ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

REPOTENCIACIÓN DE UNA MÁQUINA BAROLADORA DE 4 MM A UNA MÁQUINA BAROLADORA SEMI-AUTOMÁTICA DE 6MM PARA LA MECÁNICA INDUSTRIAL ANGEL MARÍA LUNA C.A

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

JOSÉ DAVID BARROS ENRÍQUEZ
jo_jose7@hotmail.com

FREDDY SANTIAGO YAJAMÍN SUQUILLO
fdysant_39@hotmail.com

DIRECTOR: ING. JAIME VARGAS
jaime.vargas@epn.edu.ec

Quito, SEPTIEMBRE 2013

DECLARACIÓN

Nosotros, José David Barros Enríquez y Freddy Santiago Yajamín Suquillo, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

José David Barros Enríquez	Freddy Santiago Yajamín Suquillo

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por los señores José David Barros Enríquez y Freddy Santiago Yajamín Suquillo, bajo nuestra supervisión.

Ing. Jaime Vargas	Ing. Jorge Escobar
DIRECTOR DE PROYECTO	**CO-DIRECTOR DE PROYECTO**

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme dado la vida, inteligencia y recursos necesarios para poder superarme día tras día y terminar exitosamente esta nueva etapa. A mis padres, por su amor, comprensión y apoyo incondicional que han hecho que logre todas las metas que me he propuesto hasta ahora. Por guiarme y ser ejemplo de trabajo y superación.

A la gloriosa Facultad de Ingeniería Mecánica y a la Escuela Politécnica Nacional por la excelente formación profesional recibida. Al Ing. Jaime Vargas por habernos guiado durante este proceso, compartir sus conocimientos y apoyarnos para cumplir con los objetivos planteados. Del mismo modo al Ing. Jorge Escobar por su colaboración para poder desarrollar este trabajo.

A la empresa MIALCA C.A., especialmente a la Arq. Alexandra Luna por permitirnos desarrollar este proyecto y darnos todas las facilidades para su consecución. De igual manera a sus trabajadores por ayudarnos en la investigación.

DAVID

A mi madre, con las que siempre he contado y espero seguir contando el resto de mi vida; por darme su amor, su apoyo y ayuda incondicional en todo momento, procurando lo mejor para mí. A mis Hermanos, quien siempre me ha dado sus concejos y apoyo en los momentos más difíciles. A mis Sobrinos, quienes me demuestran cada día su alegría y me llenan de la misma dándome un amor puro y desinteresado. A mi amigo y compañero de tesis por su ayuda en la elaboración del proyecto. A mis amigos y compañeros, por su apoyo y por estar junto a mí durante todo este tiempo y hacer de mi paso por la universidad algo inolvidable.

FREDDY

DEDICATORIA

A Dios por permitirme estar donde estoy. A mis padres Luis y Blanca, por ser indiscutibles maestros de todos los valores que poseo, este logro es apenas una pequeña retribución a todo el esfuerzo y amor que han depositado sobre mí. A mis hermanos Luis, Cecy y Miryam por siempre demostrarme su apoyo. A mi familia en general, por su amor, cuidado y creer en mí a pesar de las circunstancias. A mis amigos por brindarme su confianza y compartir muchos momentos gratos y difíciles.

DAVID

La presente Tesis se la dedico mi familia que gracias a su apoyo pude concluir mi carrera. A mi madre y hermanos por su apoyo y confianza en todo lo necesario para cumplir mis objetivos como persona y estudiante. A mis amigos con quienes compartí años de lucha constante, gratas vivencias, con momentos felices y momentos difíciles.

FREDDY

CONTENIDO

pág.

CAPÍTULO 1 1
MARCO TEÓRICO 1
1.1 INTRODUCCIÓN 1
1.2 BASE TEORICA 1
1.2.1 DEFINICÍON DEL PROCESO DE BAROLADO 1
1.3 TIPOS PROCESO DE BAROLADO. 3
1.4 TIPOS DE MÁQUINAS BAROLADORAS 5
1.4.1 BAROLADORA DE DOS RODILLOS 6
1.4.2 BAROLADORA DE TRES RODILLOS 7
1.4.3 BAROLADORA DE CUATRO RODILLOS (DOBLE PINCH) 10
1.5 REPOTENCIACIÓN 11
1.5.1 POSIBILIDADES Y LÍMITES 15
1.5.2 VENTAJAS 15
CAPÍTULO 2 17
SITUACIÓN ACTUAL 17
2.1 DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO ORIGINAL 17
2.1.1 CONJUNTO ESTRUCTURA 17
2.1.2 CONJUNTO BAROLADOR 18
2.1.3 CONJUNTO MOTRIZ 19
2.2 ESTADO ACTUAL DE LA BAROLADORA 23
2.2.1 INSPECCIÓN EXTERNA E INTERNA DE LA MÁQUINA 24
2.3 ALTERNATIVA DE DISEÑO PARA LA REPOTENCIACIÓN DE LA MÁQUINA 29
2.3.1 PRESENTACIÓN DE ALTERNATIVAS 29
2.1. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS 32
2.2. FACTORES CONSIDERADOS 33
2.3. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA POR EL MÉTODO ORDINAL CORREGIDO DE CRITERIOS PONDERADOS 34

2.4 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE CRITERIOS PONDERADOS 37
2.5 PROTOCOLO DE PRUEBAS..... 38
2.5.1 VERIFICACIÓN DE DIMENSIONES Y PESO 38
2.5.2 VERIFICACIÓN DEL MONTAJE DE LA MÁQUINA 38
2.5.3 VERIFICACIÓN DE ALINEACIÓN Y PARALELISMO 38
2.5.4 FUNCIONAMIENTO EN VACÍO 38
2.5.5 FUNCIONAMIENTO CON CARGA..... 39
CAPÍTULO 3 40
DISEÑO DE LOS ELEMENTOS A SER REPOTENCIADOS DE LA MÁQUINA……. 40
3.1 CÁLCULO DE LA FUERZA PARA BAROLAR 40
3.1.1 ANÁLISIS DE LAS CARGAS EN EL BAROLADO. 41
3.1.2 ANÁLISIS DE LA FUERZA EN EL BAROLADO 41
3.2 CÁLCULOS DEL SISTEMA DE TRASMISION DE POTENCIA 46
3.2.1 SELECCIÓN DE LA CADENA DE RODILLOS 47
3.2.2 SELECCIÓN DE LAS CATARINAS 48
3.2.3 LONGITUDES DE LAS CADENAS..... 51
3.3 CÁLCULOS DE LOS ELEMENTOS BAROLADORES..... 55
3.3.1 RODILLO BAROLADOR..... 55
3.3.2 RODILLO SUPERIOR E INFERIOR 58
3.3.3 DISEÑO DE COJINETES 61
3.4 CÁLCULOS DEL SISTEMA HIDRÁULICO 66
3.4.1 SELECCIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO..... 66
3.4.2 CAUDAL REQUERIDO Q 67
3.4.3 CÁLCULO DE POTENCIAS 68
3.4.4 SELECCIÓN DE VÁLVULAS..... 70
3.4.5 SELECCIÓN DE TUBERÍAS 70
3.4.6 DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DEL DEPÓSITO Y SISTEMA.. 74

3.4.7 SELECCIÓN DEL PISTÓN DE DOBLE EFECTO 75
3.4.8 CARACTERÍSTICAS FINALES DEL SISTEMA HIDRÁULICO..... 75
3.4.9 SELECCIÓN DEL ACEITE HIDRÁULICO 78
3.4.10 BENEFICIOS DEL ACEITE HIDRÁULICO 81
3.4.11 APLICACIONES DEL ACEITE HIDRÁULICO 81
3.5 SELECCIÓN DE LA UNIÓN MOTOR-BOMBA (MATRIMONIO) 82
3.5.1 CÁLCULO DEL TORQUE NOMINAL TNOM 82
3.5.2 CÁLCULO DEL TORQUE DE DISEÑO TDIS 83
3.5.3 MATERIAL DEL MATRIMONIO 85
3.5.4 NOMENCLATURA DEL MATRIMONIO A SELECCIONAR 85
CAPÍTULO 4 89
CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DE LA MÁQUINA REPOTENCIADA..... 89
4.1 CONSTRUCCIÓN 89
4.1.1 MÁQUINAS, HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN…..... 90
4.1.2 PROCESOS MECÁNICOS 91
4.1.3 MATERIA PRIMA..... 92
4.1.4 ELEMENTOS A FABRICAR..... 93
4.1.5 ELEMENTOS MECÁNICOS Y PIEZAS A CONSTRUIR 93
4.1.6 PASOS DE ELABORACIÓN..... 94
4.1.7 DIAGRAMA DE FLUJO DE CONSTRUCCIÓN 94
4.2 MONTAJE DE LOS ELEMENTOS DE LA BAROLADORA 97
4.2.1 DIAGRAMA DE MONTAJE..... 97
4.3 PRUEBAS DE CAMPO 103
CAPÍTULO 5 104
ANALISIS DE COSTOS 104
5.1 INTRODUCCIÓN..... 104
5.2 COSTOS DE LA MÁQUINA REPOTENCIADA. 104

5.2.1 COSTOS DIRECTOS 104

5.2.2 COSTOS INDIRECTOS..... 107

5.2.3 COSTO TOTAL..... 108

CAPÍTULO 6 109

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 109

6.1 CONCLUSIONES..... 109

6.2 RECOMENDACIONES 110

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA..... 111

ANEXOS 112

LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1. Cadenas dispuestas en la máquina 22
Tabla 2-2. Estado actual de los elementos del conjunto Estructura 26
Tabla 2-3. Estado actual de los elementos del conjunto barolador 27
Tabla 2-4 Estado actual de los elementos del conjunto motriz 28
Tabla 2-5. Codificación de alternativas 33
Tabla 2-6. Peso específico evaluado con Funcionalidad. 35
Tabla 2-7. Peso específico evaluado con Tiempo de procesado. 35
Tabla 2-8. Peso específico evaluado con Versatilidad. 35
Tabla 2-9. Peso específico evaluado con Seguridad. 35
Tabla 2-10. Peso específico evaluado con Facilidad de mantenimiento. 36
Tabla 2-11. Peso específico evaluado con Facilidad de operación. 36
Tabla 2-12. Peso específico evaluado con Facilidad de construcción y montaje. 36
Tabla 2-13. Peso específico evaluado con Bajo costo. 37
Tabla 2-14. Conclusiones para la selección de la alternativa. 37
Tabla 3-1. Cálculos de la fuerza y potencia de barolado 46
Tabla 3-2. Selección de las cadenas ASA/AISI 48
Tabla 3-3. Longitud de la cadena que trasmite potencia de la Catarina 1 a 2 52
Tabla 3-4. Longitud de la cadena que trasmite potencia de la Catarina 3 a 4,5,6 54
Tabla 3-5 Selección del rodillo critico 60
Tabla 3-6 Nomenclatura para el cálculo de los cojinetes 63
Tabla 3-7 Selección de cojinetes con carga critica 66
Tabla 3-8. Límites de velocidades recomendados para las diferentes líneas 72
Tabla 3-9. Dimensionamiento del depósito del fluido hidráulico para el sistema en función del volumen necesario en litros 74
Tabla 3-10. Cálculos del sistema hidráulico 76
Tabla 3-11. Selección de elementos del sistema hidráulico 77
Tabla 3-12 Equivalencias entre los diferentes sistemas de clasificación de la viscosidad 79
Tabla 3-13. Clasificación ISO de los aceites industriales 80
Tabla 3-14. Factor de aplicación de servicio en función de las características del motor y bomba 84
Tabla 3-15. Tipo de material del matrimonio a seleccionar en función de la temperatura de trabajo 85
Tabla 3-16. Tamaño del matrimonio a seleccionar en función del tipo de material y torque de diseño 86

Tabla 3-17. Codificación del matrimonio en función del o agujero del matrimonio para acoplamiento del eje 87
Tabla 4-1. Listado de máquinas, herramientas e instrumentos de medición 91
Tabla 4-2. Procesos tecnológicos 92
Tabla 4-3. Materia prima a utilizarse 92
Tabla 4-4. Elementos a construir 93
Tabla 4-5. Procesos de fabricación. 93
Tabla 4-6. Simbología utilizada en el diagrama de flujo 95
Tabla 4-7. Diagrama de flujo de construcción 95
Tabla 4-8. Diagrama de flujo de montaje 98
Tabla 5-1. Costo de materiales directos 105
Tabla 5-2.Costo de elementos normalizados 105
Tabla 5-3. Costos de maquinado y mano de obra 106
Tabla 5-4. Costo directo total 106
Tabla 5-5. Costos de materiales indirectos 107
Tabla 5-6. Costos de ingeniería 107
Tabla 5-7. Costos indirectos 108
Tabla 5-8. Costo total 108

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1. Barolado con cuatro rodillos 2
Figura 1-2 Baroladora de tres rodillos 3
Figura 1-3 Barolado en cilindro 3
Figura 1-4 Barolado elíptico 4
Figura 1-5 Barolado en U. 4
Figura 1-6 Barolado cono truncado. 4
Figura 1-7 Baroladora con disposición horizontal de los rodillos. 5
Figura 1-8 Baroladora con disposición vertical de los rodillos. 5
Figura 1-9 Baroladora de dos rodillos 6
Figura 1-10 Baroladora Tipo Piramidal 8
Figura 1-11 Baroladora de Zapato IMCAR series Tsih. 9
Figura 1-12 Baroladora Tipo Pinch 10
Figura 1-13 Baroladora de Cuatro rodillos o Doble Pinch 11
Figura 2-1 Conjunto Barolador 18
Figura 2-2 Conjunto motriz 20
Figura 2-3. Máquina baroladora estado actual 23
Figura 2-4. Vista de los rodillos baroladores 24
Figura 3-1 Diagrama de cuerpo libre de la chapa metálica 41
Figura 3-2. Geometría y fuerzas del proceso barolado. 42
Figura 3-3. Geometría de la chapa metálica, rodillo lateral inferior y la línea de simetría 43
Figura 3-4. Posición máxima del rodillo lateral para la deformación plástica de la chapa metálica 44
Figura 3-5. Disposición de las catarinas 49
Figura 3-6. Longitud de la cadena ASA/AISI 60-1 53
Figura 3-7. Longitud de la cadena ASA/AISI 100-2 54
Figura 3-8 Fuerza de barolado y rozamiento en el pre doblado 55
Figura 3-9 Diagrama de cuerpo libre de la lámina a barolar 56
Figura 3-10 Diagrama de fuerzas sobre rodillo barolador 57
Figura 3-11 Diagrama de fuerzas sobre rodillo inferior 58
Figura 3-12 Diagrama de fuerzas en cojinetes con carga Fa 62
Figura 3-13 Diagrama de fuerzas en cojinetes con carga Fb 65
Figura 3-14. Diagrama Sankey que representa los valores promedios de las respectivas eficiencias para cada elemento hidráulico 68

Figura 3-15. Diagrama del sistema hidráulico 71
Figura 3-16. Especificación de una rosca interna en el vástago 75
Figura 3-17. Máquina completa 88
Figura 3-17. Máquina completa 88
Figura 4-1. Instalaciones donde se encuentra la máquina..... 90
Figura 4-2. Puesta a punto de la maquina..... 101
Figura 4-3. Sistema hidráulico 101
Figura 4-4. Montaje de los pistones hidráulicos 102
Figura 4-5. Montaje de cadenas y catarinas 102

RESUMEN

El proyecto se inicia realizando un estudio teórico y descriptivo, el mismo que abarca el marco teórico que contiene información referente a las características del barolado de la chapa metálica, además se hace referencia a los tipos de máquinas que se utilizan en estas operaciones; se establece un punto de vista a partir del concepto de repotenciación, analizando sus ventajas y desventajas, las mismas que permiten enfocar el trabajo entorno a las necesidades de aumentar la producción de la empresa.

En el segundo capítulo se realiza el estudio del diseño original y situación actual de la máquina, de igual manera se analiza el estudio de las alternativas que presenta una sección muy importante que abarca los parámetros funcionales y de diseño, y el trabajo de campo ya que de esto se desprenden algunos datos importantes para el diseño, posteriormente se evalúan las alternativas y se escoge la mejor alternativa para el diseño. También se presenta el protocolo de pruebas en el que se detallan una serie de pasos importantes que se deben cumplir antes de dar por terminada la repotenciación de la máquina.

En el siguiente capítulo se realiza la fase de diseño en el que se diferencian cada uno de los sistemas involucrados en la repotenciación de la máquina, lo que se desarrolla en base a la determinación de las piezas a construirse y seleccionarse. Se presentan todos los cálculos involucrados y los autores que los recomiendan.

Con respecto al capítulo que describe la construcción, montaje y pruebas, se presentan esquemas los cuales muestran en forma secuencial como deben realizar estas actividades, describiendo paso a paso como se realiza el trabajo y sugiriendo mejoras que pueden ayudar en trabajos posteriores que se relacionen con éste.

El capítulo en el que se realiza el análisis de costos está en base a la recopilación de catálogos y proformas de algunas empresas que distribuyen elementos mecánicos y materiales en la ciudad de Quito y además con el valor de la mano de obra para realizar estos trabajos.

Finalmente se presentan las conclusiones del trabajo las cuales están íntimamente relacionadas con los objetivos y con los resultados obtenidos, y se establecen algunas recomendaciones que sirven para la operación de la máquina y para trabajos posteriores.

PRESENTACIÓN

En la actualidad los costos de maquinaria para la industria metalmecánica impide que las pequeñas y medianas metalmecánicas adquieran nuevos equipos para la producción, tal es el caso de la MECÁNICA INDUSTRIAL “ANGEL MARÍA LUNA” C.A., que tiene interés en la repotenciación de una máquina Baroladora de láminas de acero para espesores de hasta 6 mm, misma que se encuentra operando de forma manual.

La repotenciación consiste en la adaptación de un sistema hidráulico que garantizara un barolado para láminas de acero con espesores de hasta 6 mm, con lo cual se evitara la intervención del operario y permita superar las deficiencias causadas por los diferentes elementos mecánicos de sujeción.

Este proyecto busca además la puesta a punto de esta máquina, la misma que permite un incremento significativo en la producción debido a la reducción del tiempo que implica el proceso.

Posteriormente, se realiza un trabajo de campo mediante el cual se puede obtener tanto los parámetros funcionales como de diseño, todo esto aporta la información preliminar para el diseño; para luego estudiar la alternativa de diseño, realizar el diseño en sí y elaborar los planos

En la fase del diseño, inicialmente se necesita recopilar información referente a las operaciones que se realizan con esta máquina, así como también al diseño de maquinaria utilizada para trabajar con espesores de chapa de hasta 6mm, luego de esto se realiza un análisis de las piezas a ser cambiadas para posteriormente rediseñarlas, y con esto lograr la nueva potencia deseada para la máquina.

.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la industria metal mecánica del país, ha optado por la adquisición de tecnología importada, la que en muchos casos excede la capacidad real de producción, generando altos costos en amortización de dichos equipos y por ende pérdidas.

Por esta razón se ve la necesidad de innovar sus procesos y la calidad de sus servicios en función de las necesidades requeridas por dicha industria, tal es el caso de la MECÁNICA INDUSTRIAL “ANGEL MARÍA LUNA” C.A., que tiene interés en la repotenciación de una máquina Baroladora de láminas de acero para espesores de hasta 6 mm, misma que se encuentra operando de forma manual.

La repotenciación consiste en la adaptación de un sistema hidráulico que garantiza un barolado para láminas de acero con espesores de hasta 6 mm, con lo cual se evita la intervención del operario y permite superar las deficiencias causadas por los diferentes elementos mecánicos de sujeción.

1.2 BASE TEORICA

1.2.1 DEFINICÍON DEL PROCESO DE BAROLADO

La norma DIN 8582 define el curvado como el proceso de deformación plástica o permanente que sufre un material tras aplicar sobre el mismo un determinado momento flector. El curvado se efectúa en frío, ya que sólo los espesores muy gruesos requieren un calentamiento previo.

La deformación plástica mencionada, se produce tras sobrepasar la tensión de fluencia propia de cada material. Como la deformación elástica es reversible, el material recupera parte de su forma inicial tras el curvado. La suma de ambos procesos genera una serie de fenómenos colaterales, como la reducción del

ángulo de curvado, elongación de la lámina, ovalización de la sección, pérdidas de espesor, etc.

El barolado es un proceso mediante el cual una lámina es sometida a la acción de una serie de rodillos que le proporcionan a la chapa metálica una forma específica, en la figura 1.1 puede observarse este procedimiento. Este puede ser efectuado mediante máquinas automáticas o manuales, las cuales utilizan rodillos para curvar la chapa.

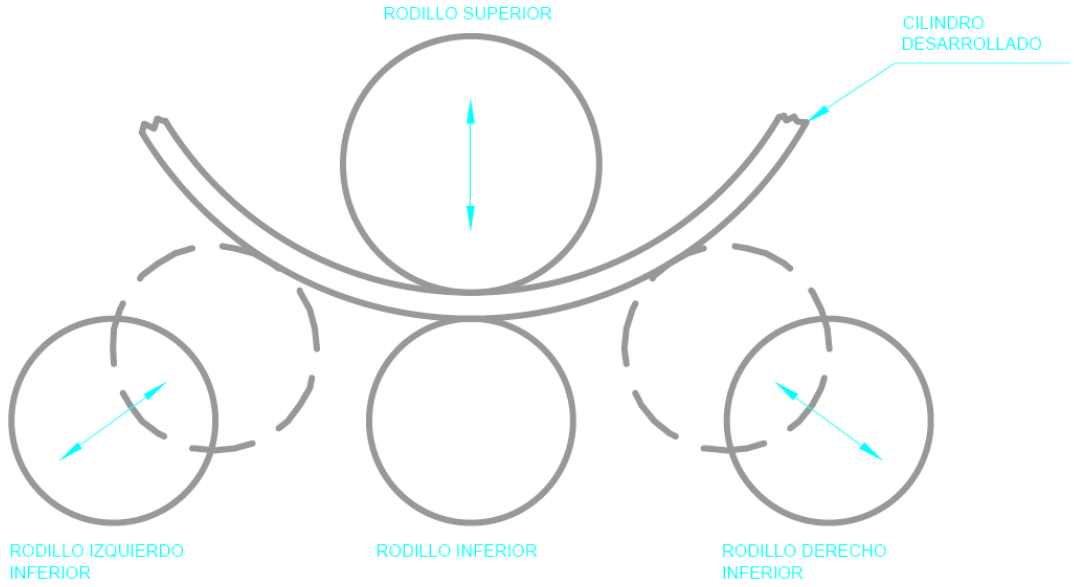


Figura 1-1. Barolado con cuatro rodillos

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Generalmente se toma como referencia el eje neutro del perfil a barolar, de forma que la parte exterior sufre tracción y la interior sufre compresión permitiendo la deformación plástica y el desplazamiento del grano siempre dentro del límite de fluencia. Para la obtención de un perfil barolado generalmente se lo realiza en una máquina que disponga de tres ejes giratorios al que se acoplarán diversos tipos de matrices guía. Ver figura 1.2.

Figura 1-2 Baroladora de tres rodillos[1]

1.3 TIPOS PROCESO DE BAROLADO.

Uno de los tipos más conocidos de barolado es aquel de forma cilíndrica, generalmente se lo utiliza para construir tanques de presión y ductos para diversos fines como se muestra en la figura 1.3.

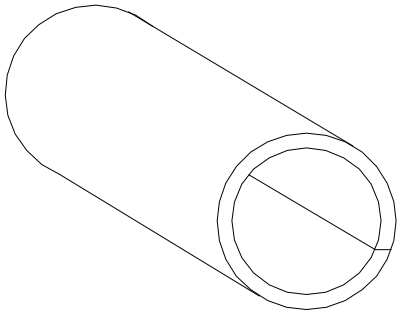


Figura 1-3 Barolado en cilindro

De igual manera es usado para barolar láminas con forma de elipse, figura 1.4, sección transversal usada para el transporte de líquidos, derivados de petróleo o sustancias químicas.

[1] http://www.directindustry.es/

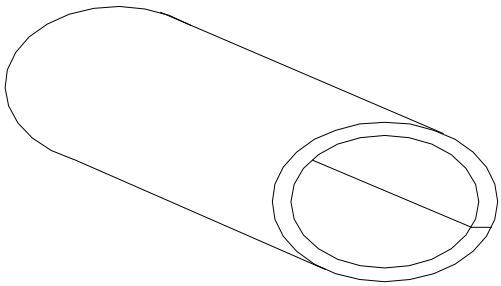


Figura 1-4 Barolado elíptico

Distintos tipos de cilindros contenedores se los obtiene únicamente mediante el proceso de barolado en U, como se indica en la figura 1.5, mismos contenedores son usados para el almacenamiento de aceite, así como también son usados como carcasas de transformadores eléctricos.

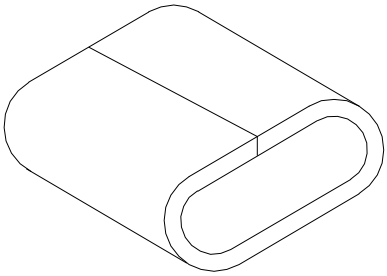


Figura 1-5 Barolado en U.

Las tolvas usadas en máquinas que necesitan algún tipo de alimentación, como las mezcladoras de cemento o las inyectoras de plástico, son obtenidas mediante el barolado de cono truncado, figura 1.6, que implica la variación del ángulo de posición de uno de los rodillos, este ángulo es semejante al ángulo que debe poseer el cono a ser obtenido.

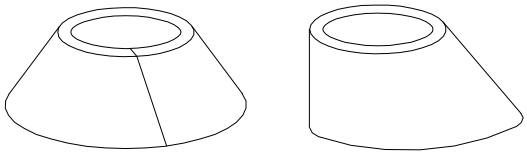


Figura 1-6 Barolado cono truncado.

1.4 TIPOS DE MÁQUINAS BAROLADORAS

Las máquinas baroladoras se fabrican en dos tipos, o sea, con disposición horizontal de los rodillos. Ver figura 1.7

Figura 1-7 Baroladora con disposición horizontal de los rodillos.

Y también con disposición vertical de los rodillos o matrices baroladoras. Ver figura 1.8. Se construyen por lo general, según el sistema de tres cilindros.

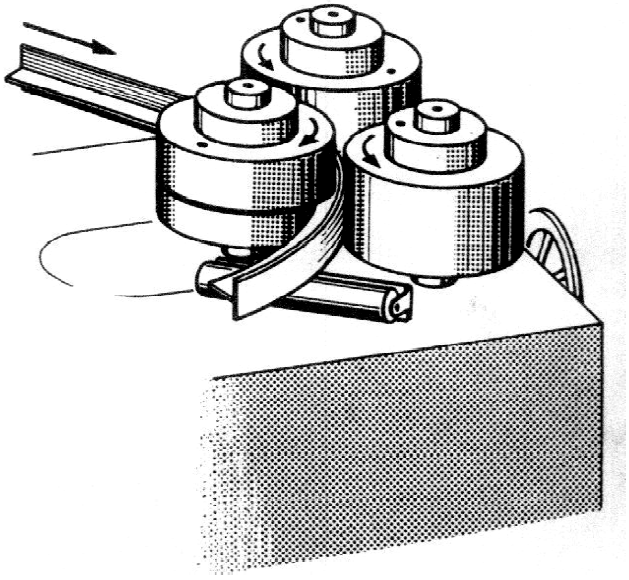


Figura 1-8 Baroladora con disposición vertical de los rodillos.

La tecnología utilizada para barolar chapas y perfiles tienen el mismo principio en todos los casos. Esto es, someter al material que en un principio es plano, a un esfuerzo que lo deforme plásticamente para darle el curvado requerido. Dicho esfuerzo se produce cuando el material choca y se desvía en un rodillo, que al girar a una velocidad determinada, hace que la chapa o el perfil se deformen uniformemente, formando así, el cilindro o anillo requerido.

Cabe mencionar que, la precisión de las piezas de trabajo depende también del tipo de máquina usada y variaciones de temperatura del material. A continuación se analiza cada uno de los tipos de baroladoras, así como, sus ventajas y desventajas.

1.4.1 BAROLADORA DE DOS RODILLOS

La baroladora de dos rodillos tiene a éstos dispuestos sobre un mismo eje vertical como se muestra en la figura 1.9. En esta máquina, el barolado se lo hace al presionar el rodillo inferior con el superior, formando una matriz por la cual pasará la plancha.

Las principales ventajas con las que cuenta esta máquina son: el barolado de planchas es de alta precisión y en una sola pasada, y la capacidad de curvar superficies planas con espesores mínimos.

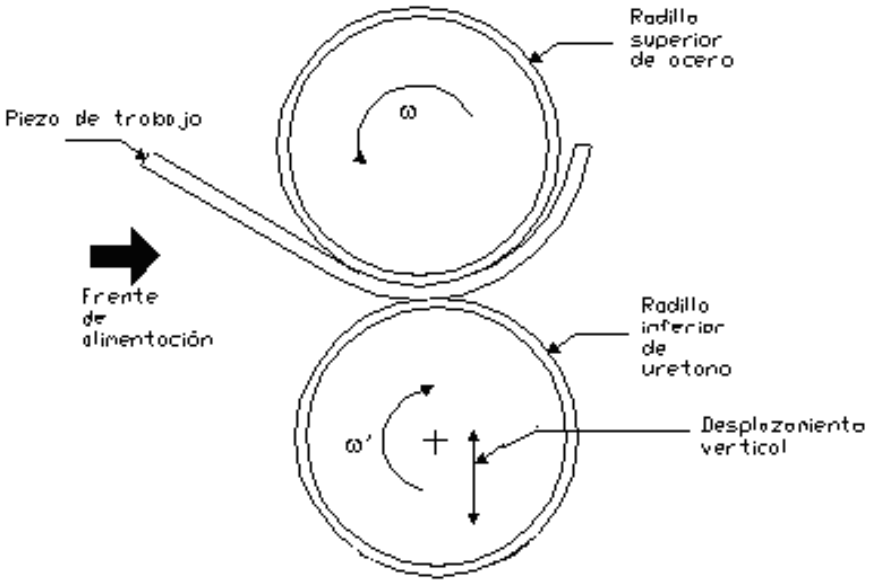


Figura 1-9 Baroladora de dos rodillos

1.4.2 BAROLADORA DE TRES RODILLOS

Existen tres tipos de máquinas baroladoras de tres rodillos: el tipo Pinch, el tipo Zapato y el tipo Piramidal. Estas máquinas están catalogadas por el fabricante según el espesor máximo y ancho de material que la máquina puede formar a la temperatura del lugar de trabajo. Normalmente se dan los valores que puede barolar la máquina en una pasada como en múltiples pasadas.

1.4.2.1 BAROLADORA TIPO PIRAMIDAL

En la figura 1.10 se ilustra el posicionamiento de los rodillos de una máquina tipo Piramidal. Los rodillos inferiores son de igual diámetro, pero son aproximadamente el 50 % más pequeños que el rodillo superior.

Los inferiores son conducidos por catarinas y comúnmente son fijos, cada uno de estos rodillos son apoyados en dos rodillos más pequeños. El rodillo superior es verticalmente ajustable para controlar el diámetro del cilindro formado. El rodillo superior gira libremente, y depende de la fricción con el metal de trabajo para su movimiento o rotación. En este rodillo no se utilizan rodillos de soporte.

El rodillo superior es ocioso, por consiguiente hay limitaciones bien definidas sobre el espesor del material de trabajo que puede ser barolado (sobre todo al formar diámetros grandes).

Otra desventaja de la máquina piramidal es las grandes áreas llanas o bordes sin pre doblado, que permanecen en ambos filos de la plancha del metal ya formado. Ya que, las piezas de trabajo deben permanecer apoyadas en todo momento por los rodillos inferiores, los filos nunca pueden acercarse al rodillo superior y esto se produce por la distancia entre los puntos de tangencia.

