}]}$$

Cuando los GPM y el tamaño del tubo se saben se usará la fórmula para saber la velocidad que habrá.

$$\text{Velocidad } [\frac{f}{s}] \text{ [pie por segundo]} = \frac{\text{GPM}}{3.117 \times \text{Área [in}^2\text{]}}$$

Otra manera de encontrar la velocidad de manera práctica es con la tabla de velocidades abajo indicada

Una monografía ayudara a hacer estos cálculos solo poniendo un margen derecho a través de las escalas impresas.

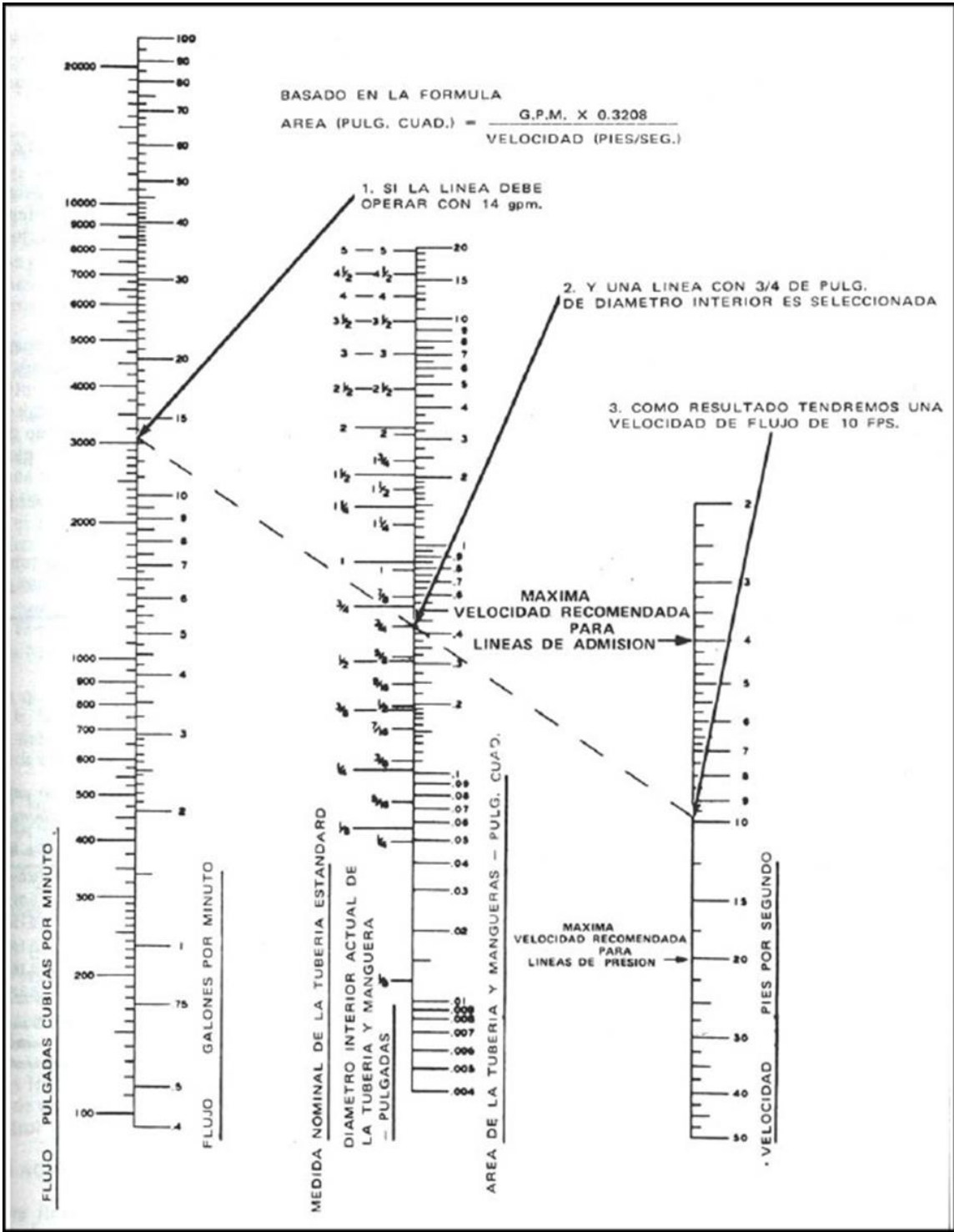


Figura 2-25. Tabla para seleccionar el diámetro interior de la tubería

Fuente: (Vickers)

2.3.10. Conexiones para tubería hidráulica

La tubería nunca se sella con rosca pero si con varias clases de conexiones. Algunas de estas sellan al contacto metal con metal. Estas son conocidas como conexiones de compresión y pueden ser del tipo acampanado o sin acampanar. Otros usan sellos O-ring o comparable.

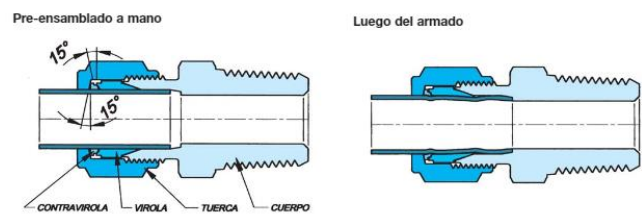


Figura 2-26. Unión de tuberías sello metal-metal
Fuente: (Corporation, 2009)

Además de las conexiones roscadas o de brida, también hay ajustes soldados en los tubos muy largos.

2.3.10.1. Uniones roscadas BSPP

La rosca paralelas (rectas) , British Standard Pipe Paralled (BSPP), es una rosca que requiere una junta tórica para que sea impermeable.

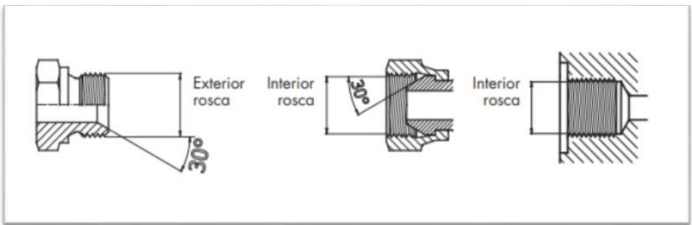


Figura 2-27. Unión roscada BSPP
Fuente: (Corporation, 2009)

2.3.10.2. Uniones roscadas NPT

La rosca cónica americana NPT (National Pipe Thread) Rosca calibre ASME/ANSI B1.20.1. Este tipo de rosca más utilizado en Estados Unidos y Canadá. Las conexiones NPT tienen rosca cónica, la cual se conecta al adaptador hembra NPT. Sellan en virtud del principio de “falta de ovalado”, lo que significa que la conexión macho estira la válvula hembra hasta que haya tanta fuerza que la conexión pueda mantener la presión. Su sellado no es tan eficiente por lo que existen compuestos de sellado, y solo aplicando 2 vueltas será suficiente.

