

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA MECÁNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:
DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA MOLETEADORA DE
TUBOS PARA TIMONES DE BICICLETA Y MOTOS DE
DIÁMETRO EXTERIOR HASTA VEINTE Y CINCO MILÍMETROS
CON CUATRO DÉCIMAS Y UN METRO DE LARGO CON AJUSTE
MECÁNICO Y POSICIONAMIENTO MANUAL**

**AUTOR:
JONATHAN OSWALDO ARÉVALO CLAVIJO**

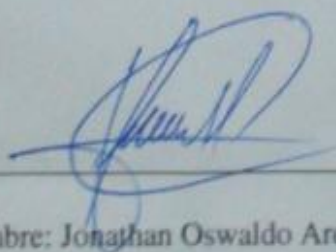
**TUTOR:
CARLOS IVÁN MALDONADO DÁVILA**

Quito, junio de 2016

Cesión de derechos de autor

Yo Jonathan Oswaldo Arévalo Clavijo, con documento de identificación N° 1714717889, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: "DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA MOLETEADORA DE TUBOS PARA TIMONES DE BICICLETA Y MOTOS DE DIÁMETRO EXTERIOR HASTA VEINTE Y CINCO MILÍMETROS CON CUATRO DÉCIMAS Y UN METRO DE LARGO CON AJUSTE MECÁNICO Y POSICIONAMIENTO MANUAL", mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Nombre: Jonathan Oswaldo Arévalo Clavijo

Cédula: 1714717889

Fecha: Quito, Junio del 2016

Declaratoria de coautoría del tutor

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación, Diseño y simulación de una máquina moleteadora de tubos para timones de bicicleta y motos de diámetro exterior hasta veinte y cinco milímetros con cuatro décimas y un metro de largo con ajuste mecánico y posicionamiento manual, realizado por Jonathan Oswaldo Arévalo Clavijo, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, Junio del 2016



Carlos Iván Maldonado Dávila

CI: 1711156073

Índice

Introducción	xii
Capítulo 1	2
Fundamento teórico del proceso de moleteado.....	2
1.1. Qué es el moleteado	2
1.2. Cronología del proceso de moleteado	3
1.2.1 Productividad	4
1.2.2 Objetivos de calidad y confiabilidad.....	5
1.2.3 Análisis de modos y efectos de fallas potenciales (amef).....	6
1.2.4 Análisis de sistemas de medición (msa).....	7
1.2.5 Control estadístico de los procesos (spc)	8
1.3. Instructivo para realizar el proceso de moleteado en un torno convencional	13
1.4. Norma d 82.....	14
1.4.1 Moletas según din 82	15
1.4.2 Características de la aplicación demoleteado según la norma din 82	19
1.5. Moletas según din 403	20
1.6. Consideraciones para optimización del proceso de moleteado.....	24
Capítulo 2.....	27
Diseño de una máquina para la realización del proceso de moleteado	27
2.1. Cálculo del torque para seleccionar el motor reductor.....	27
2.2. Cálculo de rpm (revoluciones por minuto)	31
2.3. Selección de motor reductor.....	34
2.4. Cálculo del número de ciclos del motor reductor en una jornada de trabajo	35
2.5. Cálculo del eje que acopla al motor-reductor y el mandril	36

2.6. Acople del eje al mandril	37
2.7. Selección de mandril	40
2.8. Cálculo de deflexión del eje de transmisión en la sección del mandril apoyado	40
2.9. Cálculo de fuerza cortante y momento flexionante del eje de transmisión.....	42
2.10. Deflexión en el punto máximo del eje de transmisión	46
2.11. Selección de chumacera	48
2.12. Peso estructura moleteador	49
2.13. Presupuesto del costo de fabricación de la máquina moledora	55
Capítulo 3	56
Simulación	56
3.1. Simulación peso estructura moleteador	56
3.1.1 Propiedades físicas	56
3.1.2 Propiedades de material	57
3.1.3 Condiciones de funcionamiento.....	58
3.1.4 Resultados de simulación.....	59
3.2. Análisis y simulación de carga al eje de transmisión.....	61
3.2.1 Propiedades físicas	61
3.2.2 Propiedades del material	62
3.2.3 Condiciones de funcionamiento.....	63
3.2.4 Resultados de simulación.....	64
Conclusiones	67
Recomendaciones.....	68
Glosario	69
Referencias.....	71

Índice de figuras

Figura 1. Gráficas de control para la toma de decisiones _____	12
Figura 2. RRA Moleteado con estrías paralelas al eje _____	15
Figura 3. RBL Moleteado helicoidal izquierdo _____	16
Figura 4. RBR Moleteado Helicoidal Derecho _____	16
Figura 5. RGE Moleteado cruzado puntas salientes _____	17
Figura 6. RGV Moleteado cruzado puntas entrantes _____	17
Figura 7. RKE Moleteado cruzado puntas salientes _____	18
Figura 8. RKV Moleteado cruzado puntas entrantes _____	18
Figura 9 Aplicación por la forma de moleteado _____	19
Figura 10. Aplicación del moleteado por corte _____	20
Figura 11. AA Moleta con dentado Recto _____	21
Figura 12. BL Moleta con dentado Helicoidal Izquierdo _____	21
Figura 13. BR Moleta con dentado Helicoidal Derecho _____	22
Figura 14. GE Moleta con dentado Cruzado Puntas Salientes _____	22
Figura 15. GV Moleta con dentado Cruzado Puntas Entrantes _____	23
Figura 16. KE Moleta con dentado Cuadrado Puntas Salientes _____	23
Figura 17. KV Moleta con dentado Cuadrado Puntas Entrantes _____	24
Figura 18. Relación cuando la circunferencia es casi exacta _____	25
Figura 19. Relación cuando la circunferencia no es óptima _____	25
Figura 20 _____	26
Figura 21 Tubo negro laminado al frío _____	27
Figura 22. Caso A Análisis de proceso no capaz _____	32

Figura 23 Caso B Análisis de proceso capaz	33
Figura 24 Acople con tres pernos para el mandril	37
Figura 25 Mandriles (Chucks)	40
Figura 26. Esquema para análisis de cargas en el eje de transmisión	41
Figura 27. Diagrama de cuerpo libre del eje de transmisión	41
Figura 28. Análisis del Tramo $0 < x < a$	42
Figura 29 Tramo $0 < x < 0,14$	43
Figura 30 Análisis del tramo $(a+d) < x < (a+b)$	44
Figura 31 Diagrama de fuerza cortante y momento flexionante	46
Figura 32 Selección de chumacera para el eje de transmisión	48
Figura 33. Esquema de carga puntual sobre el eje soporte	52
Figura 34 Diagrama de cuerpo libre eje soporte	52
Figura 35 Propiedades físicas del eje soporte	56
Figura 36. Propiedades del material de los ejes soporte	57
Figura 37. Condiciones de funcionamiento de carga	58
Figura 38. Carga que ejerce el peso de la estructura sobre el eje soporte	58
Figura 39. Tabla de resultados obtenidos del programa	59
Figura 40. Tensión de Von Mises	60
Figura 41. Desplazamiento	60
Figura 42 Coeficiente de seguridad	61
Figura 43. Propiedades físicas del eje de transmisión	61
Figura 44. Material de chumaceras y eje	62
Figura 45 Condiciones de funcionamiento que ejerce el peso del mandril sobre el eje	63
Figura 46. Esquema de carga del eje de transmisión	63

Figura 47 Resultados del análisis de la simulación	64
Figura 48. Tensión de Von Mises	65
Figura 49 Desplazamiento de eje de transmisión	65
Figura 50. Coeficiente de seguridad a partir del análisis del simulador	66

Índice de tablas

Tabla 1.....	31
Tabla 2.....	45
Tabla 3.....	55

Resumen

Se ha observado que en las industrias metalmecánicas los procesos de moleteado se lo realizan en tornos convencionales o en CNC, la idea del diseño de esta máquina es justamente no subutilizar recursos y más bien pensar un diseño acorde a las condiciones de un taller pequeño.

El diseño de la máquina se enfocó a la mejora y optimización de tiempos, en un proceso de producción en serie. Sus dimensiones generales son adecuadas para un taller metalmecánico pequeño, donde su utilización y desempeño da la apertura para que una persona sin experiencia en procesos de moleteado pueda realizar el trabajo.

Finalmente se realizó una simulación para verificar la confiabilidad de los cálculos y la efectividad al seleccionar los materiales para elementos críticos.

Palabras clave: Moleteado, Diseño, Simulación, Máquina, Proceso.

Abstract

It has been observed that in engineering industries processes knurled it done in conventional or CNC lathes, the design idea of this machine is just not underutilized resources rather think a design according to the conditions of a small workshop.

The machine design focuses on the improvement and optimization of time, in a process of production. Its overall dimensions are suitable for a small machine shop, where its use and performance gives the opening for an inexperienced person knurled processes can perform the job.

Finally, a simulation is performed to verify the reliability of the calculations and effectiveness in selecting materials for critical elements.

Keywords: Knurled, Design, Simulation, Machine, Process.

Metodología aplicada

Para el desarrollo del proyecto se utilizará el Método científico, pasando por tres fases fundamentales:

- Exploratoria

Revisión bibliográfica, conocimiento de procesos similares con el fin de obtener una visión general de la manera en cómo se efectúan estos procesos de manufactura.

- Descriptiva

Descripción de la realidad actual del proceso, teniendo en cuenta las condiciones, situaciones y eventos en los cuales se desarrollan estos procesos.

- Explicativa

Definiendo la solución, explicando cómo se va a enfrentar la problemática. Buscando la coherencia de los resultados basados en un conjunto de descubrimientos realizados a lo largo del desarrollo del proyecto.

Introducción

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo el diseño de una máquina moleteadora de tubos para manubrios de motos y bicicletas.

Al observar que las máquinas capaces de realizar el proceso de moleteado es en un torno CNC o convencional cuyas dimensiones son considerables y ocupan demasiado espacio, realizar un proceso de moleteado en un tubo de no más de un metro de longitud en dichas máquinas da como resultado un proceso ineficiente ya que implica exceso en tiempos y movimientos de un operador frente a la máquina, cabe recalcar que para operar las mismas el personal debe tener sólidos conocimientos técnicos en el manejo. La idea es Desarrollar búsquedas sistemáticas en fuentes bibliográficas confiables referidas al proceso de moleteado. Se propone como solución el diseño de una máquina de tamaño moderado donde se optimice espacio y el personal que opere no necesariamente debe ser con experiencia y conocimientos técnicos en el manejo de máquinas y herramientas.

Es importante diseñar y calcular los distintos elementos que componen la máquina para moletear manubrios de bicicleta y motos, también modelar en tres dimensiones con software especializado la máquina moleteadora y simular las principales cargas a las cuales va a ser sometida

Se ha considerado realizar un estudio previo de procesos referidos al moleteado con el fin de tener una panorámica amplia de la manera en cómo lo realizaban y que máquina se utilizaba para este tipo de producción.

Capítulo 1

1. Fundamento teórico del proceso de moleteado

1.1. Qué es el moleteado

El moleteado es el proceso de imprimir un patrón de forma de diamante o de líneas rectas en la superficie de la pieza para mejorar en su apariencia o proporcionar una mejor superficie de sujeción. El moleteado recto a menudo se utiliza para incrementar el diámetro de la pieza cuando se requiere de un ajuste por interferencia.

La herramienta de moleteado es un portaherramientas de tipo de poste, sobre el cual se monta un par de rodillos de acero endurecido. Estos rodillos pueden obtenerse con patrones de diamante y de línea recta, y en los espaciados basto medio y fino (Smid, 2003, pág. 397).

Adicional el moleteado es un proceso de fabricación, por lo general, se realiza en un torno.

“Es un proceso de conformado en frío del material mediante unas moletas que presionan la pieza mientras da vueltas. Dicha deformación genera un incremento del diámetro inicial de la pieza” (Sánchez & Jose, s.f.).

El moleteado se realiza en piezas que se tengan que manipular a mano para evitar el resbalamiento que tuviesen en caso de ser lisa. El moleteado se realiza en los tornos con las moletas de diferentes pasos y dibujos. Existen los siguientes tipos de moleteado por deformación: Radialmente, cuando la longitud moleteada en la pieza coincide con el espesor de la moleta a utilizar. Longitudinalmente, cuando la longitud

excede al espesor de la moleta. Para este segundo caso la moleta siempre ha de estar biselada en sus extremos (Sánchez & Jose, s.f.).

Es importante mencionar que el proceso de moleteado es utilizado en las industrias, no solo para cumplir especificaciones de funcionalidad, si no también cumplir con características especiales de acabado.

1.2. Cronología del proceso de moleteado

El proceso de moleteado se lo realizaba desde un inicio en un torno convencional, en donde no se requería una capacidad de proceso elevada ni tampoco influía un análisis del sistema de medición para efectuar dicho proceso. Lo que normalmente se buscaba es que el moleteado sea funcional en su respectiva aplicación.

Con el pasar del tiempo los estándares de calidad fueron más exigentes por que se mejoraron máquinas, materiales, herramientas en donde los acabados eran más finos implicando igual o menos recursos que en acabados bastos.

Y el cpk (Capacidad del proceso) se ha ido enfatizando ya que en todo momento los clientes buscan repetitividad en los productos fabricados en base a los requerimientos definidos por las partes (cliente y proveedor), cuando en el proceso productivo por diferentes causas de variación ya sea en el método, maquinaria, medio ambiente, material o mano de obra, salen de los límites de especificación, he ahí producto no conforme y sobrecostos de producción. Lo cual implica un análisis de causa raíz para determinar la causa potencial de falla en el proceso.

En la actualidad existen sistemas que permiten determinar si el proceso es aceptable o no, también existen estudios previos para saber qué instrumentos de medición son necesarios en la estación de trabajo de acuerdo a las tolerancias que se manejen y a la máquina que se utilice para efectuar la operación.

Previo al análisis del control estadístico del proceso (SPC) y al análisis del sistema de medición (MSA), es posible evaluar los modos y efectos potenciales de falla, causas del modo de falla, para encaminar al proceso productivo a la mejora continua y con tiempo determinar dónde puede fallar el proceso para que el producto no haga lo que está diseñado que haga.

1.2.1 Productividad

La productividad es un dato importante dentro de un sistema de gestión de calidad, el cual se evalúa periódicamente dentro de indicadores con alcance hacia los objetivos propuestos y definidos por el equipo multidisciplinario.

El concepto de productividad tiene que ver con calidad, producción, costos bajos, tiempos estándares, eficiencia, innovación, métodos modernos de trabajo y tecnología, entre otros elementos que hacen que la productividad sea un tema considerado por una empresa que desea mantenerse en el terreno productivo.

La calidad participa en la empresa cuando crea conciencia de calidad y productividad en todos y cada uno de los miembros de una organización, a través del trabajo en equipo y el intercambio de experiencias y conocimientos, así como el apoyo recíproco. Para el estudio y resolución de problemas que afecten el adecuado desempeño y la calidad de un área de trabajo, proponiéndose ideas y alternativas con un enfoque de mejora continua M. Rivera (2005, pág. 20).

1.2.2 Objetivos de calidad y confiabilidad

Los objetivos de confiabilidad se establecen en base a los requerimientos y expectativas del cliente, objetivos del programa y comparaciones competitivas de confiabilidad. Ejemplos de requerimientos y expectativas del cliente pudieran ser inexistencia de fallas de seguridad o servicio. Algunas comparaciones competitivas de confiabilidad podrían ser la confiabilidad del producto del competidor, reportes de consumidores o frecuencia de reparación sobre un periodo de tiempo establecido. Los objetivos globales de confiabilidad debieran expresarse en términos de probabilidad y límites de confiabilidad. Los objetivos de calidad son metas en base al mejoramiento continuo. Algunos ejemplos son partes por millón, niveles de defectos o reducción de desperdicio Chrysler Corporation, Ford Motor Company y General Motors Corporation (2008, pág. 12).

Cabe indicar que la calidad de un producto, no solo está dada en la realización de una parte a producir, se hace calidad en todos los procesos de entrada y salida que sostienen a la organización.

1.2.3 Análisis de modos y efectos de fallas potenciales (AMEF)

El AMEF es un documento vivo que se debe realizar al diseñar un producto y proceso, es donde se considera los modos de falla potenciales por los cuales el producto realizado no cumpla la función para la cual fue diseñado.

El AMEF es una metodología analítica usada para asegurar que problemas potenciales se han considerado y abordado a través del proceso de desarrollo del producto y proceso (APQP –Planeación Avanzada de la Calidad de un Producto).

Uno de los factores más importantes para la implementación exitosa de un programa de AMEF es tiempo y oportunidad. Significa que es una acción “antes-del-evento”, y no un ejercicio “después-del-hecho”. Para lograr el mayor valor, el AMEF debe hacerse antes de la implementación de un producto o proceso en el cual existe el potencial de modos de falla. Tiempo por anticipado invertido apropiadamente en completar un AMEF, cuando los cambios del producto/proceso pueden ser implementados más fácil y económicamente, minimizaría la crisis de cambios tardíos.

Las acciones que resulten de un AMEF pueden reducir o eliminar la probabilidad de implementar un cambio que crearía aún un aspecto de preocupación más grande.

Como una herramienta en la evaluación de riesgos, el AMEF es considerado como un método para identificar la severidad de efectos potenciales de fallas y ofrece entradas para medidas de mitigación para reducir riesgos. En muchas aplicaciones, el AMEF también incluye una

estimación de la probabilidad de ocurrencia de las causas de las fallas y sus modos de falla resultantes. Esto amplía el análisis ofreciendo una medida de probabilidad de los modos de fallas. Para minimizar los riesgos, la probabilidad de ocurrencia de la falla se reduce y la cual incrementa la confiabilidad del producto y el proceso. El AMEF es una herramienta que es instrumental en el mejoramiento de la confiabilidad Chrysler LLC, Ford Motor Company, General Motors Corporation (2008, págs. 2,3).

1.2.4 Análisis de sistemas de medición (MSA)

El sistema de medición que se adopte en un proceso es indispensable para llevar un control estadístico acorde al proceso.

Los datos de mediciones son usados más a menudo y en más formas que antes. Por ejemplo, la decisión de ajustar un proceso de manufactura o no, comúnmente se basa ahora en datos de mediciones. Los datos de mediciones, o alguna estadística calculada de éstos, son comparados con los límites de control estadísticos del proceso, y si la comparación indica que el proceso está fuera del control estadístico, entonces se hace un ajuste de algún tipo. De lo contrario, al proceso se le permite trabajar sin ajustes. Otro uso de datos de mediciones es para determinar si existe una relación significativa entre dos o más variables. Por ejemplo, puede sospecharse que una dimensión crítica de una parte plástica moldeada se relaciona con la temperatura del material de alimentación. Esa posible relación puede ser estudiada usando un

procedimiento estadístico llamado análisis de regresión para comparar las mediciones de la dimensión crítica con las mediciones de la temperatura del material de alimentación.

El beneficio de usar un procedimiento basado en datos es ampliamente determinado por la calidad de los datos de medición usados. Si la calidad de los datos es baja, es muy probable que el beneficio del procedimiento sea muy bajo. Igualmente, si la calidad de los datos es alta, es muy probable que también el beneficio sea alto. Para asegurar que el beneficio derivado de los datos de medición usados sea altamente suficiente para garantizar el costo de su obtención, se requiere enfocar atención en la calidad de los datos Chrysler LLC, Ford Motor Company, General Motors Corporation (2010, pág. 3).