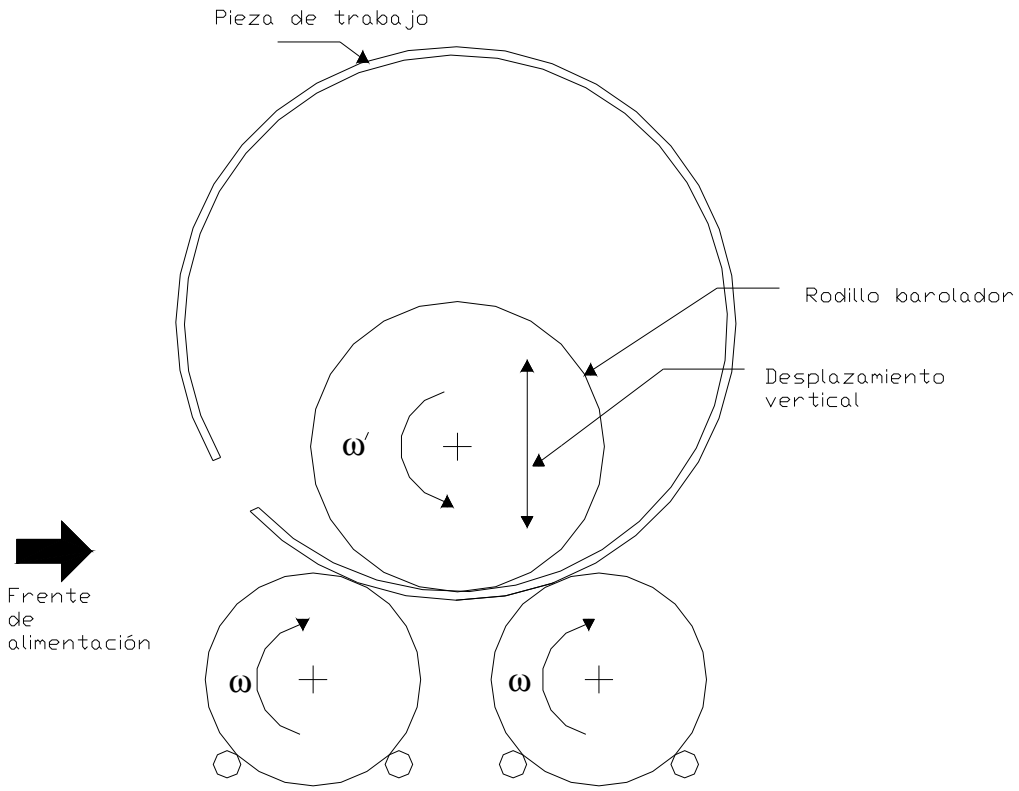


Figura 1-10 Baroladora Tipo Piramidal

1.4.2.2 BAROLADORA TIPO ZAPATO

Está formada por tres rodillos, dos de los cuales transmiten el movimiento, permaneciendo fijos durante su funcionamiento y son graduables dependiendo del espesor del material; en cambio el tercer rodillo es el que da la curvatura del material gracias a su movimiento en dirección diagonal y gira solo por rozamiento con el material; la entrada del material se lo hace por los rodillos fijos, el movimiento es por medio de motores, cuya velocidad de giro de los rodillos es controlada por un sistema de engranajes.

Figura 1-11 Baroladora de Zapato IMCAR series Tsih.[2]

1.4.2.3 BAROLADORA TIPO PINCH

Estas tienen una disposición como la mostrada en la figura 1.12. En estas máquinas los rodillos son del mismo diámetro. Sin embargo, en máquinas más grandes, los rodillos superiores son a veces más pequeños en diámetro para mantener la velocidad de rolado en las superficies. Estas máquinas más pesadas proporcionan mejor agarre en los rodillos delanteros para que no exista diferencia entre la velocidad de los rodillos. Por consiguiente, cuando el metal de trabajo es grueso, el diámetro del rodillo superior disminuye a relación de los rodillos inferiores.

La posición del rodillo superior es fija, mientras que el inferior delantero es ajustable en sentido vertical, dependiendo del espesor del material a ser barolado para que exista un buen agarre debido a la fricción, pero pueden variar las posiciones.

Las ventajas de una máquina tipo Pinch, comparadas con una máquina tipo Piramidal, son:

- Barolar un rango de mayor espesor del metal debido a la alimentación.
- La mayor exactitud dimensional puede ser obtenida en un paso en una máquina tipo Pinch que en una Piramidal.

[2] http://www.dismamex.com.mx/imcar.html

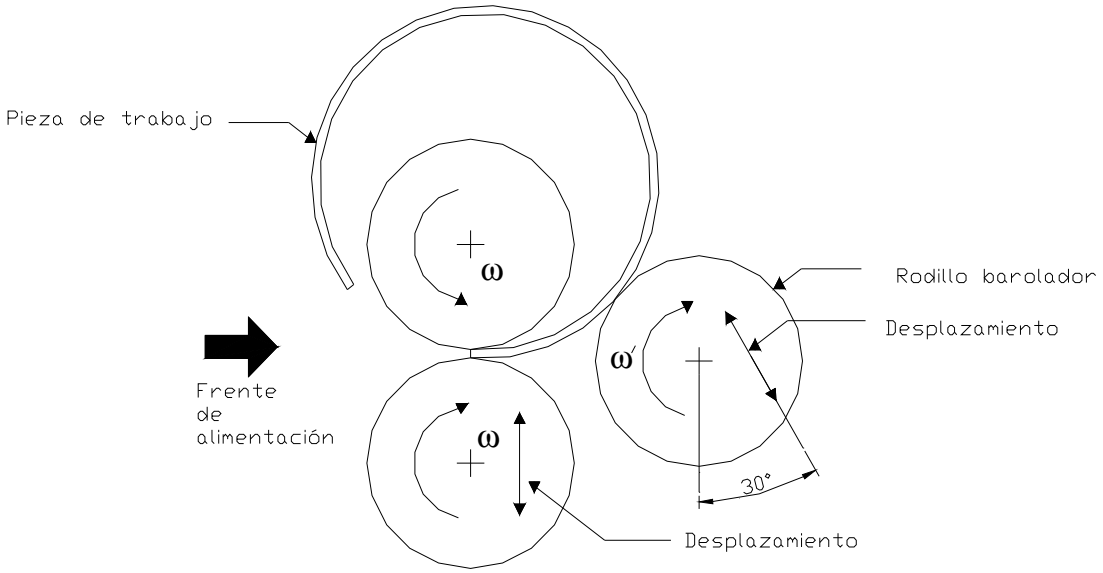


Figura 1-12 Baroladora Tipo Pinch

1.4.3 BAROLADORA DE CUATRO RODILLOS (DOBLE PINCH)

El rodillo superior es fijo y el rodillo inferior es ajustable verticalmente para controlar la variación de espesor. El rodillo barolador está directamente debajo del rodillo superior, sin desplazamiento, y los dos rodillos son ajustables angularmente, como se muestra en la figura 1.13. El rodillo superior y el rodillo barolador son conectados a un motor, y los dos restantes se mueven por el contacto del material con el rodillo, es decir, por fricción. Esta máquina trabaja como un tipo Pinch, ya que el cuarto rodillo es el del preformado.

Este tipo de baroladora de cuatro rodillos es especialmente conveniente para producciones del mismo tamaño o productos barolados con bases regulares. La selección de la posición para la producción pude ser grabada, y los rodillos pueden ser prefijos para barolar. Esta máquina tiene la ventaja de barolar largas o grandes planchas de metal, obteniendo piezas de una sola pasada. Una desventaja de esta máquina es que el costo de fabricación se incrementa en un 20-30 % en comparación a una máquina tipo piramidal[3]

[3] Wick Benedict Veilleux, Tool and Manufacture Engineers Handbook. Editorial McGraw-Hill, Quinta edición, USA, 1998.

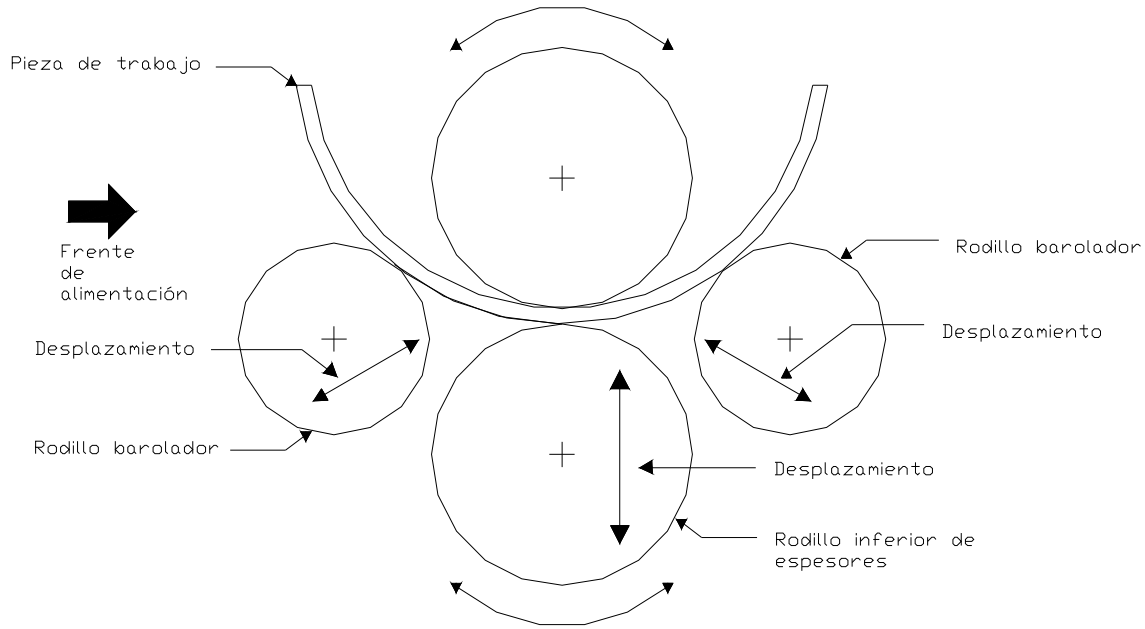


Figura 1-13 Baroladora de Cuatro rodillos o Doble Pinch

1.5 REPOTENCIACIÓN

El término repotenciación es utilizado para definir un proceso de actualización o mejoramiento de un sistema o un equipo que por el transcurso del tiempo ha ido quedando en la obsolescencia, o a caído en la falta de eficiencia.

El repotenciar implica una actualización global, un rediseño, o una restructuración, del sistema o equipo. Esto para el caso que no se compete significa una mejora en la capacidad de carga, en la operación del equipo y el mejoramiento tecnológico de todos los sistemas involucrados en la máquina.

Repotenciar una máquina implica principalmente que alguna de las partes (sistemas, subsistemas, elementos, accesorios, etc.) que conforman la máquina original dejen de ser funcionales, lo que obliga a que estas partes sean modificadas o remplazadas.

Posiblemente la opción más conveniente económicamente, sea la modificación de las partes, pues se puede mantener el sistema o elemento con solamente realizar reforzamientos o actualizaciones tecnológicas. De ser necesario el remplazo de partes, habrá que ver si se lo puede hacer por otras redimensionadas, es decir

manteniendo el mismo diseño fabricar nuevas partes, pero con el tamaño adecuado de tal forma que les permita ser funcionales.

Esto último pudiese no ser conveniente al no cumplir con ciertos parámetros o simplemente ser más caro. En este caso se debe pensar en un nuevo diseño para los sistemas o elementos.

Para repotenciar una máquina que cuentan con varios sistemas, es probable que la mejor alternativa de solución sea la combinación entre modificación, redimensionamiento y rediseño, sin eliminar la opción de diseñar una máquina completamente nueva.

La reconstrucción mecánica o electrónica de maquinaria persigue restablecer e incluso mejorar las prestaciones originales de un equipo, con el fin de impulsar la productividad y competitividad de los talleres, en una época en la que cada vez más se necesita rapidez y calidad, además de ahorros en el presupuesto.

El principal objetivo de la modernización de maquinaria es impulsar la productividad y competitividad de la industria, además aprovechar las oportunidades que brindan los tratados de libre comercio y acuerdos comerciales con el fin de contribuir con el crecimiento de las compañías en el mercado internacional.

En este contexto siempre es una excelente solución la sustitución y actualización de la maquinaria, por equipos y tecnología de punta, para aprovechar, entre otros, los beneficios arancelarios que implica la importación de maquinaria nueva; no obstante, en el camino hacia la productividad y competitividad, las opciones no se limitan a remplazar los antiguos equipos por nuevos.

En muchos casos, las máquinas viejas tienden a encontrarse en buen estado mecánico, pueden ser actualizadas y para potenciar sus posibilidades, y así aumentar la productividad de la fábrica, minimizar costos y generar mayores utilidades.

De hecho, un adecuado proceso de repotenciación de la maquinaria de una empresa, es una alternativa técnica y económicamente viable, para que, según el nivel tecnológico de los equipos, éstos sean susceptibles de mejoras funcionales.

Hoy en día, los nuevos equipos metalmecánicos, no son mejores ni más robustos que hace 30 años, pero sí en cuestión de control, automatización y velocidad, es decir; en sus componentes electrónicos.

En este sentido, dichas máquinas pueden ser objeto de una intervención, que no es más que el reacondicionamiento de equipos realizando modificaciones o remplazos de sus componentes. Se cambian partes dañadas o deficientes y se conserva la estructura mecánica en buen estado como los tableros y componentes principales en general.

Para repotenciar maquinaria metalmecánica los avances tecnológicos más significativos los constituyen los sistemas de servomotores, manipuladores eléctricos, sensores, control numérico, PLC, software, componentes de seguridad, dispositivos robóticos y equipos medio ambientalmente amigables.

En la repotenciación debe considerarse la modificación y adaptación del diseño existente teniendo como objetivo la satisfacción de los nuevos requerimientos, minimizando los cambios en el diseño original y maximizando la utilización de los equipos y dispositivos existentes.

El fin último es evitar que las máquinas encargadas de una producción, antiguas o nuevas, trabajen o se desempeñen a niveles menores de su capacidad; la idea es aprovechar al máximo el rendimiento de los equipos y si éstos necesitan nuevos aditamentos o modernización de sus componentes, es indispensable reacondicionarlos hasta dejarlos como nuevos o mejor. Actualmente una empresa no se puede dar el lujo de tener activos improductivos y mucho menos obsoletos.

No se trata de calificar la repotenciación en términos de buena o mala, sino como una alternativa útil. La repotenciación no entra en competencia con la maquinaria nueva, ya que emplear una máquina nueva o usada está determinado por el tipo de pieza que se quiere fabricar.

La maquinaria repotenciada tiene su espacio propio en los sectores en los que no hay una exigencia de adaptación de las últimas tecnologías en temas de producción o transformación, tal como se presentan en el la industria del metal. Por ejemplo, hay equipos que pueden alcanzar precisiones de aproximadamente 0,01 mm, lo cual, en muchos casos, es suficiente para ciertos tipos de productos y procesos metalmecánicos.

Los factores a tener en cuenta que ayudan identificar la sustitución o repotenciación de la maquinaria son:

- El costo acumulado promedio por unidad de uso; es decir, es necesario establecer el desgaste de la máquina en términos de costo de producción vs la edad del equipo.
- Cuando la máquina es obsoleta en tecnologías electrónicas e informáticas en comparación con los modelos nuevos, pero conserva eficiencia y capacidad.
- Cuando la máquina pierde su confiabilidad para trabajar: sale constantemente a reparaciones, para ello hay que mirar la periodicidad de daños, el costo de las averías y la eficiencia de uso después de reparaciones.
- La máquina está desgastada y los repuestos son costosos.
- El aumento en el tamaño de una operación hace que la máquina sea demasiado pequeña para efectuar el trabajo en el tiempo requerido: observar potencia y capacidad.

En la repotenciación de maquinaria, hay que tener en cuenta que la decisión de inversión está en función del modelo, capacidad de la máquina y tecnología y no de su estado, ya que en el proceso de renovación el equipo debe quedar como nuevo a precios razonables.

1.5.1 POSIBILIDADES Y LÍMITES[4]

Es claro que no todas las máquinas son susceptibles de ser repotenciadas, ya que antes es necesario analizar las características propias de cada equipo. Antes de repotenciar cualquier máquina es necesario realizar un diagnóstico concienzudo de las posibilidades y límites de los sistemas.

Algunos de los componentes que con mayor frecuencia se pueden intervenir en una máquina son: motores, sistemas de transmisión de potencia, controlador, interfaz hombre máquina, finales de carrera, paro de emergencia, fuentes y regulador de potencia. Depende de las características que se quieran para el equipo estos componentes pueden variar, a la vez que sus características.

La reconstrucción mecánica puede incluir desde el reajuste de guías, la reparación del cabezal hasta la eliminación de holguras, mientras que la reconstrucción electrónica puede implicar desde una simple actualización del software hasta el reajuste de parámetros dinámicos en los controladores de potencia (‘drivers’).

1.5.2 VENTAJAS

Al modernizar una máquina o sistema, se obtienen las siguientes ventajas básicas, según los accesorios y el grado de reformas:

- Mejor disponibilidad y aumento de productividad.
- Operación y programación más convenientes.
- Ciclos más rápidos para el procesamiento de componentes complejos.
- Mejor precisión.
- Reducción de pausas y tiempos de parada.
- Largo período de suministro de repuestos garantizado.
- Administración de datos de manera confiable y segura (Mayor y más fácil control de la información histórica de las máquinas, tiempos

[4]http://colombia.acambiode.com/producto/mantenimiento-y-repotenciacion-demaquinaria_184242

muertos, piezas producidas y registro de mantenimientos, entre otros).

- Mayor capacidad de almacenamiento.
- Opciones de Networking e integración CAD.
- Reducción de la inversión en la adquisición de maquinaria nueva.

El alcance de la modernización y los componentes remplazados determinan el precio de la repotenciación. De esta forma, el dueño de la máquina decide, según la necesidad, sobre las futuras mejoras y servicios adicionales tales como capacitación, conversiones de programas de piezas y contratos de reparación/servicios.

En general, se estima que el costo de una modernización oscila entre 20 y el 60 por ciento del valor de compra de una máquina nueva, según el alcance del servicio. El tiempo necesario para la repotenciación depende del alcance de las medidas planificadas. Según el nivel de modernización, se puede lograr un nivel de funcionalidad de máquina elevado, acorde a la tecnología de punta utilizada.

De esta manera, se alcanzan los altos estándares de calidad, no solo en el ámbito de la producción, sino también en seguridad y monitoreo.

CAPÍTULO 2

SITUACIÓN ACTUAL

2.1 DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO ORIGINAL

La baroladora está compuesta por los siguientes conjuntos:

1. Conjunto estructura
2. Conjunto barolador.
3. Conjunto motriz.

2.1.1 CONJUNTO ESTRUCTURA

La estructura principal de la máquina, son todos los elementos que van a soportar los diferentes sistemas y unidades que componen a la máquina. La estructura debe tener rigidez para poder cargar con todo el peso de los componentes.

Las partes que componen al conjunto estructura son las siguientes:

- Cuerpo de la estructura
- Base del motor

2.1.1.1 Cuerpo de la estructura

El armazón o estructura es sin duda, una de las piezas más importantes de la máquina baroladora, debido a las funciones que debe cumplir en dicha máquina. Esta es la pieza, donde se sienta todo el peso de la máquina, sirve de apoyo de la misma.

Esta pieza es de fácil elaboración, siguiendo el diseño para la aplicación de barolado, se fabrica con acero de trasmisión.

2.1.1.2 Base del motor

Esta pieza es construida por el mismo proceso de fabricación del cuerpo de la estructura, actualmente esta base del motor funciona como dispositivo de ajuste

de tensión de la cadena ASA N° 80-1, el funcionamie nto consiste en pandear la estructura base del motor, para así ajustar la tensión en la trasmisión.

2.1.2 CONJUNTO BAROLADOR

En el conjunto barolador, se encuentran todos aquellos elementos y piezas que permiten el movimiento de los cilindros baroladores.

En esta máquina, se tiene el movimiento rotacional de los cilindros baroladores, que a su vez está unido al reductor y motor a través de cadenas y bandas de trasmisión. Cuando el motor es accionado por el conjunto de accionamiento entra en funcionamiento el reductor el cual trasmite una potencia a las cadenas las cuales a través de catarinas accionan el conjunto barolador.

Este conjunto barolador está conformado por las siguientes partes:

- Rodillos baroladores
- Tornillos de potencia para regulación de los cilindros
- Tornillos para ajuste de la chapa a barolar
- Bocines

Figura 2-1 Conjunto Barolador

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

2.1.2.1 Rodillos baroladores

Este sistema consta de cuatro cilindros, dos de los cuales barolan la chapa y los otros dos ajustan la chapa. Los cilindros baroladores de pre doblado y ajuste tienen las siguientes dimensiones respectivamente: Di=Dd=124mm; Dms=Dmi=178mm.

2.1.2.2 Tornillos de potencia para regulación de los cilindros.

Los tornillos de potencia regulan la posición de los cilindros baroladores en el momento de pre doblado, los cuales son ajustados manualmente ejerciendo una gran fuerza en cada tornillo, aproximadamente una tonelada fuerza en cada tornillo.

2.1.2.3 Tornillos para ajuste de la chapa a barolar

Los tornillos para ajuste de la chapa a barolar es ajustado también por tornillos de potencia, cada tornillo ejerce una fuerza menor a la solicitada en el momento de pre doblado.

2.1.2.4 Bocines

Los bocines son elementos mecánicos que permiten el buen funcionamiento de la máquina para producir una rodadura.

2.1.3 CONJUNTO MOTRIZ

En el conjunto motriz de la baroladora, se encuentran todos aquellos elementos y piezas que permiten el movimiento de los cilindros baroladores. En esta máquina, se tiene el movimiento rotacional de los cilindros baroladores, que a su vez está unido al reductor y motor a través de cadenas y bandas de trasmisión. Cuando el motor es accionado por el conjunto de accionamiento entra en funcionamiento el reductor el cual que trasmite una potencia a las cadenas las cuales a través de catarinas accionan el conjunto barolador.

Este conjunto motriz está conformado por las siguientes partes:

- Motor
- Reductor de velocidad
- Bandas de trasmisión en V
- Cadenas de rodillos
- Catarinas
- Interruptor de encendido

Figura 2-2 Conjunto motriz

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

2.1.3.1 Motor

Consta de un motor trifásico de 10HP y 1745rpm.

El conjunto motor, juega una importante función en la baroladora, ya que sin el motor, la baroladora obviamente no puede trabajar óptimamente debido a que al intentar hacerla trabajar sin el motor, es decir, con una fuente de movimiento alterna como lo es la fuerza humana, es prácticamente inútil porque como se dijo

anteriormente, el motor usado es lo suficiente potente para poner a trabajar eficientemente los rodillos baroladores. Las partes que componen al conjunto motor son las siguientes:

- Armazón
- Colector
- Collarín
- Eje
- Estator
- Interruptor
- Porta correa
- Protector Cableado
- Rodillo Muelle
- Rotor
- Tapa Frontal
- Tapa Posterior
- Ventilador

2.1.3.2 Reductor de velocidad

Consta de un reductor de velocidad de relación de trasmisión de 87,25:1, con una velocidad de salida de 20 rpm.

El conjunto reductor de velocidad juega un papel importante en el accionamiento del conjunto barolador ya que este reductor trasmitirá la velocidad deseada a los rodillos baroladores por medio de una trasmisión de potencia que consta de bandas, cadenas y catarinas.

2.1.3.3 Bandas de trasmisión en V

Las bandas están encargadas de transmitir la potencia desde el motor eléctrico hacia el reductor de velocidad, el mismo que a su vez transmite la potencia a los rodillos baroladores por medio de un sistema de cadenas de rodillos para así generar la operación de barolado. Se utiliza bandas trapezoidales, las mismas que deben asegurar una resistencia excelente a la tracción, la flexión, la fatiga y las

cargas de choque; además, el compuesto de elastómero del que están construidas debe resistir al calor, al ozono y a la luz solar. La banda no se inflama por causa del calor, incluso si es sometida a una fuerte fricción[5]

2.1.3.4 Cadenas de rodillos

El sistema por trasmisión de cadenas es accionado por medio de una cadena ASA No 60 accionado en primera fase con las siguientes características: relación de trasmisión i=0.35 y una cadena ASA No 80 accionado en segunda fase con las siguientes características: relación de trasmisión i=1.29, los cuales accionan los rodillos baroladores, este sistema constituye un sólido y seguro sistema de trasmisión de la energía mecánica.

2.1.3.5 Catarinas

El sistema de catarinas es accionado por medio de las cadenas de trasmisión de rodillos, las cuales tienen las siguientes características. Catarinas Z1=19, W1= 20rpm; Z2=50 W2=7rpm; Z3=20 W3=7rpm; Z4=Z5=Z6=15 W4,5,6=9rpm. Las cargas de rotura de la cadena son: Rt [60] = 8500 [lb], Rt [80] = 14500 [lb][6]

Tabla 2-1. Cadenas dispuestas en la máquina

DATOS	P=10Hp=7.456Kw							
	1 [60]		2 [60]		3 [80]		4=5=6 [80]	
W [rpm,rad/s]	20	2,094	7	0,733	7	0,733	9	0,943
Z [número de dientes]	19		50		20		15	
R [m]	0,057		0,083		0,153		0,06	
T [N.m]	3560,65		10171,90		10171,90		7910,88	
F [kN]	62,47		122,55		66,48		131,85	
Rt 60, 80 [lbf, kN]	8500	37,8	8500	37,8	14500	64,5	14500	64,5

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

[5] http://www.gates.com/Spain/brochure.cfm?brochure=8213&location_id=11748
[6] MOTT, R: Diseño de Elementos de Maquinas: Editorial PEARSON Educación 4ta Edición: México: 2006: Pag. 288.

2.1.3.6 Interruptor de encendido

El interruptor de encendido es el encargado controlar el paso de energía eléctrica hacia el motor, el mismo que genera la potencia necesaria para la operación de barolado.

2.2 ESTADO ACTUAL DE LA BAROLADORA

La máquina se encuentra operando normalmente. La capacidad actual de la máquina para barolar es de 5mm de espesor de chapa, por lo que la máquina no satisface los requerimientos actuales de la empresa. La máquina tiene problemas en barolar un espesor mayor, rompiéndose así la cadena de trasmisión ASA N° 80-1. En la figura 2.1, figura 2.2 se presentan algunas vistas del estado actual de la Baroladora.

Figura 2-3. Máquina baroladora estado actual

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Figura 2-4. Vista de los rodillos baroladores

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

2.2.1 INSPECCIÓN EXTERNA E INTERNA DE LA MÁQUINA

Se basa en examinar o reconocer atentamente el equipo, visualizando de una manera eficaz y efectiva las partes constituyentes de la maquina sin necesidad de quitar elementos de la misma, para así tomar alguna acción pertinente al mantenimiento preventivo o correctivo, a continuación se mencionan algunos aspectos.

- Revisión del aspecto físico general del equipo y sus componentes, para detectar posibles impactos físicos, maltratos, corrosión en la carcasa o levantamiento de pintura, cualquier otro daño físico. Esto incluye viñetas y señalizaciones, falta de componentes o accesorios, etc.
- Revisión de componentes mecánicos, para determinar falta de lubricación, desgaste de piezas, sobrecalentamiento, roturas, etc. Esto incluye los sistemas neumáticos e hidráulicos, en los cuales también es necesario detectar fugas en el sistema.
- Revisión de componentes eléctricos, esto incluye cordón de alimentación donde se revisa que éste se encuentre íntegro, sin dobleces ni roturas, o cualquier signo de deterioro de aislamiento, la

toma deberá ser adecuada al tipo y potencia demandada por el equipo y debe hacer buen contacto con la toma de pared.[7]

La máquina se encuentra operando normalmente, barolando chapas de hasta 4mm de espesor, debido a lo cual se remplazan pocas partes.

A continuación se realiza el análisis de la inspección realizada a cada componente. Cabe recalcar que los elementos que no son remplazados deben pasar por un proceso de limpieza adecuada para quitar los residuos de corrosión ocasionados por la atmósfera, además se debe añadir pintura anticorrosiva para evitar la exposición directa de la superficie con el medio.

2.2.1.1 Conjunto estructura

La estructura principal de la máquina, son todos los elementos que van a soportar los diferentes sistemas y unidades que componen a la máquina. La estructura debe tener rigidez para poder cargar con todo el peso de los componentes

Las partes que componen al conjunto estructura son las siguientes:

- Cuerpo de la estructura
- Base del motor

A continuación se presenta información detallada de cada componente del conjunto estructura tal como: función, material, etc.

2.2.1.1.1 Cuerpo de la estructura

El armazón o estructura es sin duda, una de las piezas más importantes de la máquina baroladora, debido a las funciones que debe cumplir en dicha máquina. Esta es la pieza, donde se sienta todo el peso de la máquina, sirve de apoyo para el conjunto motriz y el conjunto barolador.

[7] http://www.buenastareas.com/ensayos/Programa-De-Mantenimiento-De-Una-Troqueladora/1015488.html

2.2.1.1.2 Base del motor

Esta pieza es construida por el mismo proceso de fabricación del cuerpo de la estructura, actualmente la base del motor funciona como dispositivo de ajuste de tensión de la cadena ASA N° 80-1, el funcionamiento consiste en pandear la estructura base del motor, proceso realizado por un mecanismo de tornillos para realizar el pandeo en la base del motor.

Tabla 2-2. Estado actual de los elementos del conjunto Estructura

CONJUNTO ESTRUCTURA			
ELEMENTO	ESTADO		
	DAÑADO	FALTANTE	ÓPTIMO
Cuerpo de la estructura			X
Base del motor			X

Fuente: Propia
Elaboración: Propia

2.2.1.2 Conjunto Barolador

2.2.1.2.1 Rodillos Baroladores

Estos rodillos se encuentran operando de forma normal, pero se puede observar que se encuentran degastados y no realizan un adecuado trabajo. Con lo antes expuesto, este elemento es estudiado, analizado y seleccionado en el capítulo 3, correspondiente al diseño de los elementos de la baroladora y remplazarlo.

2.2.1.2.2 Tornillos de potencia para la regulación de los cilindros

Estos tornillos de potencia se encuentran operando normalmente, pero debido al requerimiento de la empresa de semi-automatizar el proceso de barolado, es necesario eliminar estos tornillos y reemplazarlos por cilindros hidráulicos. Con lo antes expuesto, este elemento debe ser estudiado, analizado y seleccionado en

el capítulo 3, correspondiente al diseño de los elementos de la baroladora y remplazarlo.

2.2.1.2.3 Tornillos para ajuste de la chapa a barolar

Estos tornillos se encuentran operando normalmente, con lo que es innecesario cambiarlos. Con el análisis antes realizado; este elemento no debe ser remplazado.

2.2.1.2.4 Bocines

Estos bocines se desgastados por lo que se realiza un estudio en el capítulo 3 para ser remplazados

Tabla 2-3. Estado actual de los elementos del conjunto barolador

CONJUNTO BAROLADOR				
ELEMENTO	ESTADO			
	DAÑADO	FALTANTE	NO CUMPLE CON REQUERIMIENTO	ÓPTIMO
Rodillos Baroladores				X
Tornillos de potencia para la regulación de los cilindros			X	
Tornillos para ajuste de la chapa a barolar				X
Bocines				X

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

2.2.1.3 Conjunto motriz

2.2.1.3.1 Motor

Se puede apreciar que debido al normal funcionamiento del motor, este se encuentra en óptimas condiciones ya que no se encontraron signos considerables de desgaste, debido a que sigue entregando la misma potencia y torque.

Con el análisis antes realizado; este elemento no debe ser remplazado.

2.2.1.3.2 Bandas

Las bandas se encuentran operando normalmente, pero debido al uso se observa un deterioro normal por lo que no es necesario cambiar las bandas.

2.2.1.3.3 Cadenas de trasmisión de rodillos

La cadena de trasmisión ASA N°60-3/4 se encuentra operando normalmente, mientras que la cadena de trasmisión ASA N°80-1 se rompe cuando la maquina barola espesores mayores a 5mm, Con lo antes expuesto, este elemento debe ser estudiado, analizado y seleccionado en el capítulo 3, correspondiente al diseño de los elementos de la baroladora y remplazarlo.

Tabla 2-4 Estado actual de los elementos del conjunto motriz

CONJUNTO MOTRIZ				
ELEMENTO	ESTADO			
	DAÑADO	FALTANTE	NO CUMPLE CON REQUERIMIENTO	ÓPTIMO
Motor				X
Reductor de Velocidad				X
Banda de trasmision en V				X
Cadenas de trasmision de rodillos			X	
Catarinas			X	
Interruptor de encendido				X

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

2.3 ALTERNATIVA DE DISEÑO PARA LA REPOTENCIACIÓN DE LA MÁQUINA

2.3.1 PRESENTACIÓN DE ALTERNATIVAS

En base a los parámetros de diseño y la funcionalidad de la máquina requerida, se establecen tres alternativas, de las cuales solo se escogen dos, debido a que la tercera alternativa es una máquina baroladora por cilindros neumáticos, la cual no satisface requerimiento de fuerza, por lo que el estudio es de dos alternativas, alternativa 1 por medio de cilindros hidráulicos y alternativa 2 por medio de motor-reductores, para realizar el estudio mediante la evaluación de cada uno de sus factores principales para posteriormente realizar la selección de la alternativa a diseñar y construir.

Para este estudio se presentan las alternativas siguientes:

- Maquina baroladora por cilindros hidráulicos
- Maquina baroladora por motor-reductores

2.3.1.1 Alternativa 1: maquina baroladora por cilindros hidráulicos

2.3.1.1.1 Descripción

Esta alternativa comprende de un sistema hidráulico, que proporciona movimientos a los rodillos baroladores.

Estos cilindros hidráulicos proporcionan movimiento independiente en cada uno de ellos, haciendo posible la regulación del rodillo barolador,

El mecanismo hidráulico de regulación, es el de mayor rendimiento y eficiencia, ya que permite un trabajo más rápido y controlado, así como el de curvar láminas de gran espesor.