2.3.10.3. Uniones roscadas JIC

La rosca JIC, Rosca Americana SAE J514 37°-JIC-SAE J514-O-RING. Este tipo de terminal el cierre se produce en un cono inferior de 37° en cada parte (74°) o entre el O-ring y la parte plana directamente.

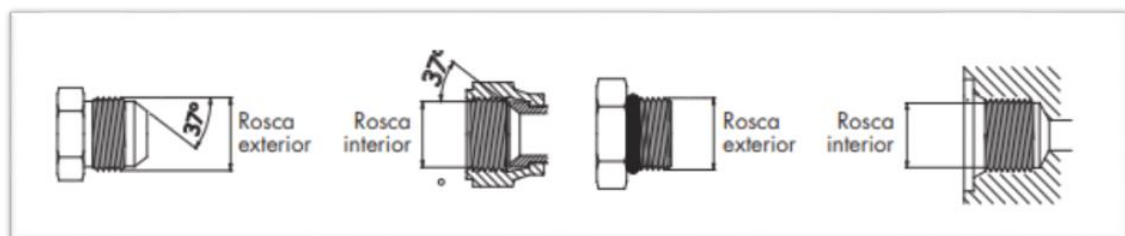


Figura 2-28. Unión roscada JIC

Fuente: (Corporation, 2009)

2.3.10.4. Uniones métricas

La rosca métrica, Rosca Alemana DIN Se puede identificar en diversas especificaciones. La más utilizada es la DIN 2353 que se refiere a la forma de la rosca, el cono de cierre 24° y al diámetro del tubo (hidráulicas, s.f.)

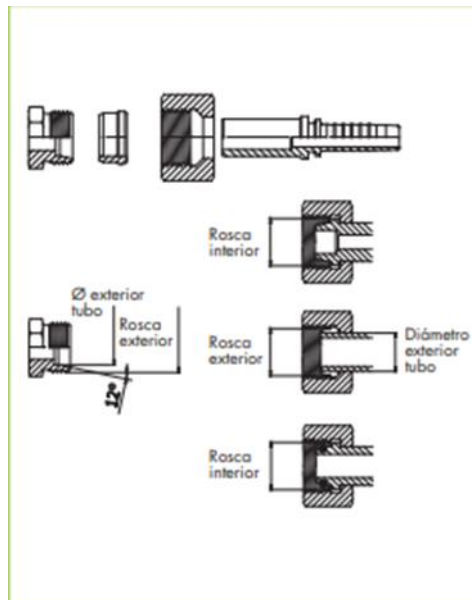


Figura 2-29. Unión métrica

Fuente: (Corporation, 2009)

2.3.11. Depósito de aceite

Los depósitos de aceite es un espacio apropiado para guardar el fluido requerido en un sistema más una reserva, mantener el fluido limpio y mantener la temperatura de funcionamiento adecuada. Obviamente, el espacio adecuado para el fluido es el depósito de aceite. El fluido se mantiene limpio al usar coladores, filtros y placas magnéticas al grado que se necesite.

El diseño de un circuito tiene un efecto considerable en la temperatura del fluido. Sin embargo a veces se requieren controles para la temperatura, particularmente, en donde la temperatura de funcionamiento es crítica o el sistema no puede disipar todo el calor que se genera.

2.3.11.1. Depósitos

El diseñador de los sistemas hidráulicos industriales tiene una ventaja sobre sus compañeros de aeronáutica o equipo móvil. Esta ventaja es la facilidad de diseñar a su gusto el depósito con casi ningún problema en la colocación o su tamaño, el depósito es una pieza que puede ser diseñada para hacer varias funciones: primero se utiliza como almacén para el fluido hasta que el sistema lo necesite; también debe de tener un lugar para separar el aire del fluido y debe permitir que se asienten los contaminantes. Además, un depósito bien diseñado ayudara a disipar cualquier calor que se genere en el sistema.

2.3.11.2. Construcción del depósito

Un depósito industrial típico conforme a los estándares industriales se muestra en la figura 2-27. El tanque se hace de una pieza de acero soldado con extensiones de los extremos de los platos deteniendo la unidad en el suelo. Todo el interior del tanque se pinta con pintura que debe ser compatible con el fluido que se va a usar. Hoy en día se hacen de acero inoxidable para evitar pinturas.

El depósito se diseña para darle mantenimiento fácil al fluido. El fondo del tanque es combado y tiene un tapón de drenaje en el punto más bajo para poder vaciar completamente el tanque. Cubiertas que sean fácilmente removibles, como se muestra para facilitar la limpieza. También será necesaria una tapa lateral para estar revisando constantemente si es necesario.

2.3.11.3. Respirador

En la mayoría de los depósitos se usa un respirador en la cubierta el cual filtra y seca el aire que ingresa al tanque. El filtro respirador debe ser de tamaño suficiente para permitir controlar la entrada del aire que el flujo necesita para mantener la presión atmosférica, estando vacío o lleno el tanque. En general, mientras más alto es el promedio del flujo, más grande es el respiradero. Obviamente en un depósito presurizado no se usa respiradero. Este es reemplazado por una válvula de aire para regular la presión en el tanque entre los límites ya fijados.

2.3.11.4. Placa deflectora

Una placa deflectora se extiende hacia los lados a través del centro del tanque, esta es usualmente $\frac{2}{3}$ partes de la altura del nivel del aceite y se usa para separar la línea de la entrada de la bomba (succión) de la línea de regreso (retorno), para que así no sea el mismo aceite el que circula continuamente, y el cual debe hacer una ruta a través del tanque.

Así tenemos que, la placa deflectora evita la turbulencia en el mismo, permite a los materiales extraños asentarse en el fondo y le da oportunidad al aceite de liberarse del aire y aumenta la facilidad de disipar el calor a través de las paredes del tanque.