1.2.5 Control estadístico de los procesos (SPC)

Llevar un control estadístico en un proceso ayuda a determinar la estabilidad y la capacidad del mismo.

SPC significa Control Estadístico de los Procesos (siglas en inglés) Históricamente, los métodos estadísticos han sido aplicados por rutina a partes más que a procesos. La aplicación de técnicas estadísticas para controlar resultados (tales como partes) debiera ser sólo un primer paso. Hasta que los procesos que generen los resultados lleguen a ser el enfoque de nuestros esfuerzos, la potencia total de estos métodos para mejorar la calidad, incrementar la productividad reducir costos puede no ser totalmente reconocida.

En el pasado, la Manufactura a menudo dependía de la Producción para hacer los productos y de Control de Calidad para inspeccionar el producto final y descubrir los productos que no cumplían con especificaciones. En situaciones administrativas, el trabajo a menudo es checado con esfuerzos por capturar los errores. En ambos casos se involucra una estrategia de detección, la cual significa desperdicio, dado que permite tiempo y materiales a ser invertidos en productos o servicios que no siempre son usables Daimler Chrysler Corporation, Ford Motor Company, and General Motors Corporation (2005, pág. 7).

a) El proceso

El proceso puede ser medido mediante indicadores que ayuden a cuantificar que tan eficiente es.

Proceso, significa una combinación completa de proveedores, fabricantes, gente, equipo, materiales de entrada, métodos y medio ambiente que trabajan juntos para producir un resultado, y los clientes que usen dicho resultado. El desempeño total del proceso depende de la comunicación entre el proveedor y el cliente, la forma en que el proceso es diseñado e implementado, y la forma en que es operado y administrado. El resto del sistema de control del proceso es útil solo si contribuye a mantener un nivel de excelencia o a mejorar el desempeño total del proceso mismo Daimler Chrysler Corporation, Ford Motor Company, and General Motors Corporation (2005, pág. 9).

Cuando se desarrolla un producto lo primero que se define es el diagrama de flujo y las rutas del proceso, ya que de este análisis depende que tan eficiente y rentable sea la producción en serie de algún modelo.

b) Información acerca del desempeño del proceso

Mucho de la información acerca del desempeño actual de un proceso puede ser aprendido estudiando los resultados del proceso mismo. La información más útil acerca del desempeño de un proceso viene, sin embargo, del entendimiento del proceso mismo y de su variabilidad interna. Las características de un proceso (tales como, temperaturas, tiempos de ciclo, velocidades de alimentación, ausentismo, tiempos muertos, lo tardío, o número de interrupciones) debieran ser el enfoque último de nuestros esfuerzos. Necesitamos determinar los valores meta para aquellas características que resulten en la operación más productiva del proceso, y por tanto monitorear qué tan cerca ó lejos estamos de los valores meta. Si ésta información se recolecta e interpreta correctamente, puede mostrar si el proceso está actuando de una manera usual o inusual. Pueden tomarse entonces acciones propias, si es necesario, para corregir el proceso o los resultados producidos.

Cuando se necesiten acciones, estas deben ser apropiadas, o el esfuerzo de recolección de información es desperdiciado Daimler Chrysler Corporation, Ford Motor Company, and General Motors Corporation (2005, pág. 9).

c) Acciones sobre el proceso

Las acciones sobre el proceso son frecuentemente más económicas cuando se toman para prevenir que características importantes (del proceso o resultados) varíen mucho de sus valores meta. Esto asegura que la estabilidad y la variación de los resultados del proceso se mantengan dentro de límites aceptables. Dichas acciones pueden consistir en:

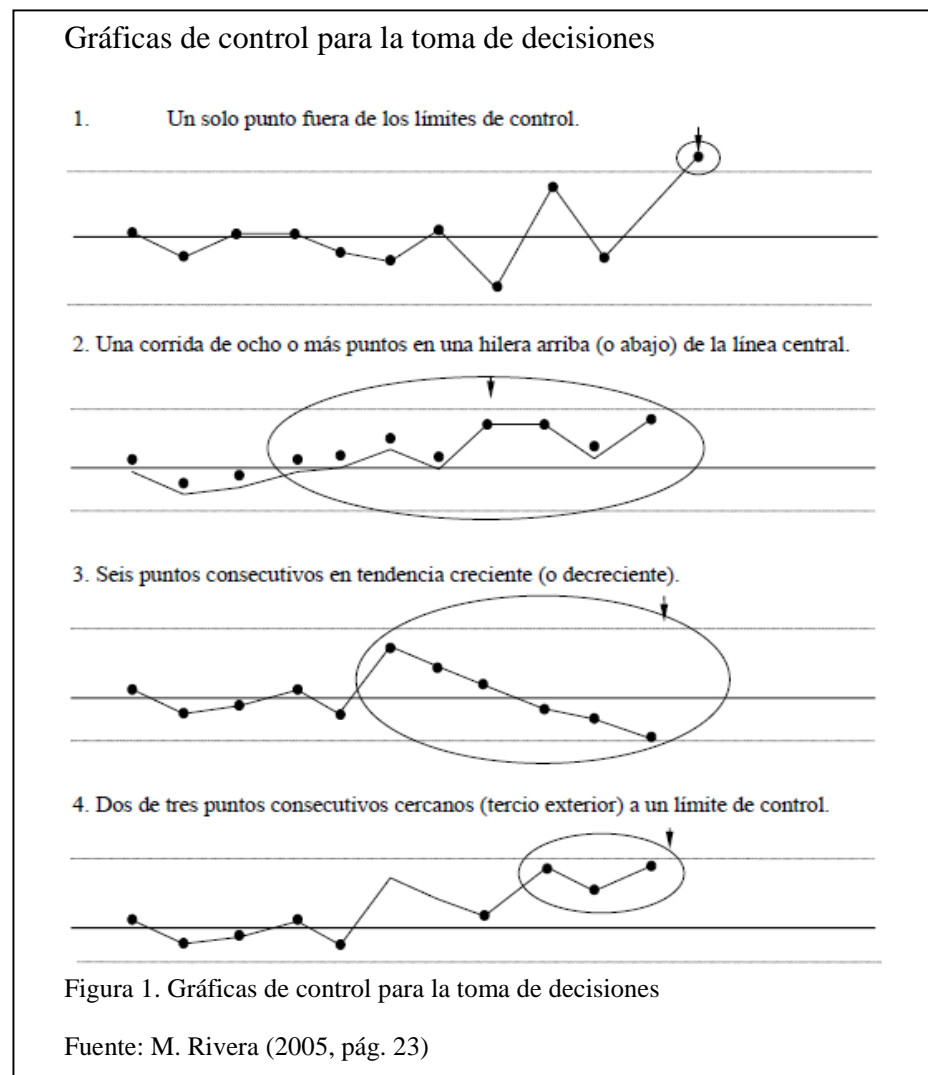
- Cambios en las operaciones
- Entrenamiento a los operadores
- Cambios en los materiales de recibo
- Cambios en los elementos más básicos del proceso mismo
- El equipo
- La forma en como la gente se comunica y se relación Daimler Chrysler Corporation, Ford Motor Company, and General Motors Corporation (2005, págs. 9,10).

d) Acciones sobre los resultados

Acciones sobre los resultados es frecuentemente lo menos económico, cuando se restringe a la detección y corrección de producto fuera de especificaciones sin abordar problemas del proceso en cuestión. Desafortunadamente, si el resultado actual no cumple consistentemente con los requerimientos de los clientes, puede ser necesario clasificar todos los productos y desechar o re TRABAJAR cualquier producto no

conforme. Las acciones sólo en los resultados debieran usarse estrictamente como una medida provisional para procesos no estables o incapaces. Por tanto, las discusiones siguientes se enfocan en la recolección de información del proceso y su análisis de manera que puedan tomarse acciones para corregir el proceso mismo.

El enfoque debiera ser en la prevención y no en la detección (Daimler Chrysler Corporation, Ford Motor Company, and General Motors Corporation (2005, pág. 10).



En conclusión obtener datos para visualizar resultados ayuda a tomar decisiones objetivas en función a la mejora continua.

1.3. Instructivo para realizar el proceso de moleteado en un torno convencional

1. Monte la pieza entre centros y marque el largo que se desea moletear. Si la pieza de trabajo se sostiene un mandril para moleteado, el extremo derecho de la pieza de trabajo debe apoyarse en un contrapunto giratorio.
2. Ajuste el torno para operar a una cuarta parte de la velocidad requerida para el torneado.
3. Ajuste el avance del carro longitudinal entre 0,15 y 0,30 pulg(0,38 mm a 0,76mm).
4. Coloque el centro de la cabeza flotante de la herramienta de moleteado al mismo nivel con el punto muerto.
5. Ajuste la herramienta de moleteado en ángulo recto con la pieza de trabajo y apriétela firmemente en esta posición.
6. Arranque la máquina y toque ligeramente con los rodillos la pieza de trabajo para asegurarse que están correctamente orientados.
7. Mueva la herramienta de moleteado al extremo de la pieza de forma que solo la mitad de la cara del rodillo se apoye contra la pieza. Si el moleteado no se va a extender hasta el extremo de la pieza, ajuste la herramienta de moleteado al límite correcto de la sección que se va a moletear.

8. Empuje la herramienta de moleteado hacia la pieza o bien, arranque el torno y después fuerce la herramienta de moleteado contra la pieza hasta que el patrón de diamante forme puntas.
9. Detenga el torno y examine el patrón, si es necesario, vuelva a ajustar la herramienta de moleteado.
 - a) Si el patrón es incorrecto, por lo general es debido a que la herramienta de moleteado no está ajustada al centro del torno.
 - b) Si la herramienta de moleteado está en el centro y el patrón es incorrecto, por lo común se debe a rodillos de moleteado desgastados. En este caso, será necesario ajustar la herramienta de moleteado ligeramente fuera de escuadra, de forma que las esquenas de los rodillos de moleteado sean las que comiencen el patrón.
10. Una vez que el patrón sea correcto, acople el avance automático del carro soporte y aplique líquido para corte a los rodillos de moleteado.
11. Moletee a la longitud y profundidad deseadas Smid (2003, págs. 397,398,399).

1.4. Norma DIN 82

La norma DIN 82 especifica diferentes formas de moleteado, en función de la disposición del relieve y a la dirección de las estrías del moleteado. Cada una de estas formas, con sus variantes respectivas, recibe un símbolo literal.

La indicación de un moleteado se indica con el signo general de acabado superficial, añadiendo la especificación de sus características sobre un trazo horizontal, la cual incluirá: forma, paso, ángulo y norma. Los moleteados se representan utilizando el patrón de sombreado correspondiente con línea continua de trazo fino. Si la superficie moleteada se refiere a una parte limitada de la pieza, ésta deberá acotarse.

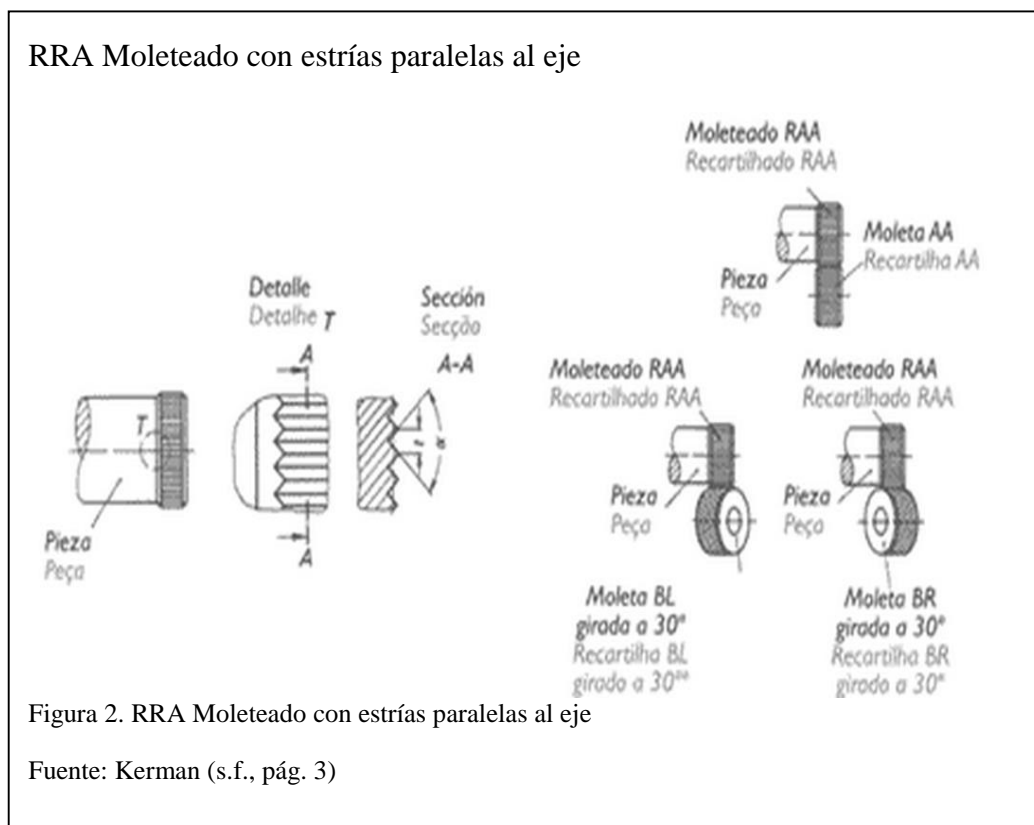
Diámetro nominal es el indicado en el plano y corresponde con la dimensión resultante después de realizar el moleteado.

El paso es la distancia entre los vértices de dos relieves consecutivos.

Los pasos normalizados son: 0,5-0,6-0,8-1-1,2-1,6 mm.

Angulo del perfil es el ángulo que forman los flancos de un relieve. Los valores normalizados son 90° y 105° Sánchez & Jose (s.f.)

1.4.1 Moletas según DIN 82



RBL Moleteado helicoidal izquierdo

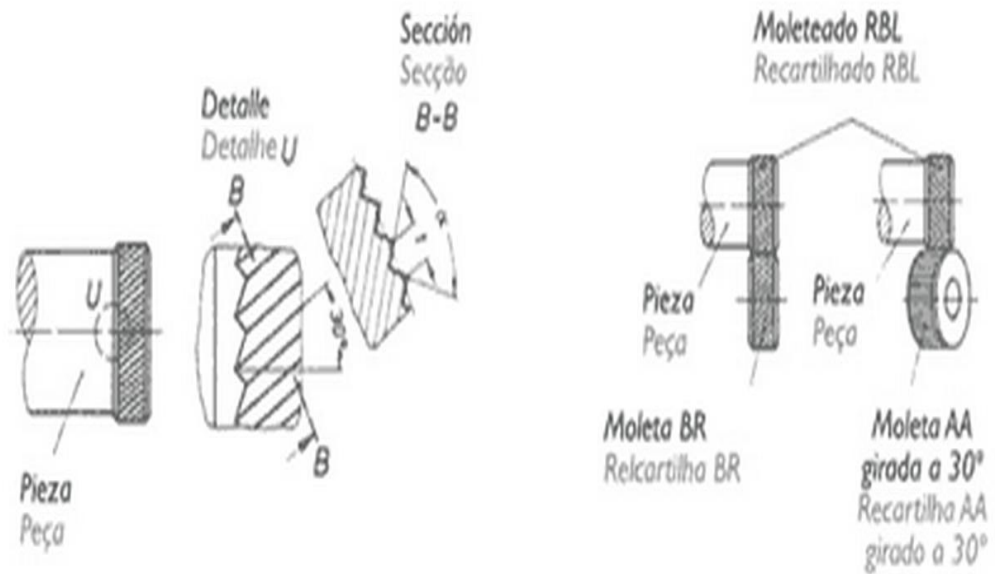


Figura 3. RBL Moleteado helicoidal izquierdo

Fuente: Kerman (s.f., pág. 3)

RBR Moleteado Helicoidal Derecho

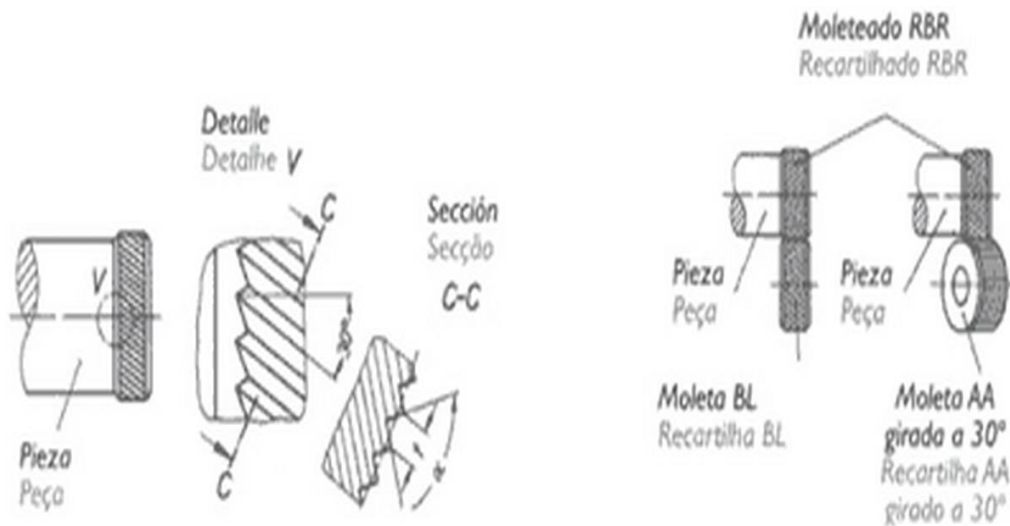


Figura 4. RBR Moleteado Helicoidal Derecho

Fuente: Kerman (s.f., pág. 3)

RGE Moleteado cruzado puntas salientes

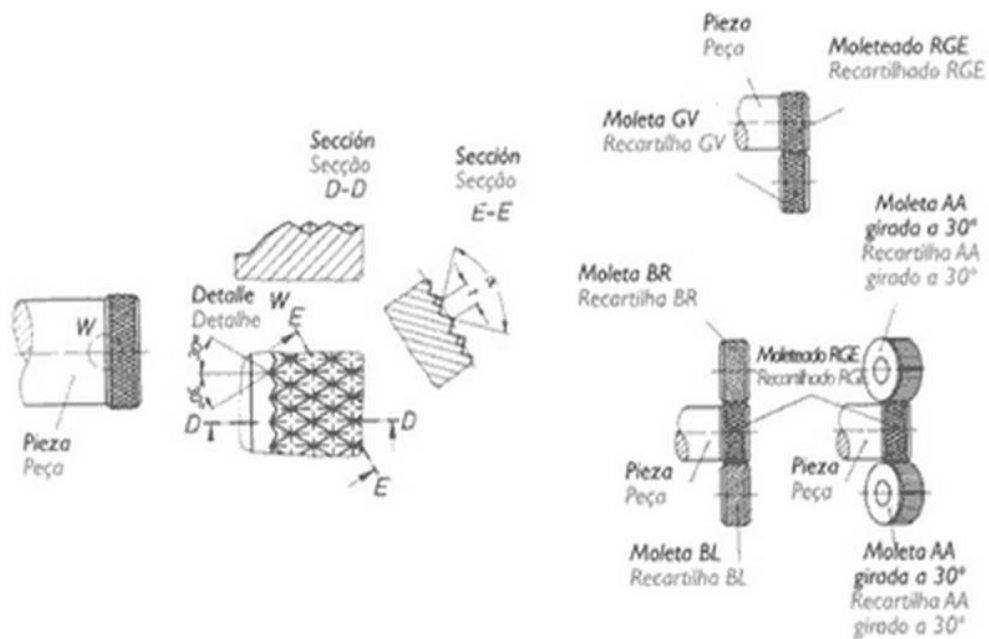


Figura 5. RGE Moleteado cruzado puntas salientes

Fuente: Kerman (s.f., pág. 3)

