

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE TECNOLOGÍA
CARRERA DE MECÁNICA INDUSTRIAL



PROYECTO DE GRADO

NIVEL: LICENCIATURA

**“CÁLCULO DE UNA MÁQUINA LAMINADORA
PARA MILANESA DE CARNE DE POLLO”**

PRESENTADO POR: LUIS MAMANI CHOQUE
TUTOR: ING. MARCO A. VELASCO OLIVAREZ

LA PAZ – BOLIVIA

2015

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE TECNOLOGÍA
CARRERA DE MECÁNICA INDUSTRIAL

Proyecto de Grado:

**CÁLCULO DE UNA MÁQUINA LAMINADORA PARA
MILANESA DE CARNE DE POLLO**

Presentado por: Univ. Luis Mamani Choque

Para optar el Grado Académico de Licenciado en Mecánica Industrial

Nota numeral:

Nota literal:

Ha sido:

Director Carrera de Mecánica Industrial: Lic. Gustavo Monasterio P.

Tribunal: Ing. Edgar Quintanilla Quiroga

Tribunal: Ing. Humberto Cojinto Alba

Tribunal: Lic. Simón Layme Velasco

Tutor: Ing. Marco A. Velasco Olivarez

DEDICATORIA

El presente proyecto va dedicado en especial a mis queridos padres quienes me brindaron todo su apoyo moral y material durante los años de Formación Técnica.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a mis Padres y mis hermanos quienes me apoyaron en todo momento de forma incondicional y por haberme mostrado el camino de la superación y trabajo.

Agradecer a los Docentes y Autoridades de la Carrera Mecánica Industrial de la Facultad de Tecnología, por haberme acogido durante los años de estudio y brindarme sus sabios conocimientos.

Agradecer mis compañeros y amigos que me apoyaron durante mis estudios.

Índice de contenido

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenido.....	iv
Índice de figuras.....	x
Índice de tablas.....	xii
Anexos.....	xiii
Resumen.....	xiv
Abstract.....	xv
Capítulo 1.....	¡Error! Marcador no definido.
Introducción	
1.1. Introducción.....	1
1.2. Planteamiento del Problema.....	2
1.3. Objetivos del Proyecto de Grado.....	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
1.4. Justificación del Proyecto de Grado.....	3
1.5. Antecedentes.....	3
Capítulo 2.....	5
Fundamento Teórico	
2.1. Laminación.....	5
2.2. La Fricción.....	5
2.3. Fuerza del Rodillo.....	6
2.4. Potencia Requerida.....	6
2.5. La Milanesa en la Gastronomía.....	7
2.5.1. Características de la Milanesa.....	7
2.5.2. Composición de la Milanesa.....	8
2.6. Proceso de elaboración manual de la milanesa de carne de pollo.....	8
2.6.1. Filetear las pechugas de carne de pollo.....	8
2.6.2. Pasar la carne de pollo con huevo.....	9

2.6.3. Rebosar con pan molido en la preparación para dar sabor a la milanesa	9
2.6.4. Cuando el pollo esté rebozado elevando un poco se lo sacude para.....	10
que caiga el exceso de pan molido.....	10
2.6.5. Laminado de la milanesa de carne de pollo	11
2.6.6. Cocción de la milanesa de carne de pollo.....	11
2.7. Fases del Proyecto	11
2.8. Descripción General de la Máquina	12
2.8.1. Componentes Principales de la Máquina.....	12
2.8.2. Sistema de Transmisión	13
2.8.3. Tren de Potencia	13
2.8.4. Eje Superior	14
2.8.5. Rodillos de Laminación	14
2.9. Tornillos de Graduación	15
2.10. Elementos de Transmisión	15
2.11. Engranajes	16
2.12. Sistema Eléctrico	16
2.12.1 Motor	16
2.12.2. Motoreductor	17
2.12.3. Elementos de Protección.....	18
2.12.4. Contactores	18
2.12.5 Relé Térmico.....	18
2.12.6. Guarda Motor.....	18
2.12.7. Pulsadores	18
2.12.8. Elección de Conductores	19
2.13. Bandas de Arrastre	19
2.14. Tolva.....	20
2.14.1. Transporte.....	20
Capítulo 3	21
Ingeniería del Proyecto	
3.1. Introducción.....	21
3.1.1. Factor de Seguridad	21

3.2.	Esquema principal de la máquina laminadora.....	22
3.2.1.	Capacidad de producción.....	23
3.2.2.	Determinación del coeficiente de fricción entre la carne de pollo y los rodillo.....	23
3.2.3.	Determinación del esfuerzo para deformar la carne de pollo a 4 mm de espesor	24
3.2.4.	Determinación de la velocidad tangencial de laminado	26
3.3.	Análisis para la colocación de los rodillos verticalmente.....	27
3.3.1.	Dimensionamiento de rodillo móvil	28
3.3.2.	Eje escalonado	28
3.3.3.	Selección del material para el eje	28
3.3.4.	Bujes	28
3.3.5.	Tubo cilindro hueco	29
3.4.	Cálculo de la velocidad angular	29
3.5.	Cálculo de las fuerzas radiales que ejercen los rodillos para realizar el laminado	30
3.6.	Cálculo de la fuerza tangencial que ejerce el rodillo móvil	32
3.7.	Cálculo de la potencia de trabajo en el eje	32
3.8.	Cálculo del sistema de transmisión	33
3.8.1.	Selección de los elementos para realizar el movimiento	33
3.8.2.	Selección del motoreductor	33
3.8.3.	Cálculo de la potencia para la selección del motor.....	34
3.8.4.	Selección del motor	34
3.8.5.	Característica del eje para reductor seleccionado	35
3.8.6.	Cálculo de la fuerza que ejerce par de engranajes	35
3.8.6.1.	Cálculo del momento torsor	36
3.8.6.2.	Cálculo fuerza tangencial.....	36
3.8.6.3.	Cálculo fuerza radial	37
3.8.6.4.	Cálculo del número de dientes de piñones gemelos.....	37
3.9.	Cálculo del peso de las partes que forman el rodillo superior.....	39
3.9.1.	Cálculo del peso del tubo de acero inoxidable	39
3.9.2.	Ecuación del volumen del tubo de acero inoxidable	39