2.3.11.5. Conexiones y ajustes de las líneas

La mayoría de las líneas que tiene el depósito terminan bajo el nivel del aceite. Las conexiones de las líneas de la cubierta comúnmente van con flanges o uniones hidráulicas

llamada pasa muro soldadas a la tapa. Este diseño evita que el polvo entre a través de las aberturas y facilita el limpiar y desmontar las tuberías sobre el tanque.

Tanto las tuberías de retorno como succión deben estar bien abajo del nivel del fluido, de otro modo el aceite se puede airear y hacer espuma. Sin embargo las líneas de drenaje pueden terminar arriba del nivel del fluido si es necesario para evitar el aumento de presión en los pasos de drenaje o crear sifones. Las conexiones arriba del nivel del aceite deben estar perfectamente bien selladas para evitar que entre aire al sistema. Las conexiones abajo del nivel de aceite necesitan solo estar lo suficientemente apretadas para que no se suelten.

Las líneas que terminan cerca del fondo del tanque y no estén equipadas con coladores deben ser cortadas en un ángulo de 45°. Esto evita que la abertura de la línea tenga una capa de “fundación” en el tanque y que reduzca el flujo. En la línea de retorno, el ángulo de abertura frecuentemente está dirigido para que el flujo sea descargado contra las paredes del tanque y alejado de la línea de succión de la bomba.

2.3.11.6. Tamaño del depósito

Un tanque grande siempre es lo adecuado para enfriar el aceite y separar los contaminantes. Como mínimo, al tanque le debe de caber todo el fluido que el sistema requiere y mantener el nivel lo suficientemente alto para evitar el efecto de un “remolino” en la línea de succión de la bomba. Si esto ocurre el aire entrara junto con el fluido.

La expansión del fluido debido al calor que se genera por el funcionamiento del sistema, hace que cambie el nivel del aceite dentro del tanque. El área interna del tanque esta expuesta a la condensación de la humedad; esto junto con la cantidad de calor generado en el sistema son factores que hay que considerar: Al equipo industrial se acostumbra proveerlo con un depósito que tenga dos o tres galones de líquido por cada galón por minuto (GPM) de desplazamiento de la bomba.

$$\text{Tamaño del tanque} = \text{Galones de la bomba (GPM)} \times 2, \text{ ó } \text{GPM} \times 3$$

En los sistemas móviles y de aeronáutica, el beneficio de un depósito grande puede ser que se tenga que sacrificar por limitaciones de espacio.

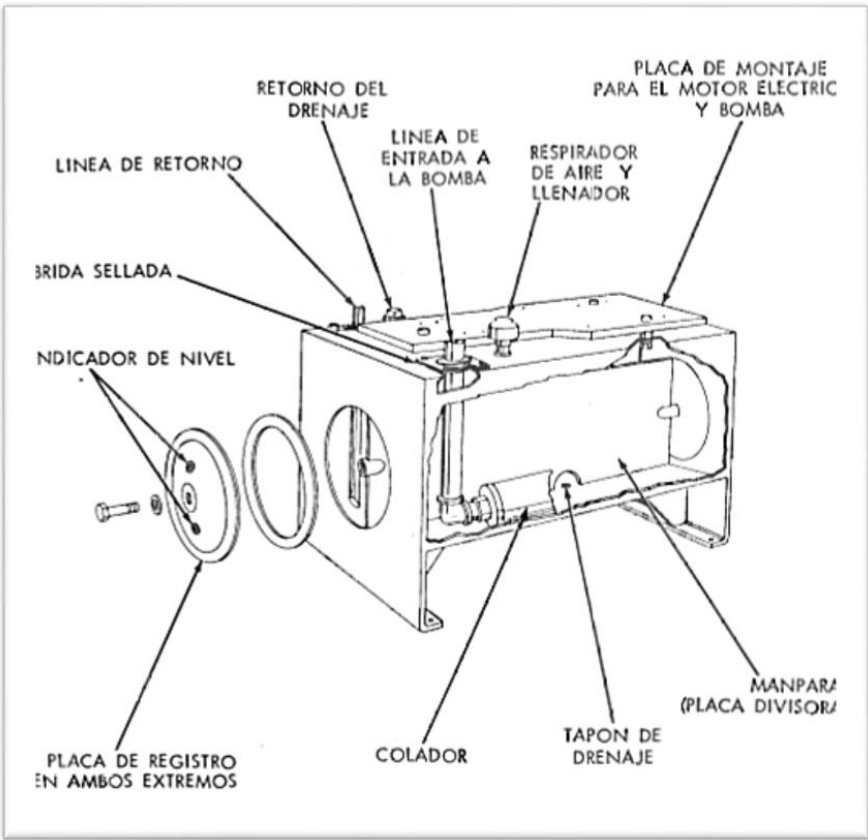


Figura 2-30. Depósito de aceite

Fuente: (Vickers)

2.3.12. Símbolos gráficos para la confección de un plano hidráulico según DIN – ISO 1219

Los símbolos gráficos para equipamientos hidráulicos deben considerarse desde el punto de vista funcional y se componen de uno o de varios símbolos básicos y, por lo general, de uno o varios símbolos funcionales. Los símbolos no poseen una escala determinada ni están definidos para una posición determinada.

La siguiente lista no está completa, pero sirve como ayuda de trabajo para realizar símbolos gráficos y enfocados al plano hidráulico realizado en este trabajo.

Denominación/ Aclaraciones, ejemplos	Símbolos	Denominación/ Aclaraciones, ejemplos	Símbolos
Fuentes de energía		Válvula antirretorno, precomandada, con pretensión por resorte	
Hidráulica		Válvula alternadora	
Motor eléctrico		Válvula limitadora de presión, mando directo, alimentación interna de aceite piloto,	
Unidad de accionamiento, excepto motor eléctrico		Válvula reductora de presión de 2 vías, mando directo, alimentación interna de aceite piloto,	
Transformación y acumulación de la energía		Válvula reductora de presión de 2 vías, precomandada, alimentación interna de aceite piloto, retor- no externo de aceite piloto	
Bombas y motores hidráulicos		Válvula reductora de presión de 3 vías, mando directo, retorno interno de aceite pilo- to,	
Bomba constante, general			
Bomba constante, 1 sentido de flujo, 1 sentido de giro			
Bomba variable, 2 sentidos de flujo, 1 sentido de giro, conexión de fugas			
Motor constante, 2 sentidos de flujo, 2 sentidos de giro			