Para el diseño del sistema hidráulico son esenciales elementos que proporcionen la fuerza necesaria para el rolado de lámina, entre los cuales encontramos cilindros hidráulicos de doble efecto, electroválvulas, válvulas de alivio, filtros, bomba hidráulica, entre otros.

Los movimientos son por medio de ciclos de subida y bajada que deberán poseer los cilindros hidráulicos para la elaboración del barolado de chapa metálica, ya que los movimientos de los rodillos baroladores están establecidos para trabajar de forma independiente.

Cada cilindro hidráulico de doble efecto deberá llevar una electroválvula asociada, estos dispositivos están especificados como 4/3 NC, es decir, electroválvulas de cuatro vías, tres posiciones, normalmente cerradas de doble control eléctrico; con esto se logra que los vástagos acoplados a los rodillos cumplan con su trabajo de subida y bajada.

Este mecanismo consta de las siguientes partes:

- Cilindros hidráulicos de doble efecto.
- Bomba hidráulica.
- Recipiente hidráulico.
- Electroválvula 4/3 N/C.
- Válvulas direccionales.
- Válvulas de retención.
- Válvulas reguladoras de flujo.
- Racores.
- Mangueras.

2.3.1.1.2 Ventajas

- Los cilindros hidráulicos proporcionan una alta eficiencia y eficacia.
- Capacidad de producción mayor, en menor tiempo.
- Al tener un sistema de regulación de los cilindros baroladores permite mayor eficacia de pre doblado, siendo este el objetivo principal del equipo.
- Fácil operación.
- Fácil Mantenimiento.
- Bajo ruido.

2.3.1.1.3 Desventajas

- Costo
- Proceso de instalación requiere personal calificado.
- Mantenimiento costoso.

2.3.1.2 Alternativa 2: maquina baroladora por motor-reductores

2.3.1.2.1 Descripción

Los motorreductores son elementos mecánicos muy adecuados para el accionamiento de todo tipo de máquinas y aparatos de uso industrial, que necesiten reducir su velocidad de una forma eficiente, constante y segura.

Los motorreductores se suministran normalmente acoplando a la unidad reductora un motor eléctrico normalizado asincrónico tipo jaula de ardilla, totalmente cerrado y refrigerado por ventilador para conectar a redes trifásicas de 220/440 voltios y 60Hz. Para proteger eléctricamente el motor es indispensable colocar en la instalación de todo motorreductor un guarda motor que limite la intensidad y un relé térmico de sobrecarga.

Los valores de las corrientes nominales están grabados en las placas de identificación del motor. Normalmente los motores empleados responden a la clase de protecciónIP-44 (Según DIN 40050).

2.3.1.2.2 Ventajas

- Alta eficiencia de la transmisión de potencia del motor.
- Alta regularidad en cuanto a potencia y par transmitidos.
- Poco espacio para el mecanismo.
- Elemento seguro en todos los aspectos, muy protegido

2.3.1.2.3 Desventajas

- Poco espacio para el montaje.
- Demora en el tiempo de instalación y mantenimiento.
- Alta dificultad de acoplamiento.

- Alto costo.

2.1. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Una vez realizado el despliegue de cada alternativa, corresponde hacer una evaluación de las mismas que sirvan de base para la posterior toma de una decisión.

Para la evaluación de alternativas se realiza por medio del método de criterios ponderados ya que este nos permite decidir entre diversas soluciones a través de la evaluación los parámetros de cada propiedad y sin tener que estimar numéricamente el peso de cada criterio, permitiendo obtener resultados globales suficientes significativos.[8]

Este método se basa en realizar tablas con criterios respecto a las alternativas donde se asigna valores a cada criterio como se muestra en la Tabla 2. 1 los cuales son utilizados para la evaluación de estos y selección de la mejor alternativa.

Tabla 2. 1 Valores utilizados en el método de criterio ponderados.

VALOR	CRITERIO
1	Si el criterio (o solución) de las filas es superior (o menor) que al de las columnas.
0,5	Si el criterio (o solución) de las filas es equivalente (igual) al de las columnas.
0	Si el criterio (o solución) de las filas es inferior (o peor)que el de las columnas.

Fuente: Diseño Concurrente; Carlos Riva; Pág.60
Elaboración: Propia

Una vez asignados los valores de cada criterio se suman los valores asignados en la relación a los restantes criterios al que se añade una unidad (para evitar que el criterio menos favorable tenga una valoración nula); después en otra columna se calculan los valores ponderados para cada criterio; finalmente la evaluación total

[8] Diseño Concurrente; Carlos Riva; Pág.59

para cada solución resulta de la suma de productos de los pesos específicos de cada solución por el peso específico de cada criterio.

Las alternativas a evaluarse para la selección de repotenciación de la máquina baroladora son las siguientes soluciones presentadas en la Tabla 2-5 donde se codifican para realizar el estudio de estas.

Tabla 2-5. Codificación de alternativas

Código	Solución
A	Maquina baroladora por cilindros hidráulicos
B	Maquina baroladora por motor-reductores

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

2.2. FACTORES CONSIDERADOS

Para realizar la evaluación de la mejor alternativa se consideran varios criterios que son importantes para la llegar al objetivo planteado.

Estos criterios se encuentran establecidos en la Tabla 2. 2.

Tabla 2. 2 Criterios a evaluar

	Criterio
1	Funcionalidad
2	Tiempo de procesado
3	Versatilidad
4	Facilidad de operación
5	Facilidad de construcción y montaje
6	Facilidad de mantenimiento
7	Bajo costo
8	Seguridad

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

2.3. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA POR EL MÉTODO ORDINAL CORREGIDO DE CRITERIOS PONDERADOS

Se realiza la evaluación del peso específico de cada criterio como se muestra en la Tabla 2-3.

Funcionalidad **>** Tiempo de proceso **>** Versatilidad **>** Seguridad **>** Facilidad de Mantenimiento **>** Facilidad de operación **=** Facilidad de construcción y montaje **>** Bajo costo.

Tabla 2. 3 Evaluación del peso específico de cada criterio.

Criterio	Funcionalidad	Tiempo de proceso	Versatilidad	Seguridad	Facilidad de mantenimiento	Facilidad de operación	Facilidad de construcción y montaje	Bajo costo	Σ+1	Ponderación
Funcionalidad		1	1	1	1	1	1	1	8	0,24
Tiempo de proceso	0		1	1	1	1	1	1	7	0,21
Versatilidad	0	0		1	1	1	1	1	6	0,18
Seguridad	0	0	0		1	1	1	1	5	0,15
Facilidad de mantenimiento	0	0	0	0		1	1	1	4	0,12
Facilidad de operación	0	0	0	0	0		0,5	1	1,5	0,05
Facilidad de construcción y montaje	0	0	0	0	0	0,5		1	1,5	0,05
Bajo costo	0	0	0	0	0	0	0		0	0
									33	**1**

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Se procede a realizar la evaluación de los pesos específicos de las distintas soluciones para cada criterio como se presentan en las .

Tabla 2-6; Tabla 2-7; Tabla 2-8; Tabla 2-9; Tabla 2-10; Tabla 2-11; Tabla 2-12; Tabla 2-13.

Evaluación del peso específico del criterio **Funcionalidad**.

Tabla 2-6. Peso específico evaluado con Funcionalidad.

Solución A = Solución B

Funcionalidad	Solución A	Solución B	∑+1	Ponderación
Solución A		0,5	1,5	0,5
Solución B	0,5		1,5	0,5
		Suma	3	1

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Evaluación del peso específico del criterio **Tiempo de proceso**.

Tabla 2-7. Peso específico evaluado con Tiempo de procesado.

Solución A > Solución B

Tiempo de proceso	Solución A	Solución B	∑+1	Ponderación
Solución A		1	2	0,67
Solución B	0		1	0,33
		Suma	3	1

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Evaluación del peso específico del criterio **Versatilidad**

Tabla 2-8. Peso específico evaluado con Versatilidad.

Solución A > Solución B

Versatilidad	Solución A	Solución B	∑+1	Ponderación
Solución A		1	2	0,67
Solución B	0		1	0,33
		Suma	3	1,00

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Evaluación del peso específico del criterio **Seguridad**.

Tabla 2-9. Peso específico evaluado con Seguridad.

Solución A = Solución B

Seguridad	Solución A	Solución B	∑+1	Ponderación
Solución A		0,5	1,5	0,5
Solución B	0,5		1,5	0,5
		Suma	3	1

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Evaluación del peso específico del criterio **Facilidad de mantenimiento**.

Tabla 2-10. Peso específico evaluado con Facilidad de mantenimiento.

Solución A >Solución B

Facilidad de mantenimiento	Solución A	Solución B	∑+1	Ponderación
Solución A		1	2	0,67
Solución B	0		1	0,33
		Suma	3	1,00

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Evaluación del peso específico del criterio **Facilidad de operación**.

Tabla 2-11. Peso específico evaluado con Facilidad de operación.

Solución A >Solución B

Facilidad de operación	Solución A	Solución B	∑+1	Ponderación
Solución A		1	2	0,67
Solución B	0		1	0,33
		Suma	3	1

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Evaluación del peso específico del criterio **Facilidad de construcción y montaje**.

Tabla 2-12. Peso específico evaluado con Facilidad de construcción y montaje.

Solución A >Solución B

Facilidad de construcción y montaje	Solución A	Solución B	∑+1	Ponderación
Solución A		1	2	0,67
Solución B	0		1	0,33
		Suma	3	1

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Evaluación del peso específico del criterio **Bajo Costo**.

Tabla 2-13. Peso específico evaluado con Bajo costo.

Solución A >Solución B

Bajo costo	Solución A	Solución B	∑+1	Ponderación
Solución A		1	2	0,67
Solución B	0		1	0,33
		Suma	3	1

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

El cálculo de la tabla de conclusiones se presenta en la Tabla 2-14.

Tabla 2-14. Conclusiones para la selección de la alternativa.

Conclusión	Funcionalidad	Tiempo de proceso	Versatilidad	Seguridad	Facilidad de mantenimiento	Facilidad de operación	Facilidad de Construcción y montaje	Bajo costo	∑	Prioridad
Solución A	0,12	0,14	0,12	0,08	0,08	0,03	0,03	0	0,60	1
Solución B	0,12	0,07	0,06	0,08	0,04	0,02	0,02	0	0,40	2

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

2.4 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE CRITERIOS PONDERADOS

En Tabla 2-14 se puede observar que después del análisis realizado por medio del método de criterios ponderados, la solución A es la que mejor se ajusta a los criterios de selección por lo que la máquina baroladora por cilindros hidráulicos cumple con los objetivos de este proyecto.

2.5 PROTOCOLO DE PRUEBAS

Antes de dar por finalizado el proceso de repotenciación de la baroladora, se debe realizar una serie de pasos importantes que afiancen un correcto funcionamiento de la máquina, para lo cual, se procede a comprobar los siguientes aspectos:

- Dimensiones generales y peso
- Montaje de la máquina
- Alineación y paralelismo
- Funcionamiento en vacío
- Funcionamiento con carga

2.5.1 VERIFICACIÓN DE DIMENSIONES Y PESO

Es importante verificar que las dimensiones de la máquina satisfagan los requerimientos del cliente y los establecidos en la fase de diseño, por eso se debe asegurar que tanto el área que ocupa la máquina como su altura no sobrepasen los límites máximos prestablecidos; y, además comprobar su peso aproximado.

2.5.2 VERIFICACIÓN DEL MONTAJE DE LA MÁQUINA

Es uno de los factores más importantes, en el que se debe asegurar la correcta ubicación de los elementos que componen la máquina repotenciada. Además se debe revisar que los elementos móviles tengan la adecuada lubricación, pintura y limpieza, los cuales determinarán el tiempo de vida útil.

2.5.3 VERIFICACIÓN DE ALINEACIÓN Y PARALELISMO

Es importante comprobar la alineación y paralelismo de los ejes, poleas, guías y soportes, asegurando así la transmisión de potencia necesaria para el proceso de barolado. Además, la estructura principal y secundaria debe ser paralela para asegurar la estabilidad de la máquina con el piso.

2.5.4 FUNCIONAMIENTO EN VACÍO

Una vez que se han superado los pasos anteriores satisfactoriamente, se procede a hacer las pruebas en vacío, es decir puesta en marcha de la máquina pero sin

carga, esto es muy importante para verificar: el correcto funcionamiento del sistema de transmisión, la velocidad angular, trabajo normal de cada parte y que exista el adecuado ajuste de pernos para que no haya ruidos extraños; además, verificar que no haya fallas de ensamble.

2.5.5 FUNCIONAMIENTO CON CARGA

Posteriormente se debe realiza las pruebas con carga, para ello se utilizan diferentes tipos de espesores y materiales con los cuales se trabajan en la empresa, y mediante inspección visual verificar que los materiales estén correctamente cortados. Con esto se puede determinar si la capacidad es la correcta y evaluar las características del material troquelado, las cuales deben satisfacer los deseos de la empresa. Es importante percatarse si las vibraciones pueden afectar el funcionamiento normal del equipo o si esto es despreciable.

El formato para el protocolo de pruebas debe poseer un membrete en el cual se señale toda la información necesaria para identificar la prueba de campo realizada y además se deben registrar firmas de responsabilidad, el cual se observa en el anexo H

CAPÍTULO 3

DISEÑO DE LOS ELEMENTOS A SER REPOTENCIADOS DE LA MÁQUINA

En el capítulo anterior se determinaron los elementos a ser remplazados en la baroladora, y para diseñarlos se determinan primero las piezas a construirse y los elementos a seleccionarse. Para ello se deben realizar una serie de iteraciones que involucran optimización de materiales, costos, fabricación, disponibilidad en el mercado, etc. De acuerdo a este principio se obtiene la mejor solución tomando en cuenta que lo más importante es que se cumpla satisfactoriamente con la funcionalidad del equipo.

Es importante identificar que sistemas están involucrados en la máquina, ya que de esto depende el enfoque que tenga el diseño.

3.1 CÁLCULO DE LA FUERZA PARA BAROLAR

Un elemento importante para el análisis de la fuerza es la disposición de los rodillos al momento de barolar, esta disposición permite deformar la chapa metálica de la manera requerida.

De forma que inicialmente, uno de los rodillos laterales comienza a subir ejerciendo una fuerza de pre-doblado, deformándolo plásticamente a la chapa metálica, para luego ser trasladada por los rodillos superior e inferior, posicionándose así el otro rodillo lateral, que ejerce la misma fuerza de pre-doblado del inicio, terminando conjuntamente el proceso de barolado.

Tomando en cuenta el proceso, podemos definir a la fuerza de barolado como aquella que provoca en el material su momento límite, de modo que la fluencia se desplaza por toda la sección transversal, para finalmente deformar plásticamente a la chapa metálica.

La disposición de los rodillos puede asemejarse a una viga en voladizo con una carga ubicada en el extremo.

3.1.1 ANÁLISIS DE LAS CARGAS EN EL BAROLADO.

La disposición de los rodillos al momento de curvar es esencial, de modo que esto le permitirá deformar la chapa metálica de la manera requerida.

Una vez que los rodillos intermedios comienzan a girar y posteriormente los rodillos laterales empiecen a subir, el primer rodillo lateral comenzará a ejercer una fuerza en la chapa metálica, la cual permitirá deformarlo plásticamente en el proceso de barolado, consecuentemente el otro rodillo lateral, se posicionará para terminar el proceso. Esto se modela como una viga en voladizo, con una carga en el extremo, como se puede ver en la Figura 3-1.

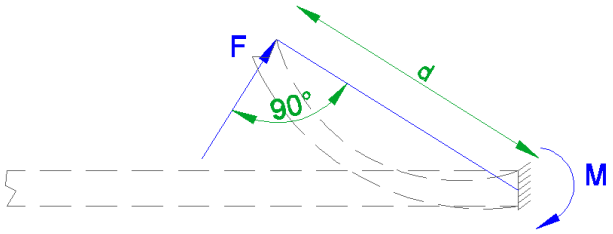


Figura 3-1 Diagrama de cuerpo libre de la chapa metálica

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

3.1.2 ANÁLISIS DE LA FUERZA EN EL BAROLADO

Una de las consideraciones más importantes a tomar en cuenta en el instante de calcular la fuerza en el barolado, es el esfuerzo normal por flexión, que se produce en la chapa metálica debido al momento flector que actúa en el punto de aplicación de la fuerza. En la Figura 3-2. Geometría y fuerzas del proceso barolado Se observa el análisis de la geometría así como de la fuerza que intervine en la máquina baroladora.

Donde:

Rc: Radio cilindro realizado

R: Radio cilindro realizado

r: Radio cilindro lateral izquierdo

L': Distancia entre centros posición inicial

L: distancia entre centros posición final.

F: Fuerza de pre-doblado

α :Angulo de movimiento de los cilindros

e: espesor

y': Distancia entre centros rodillo superior e inferior

θ: Angulo entre el punto de contacto de la lámina y la vertical (ángulo de pre-doblado).

M: Momento máximo de flexión

Mp: Momento plástico

My: Momento de fluencia

I: inercia de la lámina.

c: e/2

a: Ancho de la lámina.

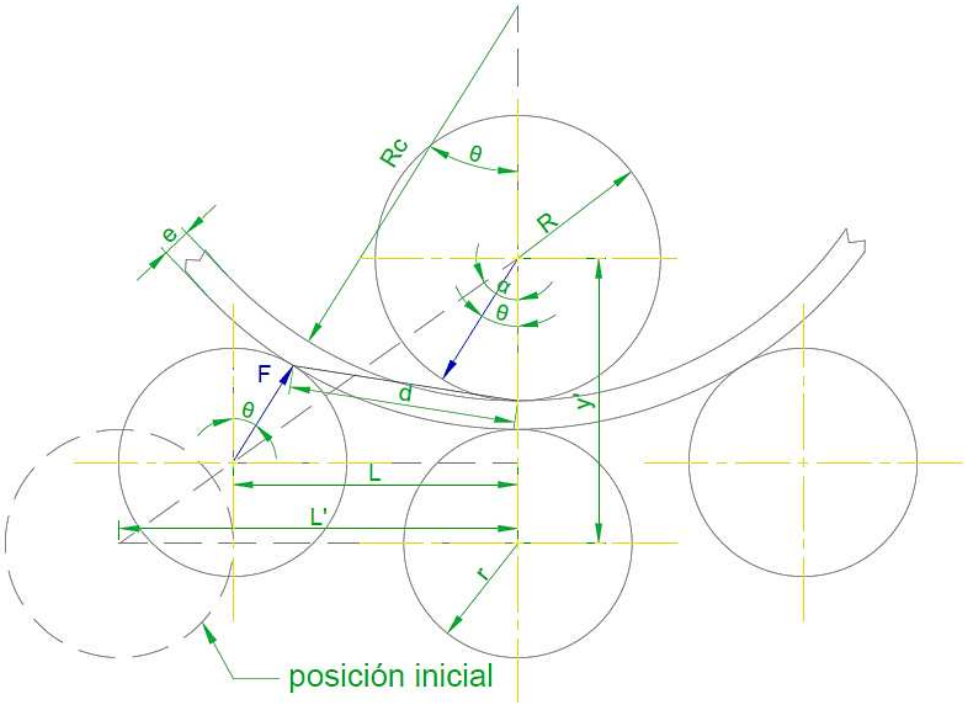


Figura 3-2. Geometría y fuerzas del proceso barolado.

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

En la Figura 3-3. Geometría de la chapa metálica, rodillo lateral inferior y la línea de simetría, se puede apreciar la distancia d, que es la máxima distancia que puede llegar a moverse el rodillo lateral inferior, para ejercer una fuerza que provoca la deformación plástica de la chapa metálica.

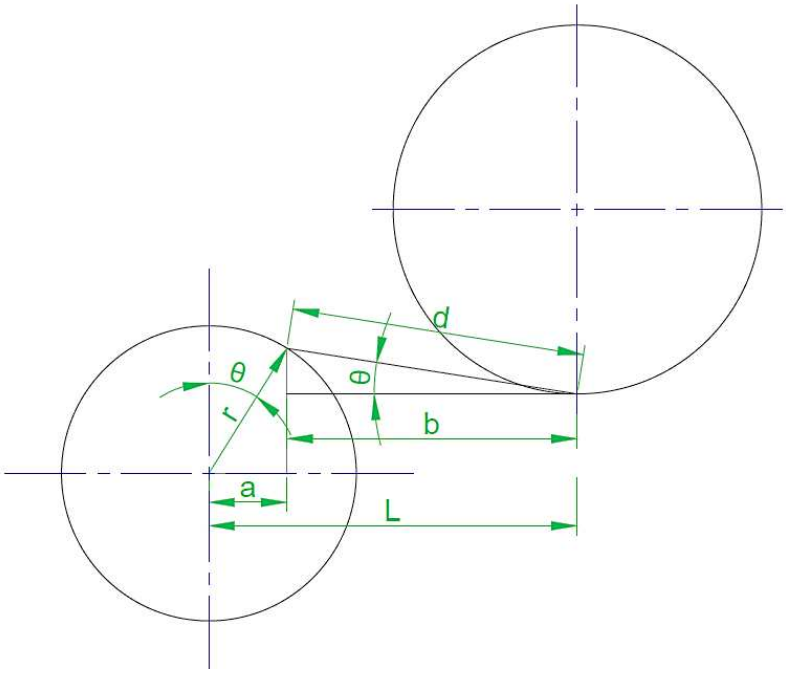


Figura 3-3. Geometría de la chapa metálica, rodillo lateral inferior y la línea de simetría

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

De la Figura 3-3. Geometría de la chapa metálica, rodillo lateral inferior y la línea de simetría, se obtiene las siguientes relaciones geométricas y trigonométricas, para obtener la distancia d, que es la distancia entre el rodillo lateral y el rodillo intermedio superior; posición en la cual la chapa metálica se deforma plásticamente.

$$\sin\theta = \frac{a}{r} \qquad \text{(Ec. 3.1)}$$

$$\cos\theta = \frac{b}{d} \qquad \text{(Ec. 3.2)}$$

$$b = L - a \qquad \text{(Ec. 3.3)}$$

$$d = \frac{L}{\cos\theta} - r\tan\theta \qquad \text{(Ec. 3.4)}$$

En la Figura 3-4. Posición máxima del rodillo lateral para la deformación plástica de la chapa metálica se puede apreciar que la distancia Rc+e+r es la máxima, debido a que en ese punto la chapa metálica se deforma plásticamente.

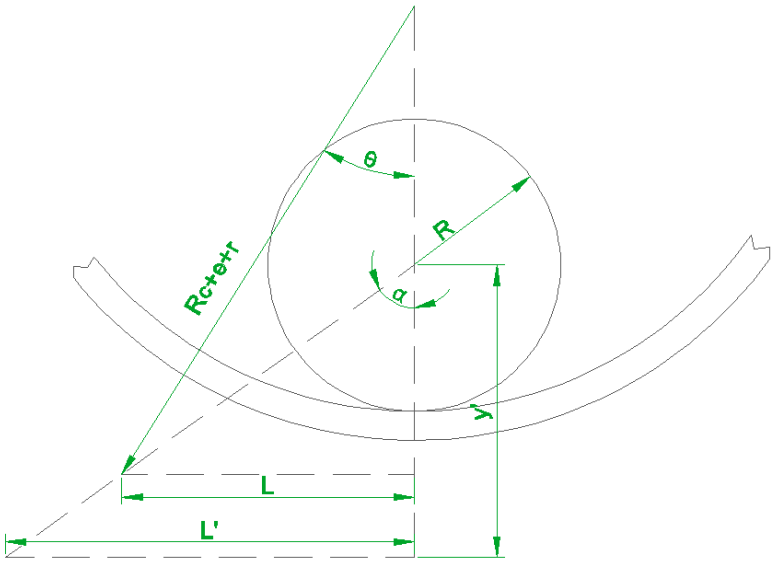


Figura 3-4. Posición máxima del rodillo lateral para la deformación plástica de la chapa metálica

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Obteniendo las siguientes relaciones trigonométricas, que servirán para el análisis de la fuerza de pre doblado.

$$\sin\theta = \frac{L}{Rc + r + e} \qquad \text{(Ec. 3.5)}$$

$$\tan \propto = \frac{L'}{y'} \qquad (\text{Ec. } 3.6)$$

$$\sin \propto = \frac{L}{R + r + e} \qquad (\text{Ec. } 3.7)$$

De la $(\text{Ec. } 3.6)$ se obtiene el ángulo de movimiento de los rodillos, para reemplazarlo en la ecuación $(\text{Ec. } 3.7)$ y obtener la distancia entre centros de los rodillos posición final. De esa forma se obtiene el ángulo de pre doblado en la ecuación $(\text{Ec. } 3.5)$.

Luego del análisis geométrico y trigonométrico, como se puede observar en el análisis de las figuras Figura 3-3. Geometría de la chapa metálica, rodillo lateral inferior y la línea de simetría y Figura 3-4. Posición máxima del rodillo lateral para la deformación plástica de la chapa metálica el momento máximo de flexión es:

$$M = F \times d \qquad (\text{Ec. } 3.8)$$

Reemplazando la $(\text{Ec. } 3.4)$ en la $(\text{Ec. } 3.8)$, se tiene:

$$M = F\left(\frac{L}{\cos\theta} - r\tan\theta\right) \qquad (\text{Ec. } 3.9)$$

El momento plástico es:

$$Mp = \frac{3}{2}My \qquad (\text{Ec. } 3.10)$$ [9]

El momento de fluencia es:

$$My = Sy \times \frac{I}{c} \qquad (\text{Ec. } 3.11)$$

El momento plástico se iguala al momento máximo de flexión, para que ocurra una deformación completamente plástica.

[9] BEER, F: Mecánica de Materiales: Editorial Mc Graw-Hill 4ta Edición: Pag. 247.

$$Mp = M \qquad (\text{Ec. } 3.12)$$

Al reemplazar la ecuación (Ec. 3.8) en la ecuación (Ec. 3.4), se obtiene el momento plástico y se iguala con el momento máximo flector como se indica en la ecuación (Ec. 3.12), de la ecuación (Ec. 3.12) se despeja la fuerza necesaria para producir el pre doblado como se indica en la ecuación (Ec. 3.13).

$$F = \frac{1}{8}\left(\frac{Sy \times a \times c^2 \times \cos\theta}{L - r \times \cos\theta \times \tan\theta}\right) \qquad (\text{Ec. } 3.13)$$

Todos estos cálculos se pueden resumir en la siguiente tabla, la cual se realiza en el programa Microsoft Excel 2010.

Tabla 3-1. Cálculos de la fuerza y potencia de barolado

Datos		**Incógnitas**	
L' (mm)	385	α (Deg)	51,086
y' (mm)	311,1	L (mm)	122,12
R (mm)	62	θ (Deg)	14,652
r (mm)	89	F (N)	26224
Rc (mm)	388	Fx(N)	6630,2
e (mm)	6	Fr(N)	1442,9
Sy (Mpa)	250	Pot	187,27
a (mm)	1200	Pot1(Hp)	2,6663
c (mm)	3	Pot2(Hp)	5,8754
Rpm	10		

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

3.2 CÁLCULOS DEL SISTEMA DE TRASMISION DE POTENCIA

El accionamiento por medio de cadena de rodillos, constituye un sólido y seguro sistema de trasmisión de la energía mecánica. Para obtener un resultado óptimo de la transmisión de este tipo, es fundamental seleccionar correctamente la cadena.

Donde

P: Potencia del motor [Kw].

T: Torque de las Catarinas [N.m].

W: Velocidad angular de las catarinas [rad/s].

F: Fuerza de trabajo de las catarinas [N].

d: Radio de las catarinas [m].

$$P = T \times W \quad [Kw] \qquad \text{(Ec. 3.14)}$$

$$T = \frac{P}{W} = F \times d \quad [N.m] \qquad \text{(Ec. 3.15)}$$

3.2.1 SELECCIÓN DE LA CADENA DE RODILLOS

En la Tabla 3-2. Selección de las cadenas ASA/AISI Se puede observar que la carga de rotura de la cadena debe ser como mínimo siete veces mayor a la carga de trabajo, Las cargas de rotura de las cadenas de triple hilera son: Rt[120] = 34000 [lbf], Rt[140] = 46000 [lbf][10], estas cargas se deberá multiplicar por 3, para obtener la resistencia que en la Tabla 3-2 se detalla, estos valores se pueden identificar en el ANEXO A.

Donde:

W: Velocidad angular de las catarinas

R: Radio de las catarinas

T: Torque de las catarinas

F: Fuerza de cada Catarina

Rt: Resistencia a la rotura de la cadena

7F: Siete veces la carga de trabajo

3Rt: Resistencia a la rotura cadena de triple hilera

[10] MOTT, R: Diseño de Elementos de Maquinas: Editorial PEARSON Educación 4ta Edición: México: 2006: Pag. 288.

Tabla 3-2. Selección de las cadenas ASA/AISI

DATOS	P=10Hp=7.456Kw							
	1 [120]		**2 [120]**		**3 [140]**		**4=5=6 [140]**	
W [rpm,rad/s]	20	2,094	7	0,733	7	0,733	9	0,943
R [m]	0,057		0,083		0,153		0,06	
T [N.m]	3560,65		10171,90		10171,90		7910,88	
F [kN]	62,47		122,55		66,48		131,85	
Rt 120, 140 [lbf, kN]	34000	151,24	34000	151,24	46000	204,6	46000	204,6
7 F [kN]	437,27		857,87		465,38		922,94	
3 Rt 120, 140 [kN]	453,72		453,72		613,86		613,86	

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

La cadena ASA/AISI 60-1 se reemplazara por la cadena ASA/AISI 120-3. Lo mismo para la cadena ASA/AISI 80-1, se reemplazara por la cadena ASA/AISI 140-3, con esta selección se asegura que la carga de rotura de las cadenas sea 7 veces mayor a la carga de trabajo. Esta selección es cuando la máquina se encuentra operando al 100% de su capacidad nominal, por lo que para una selección real se tomara en cuenta que la maquina opera al 50% de su capacidad total. La potencia que se tiene actualmente la máquina es de 10Hp, esta potencia sobrepasa a la potencia obtenida en los cálculos de 6Hp, que se detalla en la Tabla 3.1, por lo que la selección de las cadenas se establece de la siguiente manera.

La cadena ASA/AISI 60-1 no se reemplaza, debido a que en operación esta cadena no sufre alteraciones y se mantiene la cadena ASA/AISI 60-1.Para la cadena ASA/AISI 80-1, se reemplazara por la cadena ASA/AISI 80-2.

3.2.2 SELECCIÓN DE LAS CATARINAS

En el eje de los rodillos intermedios se requiere una velocidad angular de 9 [rpm]. En la Figura 3-5

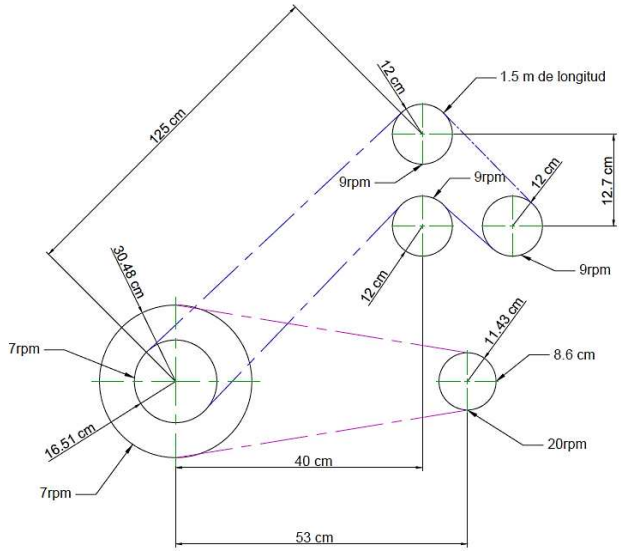


Figura 3-5. Disposición de las catarinas

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Se sabe que la velocidad que entrega el eje del motor es 1745 [rpm], esto al dividir para las rpm del reducto se obtiene la relación de trasmisión.

$$n = \frac{Velocidad_{motor}}{m_{reductor}} \qquad \text{(Ec. 3.16)}$$

$$n = \frac{1745\ [rpm]}{20\ [rpm]} = 87.2 \qquad \text{(Ec. 3.17)}$$

La velocidad angular de las catarinas ubicadas en el eje del motorreductor es:

$$n_1 = 20\ [rpm]$$

Entonces se debe seleccionar las catarinas con un número de dientes adecuado, teniendo en cuenta la limitación de espacio para su montaje, la disponibilidad en el mercado y también su precio. Por lo tanto los números de dientes para una primera aproximación de las catarinas seleccionadas son:

$Z_1 = 14$

$Z_2 = 40$

$Z_3 = 20$

$Z_4 = 15$

A continuación se determina las velocidades angulares de las ruedas 1 y 2:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1} \qquad \text{(Ec. 3.18)}$$ [11]

$$n_2 = 7\ [rpm]$$

$$\frac{n_2}{n_3} = \frac{Z_3}{Z_2} \qquad \text{(Ec. 3.19)}$$

$$n_3 = 20\ [rpm]$$

La velocidad angular en la rueda 3 es 20 [rpm] y en la rueda 4, 5, 6 es de 9 [rpm], lo cual es aproximado a las velocidades requeridas. Por lo tanto los códigos de las catarinas seleccionadas son:

Catarina 1: 120 3B 11

$$D_1 = 5.9\ [pulg] = 152.4\ [mm]$$

Catarina 2: 120 3B 12

$$D_2 = 6.49\ [pulg] = 165\ [mm]$$

Catarina 3: 140 3B 20

$$D_3 = 12.09\ [pulg] = 307.3\ [mm]$$

Catarina 4, 5, 6: 140 3B – 11

$$D_{4,5,6} = 7.01\ [pulg] = 178.1\ [mm]$$

[11] Manual de Diseño Mecánico; Joseph Edward Shigley; 1989

Esta selección es cuando la máquina se encuentra operando al 100% de su capacidad nominal, por lo que para una selección real se tomara en cuenta que la maquina opera al 50% de su capacidad total. La potencia que se tiene actualmente la máquina es de 10Hp, esta potencia sobrepasa a la potencia obtenida en los cálculos de 6Hp, que se detalla en la Tabla 3.1, por lo que la selección de las cadenas se establece de la siguiente manera.