3.9.3. Centro de gravedad del tubo de acero inoxidable.....	40
3.9.4. Cálculo del peso del buje izquierdo.....	40
3.9.5. Ecuación del volumen del buje izquierdo.....	40
3.9.6. Cálculo de peso del buje izquierdo.....	41
3.9.7. Centro de gravedad del buje izquierdo.....	41
3.9.8. Cálculo del peso del buje derecho.....	41
3.9.9. Centro de gravedad del buje derecho.....	41
3.10. Carga que soporta al eje.....	42
3.10.1. Descomposición de la fuerza para laminar en el punto D del eje superior...42	
3.10.2. Cálculos de las reacciones para el eje superior.....	43
3.10.2.1. Esquema en el plano XY del rodillo superior.....	43
3.10.2.2. Esquema en el plano XZ del rodillo superior.....	44
3.11. Cálculo del factor de seguridad del eje superior.....	44
3.11.1 Cálculo de reacciones del eje superior.....	45
3.11.1.1. Plano XY del eje superior.....	45
3.11.1.2. Cálculo de momento flector, plano XY para cálculo del eje superior..46	
3.11.1.3. Plano XZ del eje superior.....	48
3.11.1.4. Cálculo de momento flector, plano XZ para cálculo del eje superior...48	
3.11.2. Cálculo de momento flector resultante en el punto más crítico.....	50
3.11.3. Análisis de esfuerzo flector.....	50
3.11.4. Análisis de esfuerzo de torsión.....	51
3.11.5. Cálculo factor de seguridad “n”.....	51
3.11.5.1. Análisis del límite de fatiga para el cálculo del rodillo superior.....	51
3.11.5.2. Propiedad del material para el eje del rodillo superior.....	52
3.11.5.3. Cálculo de factores de modificación del límite de fatiga.....	52
3.12. Dimensionamiento del rodillo inferior.....	54
3.12.1. Descomposición de la fuerza a laminar en el punto D del rodillo inferior..54	
3.12.2. Cálculo de las reacciones del rodillo inferior.....	54
3.12.2.1. Plano XY del rodillo inferior.....	55
3.12.2.2. Cálculo del momento flector, plano XY para el eje inferior.....	55
3.12.2.3. Plano XZ del rodillo inferior.....	57

3.12.2.4. Cálculo del momento flector, plano XZ para el eje inferior	58
3.12.3. Cálculo de momento flector resultante en el punto más crítico.....	59
3.12.4. Análisis de esfuerzo flector.....	59
3.12.5. Análisis de esfuerzo de torsión	60
3.12.6. Cálculo factor de seguridad “n”	60
3.12.6.1. Análisis del límite de fatiga para el cálculo del rodillo inferior.....	60
3.12.6.2. Propiedad del material para el eje del rodillo inferior.....	61
3.12.6.3. Cálculo de factores de modificación del límite de fatiga.....	61
3.13. Selección de los rodamientos	63
3.13.1. Rodamiento A del rodillo inferior	63
3.13.2. Rodamiento B del rodillo inferior.....	65
3.13.3. Vida de los rodamientos, seleccionada para el rodillo inferior.....	66
3.14. Cálculo de la chaveta entre el engranaje y el eje.....	67
3.15. Armado de la estructura.....	69
3.16. Dimensionamiento de la banda de arrastre.....	70
3.16.1. Cálculo del momento torsor.....	70
3.16.2 Cálculo de longitud de la banda.....	71
3.17. Selección de tornillos	72
3.17.1. Cálculo de los tornillos de sujeción que permitirán subir o bajar el rodillo superior	72
3.18. Dimensionamiento de la tolva de alimentación.....	74
3.18.1. Calcular la capacidad de la tolva	75
3.18.2. Calcular la capacidad del depósito de pan molido.....	77
3.19. Dimensionamiento del depósito de pan molido	77
3.19.1. Cálculo de volumen total del depósito pan molido.....	78
3.19.2. Cálculo la capacidad del depósito de pan molido.....	78
3.20. Cálculo de la potencia del motor centrífugo.....	79
3.21. Cálculo de la velocidad periférica del aspa	80
3.21.1. Cálculo de fuerza centrífuga del aspa	80
3.21.2. Cálculo de la fuerza de oposición de la carga.....	81
3.21.3. Cálculo de momento torsor.....	81

3.22. Cálculo del circuito eléctrico.....	82
3.23. Procedimiento para la construcción y montaje de la máquina laminadora	84
3.23.1. Componentes del equipo.....	84
3.24. Materiales requeridos, para la construcción de la máquina laminadora.....	85
3.25. Tiempo requerido para la construcción de la máquina laminadora, tomando en cuenta todos sus elementos.....	86
3.26. Tiempo requerido para el montaje de la laminadora	90
3.26.1. Flujograma de montaje de la maquina laminadora	94
3.27. Montaje de la máquina y partes.....	95
3.28. Operación y mantenimiento	95
3.28.1. Mantenimiento de la máquina laminadora.....	95
Capítulo 4.....	98
Cálculo de costos	
4.1. Análisis de precios unitarios.....	98
4.2. Materiales	98
4.3. Mano de obra.....	98
4.4. Equipo, maquinaria y herramientas	99
4.5. Gastos generales	99
4.7. Total precios unitarios del proyecto	103
Capítulo 5.....	104
Conclusiones y recomendaciones	
5.1. Conclusiones.....	104
5.2. Recomendaciones.....	105
Bibliografía	106

Índice de figuras

Figura 2.1. Efectos las fuerzas de rozamiento sobre el cambio de espesor del laminado.....	5
Figura 2.2. Fuerzas perpendiculares del rodillo sobre el arco de contacto	6
Figura 2.3. Gastronomía	7
Figura 2.4. Partes del pollo	7
Figura 2.5. Proceso de elaboración.....	9
Figura 2.6. Rebosado con huevo.....	9
Figura 2.7. Rebosado con pan molido	10
Figura 2.8. Se sacude el pan molido	10
Figura 2.9. Laminado de la milanesa de carne de pollo	11
Figura 2.10. Cocción de la milanesa.....	11
Figura 2.11. Fases del proyecto	12
Figura 2.12. Sistema de transmisión.....	13
Figura 2.13. Rodillo superior e inferior	14
Figura 2.14. Tornillo de graduación	15
Figura 2.15. Elemento de transmisión	15
Figura 2.16. Partes de un engranaje.....	16
Figura 2.17. Motor	17
Figura 2.18. Banda de arrastre	19
Figura 2.19. Tipos de tolvas.....	20
Figura 2.20. Flujo de las tolvas.....	20
Figura 3.21. Laminado con máquina de la milanesa	23
Figura 3.22. Plano inclinado para determinar el coeficiente de apanado	24
Figura 3.23. La carne de pollo deformat con máquina universal	25
Figura 3.24. Velocidad del Laminado	26
Figura 3.25. Laminado.....	27
Figura 3.26. Eje escalonado.....	28
Figura 3.27. Buje	29
Figura 3.28. Tubo cilindro hueco.....	29
Figura 3.29. Entrada y salida de la carne de pollo	30
Figura 3.30. Fuerza transmitidas al diente.....	35
Figura 3.31. Engranajes 1 y 2 embonados	36
Figura 3.32. Fuerza que actúan en los puntos A y B del eje.....	42
Figura 3.33. Diagrama del cuerpo libre del eje en el plano XY	43
Figura 3.34. Diagrama del cuerpo libre del eje en el plano XZ.....	44
Figura 3.35. Descomposición de fuerzas que actúan en el eje superior	45
Figura 3.36. Diagrama cuerpo libre del eje superior	45