Denominación/ Aclaraciones/Ejemplos	Símbolos	Denominación/ Aclaraciones/Ejemplos	Símbolo
Semicírculo Motor o bomba con ángulo de rotación limitado (motor basculable)		Símbolos básicos	
Cuadrado Conexiones verticales hacia los lados. Elementos de mando, unidades de accionamiento (a excepción del motor eléct.)		Línea	
Conexiones hacia las esqui- nas Equipos de preparación (filtros, separadores, aparatos de lubricación, intercambia- dores de calor)		Sin limitación Tubería de trabajo, línea eléctrica,	
Amortiguación en miembros de posicionamiento, peso en el acumulador		Línea punteada Tubería de mando, conducto de fugas, posición transitoria	
Rectángulo Cilindros, válvulas		Línea de trazo y punto Para enmarcar dos o más componentes de un grupo constructivo.	
Embolo en el cilindro		Doble Unión mecánica (eje, palanca, vástago)	
Variadores		Círculo Unidades transformadoras de energía	
Distancias para líneas de conducción		Instrumentos de medición	
		Válvulas antirretorno, uniones giratorias, articulaciones mecánicas, rodillos (siempre con centro)	

Figura 2-32. Símbolos según ISO DIN 1219
Fuente: (H Exner, y otros, 1991)

CAPÍTULO 3: DISEÑO DE UNA SOLUCIÓN TÉCNICA AUTOMATIZADA
PARA EL DESTENSAD Y TENSADO DE LA CINTA 220 CV 07

3.1. ELECCIÓN DEL ACEITE HIDRÁULICO

Supongamos que la unidad hidráulica se instalara a la intemperie, donde será equipada con un sistema hidráulico en circuito abierto que accionara el movimiento de dos cilindros de doble acción. Como la unidad hidráulica estará a la intemperie la temperatura ambiente se debe elegir siempre un valor extremo para el invierno (-10°C) y para el verano (40°C).

De entre los fluidos hidráulicos disponibles en depósitos se empleara un fluido hidráulico ISO VG 32. Se han calculado aproximadamente 4,5 L/min de caudal de la bomba y 1450 min⁻¹, la presión de trabajo supuesta asciende a 124 bar aproximadamente.

Del diagrama viscosidad-temperatura se debe extraer el valor mínimo y máximo de viscosidad del fluido hidráulico.

3.2. ELECCIÓN DE LOS CILINDROS

El Tensor hidráulico de correa 220 CV 07 consiste en 2 c/u cilindros que deben traccionar c/u el rodillo tensor de la cinta.

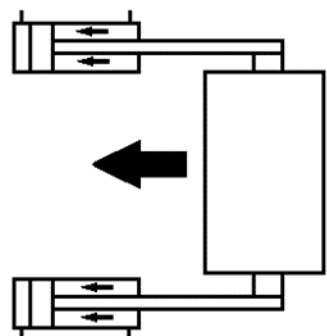


Figura 3-1. Tensado de la cinta:

Fuente: (Elaboración, 2018)

Fuerza de tracción solicitada de 1c/u cilindro = 32.4 KN = 7284 Lb = 3304 Kgf.

Los cilindros seleccionados son:

D.I.= 5” A= 19,635 in²

D. ext. Vástago = 3” A= 7,068 in²

AA = 12,565 in²

Cálculo de presión de tensado según tensado de 32,4 KN

$$P = \frac{F}{A} \quad P = \frac{7284 \text{ LB}}{12,565 \text{ in}^2} \quad P = 579,7 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \quad \approx \quad P = 580 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$$

Cada cilindro soporta hasta $3000 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$

3.3. ELECCIÓN DE LA BOMBA HIDRÁULICA

La bomba seleccionada es una bomba de engranajes interiores que cumple con los valores de presión y RPM para el sistema que necesitamos. Según experiencia es necesaria una baja velocidad de ajuste de tensado y destensado.

Caudal Bomba = 1,18 GPM a 1435 RPM (velocidad motor eléctrico)

$$\text{Velocidad de tensado} \left[\frac{ft}{s} \right] \text{ de c/u cilindro} = \frac{0,3208 \times \text{Desplazamiento bomba [GPM]}}{\text{Area cilindro [in}^2\text{]}} = \frac{ft}{s}$$

$$\text{Vel. Cil. Tensado} = \frac{0,3208 \times 1,18 \text{ [GPM]}}{12,566 \text{ in}^2} = 0,03 \frac{ft}{s} = 9 \frac{mm}{s}$$

$$\text{Vel. Cil. Destensado} = \frac{0,3208 \times 1,18 \text{ [GPM]}}{19,635 \text{ in}^2} = 0,019 \frac{ft}{s} = 5,8 \frac{mm}{s}$$

3.4. ELECCIÓN DEL MOTOR ELÉCTRICO

$$\text{Caudal que entrega la bomba} = 3,1 \frac{cc}{rev}$$

$$\text{Desplazamiento [d] Girando a 1435 RPM} = 0,189 \frac{\text{in}^3}{rev}$$

$$Q = \frac{d \times N}{231} = \frac{0,189 \frac{\text{in}^3}{rev} \times 1435 \text{ RPM}}{231} = 1.17 \text{ GPM a } 0 \text{ PSIG}$$

HP = (P (psig) x Q (GPM) x 0.0007) + 30 %(altura geográfica sobre 3000 MSNMM)
metros según nivel medio del mar.

$HP = (3000 \text{ PSIG} \times 1,18 \text{ GPM} \times 0,0007) + 30\% = 3,22HP$

Potencia del Motor eléctrico seleccionado = 5,5 HP

Por seguridad y experiencia de terreno, se trabaja con una presión máxima de la unidad hidráulica a 2000 PSIG en la válvula de alivio ítem 7, por lo tanto, de ser necesario se puede ajustar una presión de tensado de hasta 1900 PSIG.

Se recomienda no exceder de 1000 PSIG, todo depende de la correa de turno y sus empalmes. La presión de tensado se regula en las válvulas reductoras de presión ítem 22. Ver plano hidráulico tensor 220CV 07.

3.5. ELECCIÓN DEL FILTRO HIDRÁULICO

Para la elección del filtro hidráulico nos basamos en la plataforma de internet del fabricante del filtro el cual ofrece una página para calcular sus filtros. Abajo e indica el cálculo obtenido.