Catarina 1: 60 B 17

$$D_1 = 4{,}46\ [pulg] = 113.3\ [mm]$$

Catarina 2: 60 B 26

$$D_2 = 6.63\ [pulg] = 168.4\ [mm]$$

Catarina 3: 100 2B 29

$$D_3 = 12.24\ [pulg] = 310.9\ [mm]$$

Catarina 4, 5, 6: 100 2B 10

$$D_{4,5,6} = 4.58\ [pulg] = 116.3\ [mm]$$

Esta selección es la que más se ajusta a los ejes que se tiene en la máquina.

Los catálogos en donde se especifican las medidas de estas catarinas están en el ANEXO B. ESPECIFICACIONES DE CATARINAS.

3.2.3 LONGITUDES DE LAS CADENAS

Se conoce de antemano las distancias entre centro de las catarinas y también sus diámetros y números de dientes, por lo tanto para iniciar al cálculo de la longitud de las cadenas se definió el concepto de selección de cadenas y catarinas por resistencia ultima a tracción.

3.2.3.1 Cadena que transmite movimiento de catarina 1 a 2[12]

La selección de la longitud de la cadena se establece con las siguientes ecuaciones. Estos valores se pueden identificar en el anexo B.

$$L = 2C + \frac{N_2 + N_1}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4 \times \pi^2 \times C} \qquad \text{(Ec. 3.20)}$$

$$C = \frac{1}{4}\left[L - \frac{N_2 + N_1}{2} + \sqrt{\left[L - \frac{N_2 + N_1}{2}\right]^2 - \frac{8(N_2 - N_1)}{4 \times \pi^2}}\right] \qquad \text{(Ec. 3.21)}$$

Donde:

$L = longitud\ de\ la\ cadena$

$p = paso\ de\ la\ cadena = 0.75[Plg]$

$C = distancia\ entre\ centros = [plg - cm]$

$N_1 = número\ de\ dientes\ de\ la\ rueda\ menor = 17$

$N_2 = número\ de\ dientes\ de\ la\ rueda\ mayor = 26$

Tabla 3-3. Longitud de la cadena que trasmite potencia de la Catarina 1 a 2

Datos		**Incógnitas**		
C pasos recomendados 30-50	40	L (in-cm)	76	192,4
N1	17	C (in-cm)	20,32	51,6
N2	26	D1 (in-cm)	4,08	10,4
P paso cadena	0,75	D2 (in-cm)	6,23	15,8
		θ1 (deg)	174	
		θ2 (deg)	186	

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Luego del cálculo anterior se puede graficar todos los parámetros, como se muestra en la Figura 3-6.

[12] MOTT, R: Diseño de Elementos de Maquinas: Editorial PEARSON Educación 4ta Edición: México: 2006: Pag. 288.

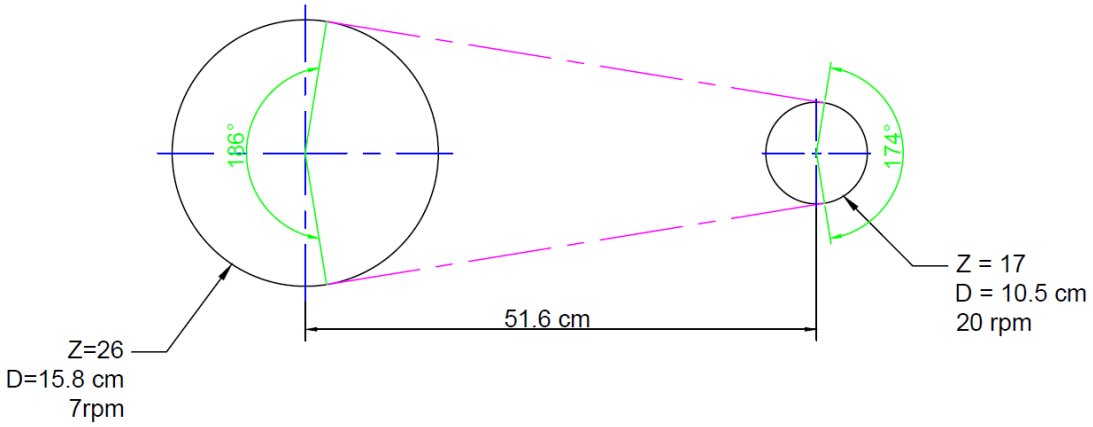


Figura 3-6. Longitud de la cadena ASA/AISI 60-1

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

3.2.3.2 Cadena que transmite movimiento de catarina 3 a 4, 5, 6[13]

La selección de la longitud de la cadena se establece con las siguientes ecuaciones.

Donde:

$L = longitud\ de\ la\ cadena$

$p = paso\ de\ la\ cadena = 1.25[\,plg]$

$C = distancia\ entre\ centros = [plg - cm]$

$N_1 = número\ de\ dientes\ de\ la\ rueda\ menor = 29$

$N_2 = número\ de\ dientes\ de\ la\ rueda\ mayor = 10$

[13] MOTT, R: Diseño de Elementos de Maquinas: Editorial PEARSON Educación 4ta Edición: México: 2006: Pag. 288.

Tabla 3-4. Longitud de la cadena que trasmite potencia de la Catarina 3 a 4,5,6

Datos		Incógnitas		
C pasos recomendados 30-50	40	L (in-cm)	124	314,3
N1	29	C (in-cm)	65,05	165,2
N2	10	D1 (in-cm)	11,57	29,4
P paso cadena	1,25	D2 (in-cm)	4,05	10,3
		θ1 (deg)	187	
		θ2 (deg)	173	

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Luego del cálculo anterior se puede graficar todos los parámetros, como se muestra en la Figura 3-7.

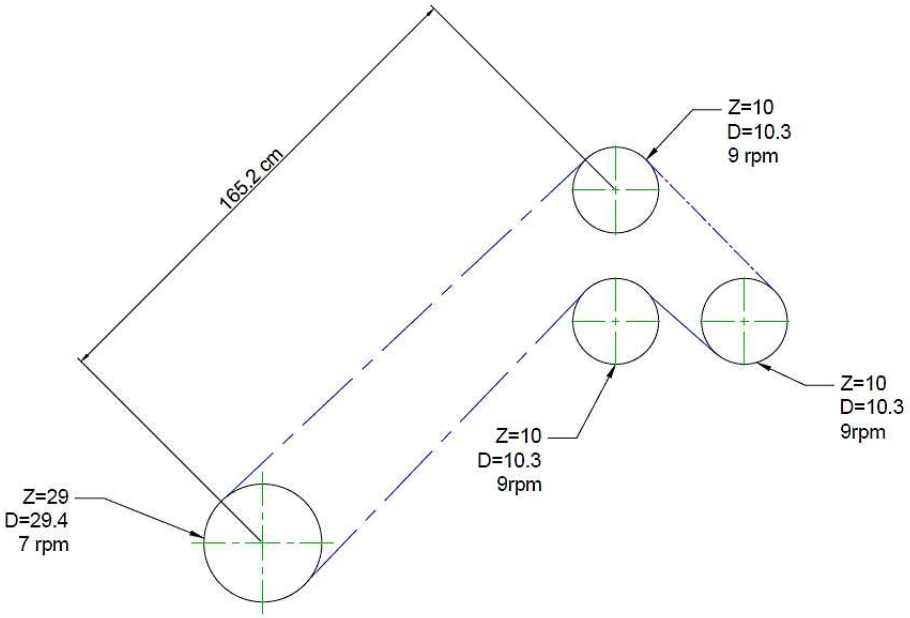


Figura 3-7. Longitud de la cadena ASA/AISI 100-2

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

3.3 CÁLCULOS DE LOS ELEMENTOS BAROLADORES

3.3.1 RODILLO BAROLADOR

El análisis estático de las fuerzas que intervienen en el proceso de barolado parte del pre doblado de la lámina donde se necesita una fuerza de barolado (Fb) como se indica en la figura 3.2 capaz de generar el momento límite o deformación permanente de la lámina con la curvatura deseada de acuerdo al desplazamiento del rodillo barolador, esta fuerza actúa con un ángulo de 60º respecto a la horizontal debido a que es una baroladora tipo Pinch.

Además de esta fuerza existe el rozamiento (Fr) como se indica en la Figura 3-8 entre el material y el rodillo de barolado, el cual es perpendicular a la fuerza de barolado.

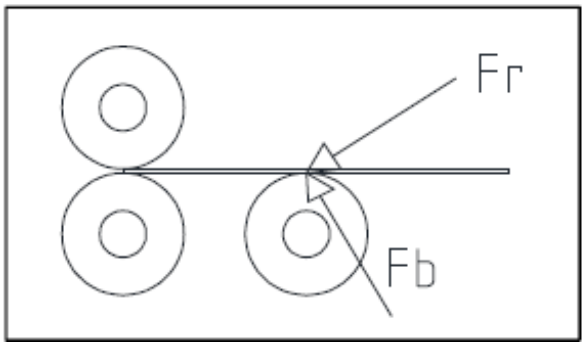


Figura 3-8 Fuerza de barolado y rozamiento en el pre doblado

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

A continuación se realiza el diagrama de cuerpo libre de la lámina a barolar donde se encuentran las reacciones Fm, Fa ejercidas sobre la lámina, junto con el momento límite producto del empotramiento, y la descomposición de la fuerza de barolado y la fuerza de rozamiento en sus componentes x e y como se indica en la Figura 3-9

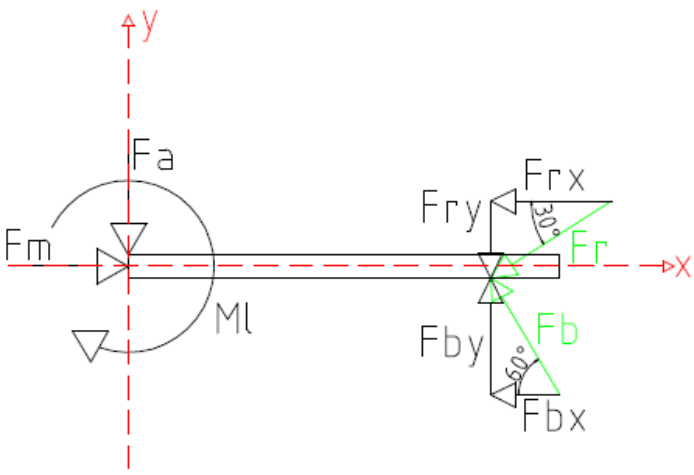


Figura 3-9 Diagrama de cuerpo libre de la lámina a barolar

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

$$Fr = Fb \times \mu \qquad \text{(Ec. 3.22)}$$

$$Fry = Fr \times \sin 30° \qquad \text{(Ec. 3.23)}$$

$$Frx = Fr \times \cos 30° \qquad \text{(Ec. 3.24)}$$

$$Fbx = Fb \times \cos 60° \qquad \text{(Ec. 3.25)}$$

$$Fby = Fb \times \sin 60° \qquad \text{(Ec. 3.26)}$$

Se realiza la sumatoria de fuerzas y momentos de acuerdo al diagrama de cuerpo libre de la Figura 3-9

$$\sum Fx = 0 \qquad \text{(Ec. 3.27)}$$

$$Fm - Frx - Fbx = 0 \qquad \text{(Ec. 3.28)}$$

$$Fm = Frx + Fbx \qquad \text{(Ec. 3.29)}$$

$$\sum Fy = 0 \qquad \text{(Ec. 3.30)}$$

$$-Fa - Fry + Fby = 0 \qquad \text{(Ec. 3.31)}$$

$$Fa = Fby - Fry \qquad \text{(Ec. 3.31)}$$

$$\sum MA = 0 \qquad \text{(Ec. 3.32)}$$

$$-Ml - Fry(L) + Fby(L) = 0 \qquad \text{(Ec. 3.33)}$$

$$-Ml + Fb \times \cos 30° \times L - \mu \times Fb \times \cos 60° \times L = 0 \qquad \text{(Ec. 3.34)}$$

$$-Ml + Fb \times \frac{\sqrt{3}}{2} \times L - \mu \times \frac{Fb}{2} \times L = 0 \qquad \text{(Ec. 3.35)}$$

$$-Ml + Fb \times L \times \left(\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{\mu}{2}\right) = 0 \qquad \text{(Ec. 3.36)}$$

$$Fb = \frac{Ml}{\frac{1}{2} \times L \times (\sqrt{3} - \mu)} \qquad \text{(Ec. 3.37)}$$

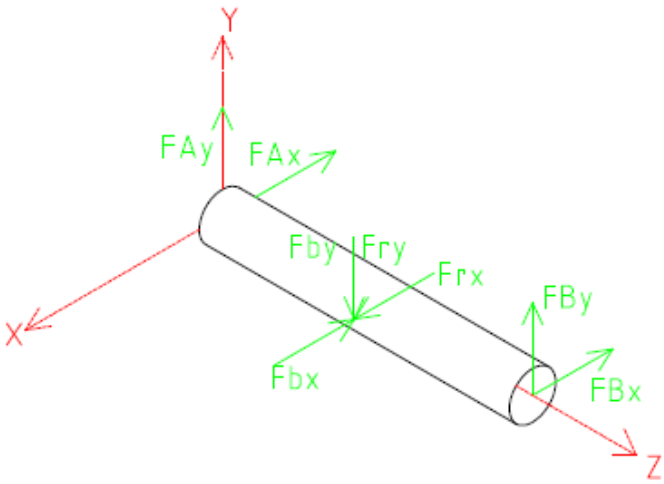


Figura 3-10 Diagrama de fuerzas sobre rodillo barolador

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

$$Fby = Fb \times \cos 30° \qquad \text{(Ec. 3.38)}$$

$$Fby = 16224.8 \times \cos 30° \ = 14053.23\ N$$

$$Fbx = 8108.66\ N$$

$$Fry = Fr \times \cos 60°$$

$$Frx = 10394.61\ N$$

$$\sum MZA = 0$$

$$-Fry \times (724) - Fby \times (724) + FBy \times (1418) = 0$$

$$FBy = 138492\ N = FAy$$

$$\sum MYA = 0$$

$$-Fbx \times 724 - Frx \times (724) - FBz \times (1418) = 0$$

$$FBx = 15786.92\ N = FAx$$

3.3.2 RODILLO SUPERIOR E INFERIOR

Ahora se analiza el rodillo superior e inferior siguiendo el mismo procedimiento del rodillo barolador. Tanto el rodillo superior como inferior están sometidos a las mismas fuerzas por lo que el análisis y diseño se hará solo para el rodillo inferior.

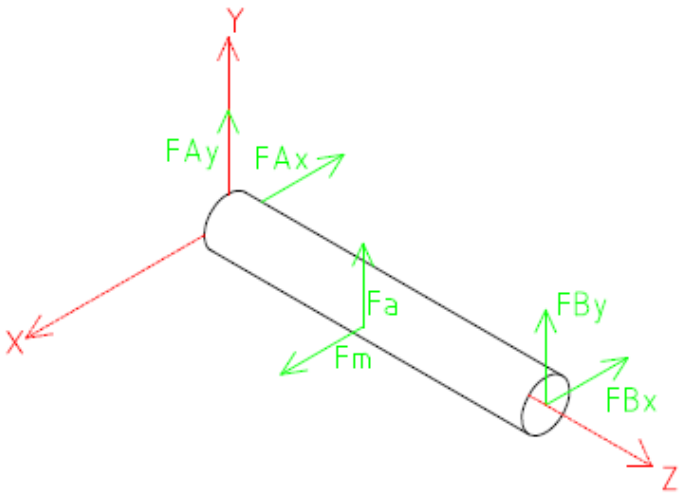


Figura 3-11 Diagrama de fuerzas sobre rodillo inferior

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

$$\sum MZA = 0$$

$$-FBy \times (1418) + Fa \times (724) = 0$$

$$FBy = 1384.92 \ \ N$$

$$\sum Fy = 0$$

$$-FAy - FBy + Fa = 0$$

$$FAy = -FBy + Fa$$

$$FAy = 1384.92 \ N$$

$$\sum Fz = 0$$

$$Fm - FAx - FBx = 0$$

$$Fm = FAx + FBx$$

$$FAx = FBx$$

$$FAx = \frac{Fm}{2}$$

$$FAx = 15786.92 \ N$$

$$FBx = 15786.92 \ N$$

$$Mmax \ y - x = Fa \times \frac{724}{1000} \ = 3098.4 \ N$$

$$Tmax = 481 \ N - m$$

Combinacion de esfuerzos (flexion y torsion)

$$\sigma = \frac{M \max y - x \ \times C}{I}$$

$$I = \frac{\pi \times (d^4 - di^4)}{64}$$

$$I = 1.27E - 0.5 \ m^4$$

$$\sigma = \frac{M \max y - x \ \times C}{I}$$

$$\tau = \frac{T \times r}{J}$$

$$J = \frac{\pi}{32} \times (0.09^4 - 0.074^4)$$

$$J = 3497E - 9\ m^4$$

Sut del matertial de los rodillos Sut=415 Mpa

$$\sigma' = \sqrt{\sigma x^2 + 3zxy^2} \qquad \text{(Ec 3.39)}$$

$$\sigma' = 87.44\ \frac{N}{m^2}$$

$$n = \frac{415}{87.44}$$

$$n = 4.74$$

Establecido los valores de los momentos, torques, esfuerzos y factores de seguridad se compara los valores como se indica en la tabla , para encontrar el rodillo más crítico y tomar a ese como referencia para obtener un diseño conservador.

Tabla 3-5 Selección del rodillo critico

	Rodillos superior	**Rodillo inferior**	**Rodillo barolador**
Mmax	115	115	309844
σ	86,77 Mn/m2	86,77 Mn/m3	150,41 MN/m4
Tmax	481,95 N-m	481,95 N-m	312,57 N-m
τ	6201815,84 N/m2	6201815,84 N/m2	4022204,74 N/m2
σ'=$\sqrt{\sigma x^2 + 3zxy^2}$	87,44 Mpa	87,44 Mpa	175,09 Mpa
n	4,74	4,74	2,37

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Como se puede observar el rodillo barolador es el más crítico al combinar esfuerzos.

Una vez comprobado que los rodillos no fallan por cargas estáticas, se analiza a la fatiga[14], ya que los rodillos experimentan cargas fluctuantes generando tensión y compresión por cada revolución que ejercen.

$$Sut = 60.19\ ksi = 415\ MPa \qquad \text{(Ec. 3.40)}$$

$$Se = 0.5(Sut) = 0.5(60.19) = 30.09\ Ksi = 207.5\ MPa$$

$$f = 0.90$$

$$a = \frac{f \times Sut^2}{Se} = 108.36\ Ksi$$

$$b = -\frac{1}{3} \times log\left[\frac{f \times Sut}{Se}\right] = -0.0851$$

$$Sf = a \times N^b$$

Donde

$$Sf = \sigma a$$

$$\sigma a = 175.09\ Mpa\ (\ Combinacion\ \ de\ esfuerzos\ del\ rodillo\ barolador, \text{Tabla } 35-5)$$

$$N = al\ número\ de\ ciclos\ o\ vida\ del\ elemento$$

6.91 factor de conversión de Mpa a Ksi

$$N = \left(\frac{\sigma a}{a}\right)^{1/b} = \left(\frac{175.09}{6.91x108.36}\right)^{1/-0.0851}$$

$$N = 2.65x10^7 ciclos$$

Vida planteada en el diseño $10\ años = 6.55x10^6 ciclos$

Los rodillos resisten a la fatiga y cumplen con los siclos de vida propuesta

3.3.3 DISEÑO DE COJINETES

Los cojinetes que se usarán deben ser compactos debido al poco espacio que se tiene dentro de las placas de soporte. Por eso se pensará en un diseño de cojinetes de superficie plana también conocidos como bocines.

Para el diseño de los cojinetes se analizarán dos tipos de carga, en los rodillos superior e inferior se utilizará la carga Fa (fuerza de aplastamiento) y para el rodillo barolador se utilizará la carga Fb (fuerza de barolado).

[14] SHIGLEY, Diseño en ingeniería mecánica, pp. 265-278

3.3.3.1 Cojinetes con carga Fa

Se establecen las dimensiones principales para la comprobación de la resistencia [15] del diseño.

L=30mm

D=45mm

La carga vertical (Fa) se distribuye en sus dos apoyos (cojinetes) obteniendo el siguiente análisis de fuerzas sobre cada bocín.

Donde

$$Fc = \frac{Fa}{2}$$

$$Fc = \frac{4655.8}{2} = 2327.94\ N$$

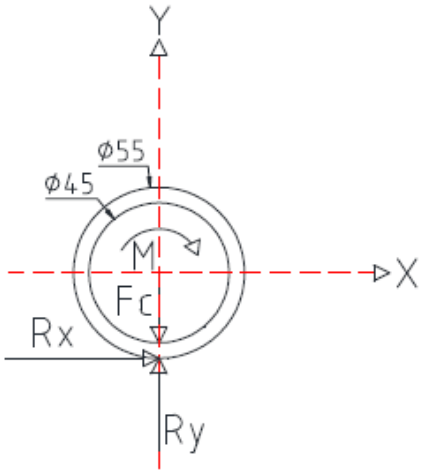


Figura 3-12 Diagrama de fuerzas en cojinetes con carga Fa

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

La Tabla 3-6, se utiliza para el diseño de cojinetes.

[15] MOTT, ROBERT L, Diseño de elementos de máquinas, pp 668-671

Tabla 3-6 Nomenclatura para el cálculo de los cojinetes

Nomenclatura	Descripción
Fa	Fuerza de aplastamiento
W	Peso del rodillo
Ry	Reacciones en el eje y
Rx	Reacciones en el eje x
D	Diámetro interior del cojinete
Fc	Fuerza aplicada a cada cojinete
L	Longitud del cojinete (mm)
p	Presión sobre el cojinete (kpa)
V	Velocidad de giro del cojinete (m/s)
n	Velocidad en rpm
Fs	Factor de seguridad

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Se establece una relación de longitud a diámetro (L/D) entre 0.5 a 2 para cojinetes de forma típica no lubricada, para comprobar las dimensiones[16].

$$\frac{L}{D} = 0.667$$

$$L \times D = 1350\ mm^2$$

$$V = \frac{\pi . D . n}{60000}$$

$$V = \frac{\pi . 45.21}{60000}$$

$$V = 0.049\ m/s$$

Se calcula la presión sobre el cojinete

$$p = \frac{F . c}{L . D}$$

$$p = \frac{2327.94\ N}{1350\ mm^2}$$

$$p = 1.72\ Mpa$$

[16] MOTT, ROBERT L, Diseño de elementos de máquinas, pp 670

Transformando esto a kPa

$$p = 1724\ kPa$$

$$pV = (1724kPa) \times (0.049m/s)$$

$$pV = 84.49\ kPa.m/s$$

Se compara este valor con pV del bronce SAE 65, un material para fabricar rodamientos planos que tiene un pv de 350 kPa.m/s, lo que garantiza la resistencia al aplastamiento y la abrasión, al utilizar este material se tiene un factor de seguridad de :

$$Fs = \frac{350}{89.62} = 3.9$$

3.3.3.2 Cojinetes con carga Fb

Se establecen las mismas dimensiones de los cojinetes con carga Fa para los cojinetes con carga Fb y se realiza el mismo procedimiento de análisis.

L=30mm

D=45mm

La carga inclinada Fb se distribuye en sus dos apoyos (cojinetes) obteniendo el siguiente análisis de fuerzas sobre cada bocin.

Donde

$$Fc = \frac{Fb}{2}$$

$$Fc = \frac{9387}{2} = 4693.5\ N$$

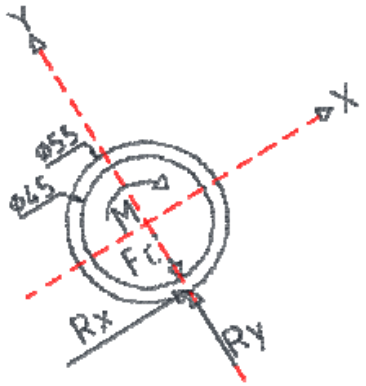


Figura 3-13 Diagrama de fuerzas en cojinetes con carga Fb

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

$$\frac{L}{D} = 0.667$$

$$L \times D = 1350\ mm^2$$

$$V = \frac{\pi . D . n}{60000}$$

$$V = \frac{\pi . 45.21}{60000}$$

$$V = 0.049\ m/s$$

Se calcula la presión sobre el cojinete

$$p = \frac{F . c}{L . D}$$

$$p = \frac{4693.5\ N}{1350\ mm^2}$$

$$p = 3.47\ Mpa$$

Transformando esto a kPa

$$p = 3476\ kPa$$

$$pV = (3476\ kPa) \times (0.049 m/s)$$

$$pV = 170.35\ kPa . m/s$$

Se compara este valor con pV del bronce SAE 65, materia para fabricar rodamientos planos que tiene un pv de 350 kPa.m/s, lo que garantiza la resistencia al aplastamiento y la abrasión, al utilizar este material se tiene un factor de seguridad de :

$$Fs = \frac{350}{170.35} = 2.05$$

Se selecciona los bocines con carga crítica como se indica en la tabla

Tabla 3-7 Selección de cojinetes con carga critica

	Carga aplicada al cojinete	Factor pV (kPa.m/s)	Factor de seguridad
Cojinetes con carga Fa	Fc=2327,94 N	pV=84,49	3,9
Cojinetes con carga Fb	FC4693,5 N	pV=170,35	2,05

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

3.4 CÁLCULOS DEL SISTEMA HIDRÁULICO

En la Tabla 3-1 , se puede apreciar el orden de los datos e incógnitas, estos datos se trató en la sección 3.1.2, en donde se puede valorar la fuerza necesaria para ejercer la fuerza hidráulica, con la que posteriormente se estudiara en la selección de todo el sistema hidráulico.

3.4.1 SELECCIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO

Para empezar con el diseño del sistema hidráulico se toma en cuenta la fuerza para barolar, que se trata en la Tabla 3-1 PRESIÓN MÁXIMA DEL SISTEMA $P_{MÁX}$

Para el cálculo del diámetro del cilindro se establece dos datos, presión y fuerza, la presión se establece conforme a disponibilidad en el mercado y la fuerza se estableció en la Tabla 3-2

$$F = \frac{P}{A_C} \qquad \text{(Ec. 3.41)}$$

$$A_C = \frac{\pi * {D_C}^2}{4} = \frac{F}{P} \qquad \text{(Ec. 3.42)}$$

$$A_C = \frac{4480\ [lbf]}{145\ [psi]} = 30.9\ [in]$$

$$D_C = \sqrt{\frac{4.P}{\pi.F}} \qquad \text{(Ec. 3.43)}$$

$$D_c = 6.3\ pulgadas\ \left|\frac{2.54\ cm}{1\ pulgada}\right| = 15.9\ cm$$

Para la presión requerida en el pistón se parte de la fuerza total y del área del pistón.

3.4.2 CAUDAL REQUERIDO Q

Para este caso se toma en cuenta las características de la máquina, las cuales de cierto modo limitan y condicionan el cálculo, es por eso que se tiene una longitud de carrera L de 200 mm. La condición es debido a que la maquina posee una estructura ya delimitada para instalar los soportes para los cilindros hidráulicos. El tiempo debido a la práctica debe de ser de 60s.

Por tal motivo el tiempo para recorrer los 250 mm será de 15 segundos. Debido a esto la velocidad del pistón V_C será:

$$V_c = \frac{L}{t_L} \qquad \text{(Ec. 3.44)}$$

Donde:

L = Carrera del pistón (250 mm)

t_L = Tiempo que el pistón demore en recorrer los 250 mm cuando no exista carga alguna

$$V_c = \frac{250\ mm}{15\ seg} = 16.667\ mm/s$$

El caudal del sistema o requerido Q será:

$$Q = V_c * A_c \qquad \text{(Ec. 3.45)}$$

$$Q = 16.667 \frac{mm}{s} * 7700 \ mm^2 = 128355.0 \ \frac{mm^3}{s}$$

$$Q = 128355.0 \ \frac{mm^3}{s} = 2.033 \ GPM$$

3.4.3 CÁLCULO DE POTENCIAS

Para el desarrollo de las potencias en los principales elementos hidráulicos del sistema se deben tomar eficiencias y por tanto pérdidas que existirán en los mismos, para ello se puede observar la siguiente figura:

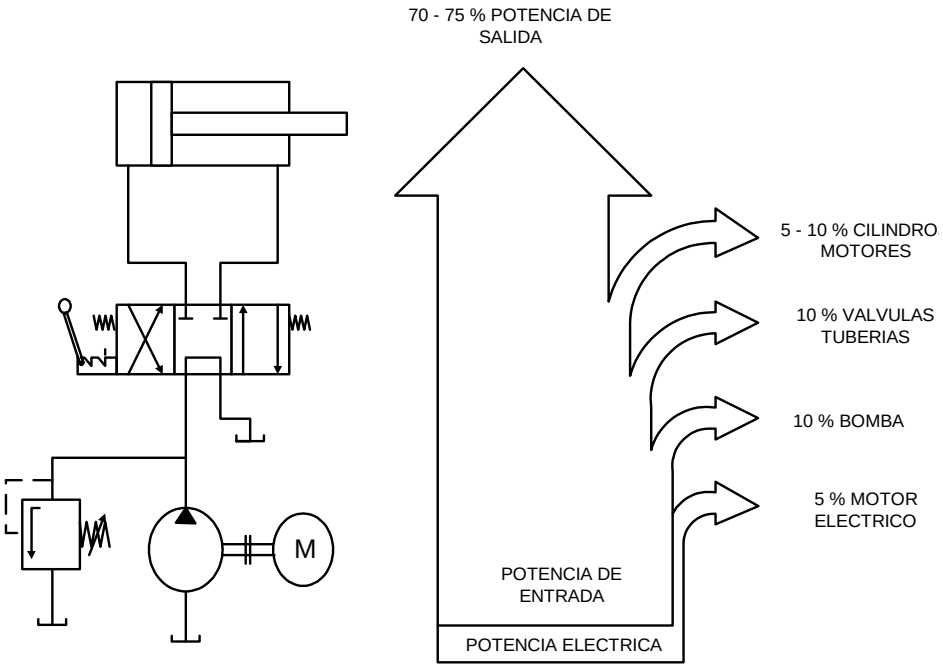


Figura 3-14. Diagrama Sankey que representa los valores promedios de las respectivas eficiencias para cada elemento hidráulico [17]

[17] TECSUP-Campus Virtual; "*Manual Fundamentos de Hidráulica*"; Sección Mandos Hidráulicos pág. 59.

3.4.3.1 Potencia en la bomba

Potencia teórica en la bomba P_{tb}:

$$P_{tb} = \frac{Q * P_{máxb}}{1714} \qquad \text{(Ec. 3.46)}$$

$$P_{tb} = \frac{2.033\ GPM * 1450\ PSI}{1714} = 1.7\ HP$$

Tomando en cuenta una eficiencia □b en la bomba de 0.8 se tiene una potencia real Prb en la bomba

$$P_{rb} = \frac{P_t}{b} \qquad \text{(Ec. 3.47)}$$

$$P_{rb} = \frac{1.7\ HP}{0.8} = 2.15\ HP$$

Elegimos una bomba e 2 hp.

3.4.3.2 Potencia en el motor

Con una eficiencia □m en el motor de 0.8 se tiene una potencia en el motor de:

$$P_m = \frac{P_{rb}}{m} \qquad \text{(Ec. 3.48)}$$

$$P_m = \frac{2.15\ HP}{0.8} = 2.69\ HP$$

Relacionando la potencia obtenida con catálogos existentes en el mercado ANEXO C. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA UN MOTOR TRIFÁSICO DE 2HP Y 3HP MARCA SIEMENS seleccionamos un motor de 3 HP. Además de eso también se puede ver que la selección incluye una velocidad de 1800 rpm y 220 V de entrada.