Figura 3.37. Diagrama de momento flector del eje superior	46
Figura 38. Diagrama de momento flector, plano XY para cálculo del eje superior	47
Figura 3.39. Diagrama del cuerpo libre del eje en el	48
Figura 3.40. Diagrama del cuerpo libre del eje superior	49
Figura 3.41. Diagrama de momento flector, plano XZ para cálculo del eje superior.....	50
Figura 3.42. Fuerza que actúan en el rodillo inferior.....	54
Figura 3.43. Diagrama del cuerpo libre del rodillo inferior en el plano XY	55
Figura 3.44. Diagrama del cuerpo libre en el plano XY	56
Figura 3.45. Diagrama de momento flector, plano XY, rodillo inferior.....	57
Figura 3.46. Diagrama del cuerpo libre del rodillo inferior en el plano XZ.....	57
Figura 3.47. Diagrama del cuerpo libre en el plano XZ	58
Figura 3.48. Diagrama de momento flector, plano XZ para cálculo del eje inferior.....	59
Figura 3.49. Esquema para cálculo de la chaveta	67
Figura 3.50. Fuerza que actúan la cinta transportadora	70
Figura 3.51. Esquema dimensional de la tolva	75
Figura 3.52. Esquema dimensional de la tolva en el plano.....	75
Figura 3.53. Esquema dimensional de alimentación	78
Figura 54. La fuerza de oposición de la carga	81
Figura 3.55. Esquema conexión del motor	83
Figura 3.56. Flujograma de montaje de la maquina laminadora	94
Figura 3.57. Vistas de la máquina laminadora.....	95

Índice de tablas

Tabla 1. Componentes	12
Tabla 2. Coeficiente de fricción estático	24
Tabla 3. Esfuerzo para la deformación de la carne de pollo	25
Tabla 4. Velocidad del laminado	26
Tabla 5. Datos de placa de motor seleccionado	35
Tabla 6. Momento flector en el plano XY del eje superior	47
Tabla 7. Cálculo de momento flector en el plano XZ.....	49
Tabla 8. Momento flector en el plano XY del eje inferior	56
Tabla 9. Cálculo de momento flector en el plano XZ del eje inferior	58
Tabla 10. Datos del rodamiento	63
Tabla 11. Componente circuito eléctrico	83
Tabla 12. Partes constructivas de la máquina laminadora	85
Tabla 13. Tiempo requerido para construir la máquina laminadora.....	86
Tabla 14. Tiempo requerido para el montaje de la estructura	90
Tabla 15. Tiempo requerido para el montaje del sistema de laminación	91
Tabla 16. Tiempo requerido para el montaje del sistema de alimentación.....	91
Tabla 17. Tiempo requerido para el montaje del sistema de aspiración	92
Tabla 18. Tiempo requerido para el montaje del sistema de regulación	92
Tabla 19. Tiempo requerido para el montaje del sistema de transmisión.....	93
Tabla 20. Tiempo requerido para el montaje del sistema de tensor	93
Tabla 21. Tiempo requerido para el montaje del circuito eléctrico	93
Tabla 22. Manual de mantenimiento	96
Tabla 23. Análisis de precios unitarios	99
Tabla 24. Total precios unitarios del proyecto	103

Anexos

Anexo N° 1. Selección del acero inoxidable 304 L para laminación.....	107
Anexo N° 2. Propiedad del material AISI 4140.....	108
Anexo N° 3. Eficiencia del reductor de velocidad (HAITEC tipo NMRV050 $i = 50$).....	110
Anexo N° 4. Datos del motor seleccionado	111
Anexo N° 5. Característica del eje seleccionado del motoreductor	112
Anexo N° 6. Número mínimo de dientes de piñones de engranajes cilíndricos	113
Anexo N° 7. Coeficiente elástico (C_p).....	114
Anexo N° 8. Resistencia a la fatiga en la superficie AGMA (S_c)	115
Anexo N° 9. Densidad del acero inoxidable	116
Anexo N° 10. Factor de esfuerzo dinámico	117
Anexo N° 11. Factor de esfuerzo estático	119
Anexo N° 12. Recomendación de chaveta en función del diámetro del eje	120
Anexo N° 13. Recomendación para longitud de chaveta.....	121
Anexo N° 14. Coeficiente de acabado superficial	122
Anexo N° 15. Coeficiente de confiabilidad	122
Anexo N° 16. Coeficiente de concentración de esfuerzos (q)	123
Anexo N° 17. Factor de concentración de esfuerzos (K_f)	123
Anexo N° 18. Rodamiento seleccionado para la chumacera	124
Anexo N° 19. Dato del S_y para un tornillo grado métrico 10.9.....	125
Anexo N° 20. Capacidad de transporte de pan molido	126
Anexo N° 21. Material de transporte de pan molido	127

Resumen

El presente Proyecto de Grado, tuvo como propósito identificar los elementos de cálculo de una máquina laminadora. Para dar cumplimiento a este objetivo, se planteó los siguientes factores: calcular la resistencia de materiales, esfuerzos y estudio de factibilidad.

La máquina laminadora, con la finalidad de alcanzar la mayor rentabilidad de la elaboración de milanesa de carne de pollo y satisfacer la demanda de los consumidores.

En Bolivia no se encuentra con equipos diseñados, mucho menos construido para elaborar milanesas de carne de pollo. Con los conocimientos adquiridos en los años de estudio en la Universidad Mayor de San Andrés, carrera Mecánica Industrial, Facultad de Tecnología, se puede diseñar la máquina laminadora que elabore milanesa de carne de pollo, y además los diferentes productos de alimentos de carne.

Abstract

This Graduation Project, aimed to identify the elements for assessment of a laminating machine. To fulfill this objective, the following factors were raised: calculate the strength of materials, effort and feasibility study.

The laminating machine, in order to achieve the highest return on the development of breaded chicken and meet consumer demand.

In Bolivia there is with, much less built to make chicken outlets designed equipment. With the knowledge gained over the years studies at the University of San Andres, career Industrial Mechanics, Faculty of Technology, it can design the laminating machine to prepare breaded chicken, and also different meat food products.

Capítulo 1

Introducción

1.1. Introducción

La milanesa es un filete fino de carne de pollo, que llega a ser muy agradable para los comensales que consumen este producto.

En nuestro medio, se consume la carne de pollo producida netamente por empresas comercializadoras bolivianas.

El pollo tiene gran aceptación en el consumo actual, por ser rica en nutrientes y tradicionalmente las milanesas se tienen que empanar con pan rallado y huevo batido; el rebozado elegido a gusto puede ser condimentado con perejil, ajo y queso rallado o hierbas finas de acuerdo a la costumbres de la gastronomía boliviana.

Pero en nuestro medio, la elaboración de las milanesas de pollo, entre los comerciantes, se elaboran manualmente, no llegando a satisfacer la demanda en su requerimiento, y es en base a ello, que se demanda la fabricación de una maquina laminadora, para que aumente la producción y por ende la venta y comercialización de las mismas, llegando así a satisfacer a los consumidores de las mismas, e incrementando ganancias en quienes las elaboran.

Por ello, es que en base a todo el trabajo de investigación se elabora el presente proyecto, con la finalidad de dar una solución a este problema, mismo trabajo que se desarrolla y desglosa en los siguientes acápite por separado:

Capítulo I: Abocado a brindar la información genérica, los antecedentes del trabajo realizado, identificación del problema planteado, los objetivos identificados y la importancia y relevancia académica realizados y como aporte que el autor quiere dejar para la Universidad Mayor de San Andrés.