RGV Moleteado cruzado puntas entrantes

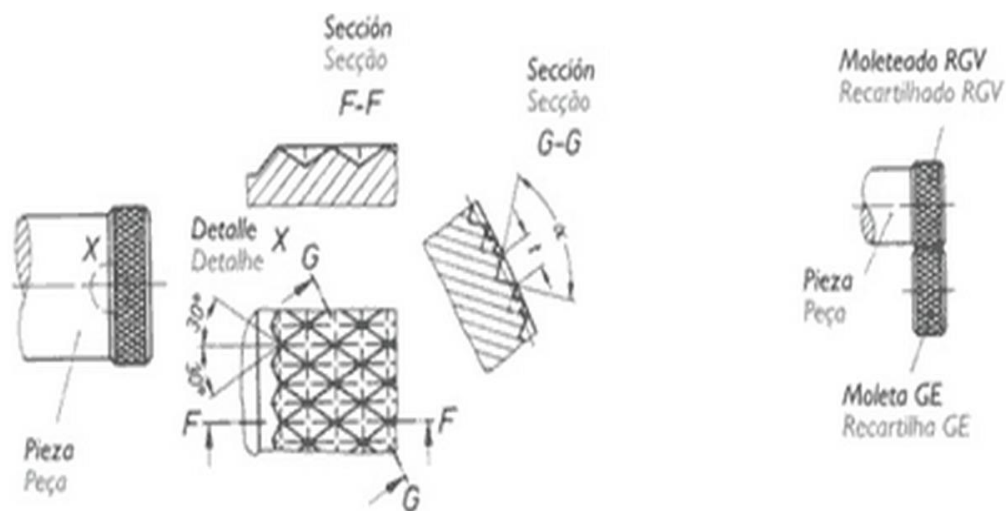


Figura 6. RGV Moleteado cruzado puntas entrantes

Fuente: Kerman (s.f., pág. 3)

RKE Moleteado cruzado puntas salientes

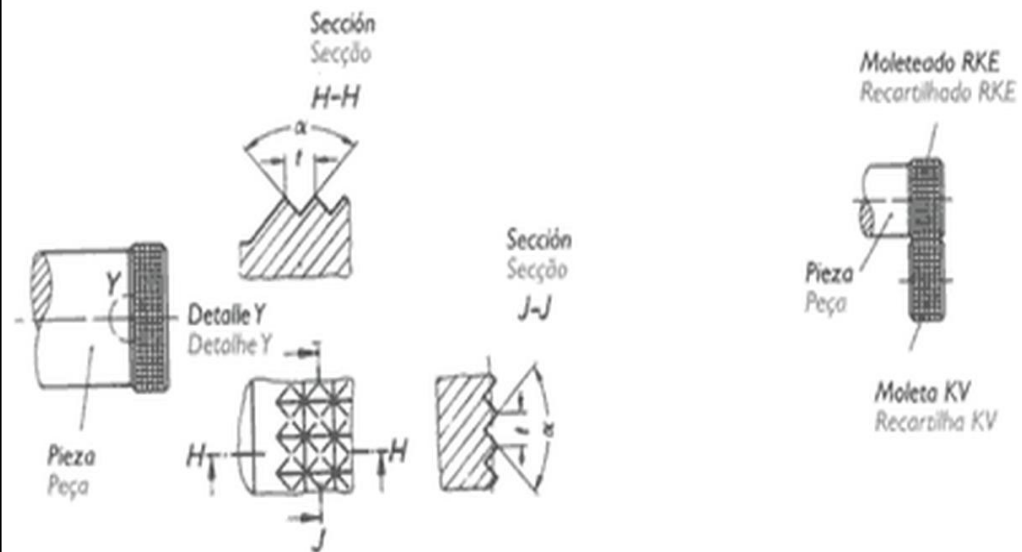


Figura 7. RKE Moleteado cruzado puntas salientes

Fuente: Kerman (s.f., pág. 3)

RKV Moleteado cruzado puntas entrantes

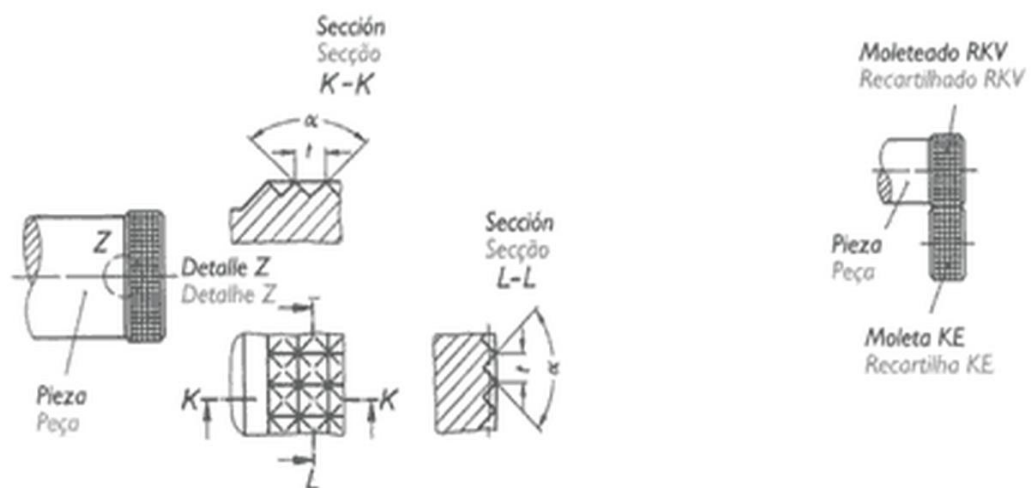


Figura 8. RKV Moleteado cruzado puntas entrantes

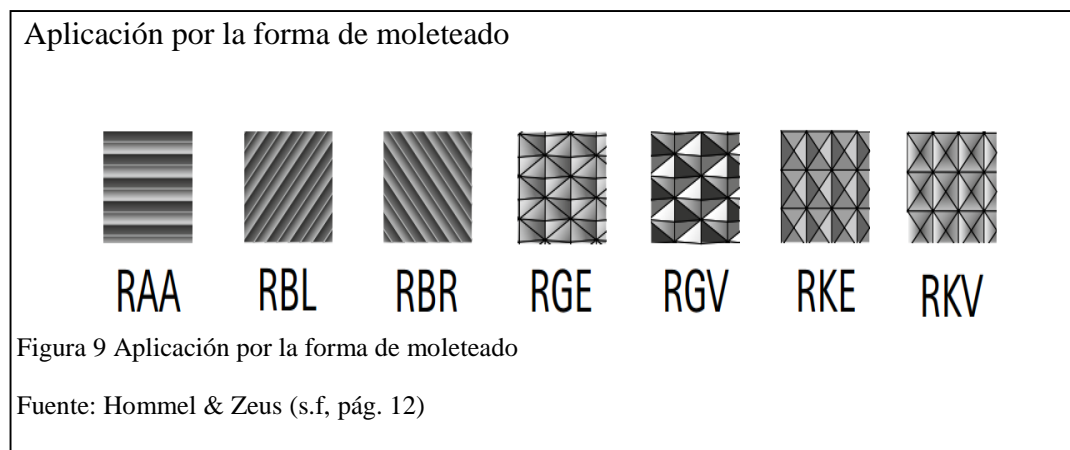
Fuente: Kerman (s.f., pág. 3)

1.4.2 Características de la aplicación demoleteado según la norma DIN 82

a) Características de la aplicación por la forma de moleteado

La forma de moleteado no es un proceso de corte, durante el cual una compresión de superficie de la pieza de trabajo se lleva a cabo.

“Es un proceso de conformación en frío, la técnica sólo es adecuada para materiales deformables en frío. Como resultado del proceso de formación, se aumenta el diámetro exterior. Una ventaja principal de la técnica reside en la diversidad de aplicaciones” Hommel & Zeus (s.f, pág. 12).



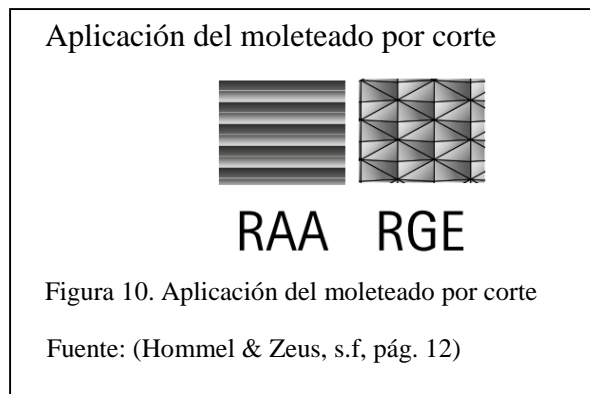
b) Características de la aplicación del moleteado por corte

Moleteado por corte es la alternativa de fresado para formar moleteado.

Esta técnica es especialmente adecuada para piezas de paredes delgadas, materiales blandos (por ejemplo, plásticos) o materiales difíciles de mecanizar. El moleteado de corte sobresale en alta precisión

y excelente calidad de la superficie, una razón por la que se recomienda para la producción de perfiles visuales de alta calidad.

Contrariamente a formar moleteado, la compresión de la superficie y el desplazamiento de material son insignificantes. La cepa en la máquina también es relativamente pequeña. Una restricción importante de la técnica de corte moleteado es el rango menor de aplicación. Sólo es adecuado para la producción de perfiles de moleteado RAA y RGE (Hommel & Zeus, s.f, pág. 12).



1.5. Moletas según DIN 403

El DIN 403 es el estándar para el perfil moleteado en la rueda de moleteado, especifica el perfil de moleteado AA, BL, BR, GE, GV, KE y KV. Moletas con perfiles distintos a los descritos en la norma DIN 82, se clasifican como personalizadas moletas y son fabricados por Hommel + Keller según los dibujos del cliente Esterling (s.f.).

AA Moleta con dentado Recto

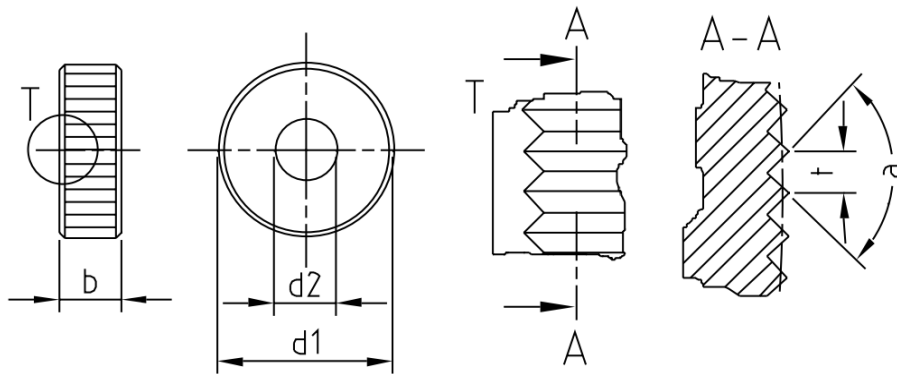


Figura 11. AA Moleta con dentado Recto

Fuente: Esterling (s.f.)

BL Moleta con dentado Helicoidal Izquierdo

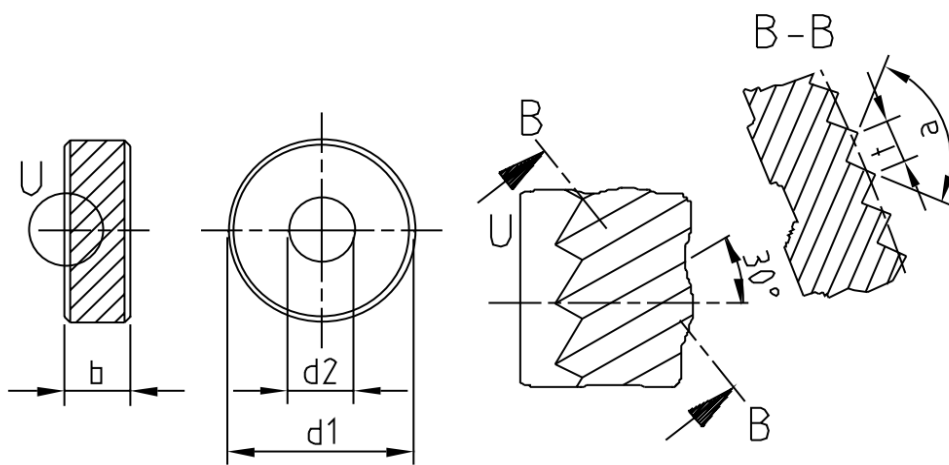


Figura 12. BL Moleta con dentado Helicoidal Izquierdo

Fuente: Esterling (s.f.)

BR Moleta con dentado Helicoidal Derecho

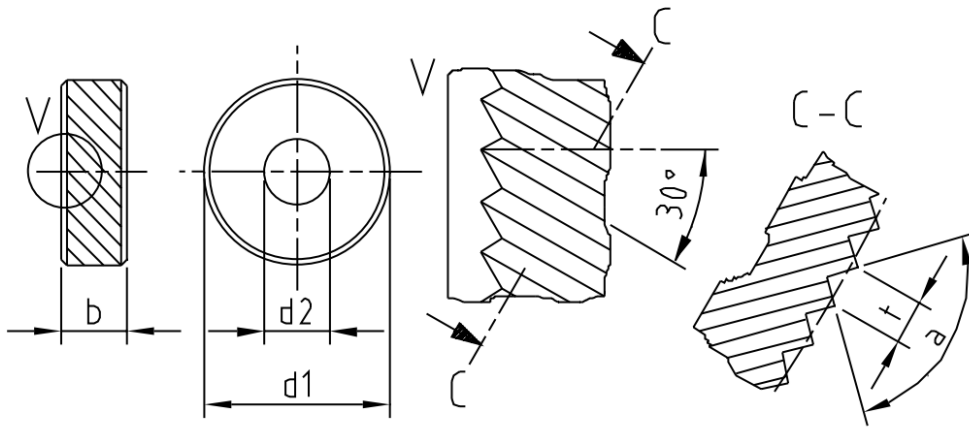


Figura 13. BR Moleta con dentado Helicoidal Derecho

Fuente: Esterling (s.f.)

GE Moleta con dentado Cruzado Puntas Salientes

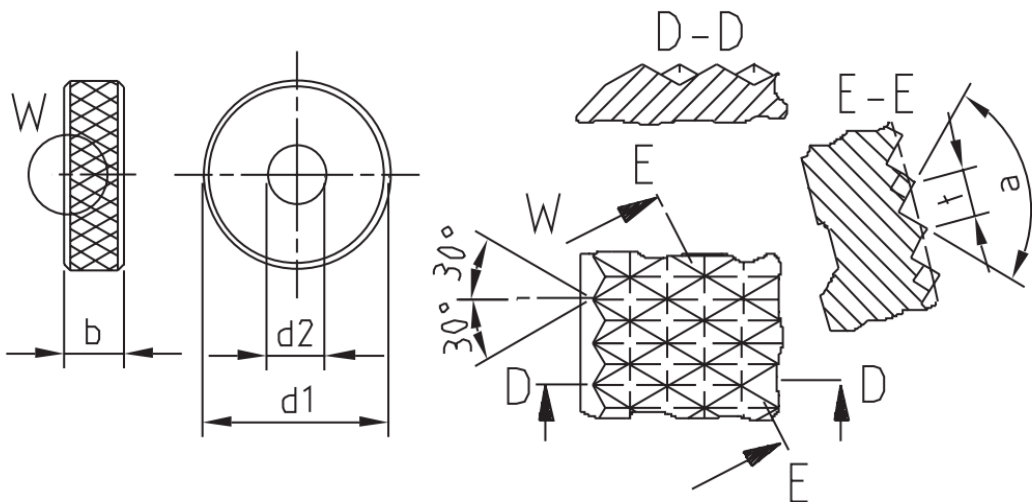


Figura 14. GE Moleta con dentado Cruzado Puntas Salientes

Fuente: Esterling (s.f.)

GV Moleta con dentado Cruzado Puntas Entrantes

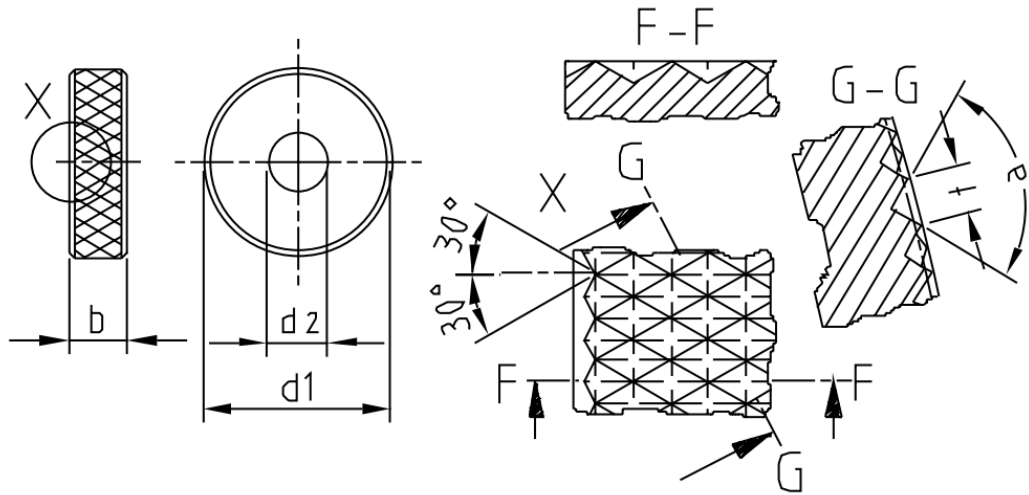


Figura 15. GV Moleta con dentado Cruzado Puntas Entrantes

Fuente: Esterling (s.f.)