3.4.4 SELECCIÓN DE VÁLVULAS

3.4.4.1 Cálculo de la presión en la válvula de alivio

La presión en la válvula de alivio P_{va} debería ser un 5% más que la presión máxima del sistema, como se indica a continuación:

$$P_{va} = P_{máxp} + \left(P_{máxp} * 0.05\right) \qquad \text{(Ec. 3.49)}$$

$$P_{va} = 1450\ PSI + \ (145\ PSI * 0.05)$$

$$P_{va} = 1522.5\ PSI = 10497.6\ Kpa$$

3.4.4.2 Determinación de la válvula reguladora de flujo

Para seleccionar la válvula se tomó en cuenta el caudal máximo del sistema el mismo que es el caudal nominal de la bomba hidráulica, para lo cual seleccionamos una válvula reguladora de un rango de 2 - 0.1 GPM y una presión de operación máxima de 1450 PSI.

3.4.5 SELECCIÓN DE TUBERÍAS

Como se puede observar en la Figura 3-15 se representan tres diferentes líneas:

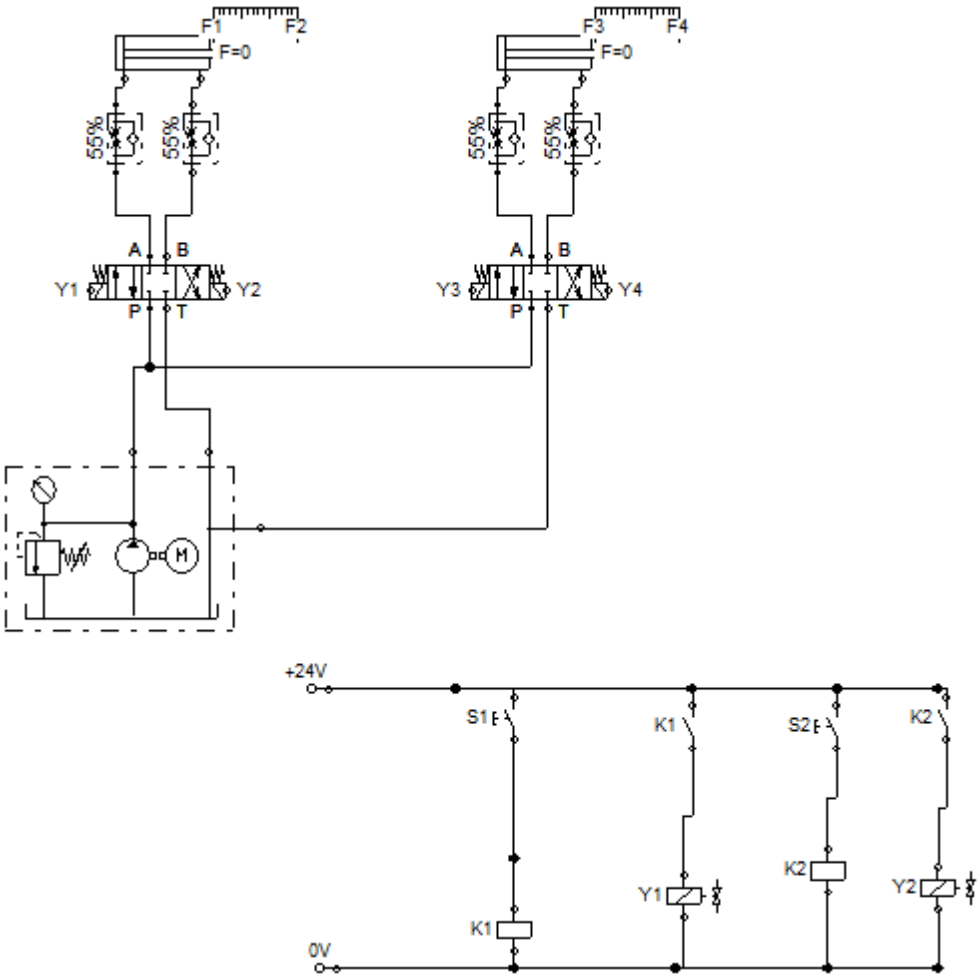


Figura 3-15. Diagrama del sistema hidráulico[18]

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

- Línea de succión
- Línea de descarga del fluido
- Línea de alta presión

Para la selección de las tuberías se debe tomar en cuenta principalmente los caudales y las áreas, ya que esos parámetros determinan la velocidad del fluido. La velocidad del fluido está limitada debido a pérdidas de energía existentes que se causan debido al rozamiento entre el fluido y la tubería. Debido a eso se recomiendan las siguientes velocidades:

[18] Diagrama realizado en el software Festo Hidráulica.

Tabla 3-8. Límites de velocidades recomendados para las diferentes líneas[19]

LÍNEAS EXISTENTE EN UN SISTEMA HIDRÁULICO	VELOCIDAD RECOMENDADA (m/s)
Líneas de succión	$V_{succión} < 1.5$
Líneas de retorno al tanque	$V_{retorno} < 3.0$
Líneas de presión	$V_{presión} < 5.0$
Velocidad de los actuadores	$V_{actuadores} < 1.0$

Fuente: Propia
Elaboración: Propia

3.4.5.1 Selección de la tubería para la línea de succión

Se tiene que el caudal del sistema o requerido Q es de:

$$Q = 128355.0\ \frac{mm^3}{s}$$

$$Q = V_s * A_s \qquad \text{(Ec. 3.50)}$$

Donde V_s = Velocidad del fluido en la línea o tubería de succión del sistema

A_s = Área interna de la tubería de succión del sistema

$$A_s = \frac{Q}{V_s} = \frac{128355.0\ \frac{mm^3}{s}}{650\ \frac{mm}{s}} = 197.5\ mm^2$$

Con este dato del área se puede calcular el diámetro interno de la tubería de succión D_s

$$A_s = \frac{\pi * {D_s}^2}{4} \qquad \text{(Ec. 3.51)}$$

$$D_s = \sqrt{\frac{4\ *\ A_s}{\pi}} = \sqrt{\frac{4\ *\ 197.5\ mm^2}{\pi}} = 15.9\ mm\ \approx \frac{1}{2}\ pulg$$

[19] Información tomada del “Manual Fundamentos de Hidráulica”; TECSUP-Campus Virtual; Sección Mandos Hidráulicos

3.4.5.2 Selección de tuberías para las líneas de presión y de retorno o descarga al tanque

En este caso se debe tomar en cuenta que la línea de la tubería de succión es relativamente igual a la línea de presión, ya que para ubicar al pistón en la posición B Figura 3-15 se necesita bombear líquido, es decir en esa línea se tendrá líquido a alta presión.

Por lo tanto se tiene lo siguiente:

$$Q = V_{p/r} * A_{p/r} \qquad \text{(Ec. 3.52)}$$

Donde $V_{p/r}$ = Velocidad del fluido en la tubería de presión y retorno al depósito del sistema.

$A_{p/r}$ = Área interna de la tubería de presión y retorno al depósito del sistema.

$$A_{p/r} = \frac{Q}{V_{p/r}} = \frac{128355.0\ \frac{mm^3}{s}}{3000\ \frac{mm}{s}} = 42.8\ mm^2$$

Con este dato del área se puede calcular el diámetro interno de la tubería de presión y retorno al depósito $D_{p/r}$

$$A_{p/r} = \frac{\pi * {D_{p/r}}^2}{4} \qquad \text{(Ec. 3.53).}$$

$$D_{p/r} = \sqrt{\frac{4\ *\ A_{p/r}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4\ *\ 42.8\ mm^2}{\pi}} = 7.4\ mm\ \approx \frac{5}{16}\ pulg$$

3.4.5.3 Selección de la tubería adecuada

De los catálogos de HRW y Strongflex (Anexo D) se puede observar que la tubería que cumple los debidos requerimientos es la SAE 100 R1AT. Debido a esto se seleccionan las tuberías que poseen los diámetros internos de ½ y 5/16 pulgada cuyas características satisfacen el diseño de trabajo y operación del sistema.

3.4.6 DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DEL DEPÓSITO DEL SISTEMA

Como se mencionó anteriormente en el segundo capítulo sobre el depósito o tanque de almacenamiento, este depósito debe ser 2 ó 3 veces el caudal de la bomba en litros por minuto, debido a esto se tiene:

$$Q = 2.033\ GPM\ = 9.23\ l/min$$

$$V_D = 3Q \qquad \text{(Ec. 3.54)}$$

Donde V_D = Volumen del depósito o tanque de almacenamiento

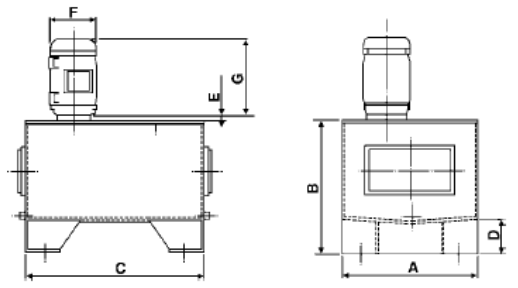
$$V_D = 3 * 9.23\ \frac{l}{min} = 23.1\ litros = 23100\ cc\ \approx\ 6.1\ galones$$

Según los cálculos obtenidos se puede apreciar que el volumen del depósito es aproximadamente 20 litros. Con este valor volumétrico se puede dimensionar al depósito del sistema mediante tablas normalizadas

Tabla 3-9 con el fin de obtener un correcto funcionamiento de todo el sistema

Tabla 3-9. Dimensionamiento del depósito del fluido hidráulico para el sistema en función del volumen necesario en litros[20]

Dimensionamento



Reservatório (litros)	Dimensões (mm)				
	A	B	C	D	E
20	330,0	327,0	430,0	87,5	13,0
60	400,0	410,0	600,0	114,0	13,0
80	410,0	473,0	720,0	114,0	13,0
120	490,0	495,0	870,0	114,0	13,0
180	620,0	500,0	950,0	114,0	
250	660,0	550,0	1050,0	114,0	
300	680,0	600,0	1100,0	114,0	
400	770,0	600,0	1270,0	114,0	
500	800,0	700,0	1300,0	114,0	

[20] PARKER Training; (1999); “Tecnología Hidráulica Industrial”; Jacareí - São Paulo; pág. 15

De la Tabla 3-9. Se puede ver que para este caso lo más conveniente es la selección de un depósito de 20 litros

3.4.7 SELECCIÓN DEL PISTÓN DE DOBLE EFECTO

La selección y dimensionamiento de este elemento están limitadas a la presión del sistema y el diseño de la máquina (medidas y forma de operación). Por esta razón se tiene lo siguiente:

- Carrera: 200 mm
- Diámetro del pistón: 3.94 pulgadas (100 mm)
- Espacio disponible o alto: 280 mm
- Diámetro del vástago: 70 mm
- Tipo de acople o montaje: Brida trasera
- Rosca interna de sujeción en el vástago: 5/8 pulgada * 30 mm de profundidad.

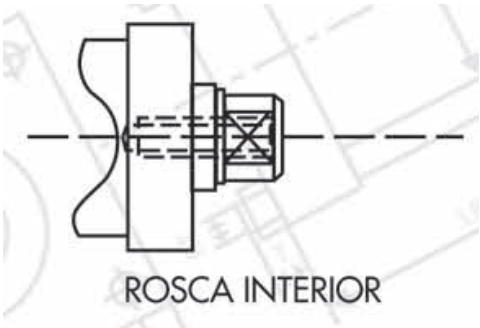


Figura 3-16. Especificación de una rosca interna en el vástago[21]

Los datos obtenidos de diámetro del vástago y tipo de acople han sido seleccionados del catálogo de FAP (Anexo E) los cuales siguen la norma ISO 6022 para pistones.

3.4.8 CARACTERÍSTICAS FINALES DEL SISTEMA HIDRÁULICO

De los resultados obtenidos se puede realizar una tabla, la cual especifique las suficientes características de cada elemento y del sistema en general.

[21] Imagen tomada del catálogo de la FAP Cilindros Hidráulicos CHB (según norma ISO 6022), pág-4.

Tabla 3-10. Cálculos del sistema hidráulico

DENOMINACION	SISTEMA HIDRAULICO		
PRESIÓN MÁXIMA DE LA BOMBA	Pmaxb(bar,psi)	100,0	1450,0
FUERZA DEL CILINDRO	F(tonf,lbf)	2,0	4480,0
AREA DEL CILINDRO	A_c (in2,cm2)	11,9	77,0
DIÁMETRO DEL CILINDRO	D_C(in,cm)	3,94	10,0
CARRERA DEL PISTÓN	y(mm)	250,0	
TIEMPO DE CARRERA	ty(s)	15,0	
CAUDAL DEL SISTEMA	Q(mm3/s,GPM)	128355,0	2,033
POTENCIA TEÓRICA BOMBA	Ptb(hp)	1,7	
POTENCIA REAL BOMBA	Prb(hp)	2,15	
POTENCIA DEL MOTOR	Pm(hp)	2,69	
	VALVULAS		
PRESIÓN DE LA VÁLVULA DE ALIVIO	Pva(psi,Kpa)	1522,5	10497,6
PRESIÓN VÁLVULA REGULADORA DE FLUJO	VRF(gpm,psi)	2,0	1450,0
	TUBERIA SUCCION		
VELOCIDAD DE SUCCIÓN RECOMENDADA	Vs <1,5m/s (m/s,mm/s)	0,65	650,0
ÁREA DE SUCCIÓN	As(mm2)	197,5	
DIÁMETRO DE SUCCIÓN	Ds(mm,plg)	15,9	0,6
VELOCIDAD DE PRESIÓN Y RETORNO RECOMENDADA	Vp/r <3,5m/s (m/s,mm/s)	3,00	3000,0
ÁREA DE PRESIÓN Y RETORNO	Ap/r (mm2)	42,8	
DIÁMETRO DE PRESIÓN Y RETORNO	Dp/r (mm,plg)	7,4	0,29
	VOLUMEN DEL DEPOSITO		
VOLUMEN DEL DEPOSITO	VD (gal,lt)	6,1	23,1
RPM DEL MOTOR	RPM	1800	
TORQUE NOMINAL	Tnom(lb-plg)	94,1	
FACTOR DE SEGURIDAD	FS	1,3	
TORQUE DE DISEÑO	Tdis(lb-plg)	117,6	

Tabla 3-11. Selección de elementos del sistema hidráulico

Elemento	**Características o especificaciones**
Presión del sistema	1450 PSI
Carga a aplicarse	2 Toneladas
Caudal del sistema	2 GPM
Pistón de doble efecto	Diámetro del pistón: 3.94 pulg. (100 mm) Carrera: 250 mm Espacio disponible: 280mm Diámetro del vástago: 70mm (La más próxima en pulgadas) Tipo de acople o montaje: Brida trasera Rosca interna de sujeción en el vástago: 5/8 pulg * 30 mm de profundidad
Bomba de engranes	Caudal: 2 GPM Caballaje: 2 HP RPM: 1800 rpm
Motor trifásico	Caballaje del motor: 3 HP RPM: 1750 rpm Voltaje: 220 V Amperaje: 8,5 A Tipo de corriente: AC Tipo de arranque: Directo (sin arrancador)
Válvula de alivio	Presión de trabajo: 1450 psi
Válvula regula de flujo o de caudal bidireccional	Presión de trabajo: 1450 psi Variación de flujo: 2 – 0,1 GPM
Válvula de control direccional 4 vías – 3 posiciones	Tipo: Tándem Tipo de accionamiento: Manual con enclavamiento Presión de trabajo: 1450 psi
Unión Motor – Bomba	Diámetros de acople: En función de los diámetros de los ejes del motor y bomba
Manguera de succión	Diámetro interno de la manguera: ½ pulg. Tipo de manguera: SAE 100R1 AT Presión de trabajo (según catálogo): 2320 psi Longitud: 3 m

Tabla 3.11 Selección de elementos del sistema hidráulico (continuación)

Manguera de presión y descarga al depósito	Diámetro interno de la manguera: 5/16 pulg. Tipo de manguera: SAE 100R1 AT Presión de trabajo (según catálogo): 3100 psi Longitud: 3 m
Tanque de almacenamiento del fluido de trabajo y filtros de succión y descarga	Tanque atmosférico cerrado Volumen: 6.1 Galones
Caudalímetro	Presión de trabajo: 1450 PSI
Manómetro	Presión de trabajo: 1450 PSI

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

3.4.9 SELECCIÓN DEL ACEITE HIDRÁULICO

La correcta selección del aceite hidráulico permite que se obtenga un buen funcionamiento del mismo, pues se logrará una rápida aplicación de la carga, buena lubricación, facilidad de control de la velocidad y se tendrá un rápido incremento o cambio de dirección de la fuerza.

La mayoría de los sistemas hidráulicos industriales que operan a temperaturas normales tienen bombas que requieren aceites con un grado de viscosidad entre 5 y 100 ISO, aunque los grados más comúnmente usados están entre 32 y 46[22]. Debido a esto se ha seleccionado un aceite adecuado para realizar este tipo de trabajos, siendo este el aceite ISO 32, el mismo que tiene las siguientes equivalencias y clasificaciones (Tabla 3-9 y Tabla 3-10).

[22] SHELL; Tutor de lubricación; Lubricantes para sistemas hidráulicos; Módulo 5;pág. 42; http://www.brettis.com/shell/05%20TUTOR%20LUBRICACION%20SHELL%20-%20Aceites-Hidraulicos.pdf

Tabla 3-12 Equivalencias entre los diferentes sistemas de clasificación de la viscosidad

Grado ISO	Grado ASTM	Grado AGMA	Grado SAE			
			Motor		Engranajes	
			Unigrado	Multigrado	Unigrado	Multigrado
10						
15	75					
22	105		0W, 5W		75W	
32	150		10W			
46	215	1	10, 15W			
68,68EP	315	2, 2EP	20W, 20	10W30, 20W20	80, 80W	
100,100EP	465	3, 3EP	25W, 30	5W50, 15W40		
150, 150EP	700	4, 4EP	40	15W50, 20W40		
220, 220EP	1000	5, 5EP	50		90	85W90
320, 320 EP	1500	6, 6EP				85W140
460, 460EP, 460C	2150	7, 7EP, 7C			140	
680, 680EP, 680C	3150	8, 8EP, 8C				
1000, 1000EP, 1000C	4650	9, 9EP, 9C				
1500, 1500EP, 1500C	7000	10, 10EP, 10C			250	

Tabla 3-13. Clasificación ISO de los aceites industriales[23]

Grado ISO	Límites de viscosidad					
	cSt/40 ºC		SSU/100 ºF		SSU/210 ºF	
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
2	1.98	2.42	32.8	34.4		
3	2.88	3.52	36.0	38.2		
5	4.14	5.06	40.4	43.5		
7	6.12	7.48	47.2	52.0		
10	9.00	11.00	57.6	65.3	34.6	35.7
15	13.50	16.50	75.8	89.1	37.0	38.3
22	19.80	24.20	105.0	126.0	39.7	41.4
32	28.80	35.20	149.0	182.0	43.0	45.0
46	41.40	50.60	214.0	262.0	47.1	49.9
68	61.20	74.80	317.0	389.0	52.9	56.9
100	90.00	110.00	469.0	575.0	61.2	66.9
150	135.00	165.00	709.0	871.0	73.8	81.9
220	198.00	242.00	1047.0	1283.0	90.4	101.0
320	288.00	352.00	1533.0	1881.0	112.0	126.0
460	414.00	506.00	2214.0	2719.0	139.0	158.0
680	612.00	748.00	3298.0	4048.0	178.0	202.0
1000	900.00	1100.00	4864.0	5975.0	226.0	256.0
1500	1350.00	1650.00	7865.0	9079.0	291.0	331.0

[23] http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/bo2.pdf

3.4.10 BENEFICIOS DEL ACEITE HIDRÁULICO

- Vida útil del equipo más larga: Su paquete antidesgasté especial reduce el desgaste mediante la protección de superficies cuando la carga provoca la falla de la película de lubricante.
- Reducción en el tiempo de reparación: Su efectivo inhibidor de herrumbre y oxidación evita la producción de partículas abrasivas en la formación de herrumbre, así como depósitos, barnices y lodos derivados de las fallas en el aceite, las cuales pueden dañar las superficies y juntas del equipo y bloquear los filtros de forma prematura.
- Operación libre de problemas: Sus características de buena estabilidad hidrolítica y de separación del agua proporcionan excelente filtrabilidad en la presencia de contaminación por agua. Sus buenas propiedades anti- espuma y de liberación de aire aseguran una operación suave y eficiencia del sistema.

- Vida extendida de servicio del aceite: Su alta estabilidad a la oxidación resiste el engrosamiento del aceite y la formación de depósitos en servicio, eliminando la necesidad del cambio no programado del fluido hidráulico.

3.4.11 APLICACIONES DEL ACEITE HIDRÁULICO

Es recomendado para:

- Bombas vane, de pistón, o de engranes, especialmente cuando las presiones exceden los 1000 psi.
- Compresores reciprocantes ligeramente cargados.
- Motores y chumaceras.
- Está diseñado para dar una máxima protección de las bombas hidráulicas en sistemas móviles y estacionarios.
- Engranajes de reducción de equipos hidráulicos.
- Chumaceras sencillas y antifricción.
- Sistemas de aceite circulante

- Para lubricación de engranajes como aceites para engranajes con inhibición de herrumbre y oxidación.

3.5 SELECCIÓN DE LA UNIÓN MOTOR-BOMBA (MATRIMONIO)

La unión motor-bomba o matrimonio (comúnmente llamado) es un accesorio importante, ya que este transmite la potencia y revoluciones desde el motor hacia la bomba con el fin de obtener el caudal adecuado (2 GPM) y la potencia necesaria para generar los 1450 psi requeridos.

Como se puede apreciar en la selección de la bomba y el motor, se requieren de

1800 rpm en los dos casos, es decir, lo que se necesita es que el número de revoluciones sea el mismo tanto en la bomba como en el motor, por este motivo no se colocará ningún medio que reduzca la velocidad, colocándose así una unión directa entre los ejes de la bomba y el motor.

3.5.1 CÁLCULO DEL TORQUE NOMINAL TNOM

Para el cálculo del torque nominal se tiene la siguiente fórmula:

$$T_{nom} = \frac{P_m * 63025}{RPM} \ lb - in \qquad \text{(Ec. 3.55)}$$

Dónde: Pm = Potencia en el motor en HP

RPM= Revoluciones por minuto

Por lo tanto se tiene lo siguiente

$$T_{nom} = \frac{2.69 * 63025}{1800} = 94.1\ lb - in$$

3.5.2 CÁLCULO DEL TORQUE DE DISEÑO TDIS

Cabe notar a continuación que la siguiente unión motor-bomba será para un motor eléctrico con torque estándar, el cual accionará una bomba de engranes.

Debido a esto se seleccionará un factor de aplicación de servicio para el matrimonio de la Tabla 3-14.

Tabla 3-14. Factor de aplicación de servicio en función de las características del motor y bomba[24]

Application Service Factors

	Service Factors				
	Electric Motor w/ Standard Torque	Electric Motor w/ High Torque	Steam Turbines & Engines w/4 or more cyl*	Reciprocating Engines*	
				1-Cyl	2-Cyl
Agitators	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3
Band Resaw (lumber)	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8
Barge Haul Puller	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Beaters	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8
Blowers					
Centrifugal	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3
Lobe, Vane	1.25	1.50	1.25	2.0	1.6
Bottling Machinery	1.25	1.50	1.25	2.0	1.6
Brew Kettles (distilling)	1.25	1.50	1.25	2.0	1.6
Can Filling Machinery	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3
Car Dumpers	2.50	2.75	2.50	3.2	2.8
Car Pullers	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8
Card Machine	1.75	2.00	1.75	2.5	2.0
Chiller (oil)	1.50	2.00	1.25	2.0	2.0
Compressors					
Centrifugal	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3
Screw, Lobe	1.25	1.50	1.25	2.0	1.6
Reciprocating	See Note				
Conveyors, Uniformly Fed					
Assembly, Belt, Screw	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3
Bucket, Sawdust	1.25	1.50	1.25	2.0	1.6
Live Roll, Shaker, Reciprocating	3.00	3.25	3.00	3.7	3.3
Conveyors, Not Uniformly Fed					
Assembly, Belt, Oven, Screw	1.20	1.45	1.20	1.9	1.5
Reciprocating	2.50	2.75	2.50	3.2	2.8
Shaker	3.00	3.25	3.00	3.7	3.3
Cookers—Brewing, Distilling, Food	1.25	1.50	1.25	2.0	1.6
Cranes & Hoist[1]	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Crushers—Cane (sugar), Stone, or Ore	3.00	3.25	3.00	3.7	3.3
Dredges					
Cable reels	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Conveyors, Pumps, Maneuvering Winches	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8
Cutter Head Drives	2.50	2.75	2.50	3.2	2.8
Dynamometer	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8
Evaporators	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3
Fans					
Centrifugal	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3
Cooling Towers	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Forced Draft, Propeller	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8
Induced draft w/damper control	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Induced draft w/o damper control	1.25	1.50	1.25	2.0	1.6
Feeders					
Belt, Screw	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3
Reciprocating	2.50	2.75	2.50	3.2	2.8
Filter, Press-oil	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8
Generators					
Not Welding	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3
Welding	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Hoist	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8
Hammermills	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Kilns	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8
Laundry Washers— Reversing	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Lumber Machinery					
Barkers, Edger Feeder, Live Roll	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Planer, Slab Conveyor	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Machine Tools					
Punch Press-gear Driven, Plate Planer	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Tapping Machinery, Bending Roll	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Main Drive	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8
Auxiliary Drives	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3
Metal Forming Machines					
Draw Bench-carriage & Main Drive	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Extruder, Forming Machine, Wire Drawing	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Table Conveyors	2.50	2.75	2.50	3.2	2.8
Wire Winding, Coilers, Slitters	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8
Mills, Rotary Type					
Ball, Kilns, Pebble, Rolling, Tube	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Cement Kilns, Dryers, Coolers	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Tumbling	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8
Mixers					
Concrete, continuous	1.75	2.00	1.75	2.5	2.0
Muller	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8
Paper Mills					
Agitator (mixers), Reel, Winder	1.20	1.45	1.20	1.9	1.5
Winder	1.20	1.45	1.20	1.9	1.5
Barker (mechanical), Log Haul, Chipper	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Barking Drum (spur gear)	2.50	2.75	2.50	3.2	2.8
Beater, Pulper, Jordans, Dresses	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Calenders, Dryers, Washers, Thickener	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8
Converting Machines, Conveyors	1.20	1.45	1.20	1.9	1.5
Printing Presses	1.50	1.75	1.50	1.7	1.3
Pug Mill	1.75	2.00	1.75	2.0	1.6
Pumps					
Centrifugal	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3
Gear, Rotary, Vane	1.25	1.50	1.25	2.0	1.6
Reciprocating:					
1–Cyl. Single or Double Acting	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
2–Cyl. Single Acting	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
2–Cyl. Double Acting	1.75	2.00	1.75	2.5	2.0
3 or more Cyl.	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8
Rubber Machinery					
Mixers	2.50	2.75	2.50	3.2	2.8
Rubber Calender	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Screens					
Air washing, Water	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3
Rotary—stone or gravel, Dewatering	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8
Vibrating	2.50	2.75	2.50	3.2	2.8
Grizzly	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Shredders	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8
Steering Gears	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3
Stokers	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3
Suction Roll (paper)	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8
Textile Machinery					
Dryers, Dyeing Machinery, Mangle	1.20	1.45	1.20	2.0	1.6
Loom, Spinner, Tenter frames	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8
Tumbling Barrels	1.75	2.00	1.75	2.5	2.0
Windlass	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Woodworking Mach.	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3

Caution: Applications involving reciprocating engines and reciprocating driven devices are subject to critical rotational speeds which may damage the coupling and/or connected equipment. Contact Lovejoy Engineering with specific requirements.

De la Tabla 3-14. Se puede apreciar que el factor de servicio es de 1.25

[24] Información tomada del catálogo para unión motor – bomba (matrimonio) de LOVEJOY; Tabla 1; pág. 20; www.lovejoy-inc.com

3.5.3 MATERIAL DEL MATRIMONIO

Es importante la correcta selección del material a usar en el matrimonio, es por ello que se debe tomar en cuenta según la Tabla 3-15.

Tabla 3-15. Tipo de material del matrimonio a seleccionar en función de la temperatura de trabajo[25]

Characteristics	Temperature Range	Misalignment		Shore Hardness[1]	Dampening Capacity	Chemical Resistance[2]	Color
		Angular Degree	Parallel Inch				
SOX (NBR) Rubber – Nitrile Butadiene (Buna N) Rubber is a flexible elastomer material that is oil resistant, resembles natural rubber in resilience and elasticity and operates effectively in temperature range of -40° to 212° F (-40° to 100° C). Good resistance to oil. Standard elastomer. (Also applies to SXB Cushions.)	-40° to 212° F -40° to 100° C	1°	.015	80A	HIGH	GOOD	BLACK
URETHANE – Urethane has greater torque capability than NBR (1.5 times), provides less dampening effect, and operates at a temperature range of -30° to 160° F (-34° to 71° C). Good resistance to oil and chemicals. Not recommended for cyclic or start/stop applications.	-30° to 160° F -34° to 71° C	1°	.015	55D L050-L110 90-95A L150-L225	LOW	VERY GOOD	BLUE
HYTREL® – Hytrel is a flexible elastomer designed for high torque and high temperature operations. Hytrel can operate in temperatures of -60° to 250° F (-51° to 121° C) and has an excellent resistance to oil and chemicals. Not recommended for cyclic or start/stop applications.	-60° to 250° F -51° to 121° C	1/2°	.015	55D	LOW	EXCELLENT	TAN
BRONZE – Bronze is a rigid, porous oil-impregnated metal insert exclusively for slow speed (maximum 250 RPM) applications requiring high torque capabilities. Bronze operations are not affected by extreme temperatures, water, oil, or dirt.	-40° to 450° F -40° to 232° C	1/2°	.010	—	NONE	EXCELLENT	BRONZE

Tomando en cuenta la Tabla 3-15 y teniendo presente que el motor, bomba matrimonio no se recalentará más de 100 ℃ es conveniente seleccionar el material denominado NBR para el matrimonio

3.5.4 NOMENCLATURA DEL MATRIMONIO A SELECCIONAR

Teniendo en cuenta el tipo de material seleccionado se procede a observar la

Tabla 3-16, la cual especifica el tamaño a seleccionar en función del torque de diseño y del tipo de material.

[25] Información tomada del catálogo para unión motor – bomba (matrimonio) de LOVEJOY; Tabla 2; pág. 21; www.lovejoy-inc.com.

Tabla 3-16. Tamaño del matrimonio a seleccionar en función del tipo de material y torque de diseño[26]

Jaw Nominal Rated Torque Data

Size	Max Bore		Spider Material							
			SOX (NBR) Torque		Urethane Torque		Hytrel Torque		Bronze Torque	
	in	mm	in-lbs	Nm	in-lbs	Nm	in-lbs	Nm	in-lbs	Nm
L035	0.375	9	3.5	0.4	—	—	—	—	—	—
L/AL050	0.625	16	26.3	3.0	39	4.5	50	5.60	50	5.60
L/AL070	0.750	19	43.2	4.9	65	7.3	114	12.90	114	12.90
L/AL075	0.875	22	90.0	10.2	135	15.3	227	25.60	227	25.60
L/AL090	1.000	25	144.0	16.3	216	24.4	401	45.30	401	45.30
L/AL095	1.125	28	194.0	21.9	291	32.9	561	63.40	561	63.40
L/AL099	1.188	30	318.0	35.9	477	53.9	792	89.50	792	89.50
L/AL100	1.375	35	417.0	47.1	626	70.7	1,134	128.00	1,134	128.00
L/AL110	1.625	42	792.0	89.5	1,188	134.0	2,268	256.00	2,268	256.00
L150	1.875	48	1,240.0	140.0	1,860	210.0	3,708	419.00	3,706	419.00
AL150	1.875	48	1,450.0	163.8	—	—	—	—	—	—
L190	2.125	55	1,728.0	195.0	2,592	293.0	4,680	529.00	4,680	529.00
L225	2.625	65	2,340.0	264.0	3,510	397.0	6,228	704.00	6,228	704.00
L276	2.875	73	4,716.0	533.0	—	—	—	—	12,500	1 412.00
C226	2.500	64	2,988.0	338.0	—	—	5,940	671.00	5,940	671.00
C276	2.875	73	4,716.0	533.0	—	—	9,432	1 066.00	—	—
C280	3.000	76	7,560.0	854.0	—	—	13,866	1 567.00	—	—
C285	4.000	102	9,182.0	1 038.0	—	—	16,680	1 882.00	—	—
C295	3.500	89	11,340.0	1 281.0	—	—	22,680	2 563.00	22,680	2 563.00
C2955	4.000	102	18,900.0	2 136.0	—	—	37,800	4 271.00	37,800	4 271.00
H3067	4.500	114	33,395.0	3 774.0	—	—	47,196	5 333.00	47,196	5 333.00
H3567	5.000	127	46,632.0	5 269.0	—	—	63,000	7 119.00	63,000	7 119.00
H3667	5.629	143	64,812.0	7 323.0	—	—	88,200	9 966.00	88,200	9 966.00
H4067	6.250	159	88,224.0	9 969.0	—	—	126,000	14 237.00	126,000	14 237.00
H4567	7.000	178	119,700.0	13 525.0	—	—	170,004	19 209.00	170,000	19 209.00

Note: ■ Bronze has a maximum RPM capability of 250 RPM.