Capítulo II: Abocado a desglose teórico doctrinal, donde se desarrolla todo el fundamento teórico, que orienta y da base para el desarrollo del trabajo.

Capítulo III: Todo trabajo de investigación debe ser resultado de un proceso, por ello este capítulo conlleva la ingeniería de todo el proyecto.

Capítulo IV: En este capítulo se realiza y describen los costos, materiales y gastos generales así como los gastos unitarios del proyecto.

Capítulo V: Se elaboran las conclusiones y recomendaciones dando a conocer el nivel de alcance que ha tenido el trabajo y en qué medida se han cumplido los objetivos planteados, tanto el general como los específicos y el resultado mismo.

Todo el Trabajo de Investigación, ha sido elaborado dentro de las Normas APA 2015.

Queda entonces en consideración de los lectores, que es un documento que ha sido realizado para dejar un aporte, a la Universidad, a su rama de estudio y a la sociedad en general.

1.2. Planteamiento del Problema

La fabricación de alimentos conlleva, a una serie de procesos en los cuales intervienen diversos factores, tales como: la materia prima, el personal, los equipos, las edificaciones y el ambiente.

Es así que en nuestro medio, el laminado y preparado de la milanesa de carne de pollo, es común, pero su elaboración es manual, creando así cansancio en las actividades diarias de los elaboradores, es por ello que los mismos y más que todo lo comerciantes demandan la fabricación de una máquina que sirva para laminar la milanesa de pollo, satisfaciendo de esta manera las necesidades de aumento en la fabricación del producto en mayores cantidades para poder así satisfacer la demanda de los consumidores.

Por lo cual, la pregunta que se formuló para la elaboración del presente proyecto de grado es la siguiente:

¿Con la elaboración de una máquina laminadora de milanesa de pollo, se satisficará la demanda de los consumidores, evitando el cansancio manual de los elaboradores?

1.3. Objetivos del Proyecto de Grado

1.3.1. Objetivo General

- Calcular de forma técnica y experimental una máquina laminadora de milanesa de carne de pollo, que optimizará los procesos de laminado y preparado para su comercialización.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Calcular el sistema de transmisión mecánica y todos sus elementos.
- Calcular las partes de la máquina laminadora.
- Calcular la estructura de soporte de la máquina.
- Describir el montaje de la máquina laminadora.

1.4. Justificación del Proyecto de Grado

En la industria, existe un aspecto muy importante a considerar en el proceso de fabricación y construcción de maquinaria usada en la comercialización de carne de pollo. Este proceso se realiza de forma empírica, es por ello que el presente proyecto utilizará los cálculos que justifican el dimensionamiento de la máquina.

1.5. Antecedentes

Las milanesas conforman un hábito alimenticio para la humanidad de distinta ascendencia. Para elaborar se las pone en una madera de cocina y con el pisador de carne se empieza a aplastarlas delicadamente y sin apuro: las fibras de la carne no deben quebrarse manteniendo la carne unida.

Algunos autores se imaginan como la carne de pollo en los inicios podría haber sido un alimento compuesto y preparado con granos semi-molidos, la cual era ligeramente humedecida y podría haberse cocido al sol sobre una piedra caliente, o simplemente haberse dejado abandonada junto al fuego, o alguna otra fuente de calor diversa.

En la segunda mitad del siglo XIX, las varias invasiones austriacas sobre el norte de Italia difundieron el gusto por la milanesa, empezaron a elaborarse distintos tipos de

preparados con la carne de res, pero también se puede preparar con pollo o cerdo, y como consecuencia de ello comienza su comercio. Se hacían a mano, en el propio hogar. En el país se adquiere la costumbre de comer milanesas recién en los últimos años, gracias a los medios de información como la televisión.

La milanesa de carne de pollo, poco a poco fue convirtiéndose de un producto elaborado artesanalmente a un producto industrial al que se le añaden diversos aditivos. En la actualidad la maquinaria facilita en gran medida el trabajo; se emplean las laminadoras para el acabado más eficiente.



Capítulo 2

Fundamento Teórico

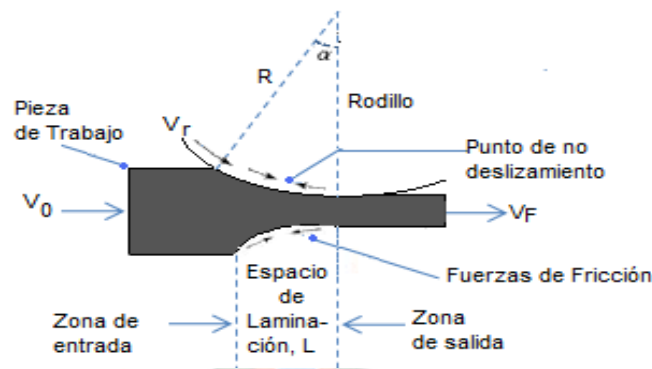
2.1. Laminación

La laminación es un proceso utilizado para reducir el espesor, y la manera de alterar las medidas de área transversal de una pieza mediante fuerzas de compresión, las cuales son generadas por el paso entre un juego de rodillos.

Esta disminución de espesor se da gracias a que los rodillos tiran el material hacia dentro del espacio de laminación a través de una fuerza de fricción neta sobre el material.

Esta fuerza de fricción neta debe actuar hacia la derecha como se muestra en la figura 2.1, por lo cual la fuerza de fricción a la izquierda del punto de no deslizamiento debe ser mayor que la fuerza de fricción a la derecha del punto de no deslizamiento.

Figura 2.1. Efectos las fuerzas de rozamiento sobre el cambio de espesor del laminado



Fuente: Libro. Manufactura, Ingeniería y Tecnología

Autor. Kalpakjian - Schmid, 4ta ed. Pág. 9

2.2. La Fricción

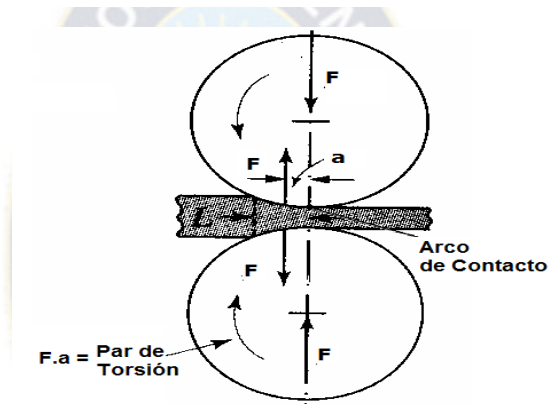
La fricción es uno de los factores más importantes en el proceso de laminación, por lo que se tiene que disipar energía para poder vencer esta fuerza.

A partir del proceso de laminación se pretende disminuir el espesor del laminado, para este propósito se requiere del valor del coeficiente de fricción.