KE Moleta con dentado Cuadrado Puntas Salientes

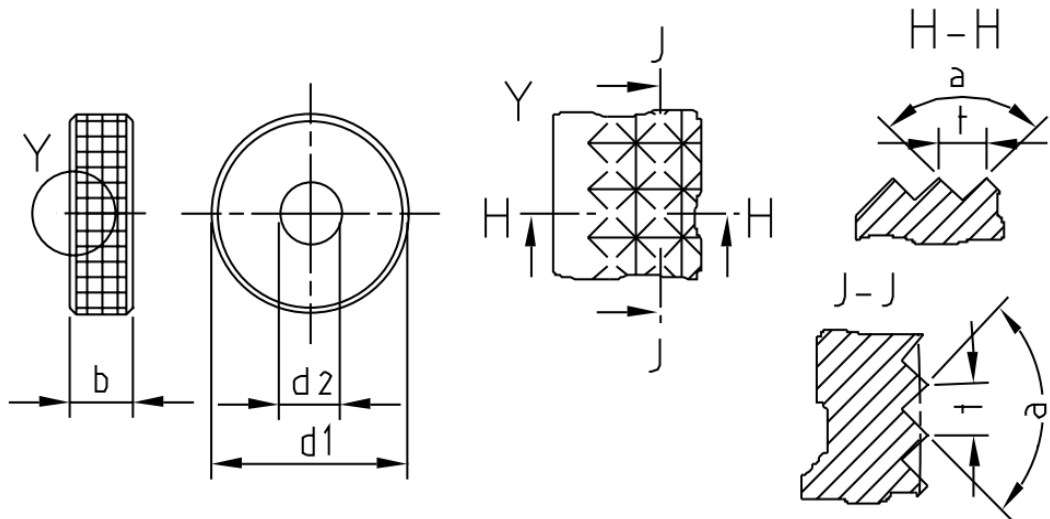


Figura 16. KE Moleta con dentado Cuadrado Puntas Salientes

Fuente: Esterling (s.f.)

KV Moleta con dentado Cuadrado Puntas Entrantes

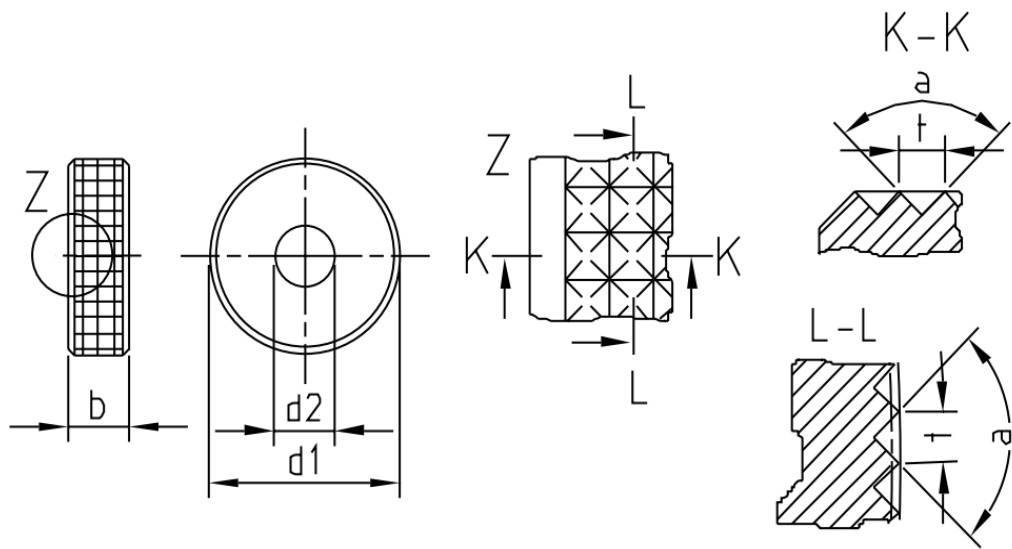


Figura 17. KV Moleta con dentado Cuadrado Puntas Entrantes

Fuente: Esterling (s.f.)

1.6. Consideraciones para optimización del proceso de moleteado.

La relación exacta del número de dientes de la pieza de trabajo circunferencia es un factor importante que influye en el resultado de moleteado y vida de la herramienta. Para muchos usuarios finales este factor es más o menos desconocido y por lo tanto a menudo se descuida cuando se llega al moleteado método de optimización (Hommel & Zeus, s.f, pág. 64).

Puntos que se debe considerar al realizar el proceso de moleteado

- a) “Relación entre el número de los dientes y la pieza de trabajo cuando la circunferencia es casi exacta” Hommel & Zeus (s.f, pág. 64).

Relación entre número de dientes y pieza de trabajo a

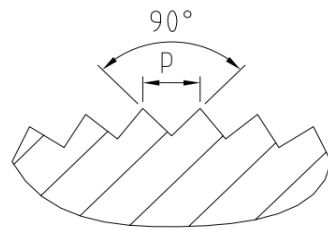


Figura 18. Relación cuando la circunferencia es casi exacta

Fuente: Hommel & Zeus (s.f, pág. 64)

- b) “Relación entre el número de los dientes y la pieza de trabajo cuando la circunferencia no es óptima” Hommel & Zeus (s.f, pág. 64).

Relación entre número de dientes y pieza de trabajo b

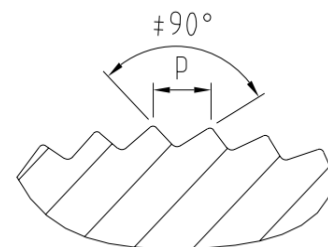
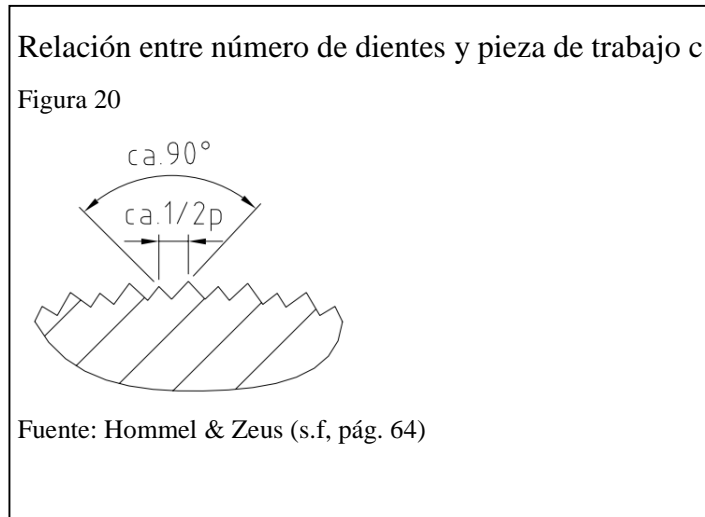


Figura 19. Relación cuando la circunferencia no es óptima

Fuente: Hommel & Zeus (s.f, pág. 64)

- c) “La relación entre el número de los dientes y la pieza de trabajo cuando la circunferencia es insuficiente” (Hommel & Zeus, s.f, pág. 64).

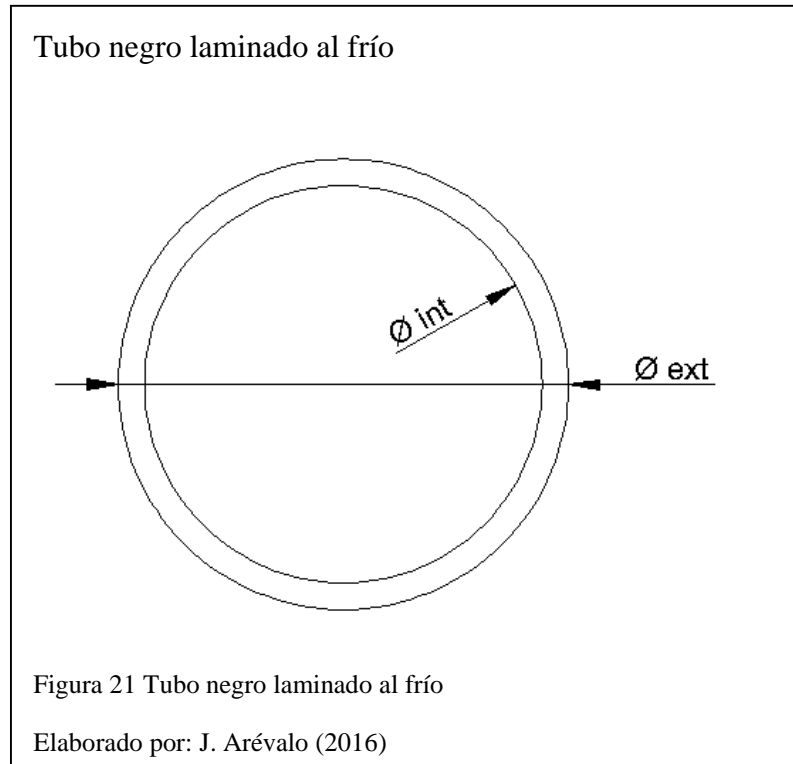


Capítulo 2

2. Diseño de una máquina para la realización del proceso de moleteado

2.1. Cálculo del Torque para seleccionar el motor reductor

Datos del material del tubo a moletear:



ASTM A36

$$F_y = Z \max$$

$$Z \max = 194 \text{ MPa}$$

$$G = 77 \text{ GPa}$$

$$d_{\text{ext}} = 25,4 \text{ mm}$$

$$d_{\text{int}} = 22,4 \text{ mm}$$

$$r_{\text{ext}} = 12,7 \text{ mm}$$

$$L = 1000 \text{ mm}$$

Descripción:

Z max: Esfuerzo máximo del material (Tubo)

G: Módulo de rigidez del material

ϕ : Ángulo de torsión

J: Módulo polar de inercia

T: Momento torsionante

W: Potencia

$$Z_{max} = \frac{\phi \cdot G \cdot r}{L} \quad (\text{EC. 1})$$

Fuente: (*Budynas & Nisbett, 2008, p. 31*)

$$\phi = \frac{Z_{max} \cdot L}{G \cdot R}$$

$$\phi = \frac{194 \text{ Mpa} \cdot 1 \text{ m}}{77 \text{ GPa} \cdot 0,00127 \text{ m}}$$

$$\phi = 0,198 \text{ rad}$$

Módulo polar de inercia para barra Hueca

$$J = \frac{\pi}{32} (D^4 - d^4) \quad (\text{EC. 2})$$

Fuente: (*Budynas & Nisbett, 2008, p. 1016*)

$$J = \frac{\pi}{32} (0,0254^4 - 0,0224^4)$$

$$J = \frac{\pi}{32} (0,000000164 \text{ m}^4)$$

$$J = 1,61 \times 10^{-8} m^4$$

$$T = \frac{\phi \cdot G \cdot J}{L} \quad \text{(EC. 3)}$$

Fuente: (*Budynas & Nisbett, 2008, p. 31*)

$$T = \frac{0,198 \text{ rad} \cdot 77000 \text{ MPa} \cdot 1,61 \times 10^{-8} m^4}{1 \text{ m}}$$

$$T = \frac{0,198 \text{ rad} \cdot 77000 \text{ 000 000 } \frac{N}{m^2} \cdot 1,61 \times 10^{-8} m^4}{1 \text{ m}}$$

$$T = 245,47 \text{ Nm}$$

$$W = 245,47 \frac{Nm}{s}$$

$$W = 245,47 \frac{J}{s}$$

$$W = 245,47 \text{ w}$$

Si se conoce que 1 HP es igual a 746 W , entonces la potencia equivalente en HP será:

$$W = \frac{245,47 \text{ w} \cdot 1 \text{ HP}}{746 \text{ w}}$$

$$W = 0,33 \text{ HP}$$

Se seleccionará un motor reductor de $0,5 \text{ HP}$ (Existe en el mercado)

2.2. Cálculo de RPM (Revoluciones por minuto)

Se procede a evaluar el proceso de moleteado de tubos, con el fin de determinar las revoluciones necesarias para obtener un producto excelente mediante un proceso estable.

Control estadístico

Tabla 1

Tabla de valoraciones para cálculo de RPM

VALORACIÓN	PUNTUACIÓN
Pésimo labrado	10
Labrado pobre	9
Labrado aceptable	8
Labrado bueno	7
Buen acabado y labrado	6
Excelente acabado y labrado	5
Apariencia buena	4
Apariencia aceptable	3
Acabado pobre	2

Nota: Tabla que permite realizar el análisis para la obtención de las Revoluciones óptimas para el proceso de moleteado.

Elaborado por: J. Arévalo (2016)

Análisis de proceso no capaz

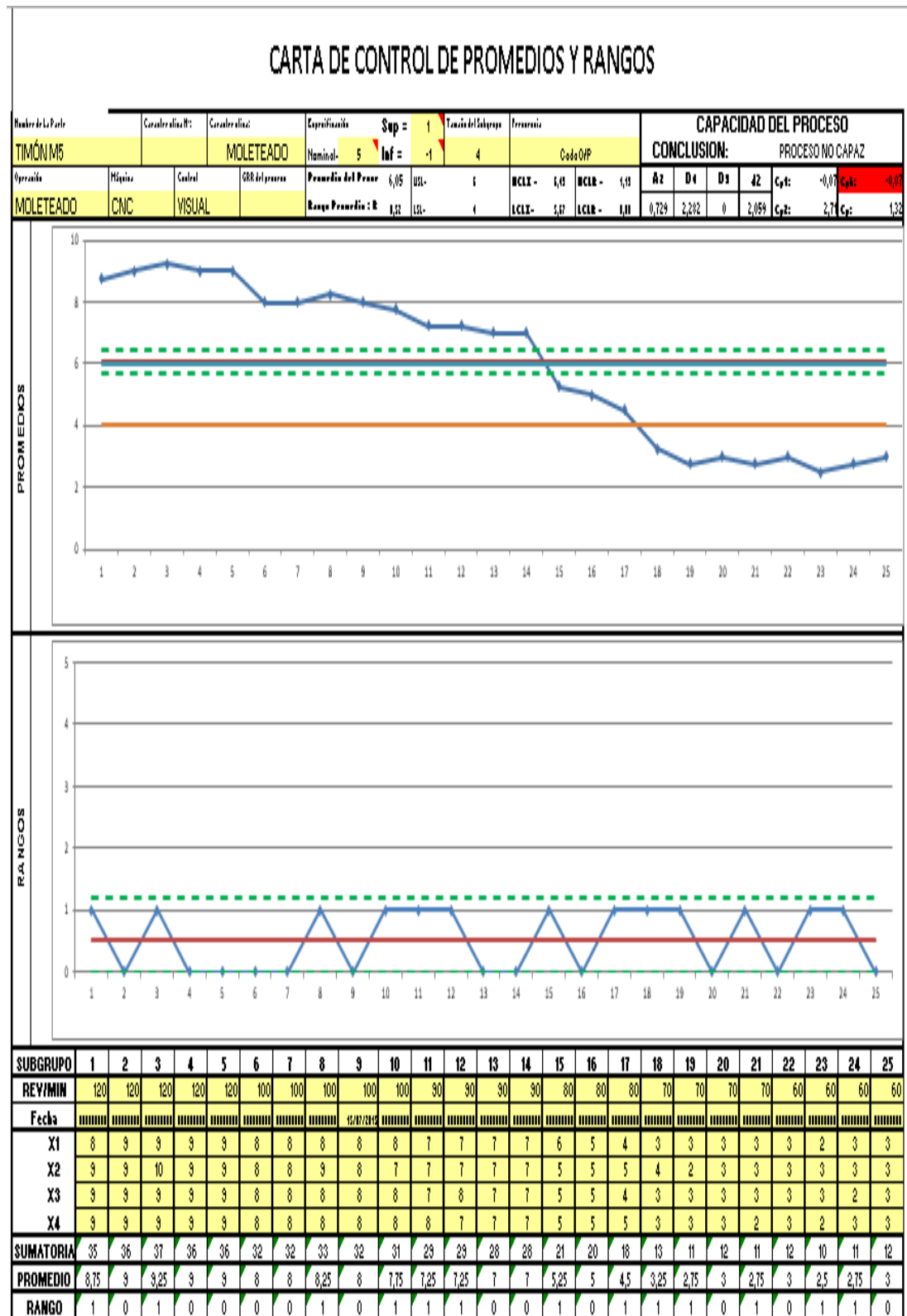


Figura 22. Caso A Análisis de proceso no capaz

Elaborado por: J. Arévalo (2016)

Análisis de proceso capaz

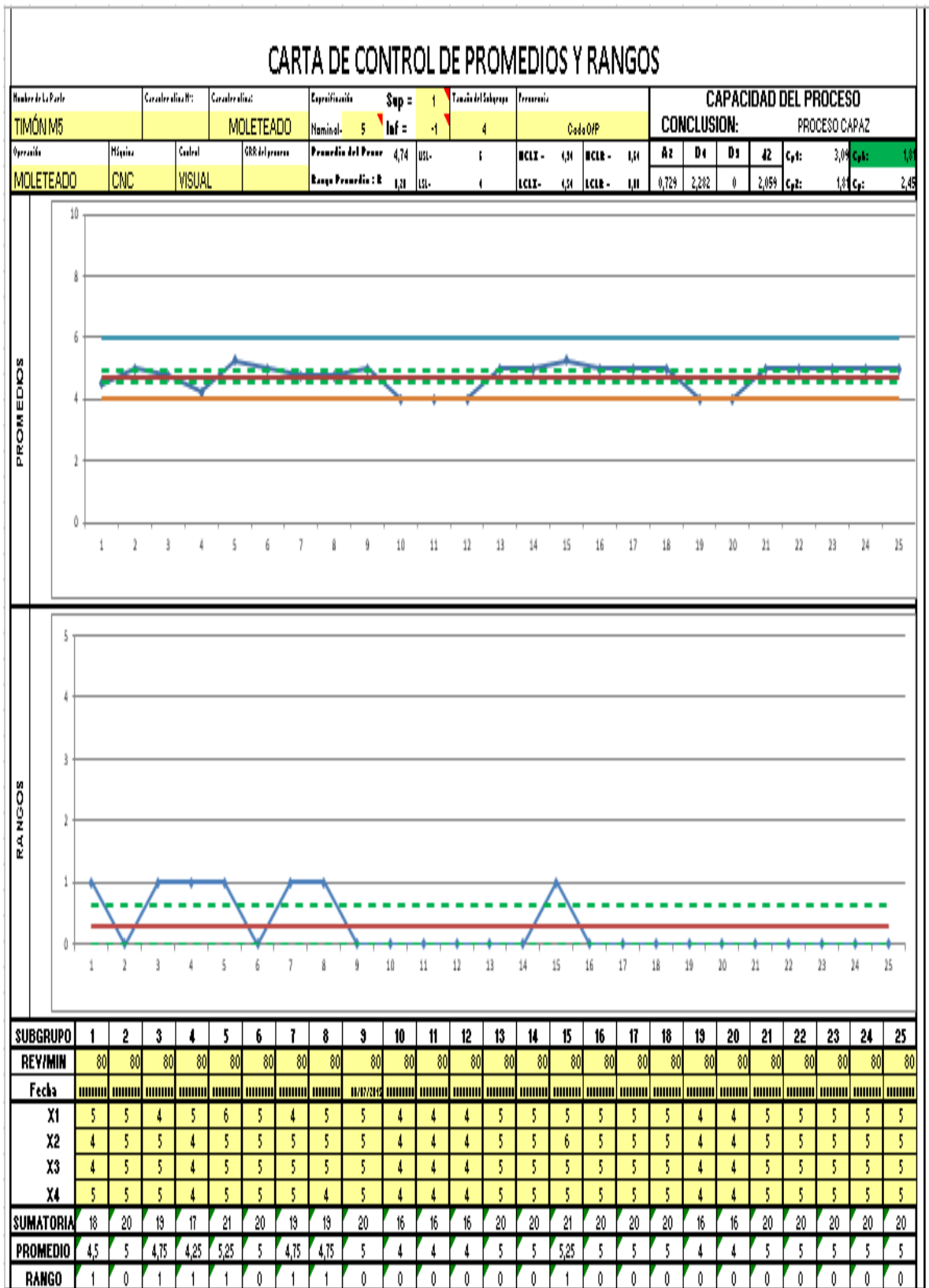


Figura 23 Caso B Análisis de proceso capaz

Elaborado por: J. Arévalo

Análisis:

Según el control estadístico se puede determinar que realizando el proceso de moleteado con revoluciones superiores a 90 rpm e inferiores a 75 rpm, se obtiene un cpk (capacidad del proceso, mide la estabilidad) de -0.07, lo cual indica que se existe producto no conforme.