A continuación se debe tomar en cuenta las mediciones del acople, por tal motivo, conociendo que el matrimonio irá conectado a un motor y a una bomba se requiere saber las dimensiones del eje del motor a acoplar. Estas medidas se pueden apreciar en el mismo que dice que se tendrá un eje de 24mm.

Por lo tanto, de la Tabla 3-16 se puede observar que para un torque de diseño de 90 in/libras, un material NBR y un agujero de acople de 24 mm aproximadamente, se tiene un matrimonio de tamaño L090 o AL090.

Por este motivo se puede observar la Tabla 3-17

[26] Información tomada del catálogo para unión motor – bomba (matrimonio) de LOVEJOY

Tabla 3-17. Codificación del matrimonio en función del o agujero del matrimonio para acoplamiento del eje[27]

Bore	Keyway	L035	L050	L070	L075	L090	L095	L099	L100	L110	L150	L190	L225	L276
1/8	No Keyway	10124	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3/16	No Keyway	10126	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1/4	No Keyway	10127	10206	10416	10680	10766	—	—	—	—	—	—	—	—
1/4	1/8 x 1/16	—	—	—	35744	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5/16	No Keyway	10128	10207	10417	10681	26209	—	—	—	—	—	—	—	—
3/8	No Keyway	24687	10208	10418	10682	10767	—	—	—	—	—	—	—	—
3/8	3/32 x 3/64	—	46121	41985	37234	37235	—	—	—	—	—	—	—	—
3/8	1/8 x 1/16	—	44136	48829	35745	37236	—	—	—	—	—	—	—	—
7/16	No Keyway	—	10209	10419	10683	10768	11082	31297	11505	—	—	—	—	—
7/16	3/32 x 3/64	—	44713	44007	28089	26877	27613	38198	37237	—	—	—	—	—
7/16	1/8 x 1/16	—	—	44066	28875	26878	26879	38199	37238	—	—	—	—	—
1/2	No Keyway	—	10210	10420	10684	10769	11083	11333	11506	—	—	—	—	—
1/2	1/8 x 1/16	—	10211	10421	10685	26087	26088	11334	26089	—	—	—	—	—
9/16	No Keyway	—	10212	52338	10686	24976	37239	11335	11508	—	—	—	—	—
9/16	1/8 x 1/16	—	10213	10423	10687	26876	11084	38200	11509	—	—	—	—	—
5/8	No Keyway	—	10214	24771	44322	46052	41911	44174	44291	11733	12101	—	—	—
5/8	5/32 x 5/64	—	—	51104	37240	37241	37242	38201	37243	37244	37245	—	—	—
5/8	3/16 x 3/32	—	—	10424	10688	10771	11085	11336	11510	26211	26212	—	—	—
11/16	3/16 x 3/32	—	—	10425	10689	10772	11086	11337	11511	11734	12102	—	—	—
3/4	No Keyway	—	—	46116	56140	54282	56887	49705	45212	—	—	12285	12422	—
3/4	1/8 x 1/16	—	—	51719	35881	37246	37074	38202	37247	37248	37249	37250	—	—
3/4	3/16 x 3/32	—	—	10426	10690	10773	11087	11338	11512	11735	12103	38468	35882	—
13/16	3/16 x 3/32	—	—	—	10691	10774	11088	11339	11513	11736	12104	37252	37255	—
7/8	No Keyway	—	—	—	56941	—	—	59063	—	—	—	—	—	12582
7/8	3/16 x 3/32	—	—	—	10692	10775	11089	11340	11514	11737	12105	12286	12423	12585
7/8	1/4 x 1/8	—	—	—	—	38188	35747	38203	35686	35749	35750	37256	35753	54883
15/16	1/4 x 1/8	—	—	—	—	32332	11090	11341	11515	11738	12160	12287	12424	—
1	1/4 x 1/8	—	—	—	—	31296	11091	11342	11516	11739	12107	12288	12425	12586
1	3/16 x 3/32	—	—	—	—	37257	37258	38204	37259	37260	37261	37262	37263	—
1-1/16	1/4 x 1/8	—	—	—	—	—	11092	11343	11517	11740	12108	12289	12426	—
1-1/8	1/4 x 1/8	—	—	—	—	—	11093	11344	11518	11741	12109	12290	12427	12587
1-3/16	1/4 x 1/8	—	—	—	—	—	—	11345	11519	11742	12110	12291	12428	—
1-1/4	1/4 x 1/8	—	—	—	—	—	—	—	11520	11743	12111	12292	12429	12588
1-1/4	5/16 x 5/32	—	—	—	—	—	—	—	35748	35752	35751	37294	35754	12589
1-5/16	5/16 x 5/32	—	—	—	—	—	—	—	11521	11744	12112	12293	26090	—
1-3/8	5/16 x 5/32	—	—	—	—	—	—	—	11522	11745	12113	12294	12430	12590
1-3/8	3/8 x 3/16	—	—	—	—	—	—	—	44348	37265	37266	37267	37568	46758
1-7/16	3/8 x 3/16	—	—	—	—	—	—	—	—	11746	12114	12295	12431	12591
1-1/2	5/16 x 5/32	—	—	—	—	—	—	—	—	37269	37270	37271	37272	—
1-1/2	3/8 x 3/16	—	—	—	—	—	—	—	—	11747	12115	12296	12432	12592
1-9/16	3/8 x 3/16	—	—	—	—	—	—	—	—	11748	12116	37273	12433	45689
1-5/8	3/8 x 3/16	—	—	—	—	—	—	—	—	11749	12117	12297	12434	12593
1-11/16	3/8 x 3/16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12118	12298	12435	60057
1-3/4	3/8 x 3/16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12119	12299	13436	12594
1-3/4	7/16 x 7/32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	37274	37275	37276	48250
1-13/16	1/2 x 1/4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12120	12300	26091	—
1-7/8	1/2 x 1/4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12121	12301	12437	12595
1-15/16	1/2 x 1/4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12302	12438	49762
2	1/2 x 1/4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12303	12439	12596
2-1/16	1/2 x 1/4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12304	26092	—
2-1/8	1/2 x 1/4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12305	12440	12597
2-3/16	1/2 x 1/4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12441	12598
2-1/4	1/2 x 1/4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12442	12599
2-3/8	5/8 x 5/16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12443	12602
2-5/8	5/8 x 5/16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	41809	12605
2-7/8	3/4 x 3/8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12607

De la Tabla 3-17. Se tiene que para un agujero de 1 pulgada y un chavetero de 1/4 *1/8”selecciona el matrimonio tipo 31296.

Por consiguiente el matrimonio a seleccionar es el L90-31296.

[27] Información tomada del catálogo para unión motor – bomba (matrimonio) de LOVEJOY

Se realiza una simulación con un software para diseño mecánico, para verificar el correcto funcionamiento de la maquina a ser repotenciada, la cual se encuentra en el ANEXO I y una vez finalizado el diseño se realizan los planos de la maquina repotenciada los mismo que se presentan en el ANEXO G.

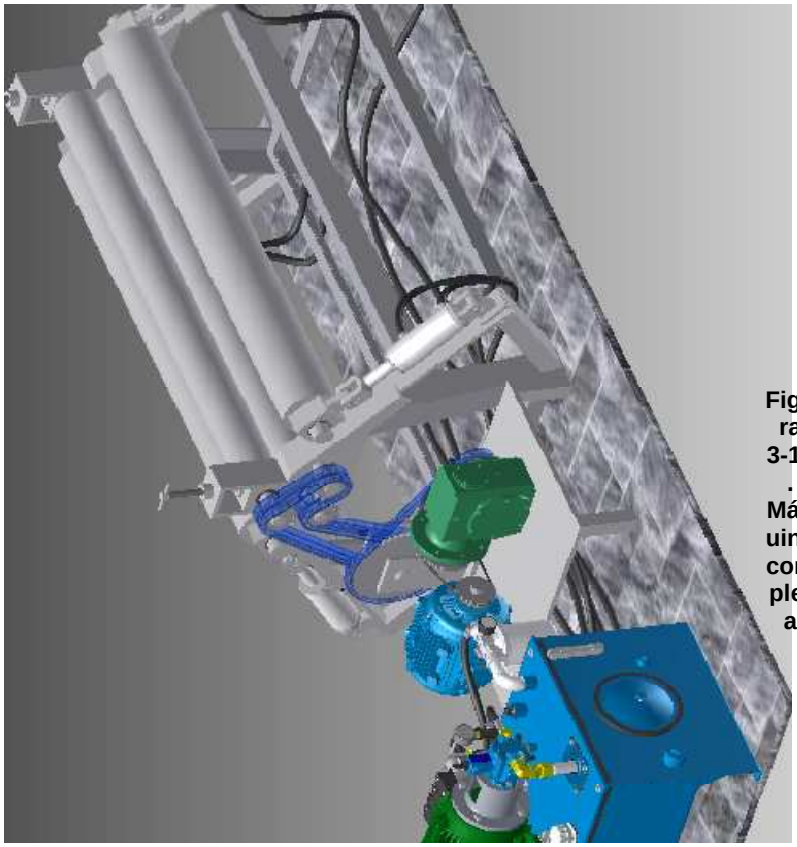


Figura 3-17. Máquina completa

Fuente: Autodesk inventor

Elaboración: Propia

CAPÍTULO 4

CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DE LA MÁQUINA REPOTENCIADA

4.1 CONSTRUCCIÓN

Para la construcción de los elementos faltantes es trascendental tener en cuenta las siguientes ponderaciones:

Condiciones del taller: Se refiere a que el taller mecánico conste con todos los instrumentos, equipos y máquinas-herramientas adecuadas para la fabricación de cada una de las piezas a colocar.

Factibilidad de adquisición: Se refiere a la facilidad de adquirir en el mercado (ecuatoriano) la materia prima, piezas y/o mecanismos ya construidos que sean comerciales y herramientas adecuadas para la construcción de los elementos en el caso que se los pueda fabricar en el taller.

Además es necesario contar con personal que tenga el suficiente conocimiento y experiencia en interpretación de planos mecánicos y manejo de máquinas-herramientas, esto facilitará y optimizará la repotenciación de la baroladora.

Los elementos a elaborar se los realizarán en la metalmecánica donde se encuentra la máquina baroladora a repotenciar (Mecánica Industrial Ángel María Luna C.A.), ya que para los requerimientos de calidad solicitados la mecánica presta las suficientes condiciones de trabajo.

La mencionada metalmecánica cuenta con las siguientes condiciones de trabajo:

- Adecuada maquinaria
- Suficiente materia prima
- Adecuado espacio de trabajo
- Personal suficientemente calificado.

Las instalaciones observan en la Figura 4-1.

Figura 4-1. Instalaciones donde se encuentra la máquina

Fuente: Propia
Elaboración: Propia

Rigiéndonos a los parámetros expuestos anteriormente y un sólido criterio mecánico se consigue el resultado esperado

4.1.1 MÁQUINAS, HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Para fabricar las diferentes piezas indispensables para la repotenciación de la máquina Baroladora es necesario la utilización de:

Máquinas: Torno, Fresadora, Soldadora, Taladro de Banco, Esmeril, Sierra de vaivén, Amoladora, Oxicorte, Cepilladora.

Herramientas: Útiles de torneado, útiles de cepillado, útiles de fresado, martillo de goma, grata, entenalla, lima, brocas, sierras, pinzas, llaves de copa, discos de corte, electrodos.

Instrumentos: Calibrador, flexómetro, micrómetro, reloj comparador, nivel y escuadras de precisión, soporte magnético.

Con el fin de identificar fácilmente máquinas, herramientas e instrumentos utilizados utilizadas en el proceso de construcción de los diferentes elementos y así facilitar la elaboración de procesos de construcción necesarios para la repotenciación la máquina Baroladora, se lista dichas máquinas, herramientas e instrumentos en la Tabla 4-1

Tabla 4-1. Listado de máquinas, herramientas e instrumentos de medición

MÁQUINA HERRAMIENTA	HERRAMIENTAS	INSTRUMENTOS
Torno Fresadora Esmeril Amoladora Taladro de Banco Sierra de vaivén Compresor Rectificadora Oxicorte	Útiles de torneado Útiles de fresado Discos de corte Llaves de copa Entenalla Brocas Martillo de goma Grata Lima Soplete Juego de machuelos Escariador Bandeador Electrodos Sierra	Calibrador Flexómetro Escuadras de precisión Reloj comparador Micrómetro Nivel Soporte magnético

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

4.1.2 PROCESOS MECÁNICOS

En la Tabla 4-2 se generalizan los procesos mecánicos necesarios que abarcan la elaboración de las piezas de la máquina Baroladora.

Tabla 4-2. Procesos tecnológicos

PROCESOS DE CONFORMADO
Trazado
Cortado
Taladrado
Limado
Roscado
Amolado
Soldado
Pintado
Escariado
Torneado
Fresado

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

4.1.3 MATERIA PRIMA

En la Tabla 4-3 se exponen la materia prima con la que se fabricará los elementos necesarios para repotenciar la máquina Baroladora.

Tabla 4-3. Materia prima a utilizarse

MATERIA PRIMA
AISI 1040
ASTM A-36

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

4.1.4

4.1.5 ELEMENTOS A FABRICAR

La máquina Baroladora tiene diferentes elementos mecánicos a fabricar los cuales están detallados adecuadamente en la siguiente tabla:

Tabla 4-4. Elementos a construir

ELEMENTO	CANTIDAD
Rodillo centrales	2
Bocines	4

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

4.1.6 ELEMENTOS MECÁNICOS Y PIEZAS A CONSTRUIR

Tabla 4-5. Procesos de fabricación.

ELEMENTO MECÁNICO	PROCESOS DE FABRICACIÓN	
Rodillo (Superior e Inferior)	**Torneado**	Se realiza el desbaste del eje tomando en cuenta la puesta a punto y los útiles de torneado a manejar.
	Fresado	Se realizan operaciones de fresado para obtener el chavetero según las dimensiones requeridas.
	Limpieza	Se elimina las aristas vivas.
bocines	**Torneado**	Se realiza el cilindrado, refrentado, chaflanado y roscado.
	Fresado	Se realizan operaciones de fresado para obtener el chavetero según las dimensiones requeridas.
	Limpieza	Eliminación de viruta y aristas vivas.

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

4.1.7 PASOS DE ELABORACIÓN

Para fabricar los elementos necesarios en la repotenciación de la Baroladora es indispensable cumplir con faces de construcción que generalmente cumplen la siguiente secuencia:

- Adquisición de la materia prima.
- Almacenado de la materia prima.
- Trazado sobre la materia prima.
- Corte de piezas en dimensiones brutas.
- Preparación de piezas según procesos tecnológicos establecidos.
- Eliminación de virutas y escorias provenientes de procesos de fabricación.
- Comprobación de estabilidad, funcionalidad y tolerancias dimensionales, superficiales y geométricas.
- Protección anticorrosiva de superficies expuestas al medioambiente.

Cabe recalcar que para la fabricación de los elementos mecánicos, se debe analizar las fases de trabajo indicadas para cada pieza que presente geometría diferente; por lo que se realizan las hojas de procesos para guiar el maquinado de todos los elementos mecánicos a ser fabricados; conjuntamente los planos de taller y las hojas de procesos serán de gran ayuda para el personal técnico encargado de la fabricación.

4.1.8 DIAGRAMA DE FLUJO DE CONSTRUCCIÓN

El siguiente diagrama de flujo, muestra el proceso de fabricación de los elementos a construir que forman parte de la máquina Baroladora a repotenciar, para lo cual es preciso utilizar la simbología estandarizada que se ilustra en la Tabla 4-6.

Tabla 4-6. Simbología utilizada en el diagrama de flujo

SÍMBOLO	INTERPRETACIÓN
○	Operación
⇨	Transporte
◇	Inspección
▽	Almacenamiento
D	Demora

En la Tabla 4-7 se representa el diagrama de flujo para la construcción de los elementos de la Baroladora.

Tabla 4-7. Diagrama de flujo de construcción

Nro.	Pieza	Descripción	Actividad					Tiempo Operación (min)	Tiempo Elemento (min)
			○	⇨	◇	▽	D		
1	Rodillo (superior e inferior)	Transporte acero AISI 1045 a la sección de torneado		X				5	203
2		Puesta a punto de la materia prima en el torno	X					15	
3		Maquinar la superficie hasta obtener el acabado y las medidas requeridas	X					120	
4		Realizar el roscado en el extremo del eje	X					15	
5		Eliminación de viruta y aristas vivas	X					3	
6		Verificar las medidas del eje			X			3	
7		Transporte a la sección de fresado.		X				1	

Tabla 4-7.Diagrama de flujo de construcción (continuación)

Nro.	Pieza	Descripción	Actividad					Tiempo Operación (min)	Tiempo Elemento (min)
8		Puesta a punto de la materia prima en la fresadora	X					15	
9		Realizar el maquinado del chavetero	X					20	
10		Eliminación de viruta y aristas vivas	X					3	
11		Verificar las medidas del chavetero			X			2	
12		Transporte hacia el almacén		X				1	
13		Almacenamiento hasta montaje				X		x	
14	Bocines	Transporte a la sección de torno		X				1	6
15		Puesta a punto de la materia prima en el torno	X					5	
16	bocines	Mecanizar en torno según hoja de procesos	X					20	63
17		Eliminación de viruta y aristas vivas	X						
18		Verificar las medidas			X			1	
19		Transporte a la sección de fresado.		X				1	
20		Puesta a punto de la materia prima en la fresadora	X					15	
21		Realizar el maquinado del agujero	X					20	
22		Eliminación de viruta y aristas vivas	X					3	
23		Verificar las medidas			X			2	
24		Transporte hacia el almacén		X				1	
25		Almacenamiento hasta montaje				X		x	

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

En el Anexo H se muestran las hojas de procesos de algunos de los elementos a construirse para la repotenciación de la máquina baroladora.

4.2 MONTAJE DE LOS ELEMENTOS DE LA BAROLADORA

El acople de piezas y mecanismos de la máquina Baroladora debe realizarse mediante un procedimiento ordenado y lógico previamente analizado que garantice el correcto ensamble entre partes y un perfecto funcionamiento, por lo que se ha de realizar con mano de obra calificada para optimizar tiempo y recursos.

El montaje se lo realiza mediante la siguiente secuencia:

- Armado y ubicado de la estructura,
- Armado y colocado de rodillos motrices en la estructura,
- Armado y ubicado de la estructura del motor,
- Ensamblado del sistema de transmisión,
- Situado de los cilindros neumáticos,
- Armado y colocado de rodillos laterales en la estructura,
- Situado del tanque,
- Armado de válvulas y situado de la tapa,
- Ensamblado de los elementos neumáticos,
- Situado de los elementos neumáticos en la tapa
- Ensamblado de conductos

4.2.1 DIAGRAMA DE MONTAJE

En la Tabla 4-8 se representa el montaje de forma sistemática, ordenada según el proceso de montaje. Con el fin de contribuir la rápida comprensión, se apuntan detalles sintetizados para cada subproceso.

Para el análisis de las piezas a repotenciar previamente se desmontó los elementos de la Baroladora, por lo que no se describirá el proceso de desmontaje en la siguiente tabla.

Tabla 4-8. Diagrama de flujo de montaje

Nro.	Elemento	Proceso	Subproceso	Observación	Tiempo Operación (min)	Tiempo Elemento (min)
1	Bancada	Cambio eje loco en bancada	Corte	Cortar con amoladora la soldadura de filete alrededor del eje loco.	10	455
2			Soldado	Realizar el punteado, verificar alineación y soldar partes.	5	
3			Limpiado	Limpiar la soldadura con grata.	5	
4		Armado de la estructura soporte de cilindros hidráulicos	Corte	Cortar con amoladora la soldadura de filete alrededor de la tuerca y eliminar rebabas.	60	
5			Soldado	Realizar el punteado, verificar alineación y soldar placas guía, soportes y perfiles.	180	
6			Limpiado	Limpiar la soldadura con grata.	40	
7		Situado de la bancada	Ubicado	Ubicar la bancada en los pernos colocar tuercas y ajustarlas.	30	
8		Pintado de la bancada	Limpiado	Eliminar la grasa y el óxido con gasolina y desoxidante.	25	
9	Bancada	Pintado de bancada	Pintado	Cubrir las superficies funcionales con periódico y aplicar pintura anticorrosiva con compresor y pistola	10	
10			Secado	Esperar hasta secado de pintura	90	
11	Rodillos inferior y superior	Pintado de acoples	Limpiado	Eliminar la grasa y el óxido con gasolina y desoxidante.	20	235
12			Pintado	Cubrir las superficies funcionales con periódico y aplicar pintura anticorrosiva.	20	
13			Secado	Esperar hasta secado de pintura	90	
14		Situado de rodillo inferior	Armado	Ensamblar acoples con cojinetes y rodillo.	30	
15			Situado	Ubicar el eje en la bancada.	10	
16		Situado de rodillo superior	Armado	Ensamblar acoples con cojinetes y rodillo.	30	
17			Situado	Ubicar el eje en la bancada.	10	
18		Inspección	Verificación	Verificar la correcta alineación, paralelismo y juego entre ejes y acoples	25	
19	Pasador y catarinas	Ajuste de soporte de pasador	Corte	Cortar con amoladora la soldadura de filete alrededor de la placa posterior y eliminar rebabas.	20	407
20			Preparado	Preparar juntas en placas de aumento de amplitud entre apoyos	25	

Tabla 4-8. Diagrama de flujo de montaje (Continuación)

Nro.	Elemento	Proceso	Subproceso	Observación	Tiempo Operación (min)	Tiempo Elemento (min)
21			Soldado	Realizar el punteado, verificar alineación y soldar partes.	90	
22			Limpiado	Limpiar la soldadura con grata.	5	
23		Pintado de bancada del motor	Limpiado	Eliminar la grasa y el óxido con gasolina y desoxidante.	30	
24			Pintado	Cubrir las superficies funcionales con periódico y aplicar pintura anticorrosiva con compresor y pistola	20	
25			Secado	Esperar hasta secado de pintura	90	
26		Situado de catarinas	Ubicado	Ubicar catarinas conducidas en los rodillos y eje loco	45	
27		Situado de Pasador	Ubicado	Ubicar el pasador en el primer apoyo	2	
28			Armado	Armado de catalina conductora, cojinetes, pasador y cadenas.	5	
29	Catarinas	Situado de pasador	Ubicado	Ubicar el pasador en el segundo apoyo	30	
30		Alineación	Situado	Recorrer la bancada del motor hasta obtener linealidad entre catalinas conductoras y conducidas.	15	
31		Inspección	Verificación	Verificar alineación entre catalinas y cadena y el correcto juego entre partes.	30	
32	Rodillos laterales y cilindros neumáticos	Adecuado de acoples	Soldado	Realizar el punteado, verificar alineación y soldar acoples y soportes.	60	315
33			Limpiado	Limpiar la soldadura con grata.	20	
34		Pintado de acoples	Limpiado	Eliminar la grasa y el óxido con gasolina y desoxidante.	20	
35			Pintado	aplicar pintura anticorrosiva.	20	
36			Secado	Esperar hasta secado de pintura	90	
37		Situado de cilindros	Ubicado	Ubicar los cilindros neumáticos en soportes de bancada.	20	
38		Situado de rodillos laterales	Armado	Ensamblar acoples con cojinetes	40	
39			Situado	Ubicar rodillos en bancada.	20	
40		Inspección	Verificación	Verificar la correcta alineación, paralelismo y juego entre ejes y acoples	25	
41	Tanque	Situado del tanque	Ubicado	Ubicar el tanque en los pernos, colocar tuercas y ajustarlas.	20	45

Tabla 4-8. Diagrama de flujo de montaje (Continuación)

Nro.	Elemento	Proceso	Subproceso	Observación	Tiempo Operación (min)	Tiempo Elemento (min)
42		Ensamble de elementos	Atornillado	Colocar los elementos roscados con los respectivos empaques	25	
43	Tapa	Ensamble de elementos	Armado	Ensamblar las válvulas y elementos empernados con los respectivos empaques	60	85
44		Situado de la tapa	Ubicado	Ubicar la tapa con los pernos y tuercas ajustadas	25	
45	Sistema Hidráulico	Armado del sistema hidráulico	Armado del sistema de succión	Ensamblar el motor, bomba, manómetros, válvula de seguridad, retorno de seguridad y succión	150	631
46			Armado del sistema de retorno	Ensamblar el filtro y accesorios	130	
47		Situado del sistema de hidráulico	Situado del sistema de succión	Ubicar el sistema de succión mediante acoples roscados en tapa.	45	

Fuente: Propia
Elaboración: Propia

Minutos Totales	2173
Horas totales	36 : 13
Días Totales	4 días ,4 horas ,13 min

Se establece que las horas empleadas para de todos los elementos de la Baroladora es de 33 horas con 7 minutos; ya que se trabajara 8 horas al día, se tiene un tiempo de construcción estimado de 4 días, una hora y 7 minutos.

En las figuras: 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 y 4.6 se muestran las etapas del montaje de algunos de los elementos de la Baroladora.

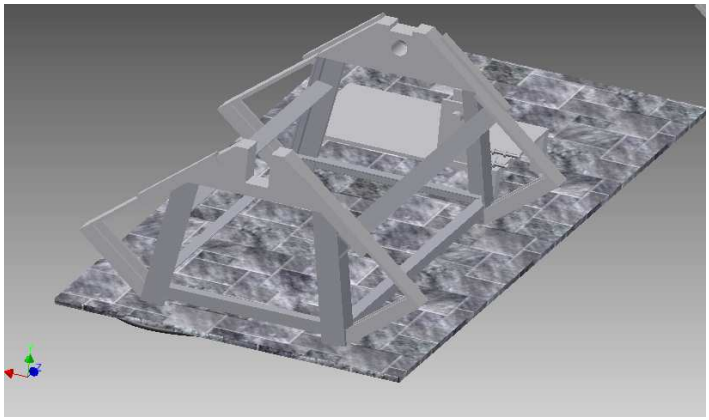


Figura 4-2. Puesta a punto de la maquina

Fuente: Autodesk inventor

Elaboración: Propia

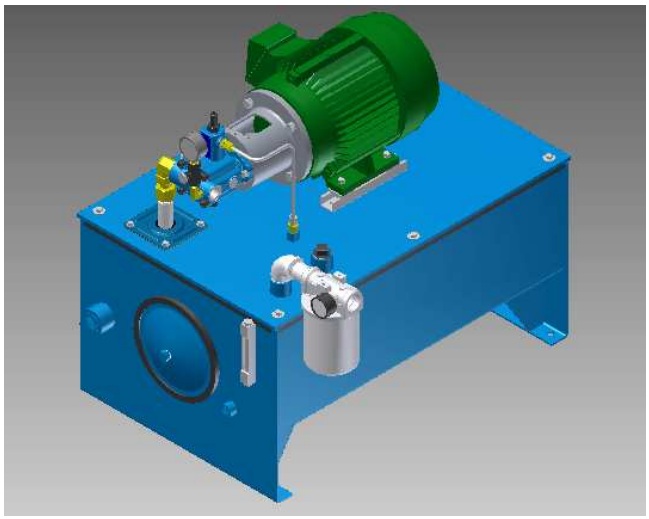


Figura 4-3. Sistema hidráulico

Fuente: Autodesk inventor

Elaboración: Propia

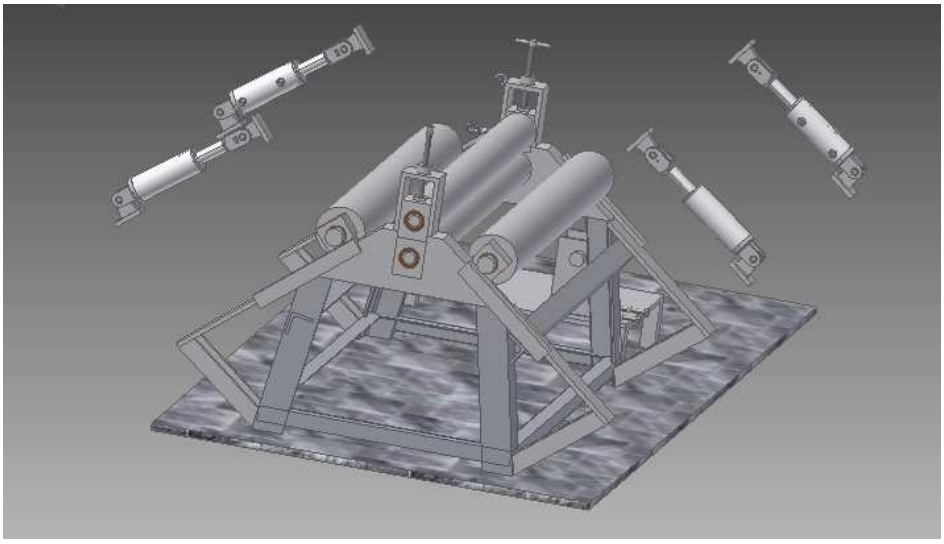


Figura 4-4. Montaje de los pistones hidráulicos

Fuente: Autodesk inventor

Elaboración: Propia

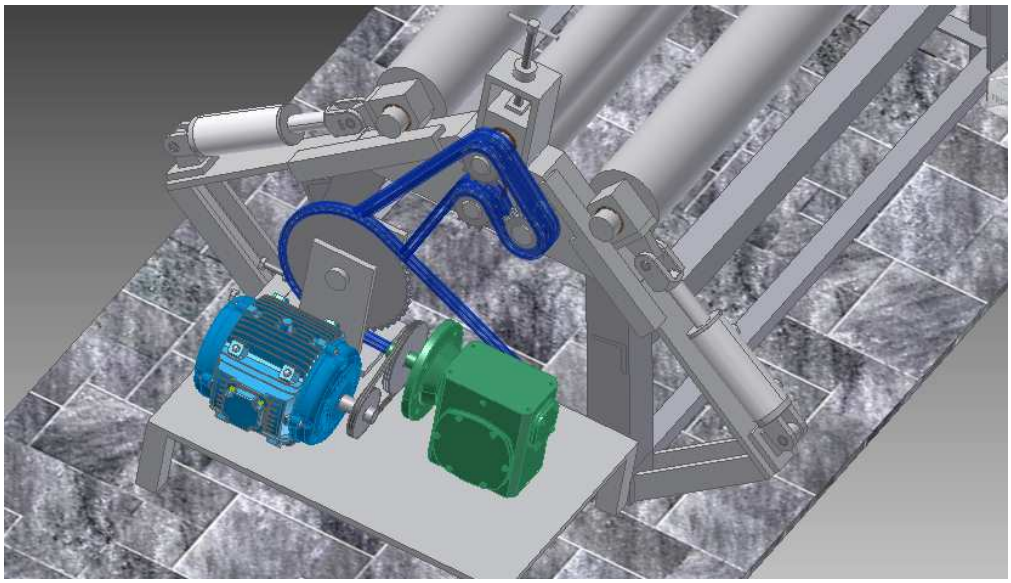


Figura 4-5. Montaje de cadenas y catarinas

Fuente: Autodesk inventor

Elaboración: Propia

4.3 PRUEBAS DE CAMPO

Las pruebas de campo se las ejecutan una vez realizada la construcción del prototipo, se aplica el correspondiente protocolo de pruebas que se especifica en Anexo H con los resultados de estas pruebas, se evalúa el cumplimiento de los criterios de diseño aplicados.

CAPÍTULO 5

ANALISIS DE COSTOS

5.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se plantea un estudio de todos los costos generados durante el proceso de diseño y construcción de los elementos repotenciados además el costo de su puesta en funcionamiento, para esto se debe realizar una revisión total del proyecto, con esto se pretende obtener un valor concreto que permita ubicar el precio de repotenciación de la máquina dentro de determinados límites que dejarían claro cuánto debe ser la inversión para repotenciar la máquina, cabe recalcar que en el presente proyecto se buscó en gran medida obtener una repotenciación accesible económicamente para la Metalmecánica Ángel María Luna. Para alcanzar este objetivo se procede a identificar cada uno de los costos como directos e indirectos, es importante agregar una descripción a cada uno de ellos conjuntamente con el precio.