2.3. Fuerza del Rodillo

Los rodillos, aplican presión sobre el material para poder reducir el espesor, por lo cual se necesita una fuerza perpendicular al arco de contacto, o perpendicular al plano de la laminación, ya que el arco es muy pequeño en relación al tamaño del rodillo.

Figura 2.2. Fuerzas perpendiculares del rodillo sobre el arco de contacto



Fuente: Libro. Manufactura, Ingeniería y Tecnología
Autor. Kalpakjian - Schmid, 4ta ed. Pág. 10

Para realizar el cálculo de la fuerza radial y tangencial se requiere el valor del esfuerzo (σ) para deformar la carne de pollo hasta un espesor mínimo, se utilizó el siguiente experimento que se ve en el capítulo III subtítulo 3.2.3.

2.4. Potencia Requerida

Para calcular la potencia requerida en cada rodillo, nos remitimos a la figura. 2.3, en la cual se puede considerar la fórmula es:

Potencia = Torque • velocidad angular

$$P = T \cdot \omega$$

Para los dos rodillos, o sea el tren de laminación completo, la potencia será:

$P_r = 2P$

2.5. La Milanesa en la Gastronomía

La gastronomía nacional ha introducido a su gran variedad, la milanesa de carne de pollo que está siendo utilizada en el hogar y en los restaurantes.

Una vez que se ha empapado la carne laminada con el polvo de pan y el huevo se concluye la elaboración con el freído en aceite muy caliente, para evitar que éste penetre en la carne de pollo.

Figura 2.3. Gastronomía



Fuente: www.historiacocina.com/argentina/milanesa

2.5.1. Características de la Milanesa

Del pollo se consumen diferentes partes de su anatomía, siendo muy apreciadas las patas, la cresta, las alas, las piernas (muslos de pollo), la pechuga y las menudencias (hígado, corazón, molleja y buche). Las partes de las vísceras suelen generalmente ser descartadas y no se incluyen en la alimentación humana.

Figura 2.4. Partes del pollo



Fuente: alimentos.org.es/pechuga-pollo

1. Alas

2. Pechuga

3. Patas (piernas)

4. Muslos

2.5.2. Composición de la Milanesa

La carne de pollo es un alimento muy valioso en nuestra dieta si consideramos su relación costo–beneficio, ya que se trata de una carne económica, muy versátil y con grandes propiedades nutritivas. A pesar, de que su composición nutricional varía de acuerdo a muchos factores, de manera general sus nutrientes son:

La carne de pollo contienen en promedio, un 20% de proteínas al igual que la carne de vacuno, aunque siempre se creó lo contrario. Es más bajo en grasas, ya que posee alrededor de un 9% y no contiene cantidades apreciable de carbohidratos. Dentro de las grasas, posee grasas saturadas, pero al mismo tiempo, aporta ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados en menor cantidad.

Es rica en nutrientes y enzimas favoreciendo en el desarrollo y crecimiento de las personas definiendo que cada 100 gramos de pollo contiene:

- 88 gr de calorías,
- 18 g de proteínas,
- 2,5 g de lípidos,
- 2 mg de calcio,
- 200 mg de fósforo
- 5 mg de hierro,
- 119 mg de sodio,
- 192 mg de potasio,
- 0,08 mg de vitamina B1
- 0,16 mg de vitamina B2

2.6. Proceso de elaboración manual de la milanesa de carne de pollo

2.6.1. Filetear las pechugas de carne de pollo

Con ayuda de un cuchillo muy afilado se filetea, apoyando la palma de la mano sobre la pechuga, hasta que el cuchillo haya llegado a la mitad.

Posteriormente se retira la mano, y con cuidado se continúa cortando, hasta llegar casi al final, abriendo lo que está partido y se concluye terminando de cortar el filete.

Figura 2.5. Proceso de elaboración



Fuente: elaboración propia.

2.6.2. Pasar la carne de pollo con huevo

En el plato se bate un huevo con una pizca de sal y unas vueltas de molinillo de pimienta al gusto. Lo primero es pasar el pollo por el huevo y con dos tenedores se da varias vueltas para que se empape bien el pollo con el huevo.

Figura 2.6. Rebosado con huevo



Fuente: elaboración propia.

2.6.3. Rebosar con pan molido en la preparación para dar sabor a la milanesa

Pan rallado o pan molido es pan duro, generalmente seco de varios días, que ha sido finamente picado mediante un rallador. Su textura harinosa se emplea en la elaboración

de diferentes platos y alimentos en forma de "rebozado", "empanado" o "gratinado" con la intención de proporcionar una costra dura al freírlos.

Se pasa el pollo al plato con el pan molido, pero al pasar el pollo de un plato a otro hay que dejar que el filete escurra el exceso de huevo. Una vez en el plato se cubre totalmente con el pan molido dando varias vueltas, este proceso se realiza con pinzas o con las manos limpias.

Figura 2.7. Rebozado con pan molido



Fuente: elaboración propia.

2.6.4. Cuando el pollo esté rebozado elevando un poco se lo sacude para que caiga el exceso de pan molido

Figura 2.8. Se sacude el pan molido



Fuente: elaboración propia.

2.6.5. Laminado de la milanesa de carne de pollo

Si la milanesa de carne de pollo está muy gruesa o tiene grosor ondulado, entonces se realiza con una rodillo de 50 mm de diámetro el aplanado hasta lograr que quede más delgada, con un grosor parejo.

Figura 2.9. Laminado de la milanesa de carne de pollo



Fuente: elaboración propia.

2.6.6. Cocción de la milanesa de carne de pollo

Al aceite caliente se añade el pollo y se procede a freír el mismo.

Figura 2.10. Cocción de la milanesa



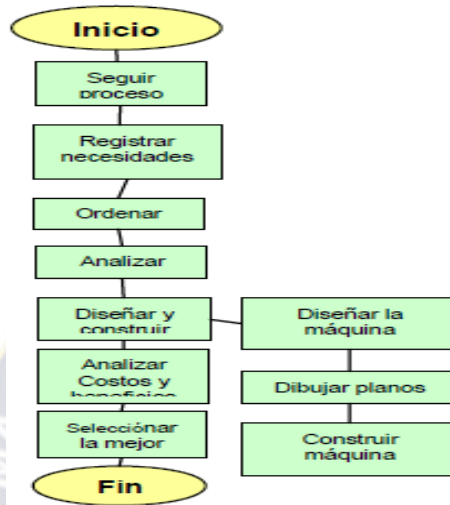
Fuente: elaboración

propia

2.7. Fases del Proyecto

Comprende de los diferentes procesos, conocimientos y recursos que se deberán aplicar respecto de la nueva tecnología para el desarrollo de la máquina.

Figura 2.11. Fases del proyecto



Fuente: www.inventariocoruna.com/fases-de-proyecto

2.8. Descripción General de la Máquina

Comienza con el diseño de forma, estático y dinámico realizados sobre todos los elementos mecánicos y eléctricos que conforman la máquina.