A diferencia de realizar el proceso a 80 rpm, lo cual indica que el producto obtenido cumple con las características especiales definidas para el tubo moleteado.

Obteniendo un cpk de 1.8, indica que las revoluciones son óptimas para la realización del proceso de moleteado de tubos para manubrios.

2.3. Selección de motor reductor

Datos para seleccionar el motor reductor:

Se requiere entre 80 y 90 RPM según el análisis del control estadístico obtenido a través de una muestra.

Se realiza el análisis con un motor-reductor de medio HP para evaluar los resultados.

Motorreductor ortogonal con eje de servicio

- Tipo tornillo sin fin corona
- Marca: Motov (Italia)
- Modelo: NMRV 050 i=50
- Potencia: ½ HP / 4 P (1730 RPM)
- Revoluciones de servicio: 86 RPM
- Diámetro del agujero de salida: 25 mm

- Voltaje: 220-440 V, 60 HZ, Trifásico
- Protección: IP 55 cerrado contra polvo y agua
- Aislamiento: Clase F
- Montaje: Cualquier posición
- Factor de servicio: 2.8 (reductor soporta hasta 73 N.m con 24 horas de trabajo continuo a sobre carga fuerte y un promedio de 100 arranques / hora)

2.4. Cálculo del número de ciclos del motor reductor en una jornada de trabajo

Datos:

Cantidad de producción de tubos al día: 300

Tiempo de moleteado de un tubo: 15 segundos

Ttd: Tiempo de trabajo total máquina al día

Rpm: Revoluciones por minuto

Ttd = # de Tubos máximo al día . Tiempo de proceso por tubo

$$Ttd = 300 \cdot 25 \text{ s}$$

$$Ttd = 7.500 \text{ s}$$

$$Velocidad = 86 \frac{rev}{min} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 1,43 \frac{rev}{s}$$

$$\#Revoluciones = 1,43 \frac{rev}{s} \cdot 7.500 \text{ s} = 10.725 \text{ rev}$$

$$1 \text{ Revolución} = 1 \text{ Ciclo} = 10.725 \text{ Ciclos}$$

Análisis:

El número de ciclos que realizará el motor reductor y el eje de transmisión es de 10.725 ciclos, las revoluciones de trabajo son de 86 rpm. Por tal motivo se realizará un análisis de carga estático.

2.5. Cálculo del eje que acopla al motor-reductor el mandril

Datos:

$d = 25 \text{ mm}$ (Se obtiene del diámetro de salida del motor reductor)

$$J = \frac{\pi \cdot d^4}{32} \quad (\text{EC. 4})$$

Fuente: (Budynas & Nisbett, 2008, p. 1016)

$$J = \frac{\pi \cdot 0,0254^4 m^4}{32}$$

$$J = 3,83 \times 10^{-8} m^4$$

Esfuerzo máximo que debe resistir el eje:

Datos:

$T = 73 \text{ N.m}$ (Torque de salida del motor reductor)

$r = 0,0125 \text{ m}$ (Se obtiene del radio de salida del motor reductor)

$J = 3,83 \times 10^{-8} m^4$

$$Z_{max} = \frac{T \cdot r}{J} \quad (\text{EC. 5})$$

Fuente: (Budynas & Nisbett, 2008, p. 31)

$$Z_{max} = \frac{73 \text{ Nm} \cdot 0,0125 \text{ m}}{3,83 \times 10^{-8} m^4}$$

$$Z_{max} = 23.825.065,27 \frac{N}{m^2}$$

$$Z_{max} = 23,8 \text{ MPa}$$

Mediante este cálculo se selecciona un material que resista el esfuerzo:

AISI 1018

$S_y = 370 \text{ MPa}$

$$S_{adm} = \frac{S_y}{n} \quad (\text{EC. 6})$$

Fuente: (*Budynas & Nisbett, 2008, p. 18*)

$$S_{adm} = \frac{370 \text{ MPa}}{1,6}$$

$$S_{adm} = 231,25 \text{ MPa}$$

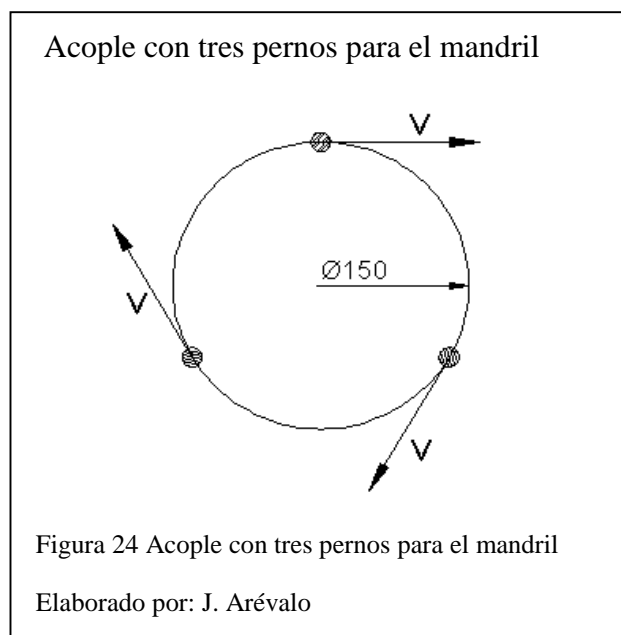
Conclusión:

$S_{adm} > Z_{max}$

$231,25 \text{ MPa} > 23,8 \text{ MPa}$

Es factible utilizar un eje de 25 mm de diámetro y material AISI 1018

2.6. Acople del eje al mandril



Cálculo del diámetro de los pernos

T: Torque

Z: Esfuerzo

V: Fuerza

d: Diámetro

r: Radio

A: Área

$$T = V \cdot d \quad (\text{EC. 7})$$

$$r = \frac{d}{2}$$

$$T = 3 \cdot V \cdot r$$

$$V = \frac{T}{3 \cdot r}$$

$$Z = \frac{V}{A} \quad (\text{EC. 8})$$

Fuente: (*Budynas & Nisbett, 2008, p. 436*)

$$Z = \frac{T}{3 \cdot r \cdot A}$$

$$A = \frac{T}{3 \cdot r \cdot Z}$$

$$A = \frac{73 \text{ N} \cdot \text{m}}{3 \cdot (0,075 \text{ m}) \cdot (23.825.065,27 \frac{\text{N}}{\text{m}^2})}$$

$$A = 0.0000013296 \text{ m}^2$$

$$A = 13,6 \text{ mm}^2$$

Cálculo del diámetro de los tres pernos a utilizar.

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (\text{EC. 9})$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 13,6 \text{ mm}^2}{\pi}}$$

$$d = 4,2 \text{ mm}$$

Mediante este cálculo se selecciona tres (3) pernos de M6

2.7. Selección de mandril

Datos para la selección del mandril:

Diámetro de agujero requerido: 25,4 mm


El diámetro mínimo del agujero del mandril del catálogo seleccionado es de 35 mm

Selección de mandril

Mandriles (Chucks) Autocentrantes de 3-Mordazas con Mordaza Reversibles Duras de 2-Piezas

Tipo 3565

Diá. Mandril (Chuck)	Número de Parte	Diá. Agujero	RPM máx.	Peso lbs.
5"	7-866-0500	1.378	3800	11
6-1/4"	7-866-0600	1.654	3500	21
8"	7-866-0800	2.165	3100	35
10"	7-866-1000	2.992	2700	59
12-1/2"	7-866-1200	4.055	2200	105
15-3/4"	7-866-1600	5.354	1800	201
20"	7-866-2000	7.480	1200	377
25"	7-866-2500	9.921	1000	630



- Cuerpo de Acero Forjado
- Diseño de 3 piñones

Cada mandril (chuck) se suministra con:

- 1 Juego de mordazas master duras
- 1 Juego de mordazas reversibles superiores duras
- 1 Llave
- 1 Juego de pernos de montaje
- 1 Juego de tornillos de ajuste fino
- 2 Llaves Hex.
- Pernos de Ojo para mandril (chuck) tamaños 15-3/4 y más grandes

Figura 25 Mandriles (Chucks)

Fuente: Toolmex (pág. 387)

2.8. Cálculo de deflexión del eje de transmisión en la sección del mandril apoyado

Datos del eje:

AISI 1018

$S_y = 370 \text{ MPa}$

$$S_{adm} = \frac{S_y}{n}$$

$$S_{adm} = \frac{370 \text{ MPa}}{1,6}$$

$$S_{adm} = 231,25 \text{ MPa}$$

Diámetro del eje: 25 mm

Datos:

$$a = 106 \text{ mm} = 0,106 \text{ m}$$

$$b = 43 \text{ mm} = 0,043 \text{ m}$$

$$c = 9 \text{ mm} = 0,009 \text{ m}$$

$$d = 34 \text{ mm} = 0,034 \text{ m}$$

$$e = 25 \text{ mm} = 0,025 \text{ m}$$

$$F = 5 \text{ kgf} = 49 \text{ N}$$

Esquema para análisis de cargas en el eje de transmisión

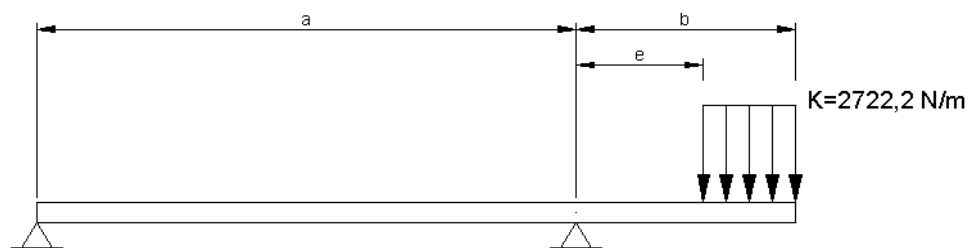


Figura 26. Esquema para análisis de cargas en el eje de transmisión

Elaborado por: J. Arévalo (2016)

Diagrama de cuerpo libre del eje de transmisión

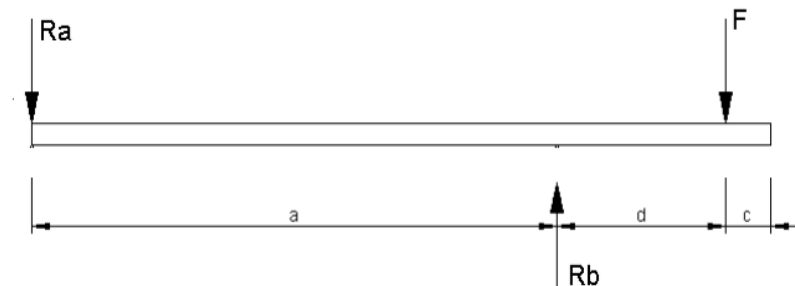


Figura 27. Diagrama de cuerpo libre del eje de transmisión

Elaborado por: J. Arévalo (2016)

$$\Sigma Ma = 0$$

$$-Rb \cdot a + F \cdot (a + d) = 0$$

$$-Rb = -\frac{F \cdot (a + d)}{a}$$

$$Rb = \frac{49 \text{ N} \cdot (0,106 + 0,034) \text{ m}}{0,106 \text{ m}}$$

$$Rb = 64,72 \text{ N}$$

$$\Sigma Fy = 0$$

$$-Ra + Rb - F = 0$$

$$-Ra = F - Rb$$

$$-Ra = 49 \text{ N} - 64,72 \text{ N}$$

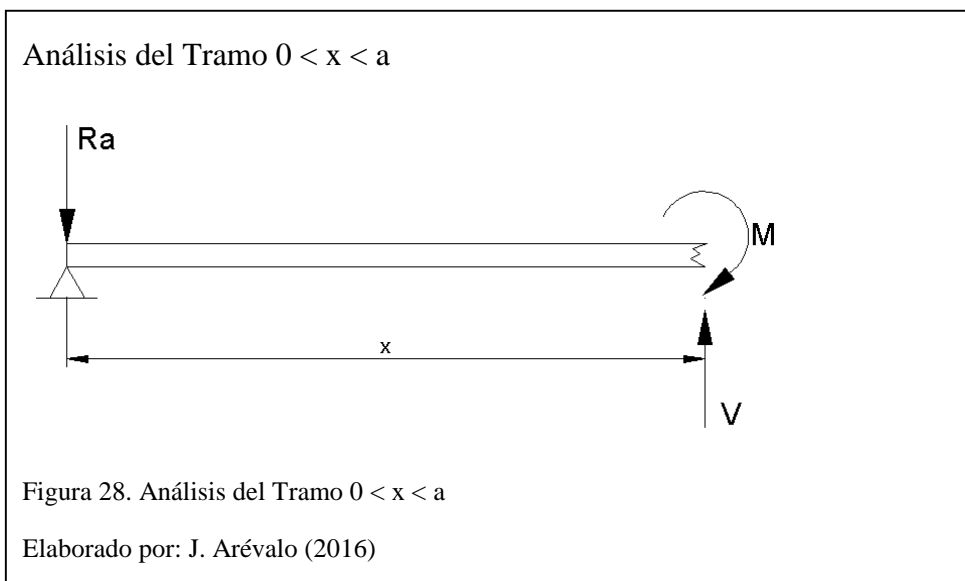
$$-Ra = -15,72 \text{ N}$$

$$Ra = 15,72 \text{ N}$$

2.9. Cálculo de fuerza cortante y momento flexionante del eje de transmisión

Para $0 < x < a$

Para $0 < x < 0,106 \text{ m}$



$$\Sigma Fy = 0$$

$$V = -Ra$$

$$V = -15,72 N$$

$$\Sigma M = 0$$

$$-M = Ra \cdot x$$

$$M = -15,72 \cdot x$$

Para $0 < x < (a + e)$

Para $0 < x < 0,131 m$

Análisis del Tramo $0 < x < 0,14$

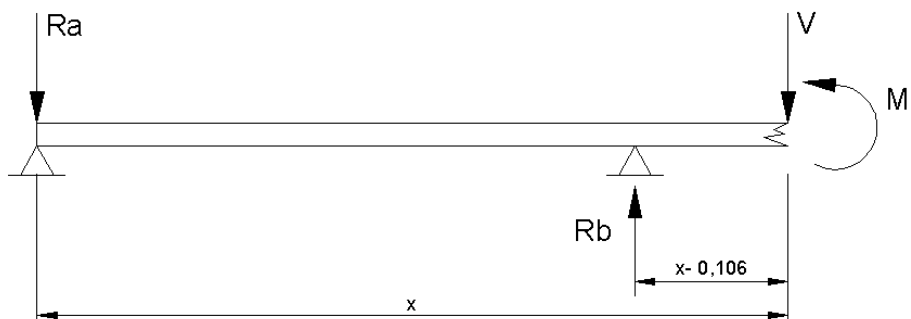


Figura 29 Tramo $0 < x < 0,14$

Elaborado por: J. Arévalo (2016)

$$\Sigma Fy = 0$$

$$-V + Rb - Ra = 0$$

$$-V = Ra - Rb$$

$$-V = 15,72 N - 64,72 N$$

$$V = 49 \text{ N}$$

$$\Sigma M = 0$$

$$M - Rb(x - 0,106) + Ra \cdot x = 0$$

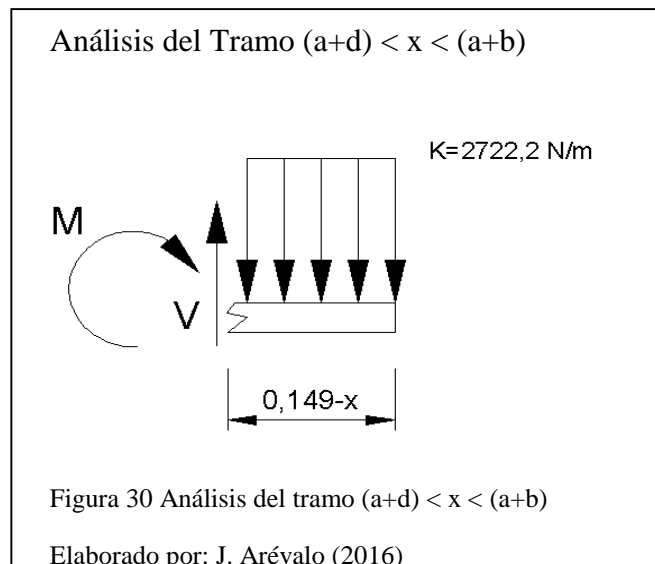
$$M = -Ra \cdot x + Rb \cdot x - 0,106 \text{ m} \cdot Rb$$

$$M = -15,72 \text{ N} \cdot x + 64,72 \text{ N} \cdot x - 0,106 \text{ m} \cdot (64,72 \text{ N})$$

$$M = 49 \text{ N} \cdot x - 6,86 \text{ Nm}$$

Para $(a + e) < x < (a + b)$

Para $0,131 \text{ m} < x < 0,149 \text{ m}$



$$\Sigma Fy = 0$$

$$-k \cdot (0,149 - x) + V = 0$$

$$V = 2722,2 \frac{N}{m} \cdot (0,149 - x) m$$

$$V = (405,6 - 2722,2 \cdot x)$$

$$\Sigma M = 0$$

$$M + k \cdot (0,149 - x) \cdot \frac{(0,149 - x)}{2}$$

$$M = \frac{-k \cdot (0,149 - x)^2}{2}$$

$$M = \frac{-k \cdot (0,149^2 - 2 \cdot x \cdot (0,149) + x^2)}{2}$$

$$M = -30,22 + 405,6 \cdot x - 1361 \cdot x^2$$

$$M = -1361 \cdot x^2 + 405,6 \cdot x - 30,22$$

Tabla 2

Fuerza cortante y momento flexionante del eje de transmisión

x (m)	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3	
	V (N)	M (Nm)	V (N)	M (Nm)	V (N)	M (Nm)
0	-15,72	0	-	-	-	-
0,106	-15,72	-1,66	49	-1,66	-	-
0,131	-	-	49	-0,441	49	-0,442
0,149	-	-	-	-	0	-0,00012

Nota: Resultado del análisis de cargas y momentos.