POWERSOURCE®
Powering Business Worldwide

Filter Performance Evaluation Tool for TEF Series

Filter Model

TEF.210.3VG

Calculation Inputs

Operating Parameters:

Flow Rate

1.18

gal/min

Viscosity

150

SUS

Filter Performance Results

Differential Pressure	0.27 psi
Flow Velocity	0.3 ft/s
Specific Surface Load	0.002 gal/minin²
Dirt Holding Capacity	34.74 g

Input Criteria:

Filter Type	Return-Line / Return-Line-Suction-Filters (for Tank Installation)
Max Operating Pressure	145 psi
Filter Media	3VG
Filter Fineness According to ISO 16889	5 µm (c)
Connection	-20 SAE

Figura 3-2. Herramienta de evaluación de rendimiento del filtro:
Fuente: (Eaton, s.f.)

Este filtro con una viscosidad del aceite de 150 SUS (30 CsT) tenemos un diferencial de presión de 0,27 psi. Con este filtro obtendremos un ISO 20/18/15.

3.6. ELECCIÓN DE LA TUBERÍA

3.6.1. Línea de presión

La elección de la tubería buscamos el diámetro interior necesario para que el aceite circule por flujo laminar bajo $Re = 2000$ o una velocidad entre 1 a 6 M/s

Si se conocen los galones por minuto GPM de la bomba, se debe usar la fórmula a continuación para saber el área interior de la sección transversal.

Caudal bomba seleccionada = 1,18 GPM a 1435 RPM

$$\text{Área [in}^2\text{]} = \frac{\text{GPM} \times 0,3208}{\text{Velocidad} \frac{\text{ft}}{\text{s}}}$$

Cuando los GPM y el tamaño del tubo son conocidos, se usará la fórmula para saber la velocidad que habrá.

$$\text{Velocidad [} \frac{\text{ft}}{\text{s}} \text{]} = \frac{\text{GPM}}{3,117 \times \text{Area [in}^2\text{]}}$$

Reemplazando;

$$\text{Área [in}^2\text{]} = \frac{1,18 \times 0,3208}{9,8 \frac{\text{ft}}{\text{s}}} = 0,0386 \text{ [in}^2\text{]} = 24,774 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A = \pi r^2 \rightarrow r^2 = A / \pi \rightarrow r^2 = 24,774 / \pi = 2,8 \times 2 = 5,6 \text{ mm (diámetro interior tubo).}$$

Aproximamos a un tubo de 8 + 2, pero como este tubo es muy blando y menos comercial que un 12 + 2 ocuparemos este último, con diámetro interior 10 mm. (ver tabla)

¿Qué velocidad tendremos con esta nueva sección transversal?

$$\text{Velocidad [} \frac{\text{ft}}{\text{s}} \text{]} = \frac{\text{GPM}}{3,117 \times \text{Area in}^2} \rightarrow \frac{1,18}{3,117 \times 0,121 \text{ in}^2}$$

$$\text{Velocidad del aceite} = 3,11 \frac{\text{ft}}{\text{s}} \approx 1 \text{ M/s}$$

Productrange

Seamless hydraulic tubes acc. to EN 10305-4, quality E235+N

	Dimensions mm	phosphated	outside galvanized Chrome-VI free	Weight kg/m	Calculated pressure bar static	dynamic	Test- pressure bar
*	4+0,5	x		0,043	313	274	457
*	4+0,75	x		0,060	409	393	658
**	4+1	x	x	0,074	522	502	841
**	5+1	x	x	0,099	432	416	696
**	6+1	x	x	0,123	389	374	593
**	6+1,5	x	x	0,166	549	528	841
*	6+2	x		0,197	692	665	1056
**	8+1	x	x	0,173	333	289	457
**	8+1,5	x	x	0,240	431	414	658
**	8+2	x	x	0,296	549	528	841
*	8+2,5	x		0,339	658	632	1005
**	10+1	x	x	0,222	282	249	371
**	10+1,5	x	x	0,311	373	358	520
*	10+2	x	x	0,395	478	460	696
*	10+2,5	x		0,462	570	555	841
*	12+2	x		0,540	660	644	974

Figura 3-3. Selección del tubo dependiendo de la presión de trabajo
Fuente: (Rohrenkontor, 2018)

3.6.2. Línea de retorno

Como la velocidad del aceite en el tubo de 10+2 es de 1^m/s y corresponde a una velocidad adecuada para el retorno mantendremos la misma tubería

3.6.3. Línea de succión

Calcularemos con un tubo de 16 + 2 mm con un diámetro interior de 12 mm
 $A = \pi r^2 \rightarrow A = \pi(6)^2 \rightarrow A= 113.097 \text{ [mm]}^2 \approx 0.175 \text{ [Pulg]}^2$

Velocidad [pie por segundo] = $\frac{1,18}{3.117 \times 0,175 \text{ [in}^2\text{]}} = 2,163 \text{ [\frac{ft}{s}]} = 0,659 \frac{m}{s}$

La velocidad de 0,65 M/s en la línea de succión es adecuada para nuestro propósito.

3.7. ELECCIÓN DE LA TUBERÍA

Para la elección del flexible usaremos uno de diámetro interior 3/8” el cual cumple con la velocidad de los cálculos de velocidad para la línea de presión.
Seleccionaremos un flexible R2 para una presión de 276 bar.