2.8.1. Componentes Principales de la Máquina

Tabla 1. Componentes

Nº	Parte	Propósito
1	Rodillos	Laminado de la milanesa
2	Soporte o estructura	Estabilidad de las partes constructivas
3	Extensiones laterales	Desmontaje para su limpieza
4	Bandas	Transportar la milanesa
5	Cabezal motora	Transmitir movimiento a los rodillos
6	Conductos aspiración y dosificación	Transportar el pan molido para la mezcla

7	Luz indicadora	Permite indicar el funcionamiento continuo
8	Power / stop switch	Prender y apagar el equipo
9	Caja de transmisión	Lugar que encuentra el sistema de transmisión
10	Sistema eléctrico	Sistema importante de arranque

Fuente: elaboración propia.

2.8.2. Sistema de Transmisión

El sistema de transmisión está compuesto por ruedas dentadas construidas para transmitir el torque que se genera por el motor al eje superior y al eje inferior para generar sentido de giro contrario entre los dos, garantizando igual velocidad angular; así como también se obtiene igual torque sobre los dos rodillos de laminación.

Figura 2.12. Sistema de transmisión



Fuente: es.wikipedia.org/wiki/sistema-de-transmisi3n

2.8.3. Tren de Potencia

Consta de un motor eléctrico (1 HP, 1800 RPM, trifásico) conectado a un sistema reductor compuesto por engranajes dentados, con la cual a la entrada de la transmisión final, se cuenta con una velocidad angular fija de aproximadamente 36 RPM.

2.8.4. Eje Superior

Este eje, tiene adicionalmente al de rotación; un movimiento vertical sobre el eje del rodillo superior, mientras este girando; de esta forma se puede graduar el espesor de laminado.

2.8.5. Rodillos de Laminación

Los rodillos de laminación, son las partes importantes de la máquina laminadora, porque se encargan de realizar el laminado o proceso de trabajo del aplanado, llevando un juego de engranajes en un extremo de los rodillos. Son los encargados de realizar el movimiento de giro invertido de los rodillos.

Se caracterizan, por tener dos rodillos encargados de esta manipulación los cuales son los siguientes:

a) Rodillo superior

b) Rodillo inferior

a) Rodillo superior

El rodillo está construido de un acero inoxidable 304-L, cuyo diámetro es de 76.20 mm y el largo de 300 mm, el eje que pasa por el interior del tubo es de acero AISI 4140, con un diámetro de 34 mm y largo total de 480 mm, la unión del tubo con el eje está a presión.

b) Rodillo inferior

Se encuentra debajo del rodillo superior, la construcción se realiza de igual manera que el rodillo superior.

Figura 2.13. Rodillo superior e inferior



Fuente: www.logismarket.com. Rodados y material de desgaste

2.9. Tornillos de Graduación

Son aquellos tornillos, que permitirán subir o bajar el rodillo superior de laminación a la medida o espesor final que se quiera obtener sobre la laminación.

Figura 2.14. Tornillo de graduación

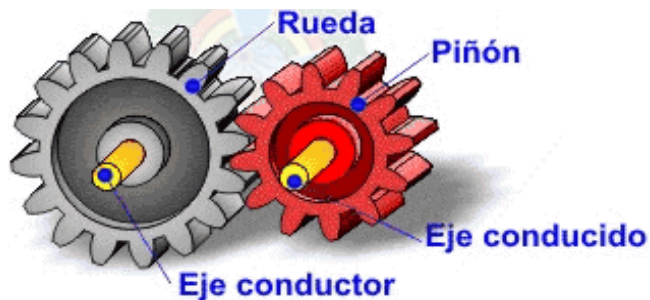


Fuente: www.scooter-center.com/.../tornillo+de+graduación

2.10. Elementos de Transmisión

Como elementos de transmisión la máquina laminadora tendrá engranajes cilíndricos de dientes rectos que van paralelos con el propio eje de la rueda dentada. Se utilizan en transmisiones de ejes paralelos, formando así; lo que se conoce con el nombre de trenes de engranajes. Este hecho hace que sean unos de los más utilizados, pues no en vano se pueden encontrar en cualquier tipo de máquina.

Figura 2.15. Elemento de transmisión



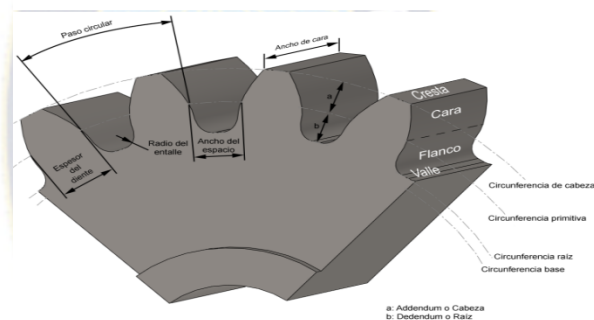
Fuente: www.buenastareas.com>páginaprincipal>ciencia

2.11. Engranajes

Los engranajes, son ruedas dentadas cilíndricas que se usan para transmitir movimiento y potencia desde un eje giratorio hasta otro. Los dientes de un engrane conductor encajan con precisión en los dientes del engrane conducido. Con frecuencia se emplean engranes para producir un cambio de velocidad angular del engrane conducido relativa a la del engrane conductor.

Existen variedad de engranajes, con características propias según el cálculo de la máquina a diseñar, la forma de los dientes interiores y exteriores, según la situación de los dientes rectos o helicoidales, según la forma de sus engranajes cilíndricos, cónicos y de tornillo sin fin.

Figura 2.16. Partes de un engranaje



Fuente: [es.wikipedia.org/wiki/Cálculo-de-Engranaje](https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A1lculo_de_Engranaje)

2.12. Sistema Eléctrico

2.12.1 Motor

Las indicaciones nominales del motor no siempre son reales, en la práctica, estos siempre tienen diferentes resultados, muchos motores de precios rebajados, pero señalados de potencias nominales, no tienen el mismo rendimiento en cuanto a duración o vida útil se refiere, debido a la corriente en el que funcionan y temperatura más elevadas de los señalados en las placas.

Las potencias de los motores, son determinados en función al trabajo que estos realizan, tomando en cuenta el peso que tienen que mover y la fuerza que este debe ejercer para poner en movimiento al equipo para cual ha sido destinado para el proyecto se utilizará un motor según al cálculo.

Figura 2.17. Motor



Fuente: www.elmundo.es/motor.html

2.12.2. Motoreductor

Los reductores son diseñados a base de engranajes, mecanismos circulares y dentados con geometrías especiales de acuerdo con su tamaño y la función en cada motor.

Sin la correcta fabricación de los motoreductores, las máquinas pueden presentar fallas y deficiencias en su funcionamiento. La presencia de ruidos y recalentamientos pueden ser aspectos que dependan de estos mecanismos, de allí la importancia del control de calidad.

En pocas palabras los reductores son sistemas de engranajes que permiten que los motores eléctricos funcionen a diferentes velocidades para los que fueron diseñados.

Las máquinas funcionan de acuerdo con las velocidades que les ofrece el motor, por ejemplo, a 1.800, 1.600 o 3.600 revoluciones por minuto. La función de un motoreductor es disminuir esta velocidad a los motores (30, 50, 60, 100 rpm) y permitir el eficiente funcionamiento de las máquinas, agregándole por otro lado potencia y fuerza.