Elaborado por: J. Arévalo (2016)

Diagrama de fuerza cortante y momento flexionante

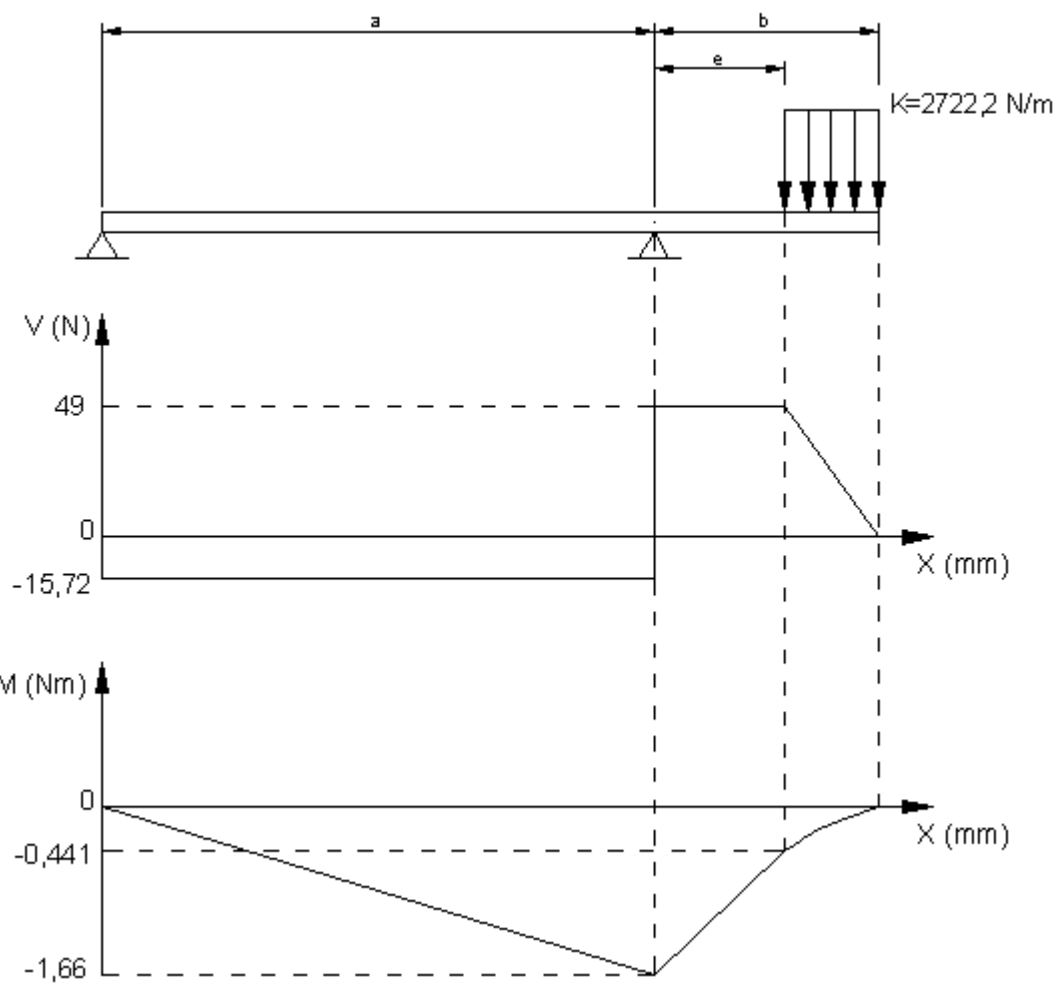


Figura 31 Diagrama de fuerza cortante y momento flexionante

Elaborado por: J. Arévalo (2016)

2.10. Deflexión en el punto máximo del eje de transmisión

Para el cálculo de deflexión en el punto máximo se necesita conocer el módulo de elasticidad (E) de acuerdo al material para este caso 206 GPa y la inercia (I) que se muestra a continuación.

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$$

$$I = \frac{\pi \cdot (0,025)^4}{64}$$

$$I = 1,917 \times 10^{-8} m^4$$

Ahora se determina el punto de deflexión máximo con la siguiente expresión

$$y_{max} = \frac{k \cdot b^3 \cdot l}{8 \cdot E \cdot I} \quad (EC. 10)$$

Fuente: (Budynas & Nisbett, 2008, p. 194)

$$y_{max} = \frac{k \cdot b^3 \cdot l}{8 \cdot E \cdot I}$$

$$y_{max} = \frac{2722,2 \frac{N}{m} \cdot (0,043 m)^3 \cdot 0,149 m}{8 \cdot 205 \times 10^9 \frac{N}{m^2} \cdot 1,917 \times 10^{-8} m^4}$$

$$y_{max} = \frac{0,032248}{31438,8} m$$

$$y_{max} = 1,02 \times 10^{-3} mm$$

2.11. Selección de chumacera

Datos para seleccionar la chumacera:

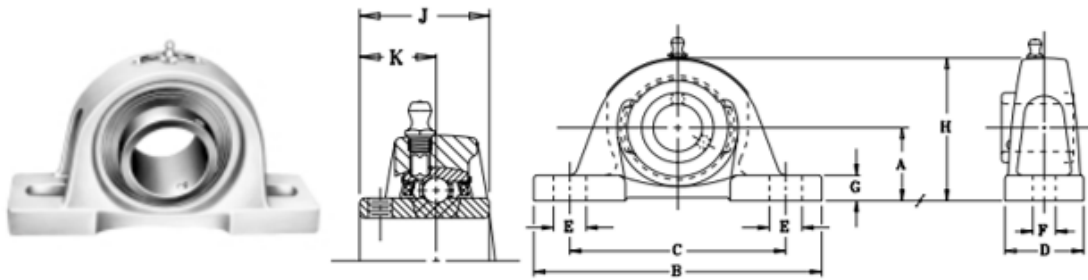
Diámetro: 25 mm

Ra: 15,72 N

Rb: 64,72 N

El material de la chumacera es un acero de alta resistencia

Selección de chumacera



NP Series Standard Duty Pillow Blocks...Setscrew Locking

SHAFT DIAM. IN MM	PART NO.	BRG. NO.	Dimensions in Inches											BOLT SIZE IN.	UNIT WT.
			A	B	C		D	E	F	G	H	J	K		
					MIN.	MAX.									
1/2 9/16 5/8 11/16	NP-8 NP-9 NP-10 NP-11	2-08 2-09 2-010 2-011	1 3/16	5	3 3/8	4 1/8	1 1/2	3/4	7/16	1/2	2 7/16	1 7/32	23/32	3/8	1.7
3/4 20	NP-12 NP-204	2-012 5204	1 5/16	5	3 3/8	4 1/8	1 1/2	3/4	7/16	1/2	2 9/16	1 7/32	23/32	3/8	1.9
13/16 7/8 15/16 1 25	NP-13 NP-14 NP-15 NP-16 NP-205	2-013 2-014 2-015 2-1 5205	1 7/16	5 1/2	3 7/8	4 3/8	1 1/2	5/8	7/16	1/2	2 13/16	1 3/8	13/16	3/8	2.2
1 1/16 1 1/8 1 3/16 1 1/4 30	NP-17 NP-18 NP-19 NP-20R NP-206	2-11 2-12 2-13 1-14 5206	1 11/16	6 1/2	4 7/16	5 1/16	1 7/8	13/16	9/16	9/16	3 3/8	1 1/2	7/8	1/2	3.6
1 1/4 1 5/16 1 3/8 1 7/16 35	NP-20 NP-21 NP-22 NP-23 NP-207	2-14 2-15 2-16 2-17 5207	1 7/8	6 9/16	4 11/16	5 5/16	1 7/8	13/16	9/16	5/8	3 3/4	1 11/16	1	1/2	4.5

Figura 32 Selección de chumacera para el eje de transmisión

Fuente: Automation (p. 19).

2.12. Peso estructura moleteador

P1 soporte superior

Datos

$$L1 = 350 \text{ mm}$$

$$e1 = 10 \text{ mm}$$

$$A1 = 100 \text{ mm}$$

$$V1 = 350\,000 \text{ mm}^3$$

$$L2 = 111 \text{ mm}$$

$$e2 = 20 \text{ mm}$$

$$A2 = 100 \text{ mm}$$

$$V2 = 222\,000 \text{ mm}^3$$

$$m = \rho \cdot v \quad (\text{EC. 11})$$

$$m1 = (V1 + V2) \cdot \rho$$

$$m1 = (350\,000 + 222\,000) \text{ mm}^3 \cdot 7,85 \times 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{mm}^3}$$

$$m1 = 4,49 \text{ kg}$$

Soporte de moleteador

Datos

$$L = 100 \text{ mm}$$

$$A = 40 \text{ mm}$$

$$H = 49 \text{ mm}$$

$$V = L \cdot A \cdot H$$

$$V = 196000 \text{ mm}^3$$

$$m_2 = V \cdot \rho$$

$$m_2 = 196\,000 \text{ mm}^3 \cdot 7,85 \times 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{mm}^3}$$

$$m_2 = 1,54 \text{ kg}$$

$$m_t = m_1 + m_2$$

$$m_t = 4,49 + 1,54 \text{ kg}$$

$$m_t = 6,03 \text{ kg}$$

$$P_1 = m_t \cdot g$$

$$P_1 = 6,03 \text{ kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$P_1 = 59,094 \text{ N} \approx 6,03 \text{ kgf}$$

$$Pt = P1 \cdot \eta$$

$$Pt = 59,094 N \cdot 1,6$$

$$Pt = 94,55 N$$

Peso eje guía

Datos

$$d = 22 \text{ mm} ; r = 11 \text{ mm}$$

$$L = 1400 \text{ mm}$$

$$A = \pi \cdot r^2$$

$$A = \pi \cdot (11\text{mm})^2$$

$$A = 380,133 \text{ mm}^2$$

$$V = A \cdot L$$

$$V = 380,133 \text{ mm}^2 \cdot 1400 \text{ mm}$$

$$V = 532\,185,79 \text{ mm}^3$$

$$m = V \cdot \rho$$

$$m = 532\,185,79 \text{ mm}^3 \cdot 7,85 \times 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{mm}^3}$$

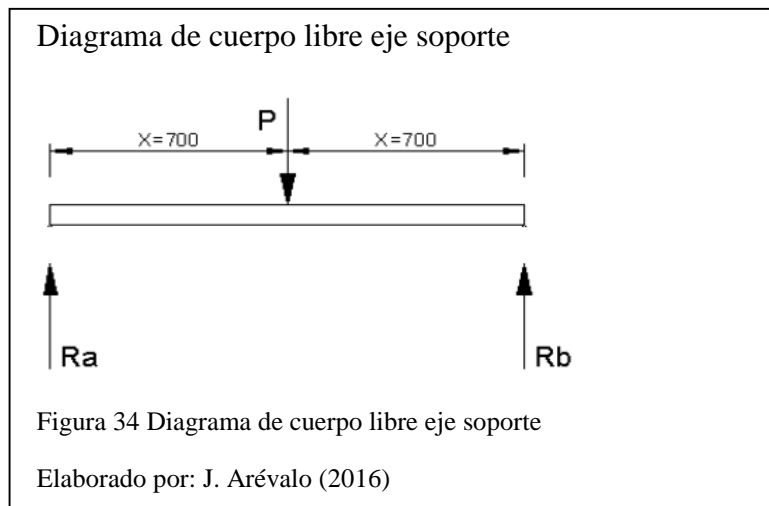
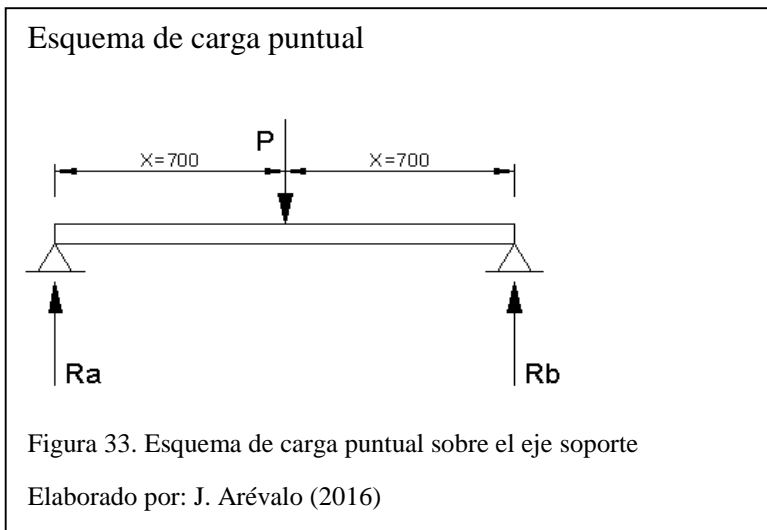
$$m = 4,177 \text{ kg}$$

$$P2 = m \cdot g$$

$$P2 = 4,177 \text{ kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$P2 = 40,94 \text{ N (Peso de un eje guía)}$$

Eje soporte (Análisis en punto crítico) de la estructura del moleteador



Datos de eje

$$d = 22 \text{ mm} = 0,022 \text{ m}$$

$$S_y = 370 \text{ MPa}$$

$$E = 205 \text{ GPa}$$

Deflexión

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$$

$$I = \frac{\pi \cdot (0,022)^4}{64}$$

$$I = 1,149 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$P = \frac{Pt}{2}$$

$$P = \frac{94,55 \text{ N}}{2}$$

$$P = 47,275 \text{ N (Peso en cada eje)}$$

$$y = \frac{P \cdot b \cdot x}{6 \cdot E \cdot I \cdot L} \cdot (x^2 + b^2 - L^2) \quad \text{(EC. 12)}$$

Fuente: (Budynas & Nisbett, 2008, p. 187)

$$y = \frac{47,275 \text{ N} \cdot 0,7 \text{ m} \cdot 0,7 \text{ m}}{6 \cdot 205\,000\,000\,000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 1,149 \times 10^{-8} \text{ m}^4 \cdot 1,4 \text{ m}} \cdot (0,7^2 + 0,7^2 - 1,4^2)$$

$$y = \frac{-22,7 \text{ m}^4 \cdot N}{19785,78 \text{ N} \cdot \text{m}^3}$$

$$y = -0,00114 \text{ m}$$

$$y = -1,14 \text{ mm}$$

Deflexión aceptable en el punto crítico

2.13. Presupuesto del costo de fabricación de la máquina moleteadora

A continuación se mostrará una tabla de costos unitarios, cantidad que implica la construcción de la máquina moleteadora.

Tabla 3

Análisis de costos

ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO (\$)	CANT	TOTAL (\$)
1	Motor Reductor 0.5 HP	\$ 575,00	1	\$ 575,00
2	Eje de acople 25mm con chaveta	\$ 25,00	1	\$ 25,00
3	Tubo D 25.4mm x 6m AISI 1018	\$ 22,00	1	\$ 22,00
4	Planchas 10-12-15mm retaceada	\$ 60,00	1	\$ 60,00
5	Tubo 50x50x6000 e=1.5mm	\$ 45,00	3	\$ 135,00
6	Corte plancha (400x300x12)	\$ 25,00	1	\$ 25,00
7	Corte placas soporte (80x80x12)	\$ 1,50	6	\$ 9,00
8	Corte soporte superior moleteador	\$ 30,00	1	\$ 30,00
9	Uso de taladro (1 hora)	\$ 10,00	1	\$ 10,00
10	Uso soldadora Mig (2 horas)	\$ 10,00	1	\$ 10,00
11	Uso sierra (0,5 hora)	\$ 5,00	1	\$ 5,00
12	Maquinado fresadora CNC (1 hora)	\$ 15,00	2	\$ 30,00
13	Torneado (1 hora)	\$ 10,00	0,5	\$ 5,00
14	Chumacera	\$ 25,00	2	\$ 50,00
15	Perno para moleteadora	\$ 3,00	1	\$ 3,00
16	Moleteador	\$ 25,00	1	\$ 25,00
17	Base para moleteador	\$ 30,00	1	\$ 30,00
18	Arandelas M8	\$ 0,10	4	\$ 0,40
19	Perno M6 x 1.25	\$ 0,70	6	\$ 4,20
20	Perno M8 x 1.25	\$ 0,70	4	\$ 2,80
21	Tuerca M6 x 1.25	\$ 0,25	4	\$ 1,00
22	Guía contrapunto	\$ 40,00	1	\$ 40,00
23	Contrapunto	\$ 50,00	1	\$ 50,00
24	Mandril	\$ 80,00	1	\$ 80,00
25	Mano de obra ensamble	\$ 4,75	8	\$ 38,00
			Total	\$ 1.265,40

Nota: Los costos son el resultado en el caso en que se requiera construir la máquina.

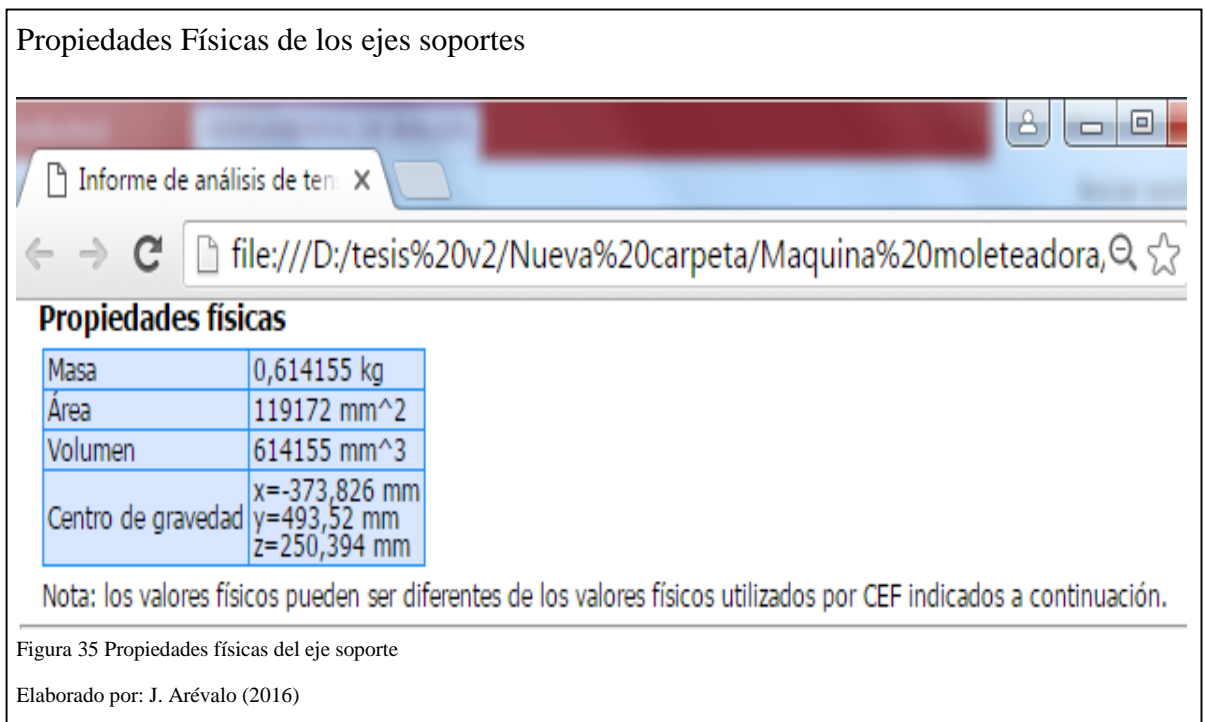
Elaborado por: J. Arévalo (2016)

Capítulo 3

3. Simulación

3.1. Simulación peso estructura moleteador

3.1.1 Propiedades físicas



3.1.2 Propiedades de Material

Propiedades del material de los ejes soporte

Material(es)		
Nombre	Acero, carbono	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	350 MPa
	Resistencia máxima a tracción	420 MPa
Tensión	Módulo de Young	200 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,29 su
	Módulo cortante	77,5194 GPa
Nombre(s) de pieza	Apoyo Apoyo	
Nombre	Acero	
General	Densidad de masa	1,85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	370 MPa
	Resistencia máxima a tracción	440 MPa
Tensión	Módulo de Young	193 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	74,2308 GPa
Nombre(s) de pieza	eje	