5.2 COSTOS DE LA MÁQUINA REPOTENCIADA.

Con la finalidad de encontrar los costos de fabricación que implicaría la construcción de la máquina baroladora, se ha dividido a los costos en dos grupos: costos directos y costos indirectos.

5.2.1 COSTOS DIRECTOS

Dentro de esta categoría se han agrupado aquellos costos que se pueden identificar o cuantificar plenamente con la fabricación de la máquina baroladora. Principalmente son: materiales directos y mano de obra directa.

5.2.1.1 Materiales Directos.

Involucra a los diversos costos que implica la adquisición de los materiales (materia prima), elementos normalizados y costos por mecanizado. Estos se presentan continuación.

Tabla 5-1. Costo de materiales directos

COSTO MATERIALES			
DESCRIPCION	**CANTIDAD**	**COSTO UNITARIO**	**COSTO TOTAL**
AISI 1045 □127X1800 mm	2	150,00	300,00
BRONCE SAE 660 □50x10	4	15,00	60,00
		SUBTOTAL	360,00

Fuente: DIPAC, IVÁN BOHMAN C.A.
Elaboración: Propia

Tabla 5-2.Costo de elementos normalizados

COSTOS ELEMENTOS NORMALIZADOS			
DESCRIPCION	**CANTIDAD**	**COSTO UNITARIO**	**COSTO TOTAL**
CILINDRO HIDRAULICO 2" x 10"	4	200,00	800,00
BOMBA DE ENGRANAJES AZ-P.F-10-008-RAB01M	1	398,42	398,42
ACOPLE MOTOR BOMBA + MATRIMONIO	1	120,00	120,00
VALVULA DE ALIVIO DE PRESION ZDBDS 6 G 18/315	1	304,26	304,26
VALVULA DIRECCIONAL 4WE6E6X/CW220N9K4	4	271,37	1085,48
CONECTOR ELECTRICO Z4-Z14 3P-T+PRETO	8	6,10	48,80
BLOQUE DISTRIBUIDOR PLC 2HSR 06-22/01 C	2	260,85	521,70
PERNOS DE SUJECION M5 X 50	8	3,73	29,84
PERNOS DE SUJECION M5 X 90	8	7,20	57,60
FILTRO DE RETORNO ABZFR-S0063-10-1X/M-DIN	1	465,71	465,71
MANOMETRO AB31-11/063-3000 T. INFERIOR	2	42,62	85,24
FILTRO DE AIRE FA76-10FV/2	1	47,86	47,86
INDICADOR DE NIVEL FSA-127-1.X/12	1	61,88	61,88
REG. CAUDAL 3/8 DRV 10-1-1X/V	8	108,90	871,20
MANGUERAS Y ACCESORIOS	1	1000,00	1000,00
SISTEMA DE CONTROL ELECTRICO	1	100,00	100,00
CADENA DOBLE N 80	1	168,44	168,44
CATARINA DOBLE C/MANZANA N80 15 DIENTES	3	24,25	72,75
CATARINA DOBLE C/MANZANA N80 20 DIENTES	1	26,57	26,57
		SUBTOTAL	6265,75

Fuente: Hidro Control, Ivan Bohman C.A.
Elaboración: Propia

5.2.1.2 Costo de Mano de Obra Directa.

Establece el costo de fabricación de las piezas construidas, tomando en cuenta todos los procesos involucrados, considerando el tiempo para fabricar cada pieza y el costo por unidad de tiempo. Además se toma en cuenta el costo de la mano de obra durante el montaje.

Tabla 5-3. Costos de maquinado y mano de obra

COSTO MAQUINADO Y MANO DE OBRA				
OPERACIÓN DE MAQUINADO	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**COSTO UNITARIO**	**COSTO TOTAL**
TORNEADO	h	15	15,00	225,00
CORTE UNIDAD	u	4	0,60	2,40
ESMERILADO	h	3	4,00	12,00
MONTAJE	h	24	2,00	48,00
			SUBTOTAL	287,40

Fuente: MIALCA C.A.
Elaboración: Propia

5.2.1.3 Costo directo total

Tabla 5-4. Costo directo total

COSTO DIRECTO TOTAL	
TIPO DE COSTO	**SUBTOTAL**
COSTO MATERIALES	360,00
COSTO ELEMENTOS NORMALIZADOS	6265,75
COSTOS MAQUINADO Y MANO DE OBRA	287,40
SUBTOTAL	6913,15

Fuente: Propia
Elaboración: Propia

5.2.2 COSTOS INDIRECTOS

Estos costos son aquellos que se generan del uso de materiales suplementarios; es decir, son los gastos que no se encuentran vinculados directamente en la fabricación de la máquina, pero son necesarios para su desarrollo.

5.2.2.1 Costos de materiales indirectos

Los costos indirectos de fabricación como lo indica su nombre son todos aquellos costos que no se relacionan directamente con la manufactura, pero contribuyen y forman parte de los costos de producción. A continuación se detallan estos costos:

Tabla 5-5. Costos de materiales indirectos

COSTO MATRIALES INDIRECTOS			
DETALLE	**CANTIDAD**	**COSTO UNITARIO**	**COSTO TOTAL**
DISCO CORTE	2	15,00	30,00
LIMPIADOR DESOXIDANTE	1	10,00	10,00
PINTURA	2	35,00	70,00
		SUBTOTAL	110,00

Fuente: Comercializadoras de Quito
Elaboración: Propia

5.2.2.2 Costos de ingeniería

Corresponden a los costos debido al tiempo en que los ingenieros o diseñadores han dedicaron para el estudio, trabajo de campo y diseño de la máquina.

Tabla 5-6. Costos de ingeniería

COSTO DE INGENIERIA			
DETALLE	**CANTIDAD**	**COSTO UNITARIO**	**COSTO TOTAL**
INGENIERIA Y DISEÑO	1	450,00	450,00
		SUBTOTAL	450,00

Fuente: Propia
Elaboración: Propia

5.2.2.3 Costo total indirecto

Tabla 5-7. Costos indirectos

COSTOS INDIRECTO TOTAL	
TIPO DE COSTO	**SUBTOTAL**
METRIALES INDIRECTOS	110,00
INGENIERIA	450,00
SUBTOTAL	560,00

Fuente: Propia
Elaboración: Propia

5.2.3 COSTO TOTAL

Finalmente se puede determinar el costo total de la máquina mediante la suma de los costos directos e indirectos.

Tabla 5-8. Costo total

COSTO TOTAL	
TIPO DE COSTO	**SUBTOTAL (USD)**
DIRECTOS	6913,15
INDIRECTOS	560,00
TOTAL	7473,15

Fuente: Propia
Elaboración: Propia

El costo total de la repotenciación de la máquina es de 7473,15 USD

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- Mediante el desarrollo de este proyecto se ha podido establecer un procedimiento para repotenciar una maquina baroladora utilizando los recursos disponibles de la empresa al menor costo, logrando con esto un ahorro notable y consigo el desarrollo de la empresa.
- La máquina repotenciada nos permite barolar chapas de hasta 6 mm de espesor, mediante la presión que ejerce los pistones hidráulicos que permite cumplir con la capacidad requerida, obteniendo de esta manera el cumplimiento del objetivo principal del proyecto.
- Con la repotenciación se pretende obtener una máquina semiautomática lo cual genera una disminución en el tiempo de elaboración del producto, además de generar un ambiente de trabajo más seguro para los operadores.
- La realización de la cotización de los equipos necesarios para la repotenciación de la máquina, requirió de un proceso de investigación de cada uno de los componentes y de las empresas proveedoras que cumplieran con los requisitos necesarios para hacer una integración de los componentes de manera más eficiente.
- La totalidad de mecanismos que tiene la maquina son sencillos desmontables, no requieren de ninguna preparación especial por parte del operario para que el mismo pueda dar mantenimiento y efectuar un buena operación.
- La realización de este proyecto tuvo como resultado el cumplimiento de todos los objetivos propuestos, se logró el mejoramiento de la máquina, que permite realizar en forma eficaz el proceso de barolado.

6.2 RECOMENDACIONES

- Es conveniente tomar en cuenta el no sobre cargar a la máquina con chapas superiores a 6 mm de espesor para evitar que exista daños por este motivo.
- Se recomienda una adecuada lubricación de las piezas y partes que conforman la máquina.
- La máquina debe cumplir con todos los parámetros de seguridad, puesto que está orientada a ser manipulada directamente por el operario, y éste debe utilizar todos los implementos fundamentales como guantes de cuero, etc. Además debe operarse la máquina con las debidas precauciones ya que un error puede ocasionar graves accidentes que afecten la integridad física del operario.
- La máquina actual no contiene una protección en los elementos que transmiten la potencia, cadenas y catarinas, por lo que se recomienda se coloque una protección para evitar que ingrese algún elemento que pueda afectar el correcto funcionamiento de estos elementos.
- El motor que proporciona la fuerza necesaria para el movimiento de los rodillos baroladores supera las necesidades de la máquina por lo cual se recomienda cambiar puesto que se estaría haciendo un uso innecesario de energía eléctrica.
- Evitar el contacto con los rodillos baroladores cuando estos se encuentren realizando el proceso de barolado.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

[1]. ALARCÓN, José; Tratado Práctico de refrigeración Automática; 9ª Edición; Marambo Editores; Barcelona; 1981.

[2]. PARKER, Training; “Tecnología Hidráulica Industrial”; Jacareí ; Sao Paulo; 1999.

[3]. MOTT, R; Diseño de Elementos de Maquinas;Editorial PEARSON Educación 4ta Edición; México; 2006

[4]. SHIGLEY EDWARD; Diseño en Ingeniería Mecánica; Editorial Mc. Graw Hill; Tercera edición; México, 1985.

[5]. BEER, F; Mecánica de Materiales; Editorial Mc Graw-Hill; 4ta Edición

[6]. Wick Benedict Veilleux, Tool and Manufacture Engineers Handbook. Editorial McGraw-Hill, Quinta edición, USA, 1998.

PAGINAS WEB

[1]. http://www.directindustry.es/

[2]. http://www.dismamex.com.mx/imcar.html

[3]. http://www.gates.com/Spain/brochure.cfm?brochure=8213&location_id=11748

[4]. http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/bo2.pdf

ANEXOS

ANEXO A. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA SELECCIÓN DE LAS CADENAS DE RODILLOS

TABLA 7-4 Tamaños de cadenas de rodillos

Número de cadena ASA	Paso (pulg)	Diámetro del rodillo	Ancho del rodillo	Espesor de placa lateral	Resistencia promedio a la tensión (lb)
25	1/4	Ninguno	–	0.030	925
35	3/8	Ninguno	–	0.050	2100
41	1/2	0.306	0.250	0.050	2000
40	1/2	0.312	0.312	0.060	3700
50	5/8	0.400	0.375	0.080	6100
60	3/4	0.469	0.500	0.094	8500
80	1	0.626	0.625	0.125	14 500
100	$1\frac{1}{4}$	0.750	0.750	0.156	24 000
120	$1\frac{1}{2}$	0.875	1.000	0.187	34 000
140	$1\frac{3}{4}$	1.000	1.000	0.219	46 000
160	2	1.125	1.250	0.250	58 000
180	$2\frac{1}{4}$	1.406	1.406	0.281	80 000
200	$2\frac{1}{2}$	1.562	1.500	0.312	95 000
240	3	1.875	1.875	0.375	130 000

TABLA DE CAPACIDAD

CADENA ESTANDAR SENCILLA DE RODILLOS No. 60 PASO 3/4"

Dientes del piñón	RPM DEL PIÑON CONDUCTOR																									
	10	25	50	100	150	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
9	0.15	0.33	0.60	1.18	1.67	2.18	3.12	4.04	4.94	5.82	6.68	7.54	8.38	9.21	9.99	8.77	6.96	5.70	4.77	4.30	3.80	2.82	1.76	1.44	1.21
10	0.16	0.37	0.70	1.38	1.97	2.43	3.49	4.53	5.53	6.52	7.49	8.44	9.39	10.3	11.2	10.3	8.15	6.67	5.59	4.77	3.42	2.60	1.96	1.69	1.41
11	0.18	0.41	0.77	1.54	2.07	2.68	3.87	5.02	6.13	7.23	8.30	9.36	10.4	11.4	12.5	11.9	9.41	7.70	6.45	5.51	3.94	3.00	2.26	1.95	1.62
12	0.20	0.45	0.85	1.58	2.28	2.95	4.25	5.51	6.74	7.94	9.12	10.3	11.4	12.6	13.7	13.5	10.7	8.77	7.35	6.28	4.49	3.42	2.71	2.22	1.98
13	0.22	0.50	0.92	1.71	2.49	3.22	4.64	6.01	7.34	8.65	9.94	11.2	12.5	13.7	14.9	15.2	12.1	9.89	8.29	7.08	5.06	3.86	3.06	2.50	0
14	0.24	0.54	1.00	1.87	2.69	3.49	5.02	6.51	7.96	9.37	10.8	12.1	13.5	14.8	16.2	17.0	13.5	11.1	9.26	7.91	5.65	4.31	3.40	2.80	0
15	0.25	0.58	1.08	2.03	2.90	3.76	5.42	7.01	8.57	10.1	11.6	13.1	14.6	16.0	17.4	18.9	15.0	12.3	10.3	8.77	6.28	4.77	3.79	3.10	0
16	0.27	0.62	1.16	2.19	3.11	4.03	5.80	7.52	9.19	10.8	12.4	14.0	15.6	17.1	18.7	20.9	16.6	13.6	11.3	9.66	6.91	5.28	4.17	3.42	0
17	0.29	0.66	1.24	2.35	3.32	4.30	6.19	8.03	9.81	11.6	13.3	15.0	16.7	18.3	19.9	21.6	18.1	14.9	12.3	10.6	7.57	5.79	4.57	3.75	0
18	0.31	0.70	1.31	2.46	3.54	4.58	6.59	8.54	10.4	12.3	14.1	15.9	17.7	19.5	21.2	22.9	19.7	16.1	13.3	11.5	8.25	6.28	4.96	4.08	0
19	0.33	0.75	1.39	2.60	3.74	4.85	6.99	9.05	11.1	13.0	15.0	16.9	18.8	20.6	22.5	24.3	21.4	17.3	14.6	12.3	8.95	6.81	5.48	4.42	0
20	0.35	0.79	1.47	2.75	3.96	5.13	7.38	9.57	11.7	13.8	15.8	17.9	19.8	21.8	23.8	25.7	23.1	18.9	15.8	13.3	9.66	7.33	5.83	0	
21	0.36	0.83	1.55	2.91	4.17	5.40	7.78	10.1	12.3	14.5	16.7	18.8	20.9	23.0	25.1	27.1	24.8	20.3	17.0	14.3	10.4	7.91	6.28	0	
22	0.38	0.87	1.62	3.06	4.39	5.67	8.19	10.6	13.0	15.3	17.6	19.8	22.0	24.2	26.4	28.5	26.6	21.8	18.2	15.3	11.1	8.48	6.73	0	
23	0.40	0.92	1.71	3.19	4.60	5.96	8.59	11.1	13.6	16.0	18.4	20.8	23.1	25.4	27.7	29.9	28.4	23.3	19.5	16.7	11.9	9.07	7.19	0	
24	0.42	0.96	1.79	3.35	4.82	6.24	8.99	11.6	14.2	16.8	19.3	21.7	24.2	26.6	29.0	31.3	30.3	24.8	20.8	17.8	12.7	9.66	7.67	0	
25	0.44	1.00	1.87	3.50	5.04	6.52	9.40	12.2	14.9	17.5	20.1	22.7	25.3	27.8	30.3	32.7	32.2	26.4	22.1	18.9	13.5	10.3	8.15	0	
26	0.46	1.05	1.95	3.66	5.25	6.81	9.80	12.7	15.5	18.3	21.0	23.7	26.4	29.0	31.6	34.1	34.2	28.0	23.4	20.0	14.3	10.9	8.65	0	
28	0.50	1.15	2.12	3.95	5.69	7.37	10.6	13.8	16.8	19.8	22.8	25.7	28.5	31.4	34.2	37.0	38.2	31.3	26.2	22.4	16.0	12.2	0		
30	0.54	1.25	2.29	4.26	6.13	7.94	11.4	14.9	18.1	21.4	24.5	27.7	30.8	33.8	36.8	39.8	42.4	34.7	29.1	24.8	17.8	13.6	0		
32	0.57	1.32	2.46	4.56	6.57	8.52	12.3	15.9	19.4	22.9	26.3	29.7	33.0	36.3	39.5	42.7	46.7	38.2	32.0	27.3	19.6	14.9	0		
35	0.63	1.46	2.69	5.03	7.24	9.38	13.5	17.5	21.4	25.2	29.0	32.7	36.3	39.9	43.5	47.1	51.4	42.7	35.8	31.3	22.4	17.0	0		
40	0.73	1.67	3.11	5.81	8.37	10.8	15.6	20.2	24.7	29.1	33.5	37.7	42.0	46.1	50.3	54.4	62.4	53.6	48.7	39.2	27.3	0			
50	0.90	1.89	3.53	6.60	9.50	12.3	17.7	23.0	28.1	33.1	38.0	42.8	47.7	52.4	57.1	61.7	70.9	63.7	63.6	49.6	30.6	0			
	Lubricación Tipo A			Lubricación Tipo B							Lubricación Tipo C														

LUBRICACIÓN **TIPO A**: A mano, con aceitera o brocha.
LUBRICACIÓN **TIPO B**: En baño de aceite o por salpique.
LUBRICACIÓN **TIPO C**: Al chorro bajo presión.

La información contenida en estas tablas está basada en los estándares de la ASOCIACION AMERICANA DE FABRICANTES DE CADENAS (American Chain Association).

INFORMACIÓN INTERMEC

* Para velocidades comprendidas dentro de la zona entre rayas y otras cadenas, consultenos el uso de la cadena silenciosa o Morse Hy Vo.

Cuando se trate de cadenas de hilera múltiple de este paso, multiplique la capacidad por:

No. DE HILERAS	FACTOR
2	1.7
3	2.5
4	3.3
5	3.9
6	4.6

según sea la temperatura del medio ambiente en que trabaja la transmisión. El aceite de una transmisión a cadena se debe mantener limpio.
Para casos de lubricación en condiciones muy adversas, consulte a INTERMEC.

Los aceites pesados y las grasas no son recomendables para cadenas, a excepción de algunos casos muy especiales. En aplicaciones que requieren o que exigen poca lubricación, para no tomar el riesgo de que ésta estropee los materiales con los que la cadena prácticamente se mantiene en contacto o muy cerca, al recurso de sumergirla periódicamente en petrolato caliente puede dar buenos resultados.

Este lubricante es usado por los fabricantes para prelubricar la cadena al empacarla para su entrega al usuario. Para aquellos casos en que la lubricación externa es imposible, impráctica o cuando no está permitida por razones sanitarias o de contaminación como en el caso de la maquinaria para el procesamiento de alimentos o empaque de los mis-

TABLA DE CAPACIDAD

CADENA ESTANDAR SENCILLA DE RODILLOS No. 100 PASO 1 1/4"

No. de dientes piñón conductor	R.P.M DEL PIÑON CONDUCTOR																								
	10	25	50	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2700
9	0.60	1.49	2.79	5.19	7.97	9.68	13.0	16.1	22.1	26.9	29.6	34.2	38.1	37.4	33.0	33.2	31.7	30.8	6.57	7.19	6.13	5.52	4.47	4.34	0
10	0.73	1.67	3.11	6.00	8.97	11.0	14.6	18.2	24.7	29.8	33.3	38.4	33.4	30.6	27.6	26.8	24.7	23.8	10.0	8.82	7.39	6.22	5.07	4.86	0
11	0.81	1.86	3.45	6.44	9.26	12.3	17.3	22.6	27.4	32.3	37.1	32.8	27.3	23.4	20.3	17.8	15.9	14.2	11.0	8.71	6.25	7.19	6.31	1.29	0
12	0.89	2.03	3.79	7.08	10.2	13.2	19.0	24.6	30.1	35.5	40.8	37.3	31.3	26.7	23.2	20.3	18.0	16.1	13.2	11.1	9.95	8.79	7.59	0	
13	0.97	2.21	4.13	7.72	11.1	14.4	20.7	26.9	32.8	38.7	44.5	42.1	35.3	30.1	26.1	22.9	20.3	18.2	14.9	12.5	13.6	8.22	9.18	0	
14	1.05	2.40	4.48	8.36	12.0	15.6	22.5	29.2	35.6	41.9	48.2	47.0	39.4	33.7	29.2	25.6	22.7	20.3	16.6	13.9	11.9	10.3	9.08	0	
15	1.13	2.59	4.83	9.01	13.0	16.8	24.2	31.4	38.3	45.2	51.9	52.0	43.7	37.3	32.4	28.4	25.2	22.5	18.4	15.5	13.2	11.4	10.0	0	
16	1.22	2.77	5.17	9.66	13.9	18.0	26.0	33.6	41.1	48.5	55.6	57.5	48.2	41.1	35.7	31.3	27.7	24.8	20.3	17.0	14.5	12.6	11.1	0	
17	1.30	2.96	5.52	10.3	14.8	19.2	27.7	35.9	43.9	51.7	59.4	63.0	52.8	45.0	39.0	34.3	30.4	27.2	22.3	18.7	15.9	13.8	12.2	0	
18	1.38	3.15	5.88	11.0	15.8	20.5	29.5	38.2	46.7	55.0	63.2	69.6	57.3	49.0	42.5	37.3	33.1	29.6	24.2	20.3	17.4	15.0	0		
19	1.46	3.34	6.23	11.6	16.7	21.7	31.2	40.4	49.4	58.2	67.0	76.4	62.3	53.2	46.1	40.5	35.9	32.1	26.3	22.0	18.9	16.3	0		
20	1.55	3.53	6.58	12.3	17.7	22.9	33.0	42.8	52.3	61.6	70.8	79.8	67.3	57.5	49.8	43.7	38.8	34.7	28.4	23.8	20.3	17.6	0		
21	1.63	3.72	6.94	13.0	18.7	24.2	34.8	45.1	55.1	65.0	74.6	84.2	72.4	61.8	53.6	47.0	41.7	37.3	30.6	25.6	21.9	19.0	0		
22	1.71	3.91	7.30	13.6	19.6	25.4	36.6	47.4	58.0	68.3	78.5	88.6	77.7	66.4	57.6	50.4	44.7	40.0	32.8	27.5	23.4	20.3	0		
23	1.80	4.10	7.66	14.3	20.6	26.7	38.4	49.8	60.9	71.7	82.3	92.8	83.0	70.9	61.4	53.9	47.8	42.8	35.1	29.4	25.1	21.8	0		
24	1.88	4.30	8.02	15.0	21.5	27.9	40.2	52.1	63.7	75.0	86.2	97.2	88.5	75.6	65.5	57.5	51.0	45.6	37.4	31.3	26.7	0			
25	1.97	4.49	8.38	15.6	22.5	29.2	42.0	54.4	66.6	78.4	90.1	102	94.1	80.3	69.6	61.1	54.3	48.5	39.7	33.3	28.4	0			
26	2.05	4.68	8.74	16.3	23.5	30.4	43.8	56.8	69.4	81.8	94.0	106	99.9	85.2	73.8	64.8	57.5	51.4	42.1	35.3	30.1	0			
28	2.22	5.07	9.47	17.7	25.5	33.0	47.5	61.5	75.2	88.6	102	115	112	95.2	82.3	72.4	64.2	57.3	47.0	39.4	33.7	0			
30	2.40	5.47	10.2	19.0	27.5	35.5	51.2	66.3	81.0	95.4	110	124	126	106	91.9	80.8	71.7	64.0	52.3	43.7	37.5	0			
32	2.57	5.86	10.9	20.4	29.4	38.1	54.9	71.1	86.9	102	118	135	139	116	101	88.5	78.5	70.2	57.5	48.2	0				
35	2.81	6.41	11.9	22.3	32.4	42.0	60.4	78.3	95.7	113	130	146	156	130	113	101	89.8	80.3	65.8	55.1	0				
40	3.21	7.32	13.9	26.0	37.4	48.3	69.8	90.4	111	130	150	169	188	161	141	124	110	98.2	80.3	0					
45	3.72	8.47	16.8	29.5	42.5	55.0	79.3	102	126	148	170	192	213	194	168	148	131	117	95.3	0					

Lubricación Tipo A | Lubricación Tipo B | Lubricación Tipo C

LUBRICACIÓN **TIPO A**: A mano, con aceitera o brocha.
LUBRICACIÓN **TIPO B**: En baño de aceite o por salpique.
LUBRICACIÓN **TIPO C**: Al chorro bajo presión.

La información contenida en estas tablas está basada en los estándares de la ASOCIACION AMERICANA DE FABRICANTES DE CADENAS (American Chain Association).

INFORMACIÓN INTERMEC

*Para velocidades comprendidas dentro de las zonas entre rayas punteadas, consúltenos el caso de la cadena silenciosa o Morse Hy Vo.

Cuando se trata de cadenas de hilera múltiple de este paso, multiplique la capacidad por:

No. DE HILERAS	FACTOR
2	1.7
3	2.5
4	3.3
5	3.9
6	4.6

Aunque el objeto primordial de las guardas para encubrir transmisiones es el de mantener en almacenamiento el aceite que lubrica el sistema, (tal y como el cárter de un motor mantiene la carga de aceite) resulta imperativo reconocerles todas sus demás ventajas a saber: protegen la transmisión contra la contaminación ambiental e impiden la caída accidental de elementos extraños destructivos dentro de la transmisión. Al mismo tiempo protegen al personal de planta contra accidentes que pueden ser graves. Si están bien construidas y bien pintadas, mejoran mucho el aspecto de la instalación y además amortiguan el ruido contribuyendo a silenciar el ambiente. Las ilustraciones impresas a conti-nuación con sus anotaciones constituyen la mejor manera de orientar al diseñador hacia la acertada construcción de las guardas. En su construcción se emplea preferentemente lámina de acero C.R. de calibres no inferiores a 16 y 14 (recuerde que entre menor sea el número del calibre, mayor es el espesor de la lámina).

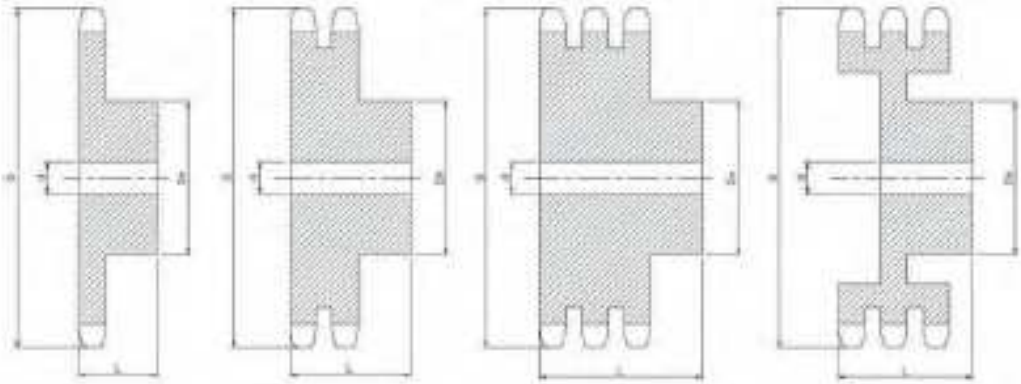
ANEXO B. ESPECIFICACIONES DE CATARINAS

PIÑONES
1 1/2"
(120)

TABLA DE DIMENSIONES

DE LOS PIÑONES INTERMEC PASO 1 1/2" (38.10 mm) para Cadena ANSI No. 120 Tipo B Sencillos, Dobles y Triples

Dimensiones en Milimetros



REF	D	SENCILLOS			REF	DOBLES			REF	TRIPLES		
		Dm	L	d		Dm	L	d		Dm	L	d
120B9 R	127,5	86	57	34,93	120-2B9	78	95	38,10	120-3B9	78	146	38,10
120B10 R	139,4	95	57	34,93	120-2B10	78	95	38,10	120-3B10	78	146	38,10
120B11	152,4	90	54	34,93	120-2B11	91	96	38,10	120-3B11	91	143	38,10
120B12	165,0	105	54	34,93	120-2B12	91	96	38,10	120-3B12	91	143	38,10
120B13	177,4	116	57	34,93	120-2B13	114	96	38,10	120-3B13	114	143	38,10
120B14	189,7	121	57	34,93	120-2B14	127	96	38,10	120-3B14	127	143	38,10
120B15	202,1	121	60	31,75	120-2B15	133	95	38,10	120-3B15	133	143	38,10
120B16	214,4	133	61	31,75	120-2B16	133	95	38,10	120-3B16	133	143	38,10
120B17	226,6	134	61	31,75	120-2B17	133	95	38,10	120-3B17	133	143	38,10
120B18	238,9	134	61	31,75	120-2B18	133	95	38,10	120-3B18	133	143	38,10
120B19	251,2	133	61	31,75	120-2B19	133	95	38,10	120-3B19	133	143	38,10
120B20	263,4	133	60	31,75	120-2B20	140	95	38,10	120-3B20	140	143	38,10
120B21	275,6	134	61	31,75	120-2B21	140	95	38,10	120-3B21	140	143	38,10
120B22	287,8	134	61	31,75	120-2B22	146	102	38,10	120-3B22	146	143	38,10
120B23	300,1	134	61	31,75	120-2B23	165	102	38,10	120-3B23	165	149	38,10
120B24	312,3	134	61	31,75	120-2B24	165	102	38,10	120-3B24	165	149	38,10
120B25	324,5	134	61	31,75	120-2B25	165	102	38,10	120-3B25	165	149	38,10
120B26	336,7	134	61	31,75	120-2B26	165	102	38,10	120-3B26	165	149	38,10
120B27	348,8	152	64	38,10	120-2B27	165	102	38,10	120-3B27	165	149	38,10
120B28	361,0	152	64	38,10	120-2B28	165	102	38,10	120-3B28	165	149	38,10
120B29	373,2	152	64	38,10	120-2B29	165	102	38,10	120-3B29	165	149	38,10
120B30	385,3	152	64	38,10	120-2B30	165	102	38,10	120-3B30	165	149	38,10
120B31	397,5	152	64	38,10	120-2B31	165	102	38,10	120-3B31	165	149	38,10
120B32	409,4	152	64	38,10	120-2B32	165	102	38,10	120-3B32	165	149	38,10
120B33	421,8	152	64	38,10	120-2B33	165	102	38,10	120-3B33	165	149	38,10
120B34	434,0	152	64	38,10	120-2B34	165	102	38,10	120-3B34	165	149	38,10
120B35	446,2	152	64	38,10	120-2B35	168	102	38,10	120-3B35	168	149	38,10
120B36	458,3	152	64	38,10	120-2B36	168	102	38,10	120-3B36	168	149	38,10
120B37	470,4	152	64	38,10	120-2B37	165	102	38,10	120-3B37	165	149	38,10
120B38	482,7	152	64	38,10	120-2B38	165	102	38,10	120-3B38	165	152	38,10
120B39	494,8	152	64	38,10	120-2B39	165	102	38,10	120-3B39	165	152	38,10
120B40	507,0	152	64	38,10	120-2B40	165	102	38,10	120-3B40	165	152	38,10
120B41	519,1	152	64	38,10	120-2B41	165	102	38,10	120-3B41	165	152	38,10

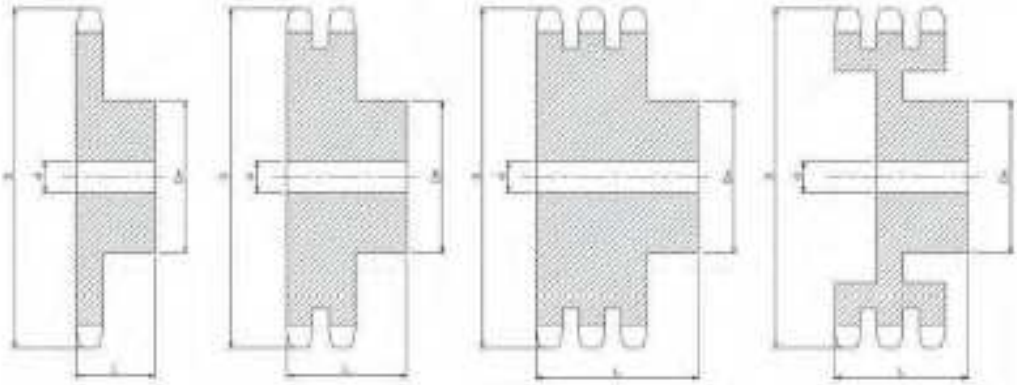
(Esta tabla continúa en la siguiente página)

PIÑONES
1 3/4"
(140)

TABLA DE DIMENSIONES

DE LOS PIÑONES INTERMEC PASO 1 3/4" (44.45 mm)
para Cadena ANSI No. 140 Tipo B Sencillos, Dobles y Triples