Los motoreductores, se suministran normalmente acoplando a la unidad reductora un motor eléctrico normalizado asíncrono tipo jaula de ardilla, totalmente cerrado y refrigerado por ventilador para conectar a redes monofásicas y trifásicas de 220/440 voltios y 50 Hz.

2.12.3. Elementos de Protección

Son interruptores, que protegen a los motores de los cortocircuitos, sobre corrientes, sobre cargas, tienen un mecanismo de cierre y aperturas

2.12.4. Contactores

Son aparatos mecánicos de conexión, con una sola posición de reposo (cuyos contactos principales son abiertos), estos no son accionados por el campo magnético que fluye dentro de su bobina al ser energizados, este es capaz de soportar e interrumpir en caso de sobre carga.

2.12.5 Relé Térmico

Se ve por conveniente utilizar estos relés térmicos para la protección del motor en sobre corrientes.

Dependiendo del funcionamiento del motor y la intensidad de corriente que circule el motor y considerando el cálculo respectivo, deben ser regulados estos relés a sus márgenes respectivos, por la fórmula:

$$I_R = 1.15 I_N$$

2.12.6. Guarda Motor

Interruptor de potencia para protección de motores y sus acometidas contra sobre cargas y efectos de cortocircuito, en el proyecto lo utilizaremos el motor que es de arranque directo.

2.12.7. Pulsadores

Este es un mando eléctrico manual, que proporciona señales de tipo momentáneo, puesto que al dejar de ejercer presión sobre él retorna, a su posición de reposo. Para este proyecto el que se utilizará, para arrancar los motores, en las mesas de pulsación poseen sus contactos abiertos (pulsadores de marcha I). Los que tienen cerrados (pulsadores de parada O).

2.12.8. Elección de Conductores

Los conductores para el proyecto, deben cumplir los siguientes requisitos:

Aislamiento:

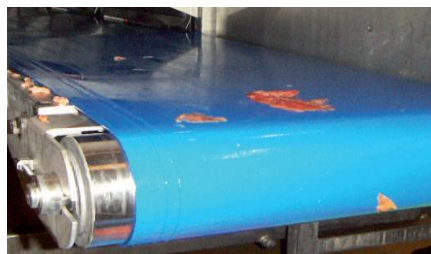
- Conductores con aislamiento PVC flexible. Para los alimentadores de cada motor.
- Conductores con aislamiento de goma, para líneas de acometidas desde el transformador hasta los tableros de distribución.

2.13. Bandas de Arrastre

La banda de arrastre, consiste en una o más capas de material. Muchas bandas para manejo de materiales tienen dos capas: una capa inferior de material para proveer fuerza lineal y forma llamada “carcasa” y una capa superior llamada “cubierta”. La carcasa es generalmente de algodón o plástico o de malla. La cubierta está integrada por distintos compuestos de plástico o hule especificados por el uso de la banda. Las cubiertas pueden ser fabricadas de materiales menos comunes para aplicaciones especiales tales como el uso de silicón en caliente o goma de caucho donde la tracción es esencial.

El material que fluye sobre la banda, puede ser pesado durante su tránsito con utilizando pesadores de banda. Algunas bandas tienen empujadores a distancias regulares cuando se requiere transportar materiales sueltos a través de recorridos inclinados. Los transportadores de banda son utilizados para la descarga de transportes de carga.

Figura 2.18. Banda de arrastre

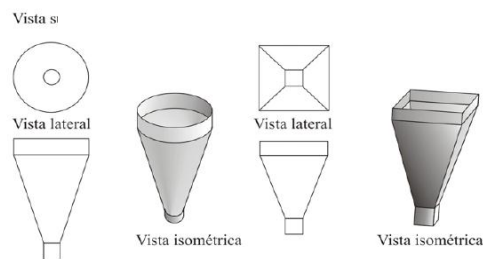


Fuente: www.google.com/patents/W02006079667A1

2.14. Tolva

La tolva, es el contenedor que se utiliza para introducir el material en la máquina. La tolva, garganta de alimentación y boquilla de entrada deben estar ensambladas perfectamente y diseñadas de manera que proporcionen un flujo constante del material de apanado. Esto se consigue más fácilmente con tolvas de sección circular aunque son más difíciles de construir por lo que en el desarrollo del presente proyecto, se limitará a usar el de sección rectangular.

Figura 2.19. Tipos de tolvas

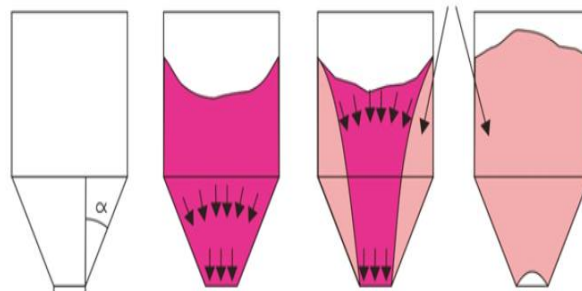


Fuente: tolvas.es/tipos-de-tolvas

2.14.1. Transporte

El transporte de sólidos en la tolva, en general un flujo constante por gravedad de las partículas, en el caso del proyecto sería del pan molido para el apanado de la milanesa de pollo; el material se mueve de la parte superior en una primera instancia y luego hacia la parte superior y creando un flujo de rotación constante que sirve para la alimentación del proceso de apanado de la milanesa de pollo.

Figura 2.20. Flujo de las tolvas



Fuente: www.austineng.com.au/Home/tolvas

Ingeniería del Proyecto

3.1. Introducción

Este capítulo se convierte en otra situación básica del presente proyecto, que sirve para demostrar la resistencia de los componentes de la máquina, se analiza una teoría, la cual será, la que justifique la resistencia del material, que está sometido a diferentes fuerzas o pares de fuerzas.

Es importante realizar la aplicación de los factores de diseño, factor de seguridad, códigos, normas, confiabilidad y conclusiones que se obtengan.

El cálculo de elementos de una máquina o equipo industrial, es el dimensionamiento apropiado para que soporte con seguridad el esfuerzo máximo que se produce en su interior, cuando está sometido a alguna combinación de carga, en este caso la máquina laminadora de milanesa de carne de pollo.

3.1.1. Factor de Seguridad

Es un número mayor a 1, que hace que las tensiones admisibles sean menores a las tensiones límites, de tal manera, que garanticen un trabajo sin fallas de la máquina o de cualquier estructura, el cual se utiliza, porque existe diversidad de materiales, diferentes calidades, diferentes formas y por tanto habrá una variación de la resistencia de las diferentes piezas por distintas razones, como ser: el procedimiento, el trabajo en caliente o en frío y la configuración geométrica, etc.

Se recomienda utilizar los factores de seguridad, porque cuando el material es adquirido y utilizado, los elementos de máquina sufren cambios y experimentan cargas y fuerzas para las cuales no fue diseñado, en consecuencia el fabricante o diseñador no tiene control.