Figura 36. Propiedades del material de los ejes soporte

Elaborado por: J.Arévalo (2016)

3.1.3 Condiciones de funcionamiento

Para las condiciones de funcionamiento se tomará en cuenta una sola carga como se muestra en la figura 33

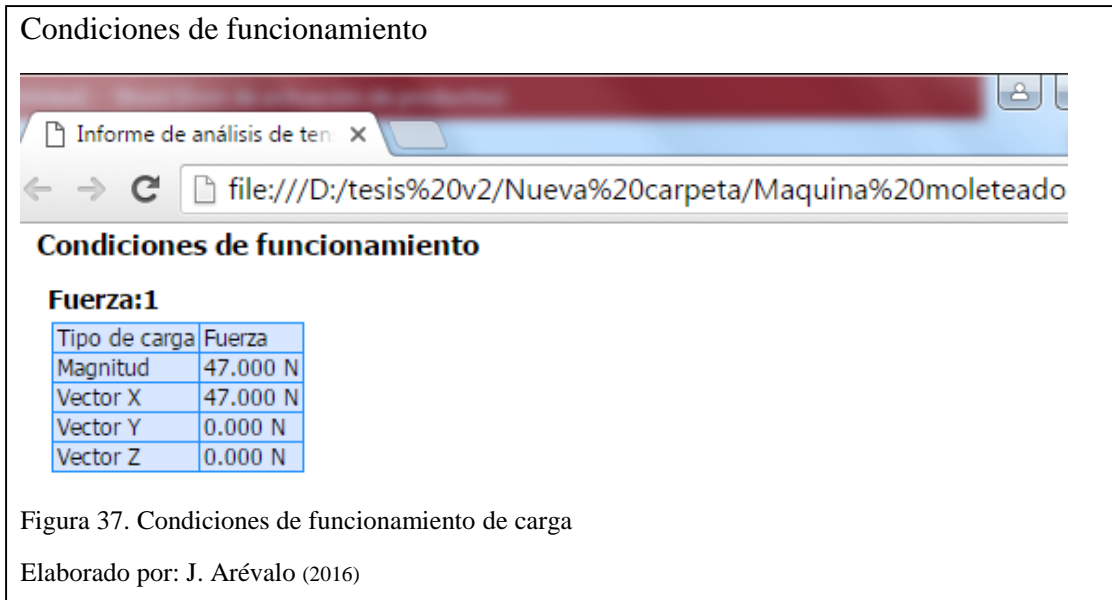


Ilustración de carga sobre el eje

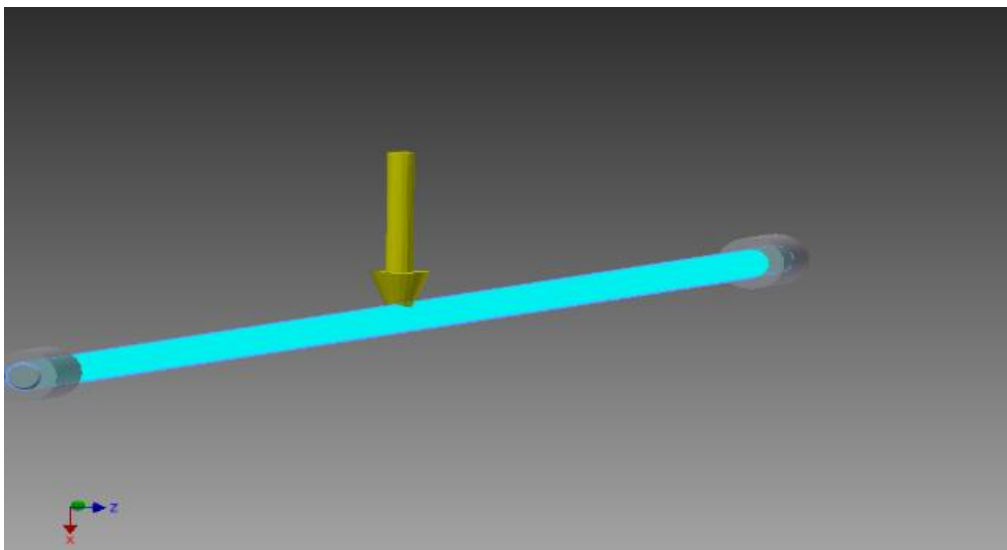


Figura 38. Carga que ejerce el peso de la estructura sobre el eje soporte

Elaborado por: J. Arévalo (2016)

3.1.4 Resultados de simulación

Resultado de simulación realizada

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	614155 mm ³	
Masa	1,62956 kg	
Tensión de Von Mises	0 MPa	5,82217 MPa
Primera tensión principal	-0,737206 MPa	6,25969 MPa
Tercera tensión principal	-6,22334 MPa	0,429735 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,153777 mm
Coficiente de seguridad	15 su	15 su
Tensión XX	-1,27551 MPa	0,890646 MPa
Tensión XY	-1,44432 MPa	1,80029 MPa
Tensión XZ	-0,360525 MPa	0,405391 MPa
Tensión YY	-6,17206 MPa	6,20799 MPa
Tensión YZ	-0,978761 MPa	1,08819 MPa
Tensión ZZ	-1,70327 MPa	1,58859 MPa
Desplazamiento X	-0,0000111666 mm	0,153777 mm
Desplazamiento Y	-0,00398354 mm	0,00398244 mm
Desplazamiento Z	-0,0000452473 mm	0,0000471672 mm
Deformación equivalente	0 su	0,0000270297 su
Primera deformación principal	-0,00000000111622 su	0,0000308422 su
Tercera deformación principal	-0,0000304937 su	0,000000000373442 su
Deformación XX	-0,0000103075 su	0,0000098167 su
Deformación XY	-0,00000972855 su	0,0000121263 su
Deformación XZ	-0,00000242841 su	0,00000273061 su
Deformación YY	-0,0000301483 su	0,0000305993 su
Deformación YZ	-0,00000659269 su	0,00000732977 su
Deformación ZZ	-0,00000853648 su	0,00000852751 su
Presión de contacto	0 MPa	3,55987 MPa
Presión de contacto X	-0,551604 MPa	0,903424 MPa
Presión de contacto Y	-3,22497 MPa	3,44996 MPa
Presión de contacto Z	-0,78373 MPa	0,816188 MPa

Figura 39. Tabla de resultados obtenidos del programa

Elaborado por: J. Arévalo (2016)

En las siguientes figuras se muestra el comportamiento del eje, al ser aplicada la carga de trabajo.

Tensión de Von Mises

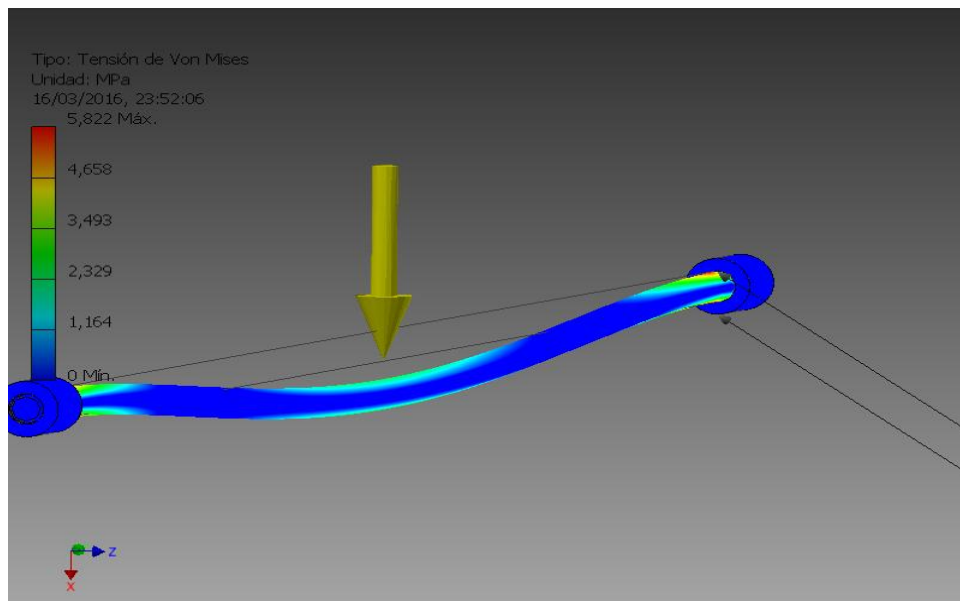


Figura 40. Tensión de Von Mises

Elaborado por: J. Arévalo (2016)

Diagrama de deflexión

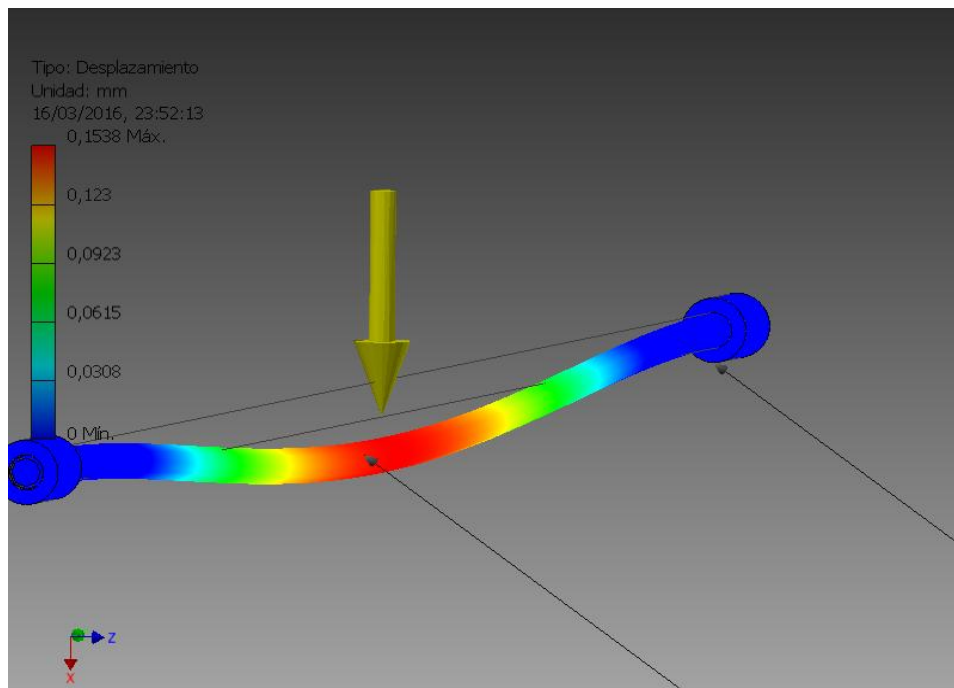


Figura 41. Desplazamiento

Elaborado por: J. Arévalo (2016)

Coeficiente de seguridad

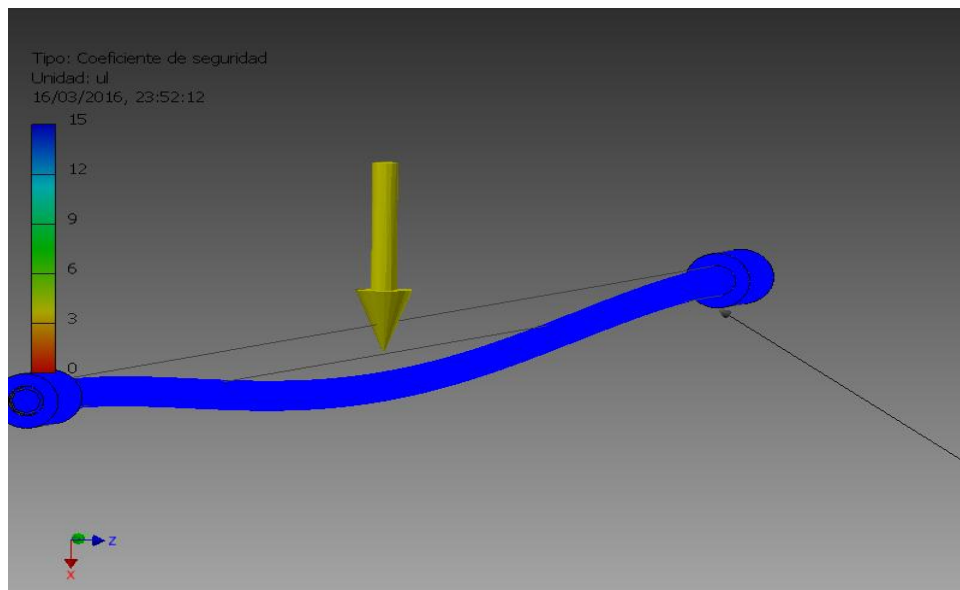


Figura 42 Coeficiente de seguridad

Elaborado por: J. Arévalo (2016)

3.2. Análisis y simulación de carga al eje de transmisión

3.2.1 Propiedades físicas

Propiedades físicas del eje de transmisión

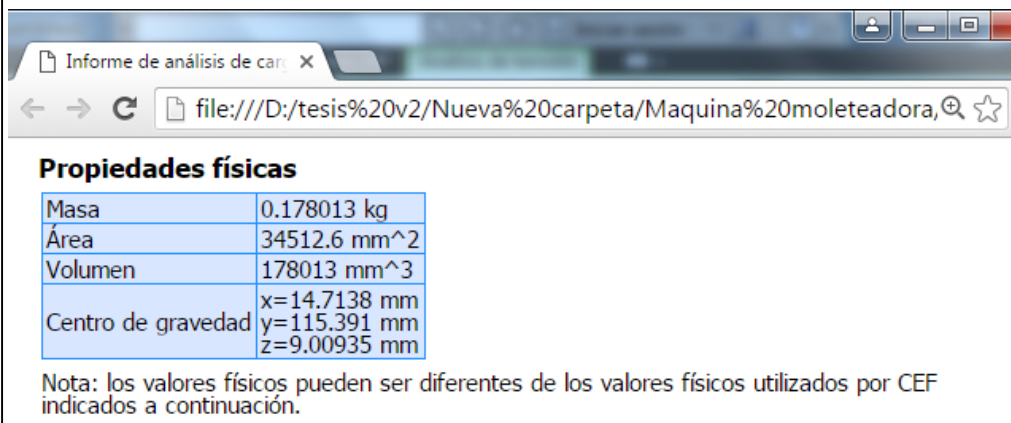
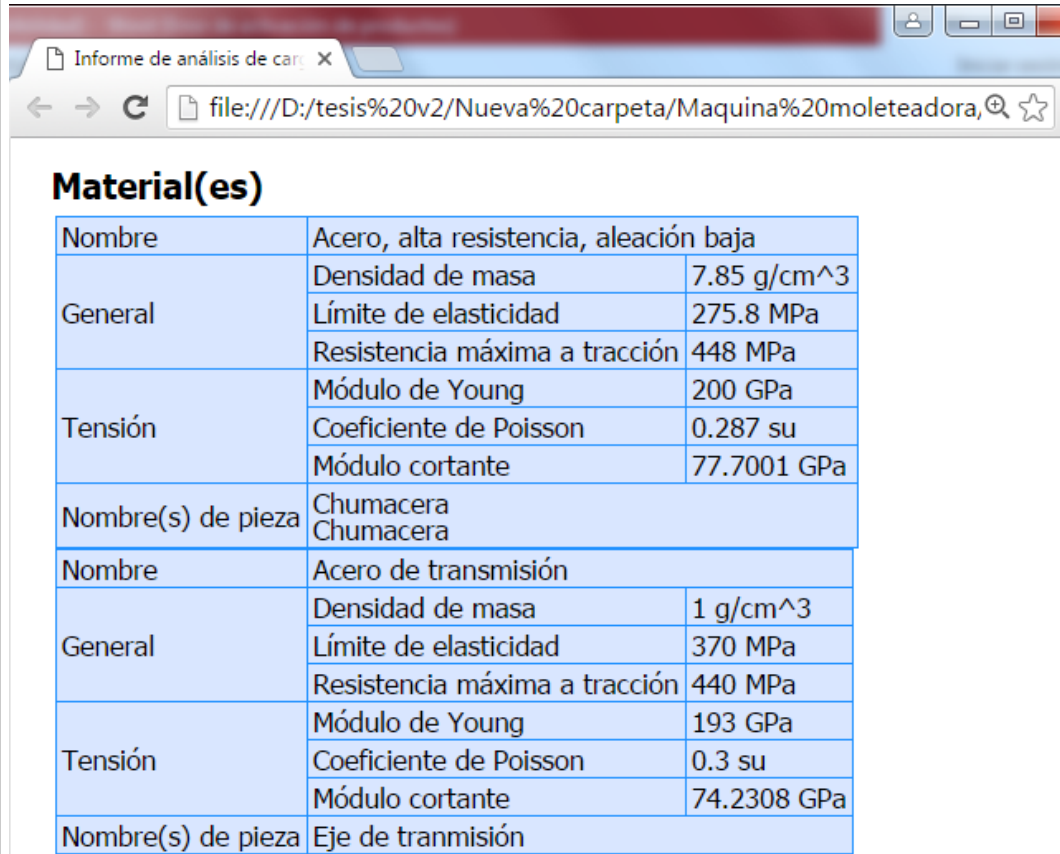


Figura 43. Propiedades físicas del eje de transmisión

Elaborado por: J. Arévalo (2016)

3.2.2 Propiedades del material

Material de chumaceras y eje



The image shows a screenshot of a web browser window. The address bar contains the file path: file:///D:/tesis%20v2/Nueva%20carpeta/Maquina%20moleteadora. The main content area displays a table titled "Material(es)" with two sections of material data.