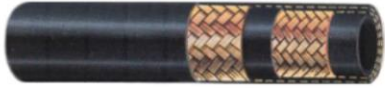
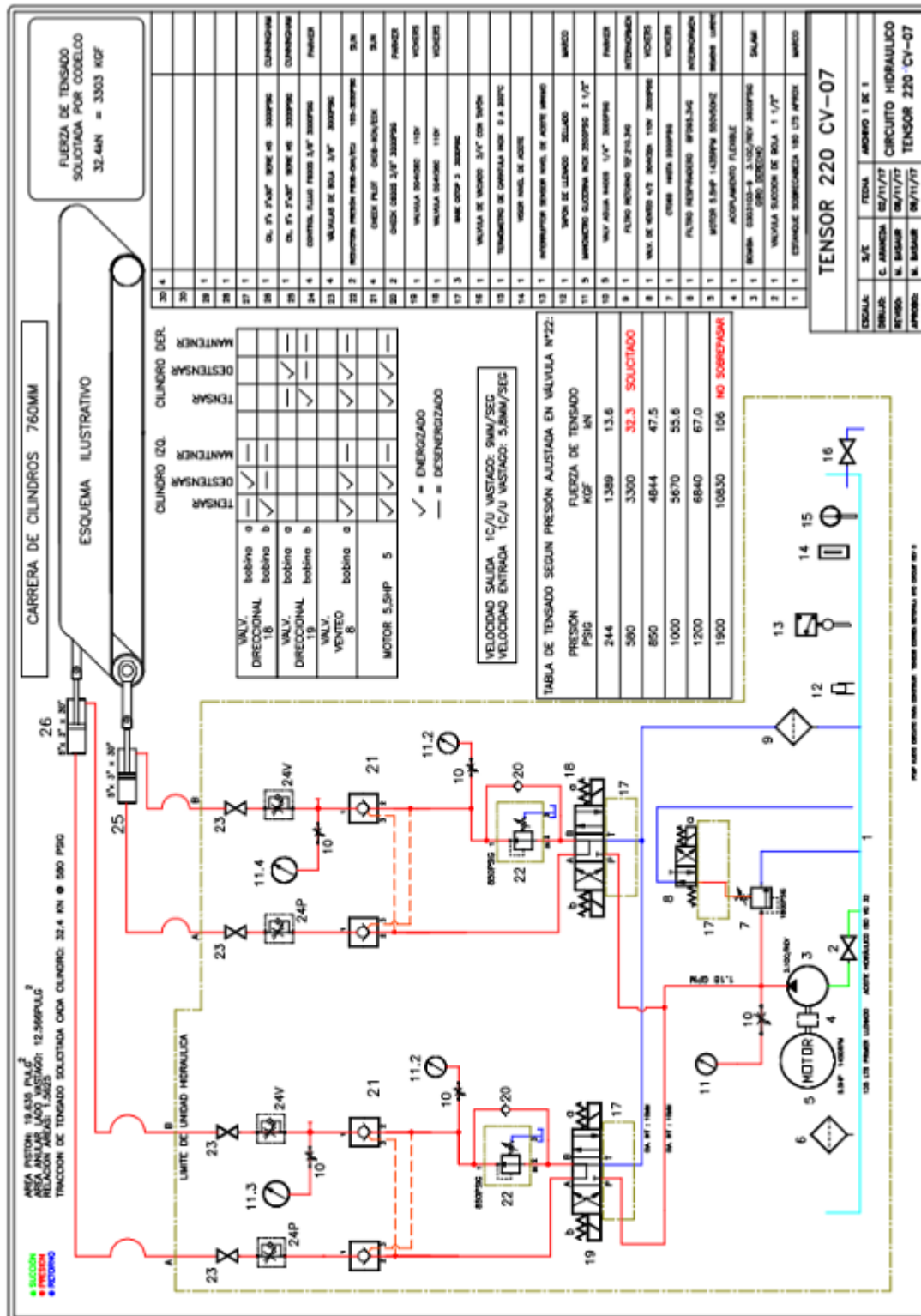
MANGUERA SAE 100 R2 - 2 MALLAS METALICAS											
				Tubo Interno: Caucho sintético negro sin costura, resistente al aceite. Refuerzo: Una trenza de alambre de acero de gran resistencia. Cubierta: Caucho sintético negro resistente a la abrasión, agentes atmosféricos (ozono) y al contacto con grasas y aceites derivados del petróleo. Temperatura: de Utilización: -40°C + 120°C							
Codigo	Diametro Interior	Diametro Interior		Diametro Exterior		Presión Trabajo		Presión Ruptura		Radio min. Curvatura	
		mm.	pulg.	mm.	pulg.	bar	psi	bar	psi	mm.	pulg.
10.J4.03	3/16"	4.8	188	11.8	465	345	5,000	1,379	20,000	89	3.5
10.J4.04	1/4"	6.3	250	13.4	528	345	5,000	1,379	20,000	102	4
10.J4.05	5/16"	8	312	15	594	292	4,250	1,172	17,000	114	4.5
10.J4.06	3/8"	9.5	375	17.4	685	276	4,000	1,103	16,000	127	5
10.J4.08	1/2"	12.7	500	20.6	811	241	3,500	966	14,000	178	7
10.J4.10	5/8"	16	625	23.7	933	190	2,750	759	11,000	203	8
10.J4.12	3/4"	19	750	27.7	1,091	155	2,250	621	9,000	241	9.5
10.J4.16	1"	25.4	1	35.6	1,402	138	2,000	552	8,000	305	12
10.J4.20	1.1/4"	32	1.25	43.6	1,713	103	1,500	448	6,500	419	16.5
10.J4.24	1.1/2"	38	1.5	50.6	1,992	86	1,250	345	5,000	508	20
10.J4.32	2"	50.8	2	64	2,52	78	1,125	310	4,500	635	25

Figura 3-4. Elección de flexible según su diámetro y presión de trabajo.
Fuente: (Vickers)

3.8. PLANO HIDRÁULICO DEL TENSADO DE LA CINTA



3.9. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Esta evaluación económica consiste primero en valorizar el tiempo de detención por efecto de la actividad del destensado y tensado de la cinta y en segundo lugar el valor que saldría confeccionar e instalar una unidad hidráulica para automatizar la actividad

3.9.1. Valorización del tiempo de detención por efecto del destensado tensado de la cinta

El monto en perdida por una detención para el tensado, destensado y/o alineamiento de este equipo se cuantifica en dólares, por tonelada y por tiempo de detención

- El monto de perdida es de U\$ 0,48 por una tonelada.
- Tomando en cuenta que se remueven 7.000 toneladas por hora de mineral.
- La pérdida es de U\$ 3.600 por hora.
- Para llevar a cabo este trabajo son mínimo 2 horas de detención, lo que asciende a la suma de U\$ 6.720.