Dimensiones en Milimetros



REF	D	SENCILLOS			REF	DOBLES			REF	TRIPLES		
		Dm	L	d		Dm	L	d		Dm	L	d
14089	148,0	85	58	38,10	140-289	120	95	38,10	140-389	120	159	38,10
140810R	163,4	98	58	38,10	140-2810	120	95	38,10	140-3810	120	159	38,10
140811	178,1	108	58	38,10	140-2811	120	95	38,10	140-3811	120	159	38,10
140812	192,5	114	59	38,10	140-2812	120	95	38,10	140-3812	120	159	38,10
140813	207,0	140	60	38,10	140-2813	127	95	41,28	140-3813	127	159	41,28
140814	221,4	140	60	38,10	140-2814	127	95	41,28	140-3814	127	159	41,28
140815	235,8	160	61	38,10	140-2815	165	96	41,28	140-3815	165	159	41,28
140816	250,1	160	64	38,10	140-2816	178	102	41,28	140-3816	178	159	41,28
140817	264,4	160	64	38,10	140-2817	178	102	41,28	140-3817	178	159	41,28
140818	278,7	160	64	38,10	140-2818	178	102	44,45	140-3818	178	159	44,45
140819	293,0	160	64	38,10	140-2819	178	102	44,45	140-3819	178	159	44,45
140820	307,3	160	64	38,10	140-2820	178	102	44,45	140-3820	178	159	44,45
140821	321,6	160	64	38,10	140-2821	178	102	44,45	140-3821	178	159	44,45
140822	335,8	159	64	38,10	140-2822	178	102	44,45	140-3822	178	159	44,45
140823	350,1	160	64	38,10	140-2823	178	102	44,45	140-3823	178	159	44,45
140824	364,3	160	64	38,10	140-2824	178	102	44,45	140-3824	178	159	44,45
140825	378,5	160	54	38,10	140-2825	178	102	44,45	140-3825	178	159	44,45
140826	392,7	159	77	38,10	140-2826	178	102	44,45	140-3826	178	159	44,45
140827	407,0	159	77	38,10	140-2827	178	102	44,45	140-3827	178	159	44,45
140828	421,1	159	77	38,10	140-2828	178	102	44,45	140-3828	178	159	44,45
140829	435,4	159	77	38,10	140-2829	178	102	44,45	140-3829	178	159	44,45
140830	449,5	159	77	38,10	140-2830	178	102	44,45	140-3830	178	159	44,45
140831	463,6	159	77	38,10	140-2831	178	102	44,45	140-3831	178	159	44,45
140832	477,9	159	77	38,10	140-2832	178	102	44,45	140-3832	178	159	44,45
140833	491,9	159	77	38,10	140-2833	178	102	44,45	140-3833	178	159	44,45
140834	506,4	160	77	38,10	140-2834	178	102	44,45	140-3834	178	159	44,45
140835	520,5	178	77	38,10	140-2835	178	102	44,45	140-3835	178	165	44,45
140836	534,7	178	77	38,10	140-2836	178	102	44,45	140-3836	178	165	44,45
140837	548,9	178	77	38,10	140-2837	178	102	44,45	140-3837	178	165	44,45
140838	563,1	178	77	38,10	140-2838	178	102	44,45	140-3838	178	165	44,45
140839	577,3	178	77	38,10	140-2839	178	102	44,45	140-3839	178	165	44,45
140840	591,4	178	77	38,10	140-2840	178	102	44,45	140-3840	178	165	44,45
140841	605,6	178	77	38,10	140-2841	178	102	44,45	140-3841	178	165	44,45

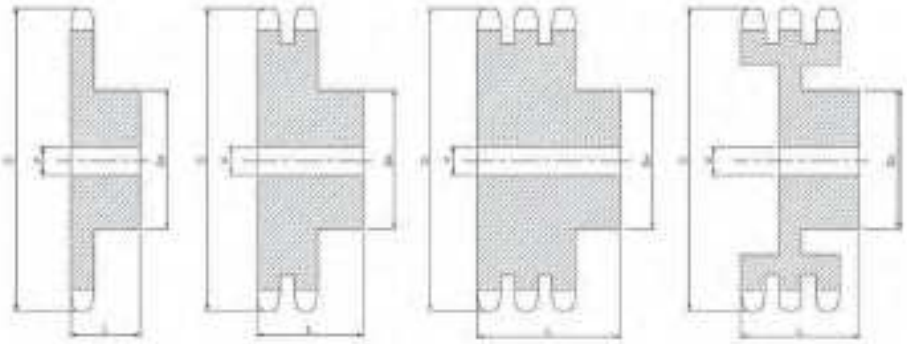
(Esta tabla continúa en la siguiente página)

PIÑONES
3/4 (60)

TABLA DE DIMENSIONES

DE LOS PIÑONES INTERMEC PASO 3/4" (19.05 mm)
para Cadena ANSI No. 60 Tipo B Sencillos, Dobles y Triples

Dimensiones en Milimetros



REF	D	SENCILLOS			REF	DOBLES			REF	TRIPLES		
		Dm	L	d		Dm	L	d		Dm	L	d
60B9 R	63,8	40	32	19,05	60-2B9	32	54	25,4	60-3B9	32	63	25,4
60B10 R	70,1	49	32	19,05	60-2B10	48	57	25,4	60-3B10	48	63	25,4
60B11 R	76,2	52	31	19,05	60-2B11	46	54	25,4	60-3B11	46	63	25,4
60B12 R	82,6	60	32	19,05	60-2B12	54	54	25,4	60-3B12	54	63	25,4
60B13	88,6	60	32	19,05	60-2B13	63	54	25,4	60-3B13	63	63	25,4
60B14	95,0	55	32	19,05	60-2B14	63	54	25,4	60-3B14	75	63	25,4
60B15	101,1	73	32	19,05	60-2B15	71	54	25,4	60-3B15	71	77	25,4
60B16	107,1	78	32	19,05	60-2B16	76	59	25,4	60-3B16	76	77	25,4
60B17	113,3	82	32	19,05	60-2B17	83	54	25,4	60-3B17	73	77	25,4
60B18	119,4	82	32	19,05	60-2B18	89	54	25,4	60-3B18	89	77	25,4
60B19	125,5	89	32	19,05	60-2B19	94	54	25,4	60-3B19	94	77	25,4
60B20	131,8	98	32	19,05	60-2B20	95	54	25,4	60-3B20	94	77	25,4
60B21	137,9	102	32	19,05	60-2B21	105	54	25,4	60-3B21	95	77	25,4
60B22	144,0	102	32	19,05	60-2B22	108	54	25,4	60-3B22	105	77	25,4
60B23	150,1	102	32	19,05	60-2B23	108	54	25,4	60-3B23	108	77	25,4
60B24	156,2	102	32	19,05	60-2B24	108	54	25,4	60-3B24	108	77	25,4
60B25	162,3	102	32	19,05	60-2B25	108	54	25,4	60-3B25	108	77	25,4
60B26	168,4	102	32	19,05	60-2B26	108	54	25,4	60-3B26	108	77	25,4
60B27	174,5	102	32	19,05	60-2B27	108	54	25,4	60-3B27	108	77	25,4
60B28	180,6	102	32	19,05	60-2B28	108	54	25,4	60-3B28	108	77	25,4
60B29	186,6	102	32	19,05	60-2B29	108	54	25,4	60-3B29	108	77	25,4
60B30	192,8	102	32	19,05	60-2B30	108	54	25,4	60-3B30	108	77	25,4
60B31	198,6	102	32	19,05	60-2B31	114	61	31,75	60-3B31	108	77	31,75
60B32	204,7	102	32	19,05	60-2B32	114	61	31,75	60-3B32	108	77	31,75
60B33	210,8	102	32	25,4	60-2B33	114	61	31,75	60-3B33	114	83	31,75
60B34	216,9	102	32	25,4	60-2B34	114	61	31,75	60-3B34	114	83	31,75
60B35	223,0	101	32	25,4	60-2B35	114	61	31,75	60-3B35	114	83	31,75
60B36	229,1	102	32	25,4	60-2B36	114	61	31,75	60-3B36	114	83	31,75
60B37	235,2	102	32	25,4	60-2B37	114	61	31,75	60-3B37	114	83	31,75
60B38	241,3	102	32	25,4	60-2B38	114	61	31,75	60-3B38	115	83	31,75
60B39	247,4	108	32	25,4	60-2B39	114	61	31,75	60-3B39	114	83	31,75
60B40	253,5	108	32	25,4	60-2B40	121	70	31,75	60-3B40	115	92	31,75
60B41	259,5	108	32	25,4	60-2B41	121	70	31,75	60-3B41	121	89	31,75
60B42	265,7	108	32	25,4	60-2B42	121	70	31,75	60-3B42	121	89	31,75

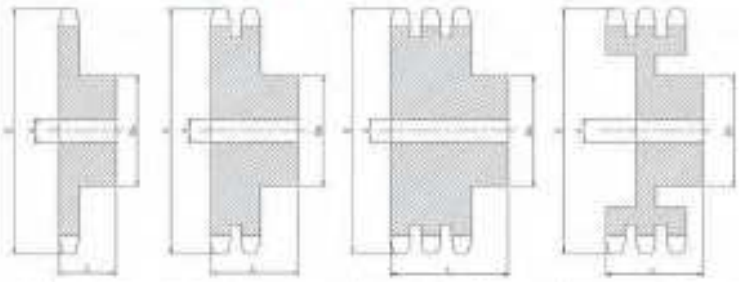
(Esta tabla continúa en la siguiente página)

PIÑONES
1 1/4"
(100)

TABLA DE DIMENSIONES

DE LOS PIÑONES INTERMEC PASO 1 1/4" (31.75 mm) para Cadena ANSI No. 100 Tipo B Sencillos, Dobles y Triples

Dimensiones en Milimetros



REF	D	SENCILLOS			REF	DOBLES			REF	TRIPLES		
		Dm	L	d		Dm	L	d		Dm	L	d
100B9 R	106,5	72	48	25,40	100-2B9	61	75	25,40	100-3B9	61	117	25,40
100B10 R	116,3	82	48	25,40	100-2B10	70	73	25,40	100-3B10	70	117	25,40
100B11 R	127,0	90	48	25,40	100-2B11	70	73	25,40	100-3B11	70	117	25,40
100B12 R	137,4	102	48	25,40	100-2B12	86	73	28,58	100-3B12	86	117	28,58
100B13	147,8	98	42	25,40	100-2B13	97	73	28,58	100-3B13	97	108	28,58
100B14	158,1	106	41	31,75	100-2B14	100	73	28,58	100-3B14	100	108	28,58
100B15	168,4	114	44	31,75	100-2B15	117	79	31,75	100-3B15	117	108	31,75
100B16	178,6	114	44	33,34	100-2B16	127	79	31,75	100-3B16	127	113	31,75
100B17	188,7	118	48	33,34	100-2B17	133	79	31,75	100-3B17	133	113	31,75
100B18	199,1	114	45	33,34	100-2B18	133	79	31,75	100-3B18	133	113	31,75
100B19	209,3	114	51	33,34	100-2B19	140	86	31,75	100-3B19	140	113	31,75
100B20	219,5	114	51	33,34	100-2B20	140	87	31,75	100-3B20	140	113	31,75
100B21	229,7	114	51	33,34	100-2B21	140	86	31,75	100-3B21	140	113	31,75
100B22	239,8	114	51	33,34	100-2B22	140	86	31,75	100-3B22	140	113	31,75
100B23	249,9	114	51	31,75	100-2B23	140	86	31,75	100-3B23	140	113	31,75
100B24	260,1	114	51	31,75	100-2B24	140	86	31,75	100-3B24	140	113	31,75
100B25	270,3	114	51	31,75	100-2B25	146	86	31,75	100-3B25	146	113	31,75
100B26	280,4	127	51	31,75	100-2B26	146	86	38,10	100-3B26	146	113	38,10
100B27	290,6	127	51	31,75	100-2B27	146	86	38,10	100-3B27	146	113	38,10
100B28	300,7	127	51	31,75	100-2B28	146	86	38,10	100-3B28	146	113	38,10
100B29	310,9	127	51	31,75	100-2B29	146	86	38,10	100-3B29	146	114	38,10
100B30	321,1	127	51	31,75	100-2B30	146	86	38,10	100-3B30	146	114	38,10
100B31	331,3	127	51	31,75	100-2B31	146	86	38,10	100-3B31	146	114	38,10
100B32	341,4	127	51	31,75	100-2B32	146	86	38,10	100-3B32	146	114	38,10
100B33	351,6	127	51	31,75	100-2B33	146	86	38,10	100-3B33	146	114	38,10
100B34	361,7	127	51	31,75	100-2B34	146	86	38,10	100-3B34	146	114	38,10
100B35	371,9	127	63	31,75	100-2B35	146	86	38,10	100-3B35	146	114	38,10
100B36	382,0	127	64	31,75	100-2B36	146	86	38,10	100-3B36	146	114	38,10
100B37	392,1	127	64	31,75	100-2B37	146	86	38,10	100-3B37	146	114	38,10
100B38	402,1	127	64	31,75	100-2B38	146	86	38,10	100-3B38	146	114	38,10
100B39	412,3	127	64	38,10	100-2B39	146	86	38,10	100-3B39	146	114	38,10
100B40	422,4	127	64	31,75	100-2B40	146	86	38,10	100-3B40	146	114	38,10
100B41	432,6	127	64	31,75	100-2B41	146	86	38,10	100-3B41	146	114	38,10
100B42	442,7	127	64	31,75	100-2B42	146	86	38,10	100-3B42	146	114	38,10
100B43	452,8	127	64	31,75	100-2B43	146	86	38,10	100-3B43	146	114	38,10
100B44	462,9	127	64	31,75	100-2B44	146	86	38,10	100-3B44	146	114	38,10
100B45	473,2	127	64	38,10	100-2B45	146	86	38,10	100-3B45	146	114	38,10
100B46	483,2	127	64	38,10	100-2B46	146	86	38,10	100-3B46	146	121	38,10
100B47	493,3	127	64	38,10	100-2B47	146	86	38,10	100-3B47	146	121	38,10

(Esta tabla continúa en la siguiente página)

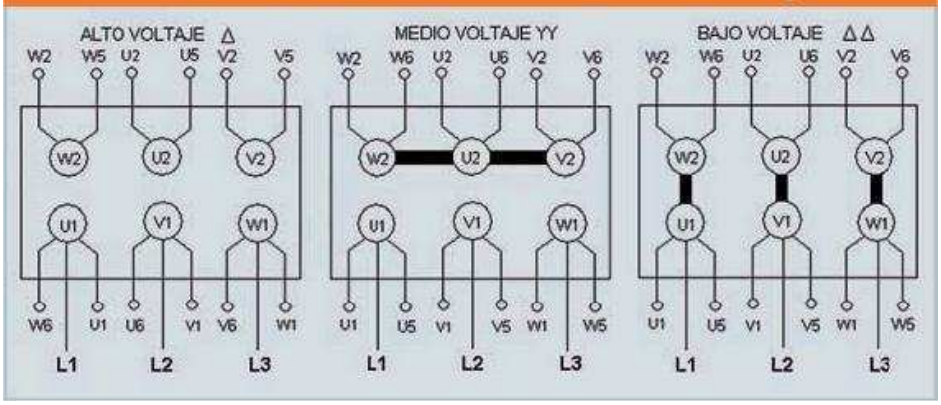
ANEXO C. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA UN MOTOR TRIFÁSICO DE 2HP Y 3HP MARCA SIEMENS

www.siemens.com.co/catalogomotores.htm

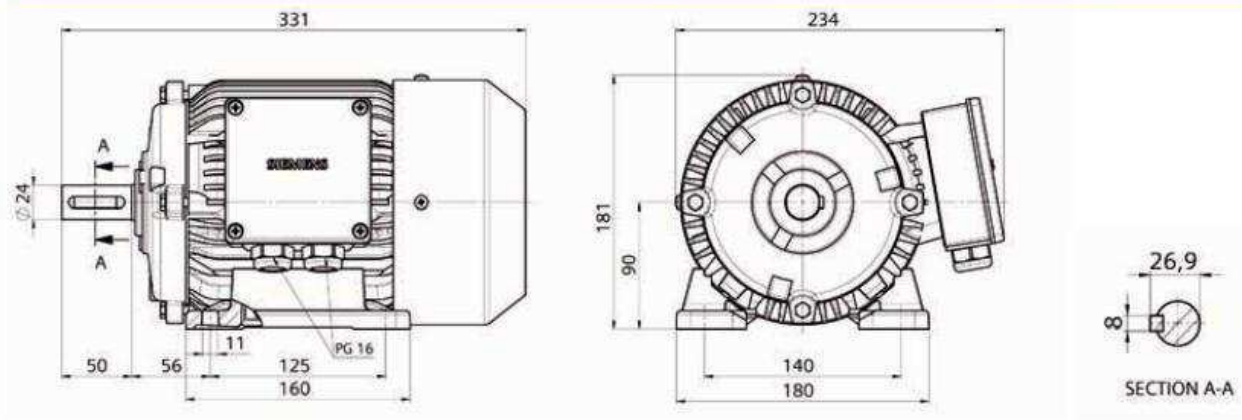
Velocidad 1800 rpm, 4 polos, 60 Hz

Código	Tipo	Frame IEC Tamaño	Potencia HP	Potencia kW	F.S.	Corriente nominal [A] 220V	Corriente nominal [A] 380V	Corriente nominal [A] 440V	Eficiencia η %	Factor de potencia Cos ϕ	Velocidad nominal rpm	Torque nominal Nm	Torque de arranque Tarr / In	Corriente de arranque Iarr / In	Peso kg
25000012865	1LA3 090-4YA80	90L	2,0	1,5	1,15	7,0	4,05	3,5	69,1	0,81	1681	8,48	2,4	4,7	20,3
25000012866	1LA3 096-4YA80	90L	3,0	2,2	1,15	9,6	5,5	4,8	74,6	0,82	1662	12,86	2,8	4,8	22,6
25000012785	1LA3 111-4YA80	112M	4	3,0	1,15	13	7,5	6,5	74,4	0,81	1743	16,35	2,5	6,5	39,3
25000012786	1LA3 112-4YA80	112M	5,0	3,7	1,15	15,8	9,1	7,9	77,4	0,80	1739	20,48	2,3	6,5	40,5
25000012787	1LA3 113-4YA80	112M	6,6	4,9	1,05	19,6	11,3	9,8	80,4	0,82	1724	27,27	2	6	43
25000012788	1LA3 114-4YA80	112M	7,5	5,6	1,15	23,2	13,4	11,6	76,3	0,83	1714	31,17	2,2	5,6	45,0
25000012389	1LA3 131-4YA80	132 M	10	7,5	1,15	28,8	16,6	14,4	80,0	0,85	1745	40,82	2,3	6	72,1
25000012390	1LA3 134-4YA80	132 M	15,0	11,2	1,15	43,0	24,83	21,5	81,3	0,84	1745	61,24	1,8	5,0	83,5
25000012381	1LA3 164-4YA80	160 L	20	14,9	1,15	56,8	32,8	28,4	87,3	0,79	1757	81,09	1,8	6,3	120,2
25000012380	1LA3 167-4YA80	160 L	25,0	18,7	1,15	66,0	38,1	33,0	91,6	0,81	1757	101,36	1,8	5,4	128,1
25000012729	1LA6 183-4YA80	180 M/L	30	22,4	1,05	78	45	39	87,6	0,86	1749	122,19	2	4,9	173,5
25000012730	1LA6 187-4YA80	180 M/L	40,0	29,8	1,05	104,0	60,0	52,0	89,6	0,84	1746	163,20	2,0	5,6	186,7
25000012666	1LA6 207-4YA80	200 L	50	37,3	1,15	126	72,7	63	91,4	0,85	1762	202,15	2,7	6,6	252,5
25000011176	1LA6 220-4YA80	225 S/M	60,0	44,8	1,15	148,0	85,4	74,0	93,3	0,85	1765	242,17	2,7	6,6	300,0
25000011182	1LA6 224-4YC80	225 S/M	75,0	56,0	1,15	188,0	108,5	94,0	94,0	0,83	1780	300,16	2,0	5,1	325

Conexión directa motores trifásicos a tres tensiones tamaños 90 y 112



Dimensiones 1LA3 tamaño constructivo 90 (mm)



ANEXO D. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA SELECCIÓN DE MANGUERAS HIDRÁULICAS DE ALTA PRESIÓN, SERIE SAE 100 R1AT PARA MARCAS HRW Y STRONGFLEX

HRW Srl - Italy

HRW

CHT1

EN 853 1SN / SAE 100 R1AT

HIGH TEMPERATURE

Construction
Synthetic rubber inner tube
One high tensile steel wire braid
Blue synthetic rubber cover

Application
Suitable for use with mineral oil, biological oil, polyglycol base oils, water-oil emulsion and water.

Temperature range
Hydraulic oils: -40°C to +135°C (-40°F to +275°F)
Sporadic peack up to +150°C (+302°F)
Polyglicol base oils, water-oil emulsion and water:
up tp +85°C (+ 185°F)

HOSE TYPE	Internal diameter			External diameter	Bend radius	Working pressure		Burst pressure		Weight
	Size	Inch	DN	mm	mm	Bar	Psi	Bar	Psi	Kg/m
CHT1-3	-3	3/16"	5	12,5	90	250	3600	1000	14500	0,20
CHT1-4	-4	1/4"	6	14,1	100	225	3250	900	13050	0,25
CHT1-5	-5	5/16"	8	15,7	115	215	3100	850	12300	0,31
CHT1-6	-6	3/8"	10	18,1	130	180	2600	720	10400	0,36
CHT1-8	-8	1/2"	12	21,5	180	160	2300	640	9250	0,45
CHT1-10	-10	5/8"	16	24,7	200	130	1850	520	7500	0,52
CHT1-12	-12	3/4"	19	28,6	240	105	1500	420	6050	0,65
CHT1-16	-16	1"	25	36,6	300	88	1250	350	5050	0,91
CHT1-20	-20	1-1/4"	31	44,8	420	63	900	250	3600	1,30
CHT1-24	-24	1-1/2"	38	52	500	50	700	200	2900	1,70
CHT1-32	-32	2"	51	65,9	630	40	550	160	2300	2,00

Size: hose internal diameter according to SAE J517
Inch: hose internal diameter in inches
DN: nominal internal diameter according to manufacturing prescription (EN)

1 bar = 14,503 pound per square inch (PSI)

www.hrw-web.it

1.11 Wire Braid Hydraulic Hose

EN 853 Type 1SN / SAE 100R1 AT

Tube: oil resistant synthetic rubber

Reinforcement: One braid of high-tensile steel wire.

Cover: Black, abrasion and weather resistant synthetic rubber. MSHA accepted.

Temperature range: - 40ºC to + 100ºC

Hose ID		Wire OD	Hose OD	Working Pressure		Burst Pressure		Minimum Bend Radius	Weight
inch	mm	mm	mm	Mpa	Psi	Mpa	Psi	mm	Kg/m
3/16	4.8	9.5	11.8	25	3630	100	14280	90	0.190
1/4	6.4	10.8	12.8	22.5	3270	90	12840	100	0.222
5/16	7.9	12.5	14.5	21.5	3120	85	12280	115	0.261
3/8	9.5	14.6	16.8	18	2610	72	10280	130	0.324
1/2	12.7	17.6	19.8	16	2320	64	9180	180	0.418
5/8	15.9	21.1	23.1	13	1890	52	7420	200	0.476
3/4	19.0	24.7	27.0	10.5	1530	42	6000	240	0.619
1	25.4	32.5	35.0	8.8	1280	35	5020	300	0.883
1-1/4	31.8	39.5	43.5	6.3	920	25	3600	420	1.220
1-1/2	38.1	45.8	49.8	5	730	20	2860	500	1.408
2	50.8	59.0	63.0	4	580	16	2280	630	1.889

ANEXO E. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA UN CILINDRO HIDRÁULICO MARCA FAP SEGÚN NORMA ISO 6022

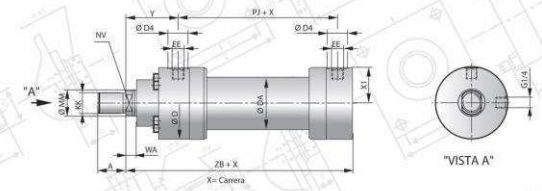
CILINDROS HIDRAULICOS BRIDADOS MODELO CHB SEGÚN ISO 6022

MODO DE CODIFICACION

Tipo de cilindro: CHB: Cil. Hidráulico Bridado

CHB	100	63	350	D	250	DA	N	1	5
	Ø int. del cilindro en mm.	Ø del vástago en mm.	Carrera en mm.	Tipo de montaje	Presión de trabajo	Amortiguación SA = sin amort. AT = amort. trasera AD = amort. delatera DA = doble amort.	Tipo de Sellos N = Nitrilo V= Viton	Posición de la conexión en la cabeza	Posición de la conexión en la culata

TABLA DE DIMENSIONES GENERALES



AL = DIAMETRO INTERIOR DEL CILINDRO

AL Ø	MM Ø	KK	A	NV	D	DA	D4	EE	EE	PJ	WA	X1	Y	ZB max.
		Dimensiones (en mm.)												
50	32 36	M27x2	36	27 30	102	60	34	G1/2	M22x1,5	120	18	48,5	98	244
63	40 45	M33x2	45	32 36	120	78	42	G3/4	M27x2	133	21	56,5	112	274
80	50 56	M42x2	56	41 46	145	95	42	G3/4	M27x2	155	24	69,5	120	305
100	63 70	M48x2	63	50 60	170	120	47	G1	M33x2	171	27	82	134	340
125	80 90	M64x3	85	65 75	206	150	47	G1	M33x2	205	31	100,5	153	396
140	90 100	M72x3	90	75 85	226	170	58	G1 1/4	M42x2	219	31	109,5	166	431
160	100 110	M80x3	95	85 95	265	190	58	G1 1/4	M42x2	235	35	129,5	185	467
180	110 125	M90x3	105	95 110	292	210	58	G1 1/4	M42x2	264	40	143,5	194	510
200	125 140	M100x3	112	110 120	306	235	58	G1 1/4	M42x2	278	40	150,5	220	550
250	160 180	M125x4	125	*) *)	*)	*)	65	G1 1/2	M48x2	*)	42	*)	*)	652

*) Medidas sobre consulta.

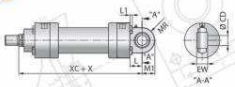
CONEXIONES

TIPO DE MONTAJE

CILINDROS HIDRAULICOS BRIDADOS MODELO CHB SEGÚN ISO 6022

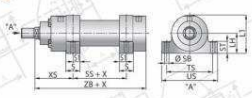
FORMAS DE MONTAJE

M MONTAJE OSCILANTE MACHO

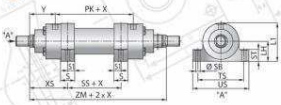


L MONTAJE OSCILANTE MACHO CON ROTULA

K MONTAJE LATERAL

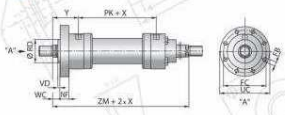


OK MONTAJE LATERAL DOBLE VÁSTAGO

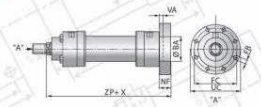


F MONTAJE BRIDA DELANTERA

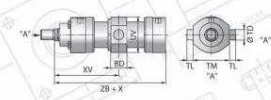
OF MONTAJE BRIDA DOBLE VÁSTAGO



G MONTAJE BRIDA TRASERA



I MONTAJE OSCILANTE CENTRAL



OI MONTAJE OSCILANTE DOBLE VÁSTAGO

X=CARRERA

		50	63	80	100	125	140	160	180	200	250
MONTAJES F,G	Ø CD/CX	32	40	50	63	80	90	100	110	125	160
	EP	27	32	40	52	66	72	84	88	102	130
	EW/EX	32	40	50	63	80	90	100	110	125	160
	L / LT	61	74	90	102	124	149	150	180	206	251
	L1	8	8	10	12	16	16	16	20	20	24
	MR/MS/M1	40	50	63	71	90	101	112	129	145	200
	XC / XO	305	348	395	442	520	580	617	690	756	903
MONTAJES F,G,OF	Ø BD	63	75	90	110	132	145	160	185	200	250
	Ø FB	13,5	13,5	17,5	22	22	26	26	33	33	39
	Ø FC	132	150	180	212	250	280	315	350	385	475
	NF	25	28	32	36	40	40	45	50	50	63
	PK	120	133	153	171	205	219	235	264	278	325
	Ø UC	155	175	210	250	290	325	360	405	440	540
	VD	4	4	4	5	5	5	5	5	5	6
	WC	22	25	28	32	36	36	40	45	45	50
	Y	98	112	120	134	153	166	185	194	220	260
	ZB	244	274	305	343	396	431	462	510	550	652
	ZM	316	357	395	439	511	551	605	652	718	845
	Ø BA	63	75	90	110	132	145	160	185	200	250
	VA	4	4	5	5	6	6	7	10	10	12
	ZP	265	298	332	371	430	465	505	550	596	703
MONTAJES I e OI	BD	38	48	58	78	98	118	128	138	178	220
	Ø TD	32	40	50	63	80	90	100	110	125	160
	TL	25	32	40	50	63	70	80	90	100	125
	TM	112	125	150	180	224	265	280	320	335	425
	UV	102	120	150	175	220	240	270	310	320	420
	XV min	174	202	226	259	301	336	373	405	461	*
	XV max	151+X	167+X	180+X	195+X	225+X	230+X	251+X	267+X	277+X	*
MONTAJES K y OK	LH	55	65	75	90	105	115	135	150	160	*
	L1	106	125	147	175	208	228	267	296	313	*
	S	35	40	50	60	70	85	105	115	125	*
	S1	17	20	25	30	35	42	52	57	62	*
	SB	11	13	17	22	26	30	33	40	40	*
	SS	45	49	52	61	75	70	65	69	73	*
	ST	37	42	47	57	67	72	77	92	97	*
	TS	130	150	180	210	255	290	330	360	385	*
	US	155	180	220	255	305	350	400	440	465	*
	X	0	0	2	3	0	19	44	50	56	*
	XS	135	154	171	189	218	240	270	291	322	*

* = medidas sobre consulta

ANEXO F. HOJAS DE PROCESOS

ANEXO G. PLANOS

ANEXO H. FORMATO DEL PROTOCOLO DE PRUEBAS DEL PROTOTIPO

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
PROTOCOLO DE PRUEBAS DEL PROTOTIPO

1.- DATOS GENERALES

EQUIPO:	Maquina Baroladora Semiautomática de 6mm de espesor de chapa
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN:	
DIRECTOR:	
CO-DIRECTOR:	
LUGAR DE LA PRUEBA:	
FECHA DE LA PRUEBA:	

2.- VERIFICACIÓN DE DIMENSIONES GENERALES Y PESO

PARÁMETRO	RESULTADO	SE ACEPTA	NO SE ACEPTA
Alto			
Largo			
Ancho			
Peso			

3.- VERIFICACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD Y MONTAJE DE LAS PIEZAS

PIEZA O ELEMENTO	SE ACEPTA	NO SE ACEPTA
Rodillos		
Cadenas		
Catarinas		
Bandas		
Motor		
Estructura		
Pintura		
Lubricación		
Ajuste de pernos		

4.- VERIFICACIÓN DE ALINEACIÓN Y PARALELISMO

SISTEMA O CRITERIO EVALUADO	SE ACEPTA	NO SE ACEPTA
Comprobar que ejes, soportes y guías estén paralelos y alineados		
Verificar el paralelismo entre el soporte y la base del motor		

Verificar el paralelismo entre la estructura principal y secundaria			
Verificar el paralelismo entre la estructura principal y los cilindros			
Verificar el paralelismo entre los rodillos baroladores y catarinas.			
5.- FUNCIONAMIENTO EN VACÍO			
SISTEMA O CRITERIO EVALUADO		**SE ACEPTA**	**NO SE ACEPTA**
Transmisión			
Accionamiento			
Rodillos			
Estructural			
Eléctrico			
PARÁMETRO	**RESULTADO**	**SE ACEPTA**	**NO SE ACEPTA**
Velocidad angular			
6.- FUNCIONAMIENTO CON CARGA			
SISTEMA O CRITERIO EVALUADO		**SE ACEPTA**	**NO SE ACEPTA**
Transmisión			
Accionamiento			
Rodillos			
Estructural			
Calidad del material barolado			
Nivel de vibraciones			
PARÁMETRO	**RESULTADO**	**BAROLADO**	
MATERIAL	ESPESOR (mm)	**SE ACEPTA**	**NO SE ACEPTA**
INOX-306	6mm		
Capacidad			
7.- CONCLUSIÓN			
PROTOTIPO		**SE ACEPTA**	**NO SE ACEPTA**
8.- FIRMAS DE RESPONSABILIDAD			
CARGO	**OPERADOR**	**OPERADORA**	**DIRECTOR PROYECTO**
NOMBRE			
FIRMA			
FECHA			

ANEXO I. SIMULACIÓN DE LA MÁQUINA BAROLADORA A SER REPOTENCIADA