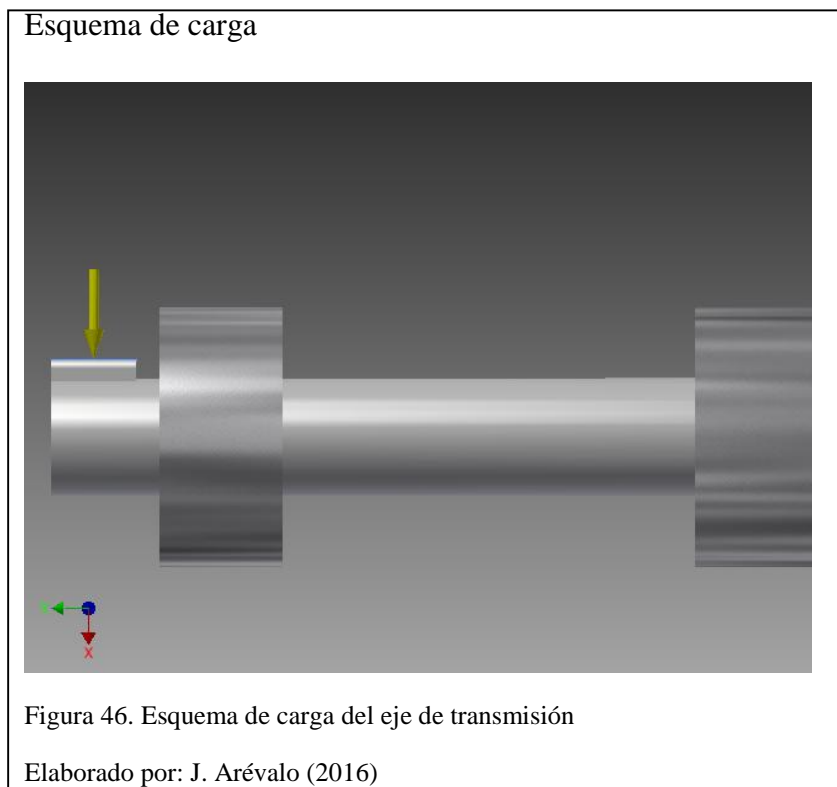
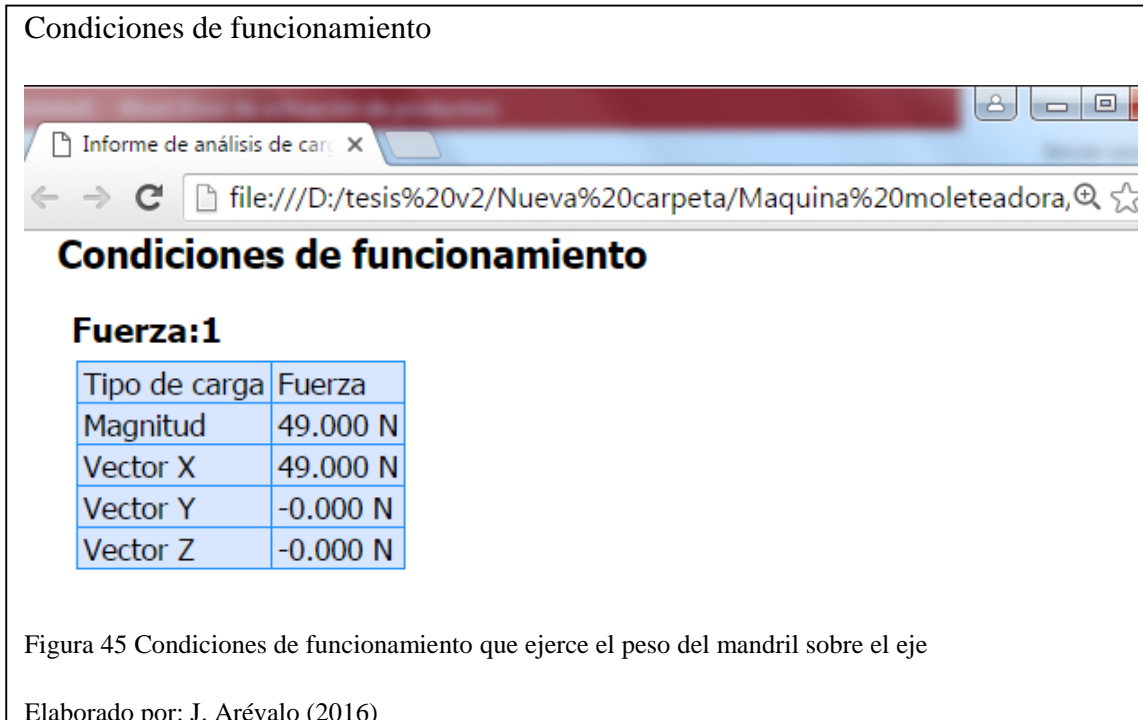
Material(es)		
Nombre	Acero, alta resistencia, aleación baja	
General	Densidad de masa	7.85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	275.8 MPa
	Resistencia máxima a tracción	448 MPa
Tensión	Módulo de Young	200 GPa
	Coefficiente de Poisson	0.287 su
	Módulo cortante	77.7001 GPa
Nombre(s) de pieza	Chumacera Chumacera	
Nombre	Acero de transmisión	
General	Densidad de masa	1 g/cm ³
	Límite de elasticidad	370 MPa
	Resistencia máxima a tracción	440 MPa
Tensión	Módulo de Young	193 GPa
	Coefficiente de Poisson	0.3 su
	Módulo cortante	74.2308 GPa
Nombre(s) de pieza	Eje de transmisión	

Figura 44. Material de chumaceras y eje

Elaborado por: J. Arévalo (2016)

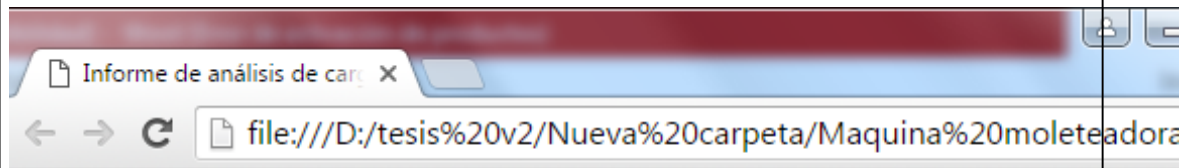
3.2.3 Condiciones de funcionamiento

Para las condiciones de funcionamiento se tomará en cuenta una sola carga como se muestra en la figura 37.



3.2.4 Resultados de simulación

Resultados del análisis de la simulación



Resumen de resultados

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	178013 mm ³	
Masa	0.848734 kg	
Tensión de Von Mises	0 MPa	0.749477 MPa
Primera tensión principal	-0.172746 MPa	0.918864 MPa
Tercera tensión principal	-0.678981 MPa	0.142506 MPa
Desplazamiento	0 mm	0.000108016 mm
Coefficiente de seguridad	15 su	15 su
Tensión XX	-0.678941 MPa	0.320836 MPa
Tensión XY	-0.0389108 MPa	0.273418 MPa
Tensión XZ	-0.192806 MPa	0.197996 MPa
Tensión YY	-0.579402 MPa	0.795138 MPa
Tensión YZ	-0.0862478 MPa	0.105094 MPa
Tensión ZZ	-0.352091 MPa	0.214268 MPa
Desplazamiento X	-0.0000000514239 mm	0.0000956622 mm
Desplazamiento Y	-0.0000297184 mm	0.0000501607 mm
Desplazamiento Z	-0.00000261534 mm	0.0000027472 mm
Deformación equivalente	0 su	0.0000035841 su
Primera deformación principal	0 su	0.00000422835 su
Tercera deformación principal	-0.00000302379 su	0 su
Deformación XX	-0.00000289157 su	0.000000750404 su
Deformación XY	-0.000000262094 su	0.00000184167 su
Deformación XZ	-0.00000129869 su	0.00000133365 su
Deformación YY	-0.0000027332 su	0.00000339496 su
Deformación YZ	-0.000000580944 su	0.000000707884 su
Deformación ZZ	-0.000000614855 su	0.000000747364 su
Presión de contacto	0 MPa	0.370178 MPa
Presión de contacto X	-0.025662 MPa	0.182768 MPa
Presión de contacto Y	-0.261465 MPa	0.32191 MPa
Presión de contacto Z	-0.0847294 MPa	0.104434 MPa

Figura 47 Resultados del análisis de la simulación

Elaborado por: J. Arévalo (2016)

En las siguientes figuras se muestra el comportamiento del eje, al ser aplicada la carga de trabajo.

Tensión de Von Mises

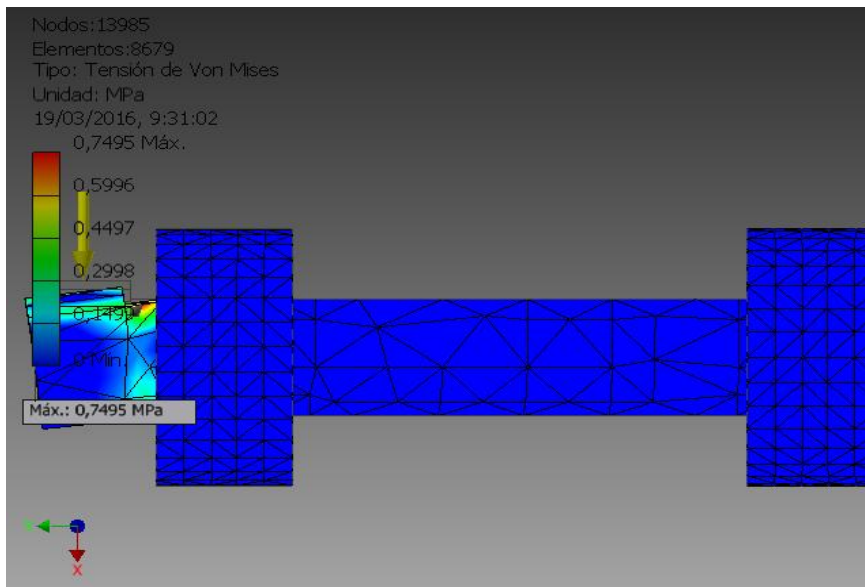


Figura 48. Tensión de Von Mises

Elaborado por: J. Arévalo (2016)

Deflexión del eje de transmisión

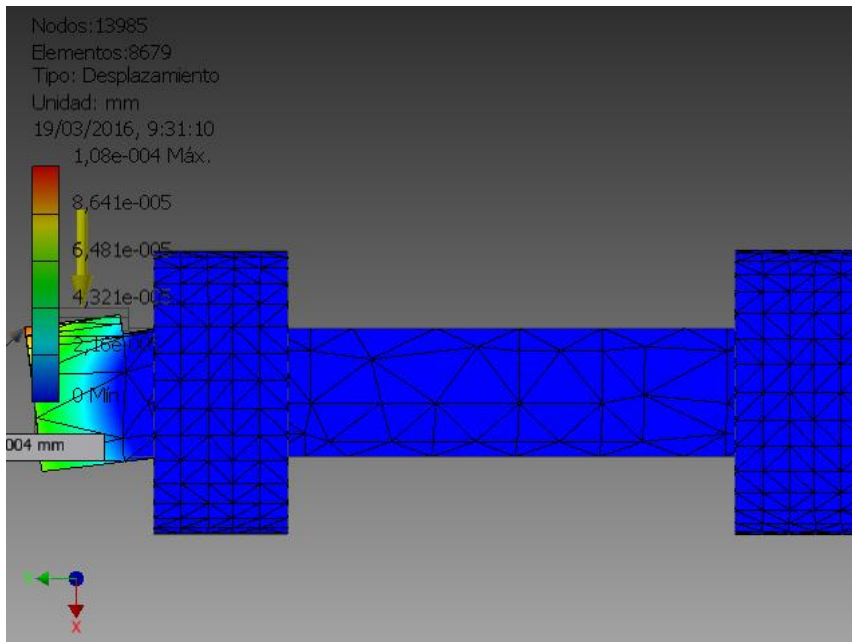


Figura 49 Desplazamiento de eje de transmisión

Elaborado por: J. Arévalo (2016)

Coeficiente de seguridad

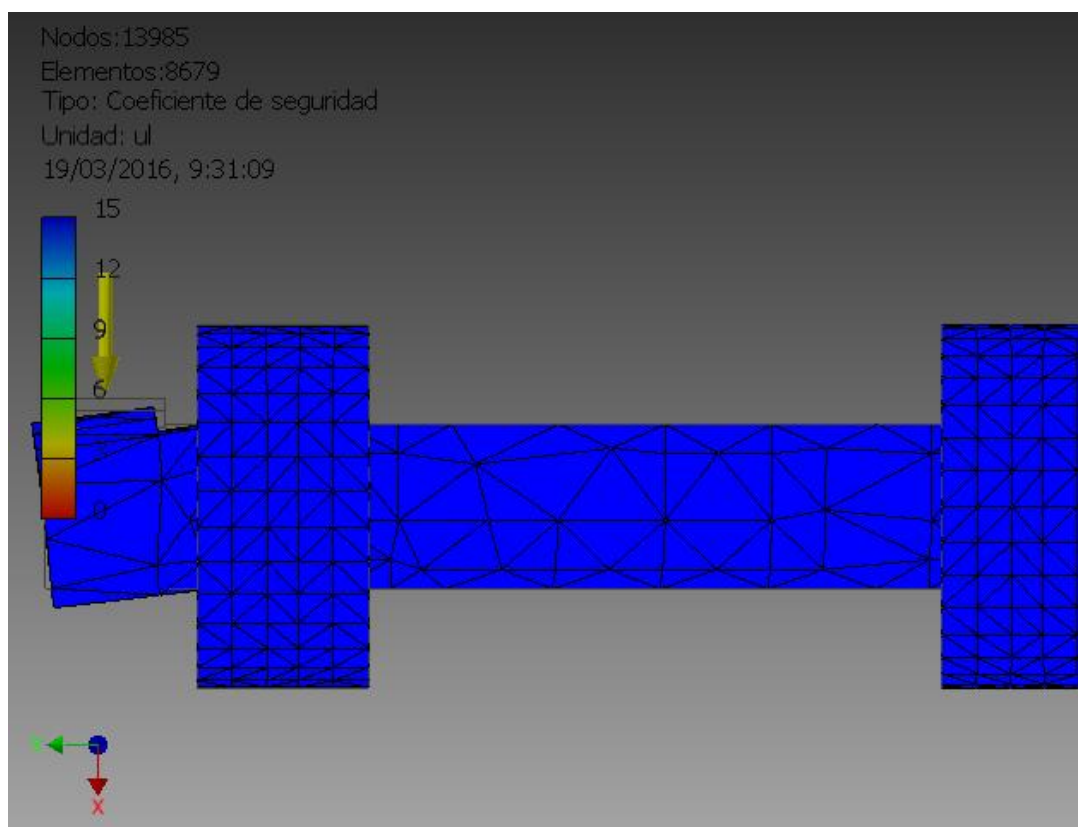


Figura 50. Coeficiente de seguridad a partir del análisis del simulador

Elaborado por: J. Arévalo (2016)

Conclusiones

- Aquellos elementos identificados como críticos han sido diseñados bajo las normativas y criterios mecánicos pertinentes.
- Mediante el diseño de la máquina se ha podido observar que sería de fácil uso y su aplicación funcional para el proceso de moleteado.
- Los cálculos obtenidos al diseñar los distintos elementos mecánicos, han demostrado que los materiales seleccionados para la realización de dichos componentes resisten las cargas a las cuales serán sometidos.
- En el modelado en tres dimensiones se ha podido demostrar que los materiales seleccionados para el eje de transmisión que sale del motor reductor hacia el mandril y los ejes de soporte para la estructura del moleteador son los adecuados ya que soportan las cargas aplicadas dando como resultado factores de seguridad confiables.
- Se puede concluir que el modelado ha permitido verificar que los cálculos son adecuados, por lo tanto si se construye la máquina va a tener un correcto funcionamiento.

Recomendaciones

- Al realizar el diseño de la máquina es importante tener claro la aplicación específica en la cual será utilizada, para definir los materiales acordes a su destino.
- Al momento de diseñar los componentes es importante buscar la funcionalidad y versatilidad en una futura aplicación.
- Es recomendable asegurar que los elementos diseñados se puedan fabricar y los materiales seleccionados existan en el mercado.
- Sería importante realizar un análisis de modo y efecto de fallas potenciales al diseño de las partes críticas y así determinar cómo puede fallar cada elemento para que la máquina no realice la función para la cual fue diseñada.

Glosario

Calidad: La calidad es el conjunto de características de un elemento, producto o servicio, que le confieren la aptitud de satisfacer una necesidad implícita y explícita. Esto significa que la calidad de un producto o servicio, es equivalente al nivel de satisfacción que le ofrece a su consumidor, y está determinado por las características específicas del producto o servicio.

Confiabilidad: Es la probabilidad de que un componente o sistema desempeñe satisfactoriamente la función para la que fue creado durante un periodo establecido y bajo condiciones de operación establecidos. La confiabilidad es calidad en el tiempo.

DIN: Es el acrónimo de Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemán de Normalización). Es el organismo nacional de normalización de Alemania. Elabora, en cooperación con el comercio, la industria, la ciencia, los consumidores e instituciones públicas, estándares técnicos (normas) para la racionalización y el aseguramiento de la calidad.

Mandril: Es un tipo especial de prensa usada para sujetar un objeto, usualmente un objeto con simetría radial, en especial un objeto cilíndrico. Es más comúnmente usado para sujetar una herramienta rotativa (como las brocas en una taladradora) o en una pieza de trabajo en rotación (como la barra en eje del cabezal fijo de un torno)

Motorreductor: Toda máquina cuyo movimiento sea generado por un motor (ya sea eléctrico, de explosión u otro) necesita que la velocidad de dicho motor se adapte a la velocidad necesaria para el buen funcionamiento de la máquina.

Proceso: es un sistema de acciones que se encuentran interrelacionadas de forma dinámica y que se orientan a la transformación de ciertos elementos.

AMEF: Análisis de modos y efectos de fallas.

MSA: Análisis del sistema de medición.

SPC: Control estadístico del proceso.

APQP: Planeación avanzada de la calidad.

Referencias

- AUTOMATION, E. I. (s.f.). SEAL MASTER MOUNTED BALL BEARINGS.
Mexico.
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2008). DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY (Vol. Octava Edición). México: Mc Graw Hill.
- Chrysler Corporation, Ford Motor Company y General Motors Corporation. (2008). Planeación Avanzada para la Calidad de Productos y Planes de Control.
- Chrysler LLC, Ford Motor Company, General Motors Corporation. (2008). Análisis de modos y efectos de fallas potenciales (AMEF).
- Chrysler LLC, Ford Motor Company, General Motors Corporation. (2010). Análisis de Sistemas de Medición (MSA).
- Daimler Chrysler Corporation, Ford Motor Company, and General Motors Corporation. (2005). Control Estadístico de los Procesos (SPC).
- Esterling. (s.f.). Floyd Automatic Tooling Ltd. Obtenido de <http://www.floydautomatic.co.uk/pdf/KnurlingWheelDIN403.pdf>
- Hommel, K., & Zeus. (s.f.). The Tooling Specialist For Precision Component Machining. Floyd.
- kerman, P. U. (s.f.). S.A., INTEGI. Obtenido de <http://www.integi.com/es/zona-de-descarga/category/31--moleteado-en-pieza-segun-din-82.html>
- Macias Rivera, L. (2005). Desarrollo de un modelo matemático para incrementar la productividad del torneado con CNC. Mexico, DF.

Merino, k. V. (2012). Trabajo físico y gasto energético. Argentina.

Nutrición. (13 de Diciembre de 2012). Obtenido de

<http://unpanutricion.blogspot.com/2012/12/metabolismo-basal.html>

Sabormediterráneo. (Febrero de 2003). Obtenido de Revista digital de gastronomía

mediterránea: <http://www.sabormediterraneo.com/salud/nutricion3.htm>

Sánchez, M., & Jose, L. (s.f.). Procesos de acabados. Obtenido de

<http://procesosdeacabados.weebly.com/moleteado.html>

Smid, S. F.-A.-P. (2003). Tecnología de las Maquinas Herramientas. México:

Alfaomega.

Terra. (3 de marzo de 2010). Terra.org. Obtenido de energía de propulsión humana

en bicicleta: [http://www.terra.org/categorias/articulos/energia-de-propulsion-](http://www.terra.org/categorias/articulos/energia-de-propulsion-humana-en-bicicleta)

[humana-en-bicicleta](http://www.terra.org/categorias/articulos/energia-de-propulsion-humana-en-bicicleta)

TOOLMEX, Q. (s.f.). Mandriles (Chucks) Manuales. QA TOOLMEX.