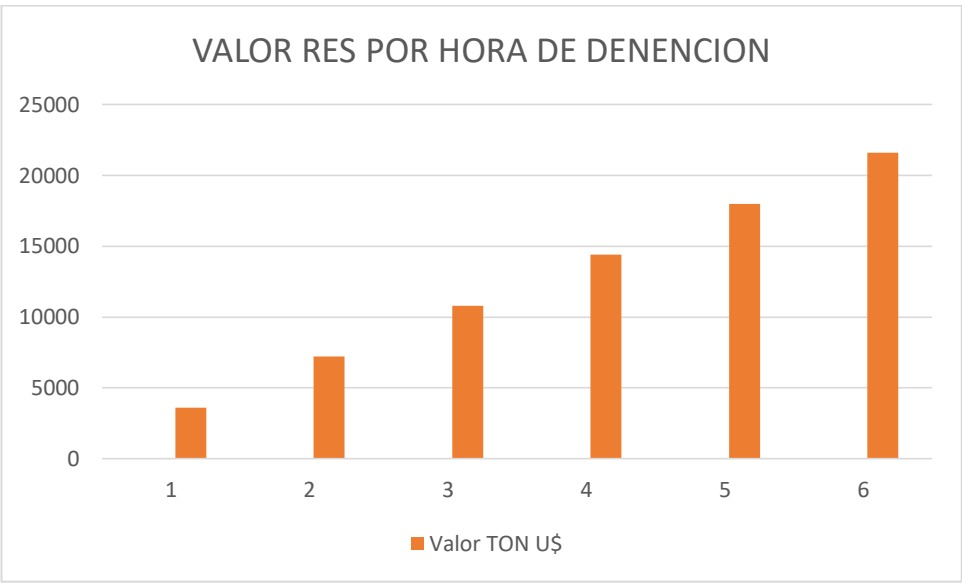


Figura 3-5. Valores por hora de detención de la cinta
Fuente: (Elaboración, 2018)

3.9.2. Confección cuadro de costo de la implementación propuesta

En la tabla se puede observar la valorización de los componente, fabricación e instalación de la unidad hidráulica propuesta por las empresas Conval y Marco Industrial

	CONVAL	MARCO INDUSTRIAL
Materiales	6.811.380	7.141.667
Fabricación	750.000	1.860.000
Instalación en terreno	1.500.000	1.206.267
Total, más IVA	9.061.380	10.207.934

Figura 3-6. Cuadro de costo

Fuente: (Elaboración, 2018)

CONCLUSIÓN

El transporte de material mediante correas constituyen unos de los sistemas productivos más críticos y en donde a menudo se concentran las indisponibilidades de planta. El conocimiento del proceso fue clave para identificar la ubicación de la unidad sistema hidráulico, además de conocer los riegos presentes en el proceso.

El estudio de los componentes de este sistema, los diferentes cálculos matemáticos para que la cinta no se corte, el ordenamiento de estos en el plano hidráulico, el conocimiento empírico de la adecuada velocidad de tensado, permitieron desarrollar un sistema hidráulico eficiente y confiable.

Este trabajo, es una primera etapa de un proyecto que puede ser desarrollado mas profundamente con estudios de costos y factibilidad económica, la idea era saber la factibilidad de fabricación y modificación del sistema de destensado /tensado de la cinta. Los valores de fabricación de la unidad hidráulica, no son significativos con los tiempos de actuales de destensado y tensado manual de la correa, pero exponer a los trabajadores a peligros de atrapamiento y caída de altura es motivo suficiente para justificar la fabricación de esta unidad hidráulica. “La seguridad y la salud de las personas está por sobre todo bien material”.

Beneficios del sistema hidráulico:

- Elimina la exposición del trabajador a riesgo de atrapamiento y caída a distinto nivel
- Mayor disponibilidad del equipo (220 CV 07).
- La fabricación puede ser realizada con componentes de adquisición nacional.
- Disminuye el tiempo de destensado en y tensado de 2 horas a un minuto.
- Disminuye el tiempo de alineamiento de la cinta .

Con este trabajo ratifico mi compromiso como trabajador, convencido que los accidentes, las enfermedades laborales y el cuidado de los recursos son valores exigibles, mi compromiso con la vida y el principio que ninguna vida o resultado puede justificarse, si ello significa un menoscabo a la integridad, la salud o la vida de los trabajadores.

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE LA INFORMACIÓN

Rexroth Training Hidráulico compendio 1

Autores : H Exner – R. Freitag – Dr.Ing H. Geis – R. Lang – J. Oppolzer- P. Schwab – E. Sumpf.

Publicación 10 Nov 1991.- Carretera 3-5 D 978 Lohr a Main

Serie de compendios de hidráulica Rexroth

Manual de Hidráulica industrial - Vickers

Editorial Blume – Milanesado .21-23; Barcelona 17

Tríptico realizado por el equipo de:

- Gerencia de Mantenimiento y Servicios
- Gerencia Plantas

DIVISION GABRIELA MISTRAL

Líder: Ing. César Larenas Lemus.

Noviembre 2013

Procedimiento de trabajo

“Destensado y tensado de correa 220 CV 007” 10009451-MEC-OP-P203

Salfamantenciones 12-04-2016

ANEXOS

A continuación se muestran las cotizaciones obtenidas para el cuadro de costo.

OLEOHIDRAULICA CONVAL

Conval limitada / rut 77.328.010-k / Las Rosas Huerto 77/3A , San Pedro de La Paz , Concepcion .

Cotización N° : 0096

Emisión : 14/11/2017

NOMBRE	Marcos Basaur Ramirez
DIRECCION	Chiguayante
FONO	
CONTACTO	Sr. Marco Basaur

Tenemos el agrado de cotizar lo siguiente

Item	Cantida	Descripcion	Marca	Precio Unitario	Precio Total
1	1	CLINDRO 5" x 3" x 30" serie HS 3000 PSIG	CUNNINGHAM	790.800	790.800
2	1	CLINDRO 5" x 3" x 30" serie HS 3000 PSIG	CUNNINGHAM	790.800	790.800
3	4	CONTROL DE FLUJO F600S 3/8" 3000 PSIG	PARKER	125.400	501.600
4	4	VALVULA DE BOLA 3/8" 3000 PSIG		85.600	342.400
5	2	REDUCTORA DE PRESION PBDB-CAN/ECJ 100-3000 PSIG	SUN	124.500	249.000
6	4	CHECK PILOT CKCB-KCN/CK	SUN	98.700	394.800
7	2	CHECK CK00S 3/8" 3000 PSIG	PARKER	56.980	113.960
8	1	VALVULA DG436C 110V	VICKERS	187.900	187.900
9	1	VALVULA DG436C 110V	VICKERS	187.900	187.900
10	3	BASE CETOP 3 3000 PSIG		56.200	168.600
11	1	VALVULA DE VAGIADO 3/4" CON TAPON		45.690	45.690
12	1	TERMOMETRO DE CARATULA INOX O A 200°C		123.450	123.450
13	1	VISOR NIVEL DE ACEITE		31.500	31.500
14	1	INTERRUPTOR SENSOR NIVEL DE ACEITE MINIMO		85.670	85.670
15	1	TAPON DE LLENADO SELLADO		54.670	54.670
16	5	MANOMETRO GLICERINA INOX 3500 PSIG 2"1/2		25.400	127.000
17	5	VALVULA AGUJA N400S 1/4" 3000PSIG	PARKER	87.600	438.000
18	1	FILTRO DE RETORNO TEF.250.3VG	INTERNORMEN	190.800	190.800
19	1	VALV. DE VENTEO 4/2 DG4V32A 110V 3000 PSIG	VICKERS	126.700	126.700
20	1	CT06B HASTA 2000 PSIG	VICKERS	270.900	270.900
21	1	FILTRO RESPIRADERO BF09S.3VG	INTERNORMEN	159.000	159.000
22	1	MOTOR 5.5HP 1435RPM 550V50HZ	SIEMENS/LURE	459.870	459.870
23	1	ACOPAMIENTO FLEXIBLE	YE	85.600	85.600
24	1	BOMBA 0303103-9 3.1CC/REV 3600 PSIG	SALAMI	155.870	155.870
25	1	VALVULA SUCCION DE BOLA 1"1/2		38.900	38.900
26	1	ESTANQUE SOBRECABEZA 180 LTS APROX		690.000	690.000

Total Neto	\$	6.811.380
19% iva	\$	1.294.162
Total	\$	8.105.542

Plazo de entrega : 3-4 semanas

Validez de la oferta: 30 días

Forma de pago : Orden de Compra



www.convalitda.com



Marco Industrial Ltda.
Rut: 77.860.930 - 4
Av. Colon N° 3876
Fono: 41-588177
Fax : 41-585697
Talcahuano - Chile

Proveedor :
Atencion :

Agradeceremos cotizar, indicando plazo de entrega los siguientes materiales y/o servicios:

Item	Cant.	Unid.	Descripción	Entrega	Valor unit.
1	1	c/u	CILINDRO 5" x 3" x 30" serie HS 3000 PSIG		\$ 1.245.000
2	1	c/u	CILINDRO 5" x 3" x 30" serie HS 3000 PSIG		\$ 1.245.000
3	4	C/U	CONTROL DE FLUJO F600S 3/8" 3000 PSIG		\$ 60.000
4	4		VALVULA DE BOLA 3/8" 3000 PSIG		\$ 120.000
5	2		REDUCTORA DE PRESION PBD8-CAN/ECJ 100-3000 PSIG		\$150.000
6	4		CHECK PILOT CKCB-XCN/ECK		\$100.000
7	2		CHECK C600S 3/8" 3000 PSIG		\$45.000
8	1		VALVULA DG436C 110V		\$209.000
9	1		VALVULA DG436C 110V		\$209.000
10	3		BASE CETOP 3 3000 PSIG		\$ 48.000
11	1		VALVULA DE VACIADO 3/4" CON TAPON		\$38.000
12	1		TERMOMETRO DE CARATULA INOX Ø A 200°C		\$38.000
13	1		VISOR NIVEL DE ACEITE		\$25.000
14	1		INTERRUPTOR SENSOR NIVEL DE ACEITE MINIMO		\$30.000
15	1		TAPON DE LLENADO SELLADO		\$25.000
16	5		MANOMETRO GLICERINA INOX 3500 PSIG 2"1/2		\$45.000
17	5		VALVULA AGUJA N400S 1/4" 3000PSIG		\$38.000
18	1		FILTRO DE RETORNO TEF 210.3VG		\$40.000
19	1		VALV. DE VENEO 4/2 DG4V32A 110V 3000 PSIG		\$250.000
20	1		CTO6B HASTA 2000 PSIG		\$98.000
21	1		FILTRO RESPIRADERO BFD95.3VG		\$115.000
22	1		MOTOR 5.5HP 1435RPM 550V50HZ		\$250.000
23	1		ACOPLAMIENTO FLEXIBLE		\$48.000
24	1		BOMBA 0303103-9 3.1CC/REV 3600 PSIG		\$225.000
25	1		VALVULA SUCCION DE BOLA 1"1/2		\$ 68.000
26	1		ESTANQUE SOBRECABEZA 180 LTS APROX		\$300.000
27					\$ 0
28					\$ 0
29					\$ 0

\$ 6.375.000

OLEOHIDRAULICA CONVAL

Conval limitada / rut 77.328.010-k / Las Rosas Huerto 77/3A, San Pedro de La Paz , Concepción .

Cotización N° : 0097

Emisión : 14/11/2017

Nombre Marcos Basaur Ramirez

Dirección Chiguayante

ONO

Contacto Sr. Marco Basaur

Queremos el agrado de cotizar lo siguiente

Item	Cantidad	Descripción	Marca	Precio Unitario	Precio Total
1	1	Fabricacion unidad hidraulica		750.000	750.000
2	1	Instalacion de unidad n terreno minera Gaby		1.500.000	1.500.000
3	1	Total materiales		6.811.380	6.811.380
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
		Total Neto	\$		9.061.380
		19% iva	\$		1.721.662
		Total	\$		10.783.042

Plazo de entrega : 3-4 semanas

Validez de la oferta: 30 días

Forma de pago : Orden de Compra

VICKERS **SAL** **Rexroth**
Bosch Group

HYDAC **salami** **Oil Control**

www.convaltda.com



Marco Industrial Ltda.
Rut: 77.860.930 - 4
Av. Colon N° 3876
Fono: 41-588177
Fax : 41-585697
Talcahuano - Chile

Proveedor :	
Atencion :	

Agradeceremos cotizar, indicando plazo de entrega los siguientes materiales y/o servicios:

Item	Cant	Unid.	Descripcion	Entrega	Valor total.
1	1	1	Materiales		\$ 7.141.667
2	1		Instalacion Unidad Hidraulica Minera gaby		\$ 1.860.000
3	4		Gastos generales		\$ 1.206.267
4					
5					
6					
				Total	\$ 10.207.934
				19% IVA	\$ 1.939.507
				Total	\$ 12.147.441