3.2. Esquema principal de la máquina laminadora

➤ La máquina

- Altura de la mesa 900 mm desde el nivel del piso.
- Altura de la tolva de dosificación 510 mm.
- Ancho de la tolva de dosificación 280 mm.
- Ancho de los rodillos 300 mm.
- Diámetro de los rodillos 76.2 mm.
- Distancia entre centro de rodillos 600 mm.

En el mercado local existe comúnmente tubería de acero inoxidable sanitaria de 3 pulg. de diámetro, que es el único posible de utilizar para la fabricación del rodillo, porque otros diámetros son muy raros y solamente los venden a pedido, es decir que se debe importar y el costo se eleva.

Se ha elegido esa longitud del rodillo, para poder elaborar simultáneamente dos milanesas de pollo, incrementando de esta forma producción y aminorando costos.

Las dimensiones de las milanesas no están normadas en el país, pero por costumbre éstas tienen un ancho aproximado de 120 mm.

El diámetro del eje elegido, van en relación al uso del rodamiento asumido para el diseño, que vendría a ser la dimensión principal, donde el diámetro interior es de 25 mm.

La longitud del eje, va en relación a la longitud del rodillo, siendo la medida de longitud del eje mayor, por calcularse más el buje, rodamiento, y engranaje; por la forma escalonada que debe presentar el rodillo.

La altura de la mesa, está en relación a la estatura del operador de la máquina, por experiencia esta es la altura cómoda para que aquel trabaje sin fatigarse.

El ancho de la tolva, está en relación con la geometría del rodillo de la máquina laminadora, la cual dosifica el pan molido evitando el desperdicio y consiguiendo pérdida económica.

La altura de la tolva tiene una medida adicional de 50 cm. referente a la altura de la mesa, una mayor dificultaría el control y la manipulación de la máquina.

➤ **El producto**

- La longitud total debe estar entre 160 a 200 mm.
- El ancho puede llegar hasta 120 mm.
- Los espesores de carne de pollo laminada deben ser de 4 mm a 6 mm.

La longitud y el ancho de apanado que se mencionan, son medidas máximas que se pueden obtener de la pechuga de carne de pollo, al convertirla en milanesa.

3.2.1. Capacidad de producción

La capacidad de producción de laminación, es de 80 kg/h. La primera acción que se realiza en el proceso de laminación, es cuando el operador pone a correr los rodillos por medio de una botonera de encendido y apagado, y coloca la carne de pollo preparada, al centro de la transportadora y la hace pasar por dos rodillos laminadores que giran y se encuentran en el centro de la máquina. Después de pasar la carne de pollo por el laminado, se procederá a retirar la milanesa de carne de pollo, manualmente con la mano izquierda, para llevarla a un recipiente.

Figura 3.21. Laminado con máquina de la milanesa



Fuente: listado.mercadolibre>industrias y oficinas

3.2.2. Determinación del coeficiente de fricción entre la carne de pollo y los rodillo

El coeficiente de fricción se obtuvo experimentalmente; para este propósito se tomaron tres muestras de carne de pollo, que se colocaron sobre un plano inclinado; haciendo rodar él un rodillo de madera, y con la ayuda de un transportador se toma el ángulo de

inclinación del plano, con la finalidad de determinar el coeficiente de fricción entre la carne de pollo y los rodillos.

Figura 3.22. Plano inclinado para determinar el coeficiente de apanado



Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Coeficiente de fricción estático

Prueba	Ángulo	Tan $\theta = \mu$
1	36	0.6346
2	35	0.6128
3	34	0.5914
4	33	0.5704
Total		0.6023

Fuente: elaboración propia.

Del experimento se tiene:

$\mu = 0.6023$

3.2.3. Determinación del esfuerzo para deformar la carne de pollo a 4 mm de espesor

Para poder determinar el esfuerzo para deformar la carne de pollo a 4 mm de espesor, se toma una muestra de carne de pollo, y se la coloca entre dos superficies de área conocida, con la ayuda de la máquina universal se aplica; una fuerza hasta que la carne

de pollo pase a tener el espesor deseado, en este caso hasta que se deforme a 4 mm de espesor, y por último se calcula el esfuerzo cuyos datos se muestran en la tabla N°3.

Figura 3.23. La carne de pollo deformar con máquina universal



Fuente: Wikipedia.org/wiki/ensayo-de-tracción

Para calcular el esfuerzo, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Se realiza 4 pruebas, de las cuales se sacan un esfuerzo promedio.

Tabla 3. Esfuerzo para la deformación de la carne de pollo

Prueba	Área (mm^2)	Fuerza (kg.)	Esfuerzo(Kg/mm^2)
1	6756.76	100	0.0148
2	7981.09	120	0.0158
3	8284.02	140	0.0169
4	8695.65	160	0.0184
Total			0.0165

Fuente: elaboración propia.

El esfuerzo que se requiere para deformar la carne de pollo

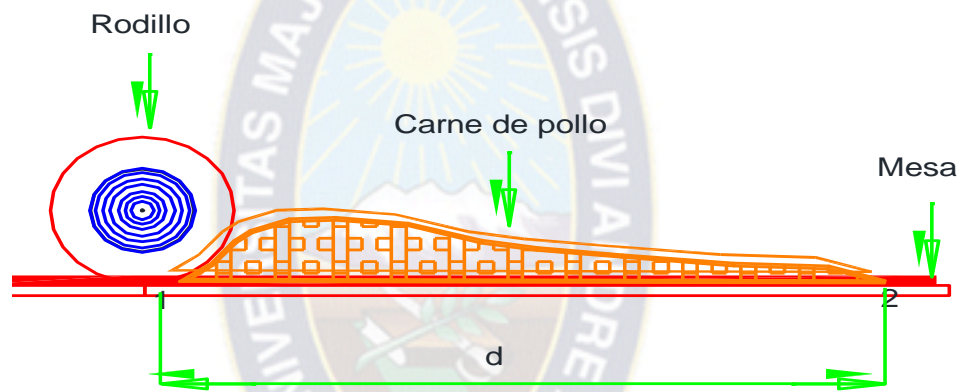
$$\delta = 0.0165 \text{ kg/mm}^2 \quad \longrightarrow \quad \delta = 1.65 \text{ kg/cm}^2$$

3.2.4. Determinación de la velocidad tangencial de laminado

La velocidad a la que debe correr la carne de pollo por los rodillos (V_t), se obtiene del siguiente cálculo:

Con un rodillo manual, de 65 mm de diámetro se coloca una marca sobre su superficie y se lamina la carne de pollo; tomando en cuenta que no se deforme ni gire con los rodillos, como se muestra en la figura 3.2.4, desplazando el rodillo desde una posición 1 hasta una posición 2 y obteniendo, con el uso de un cronómetro y una regla; los tiempos y las distancias indicadas en la tabla N° 4.

Figura 3.24. Velocidad del Laminado



Fuente: elaboración propia.

Tabla 4. Velocidad del laminado

Prueba	Distancia (mm)	Tiempo (Seg.)	Velocidad (mm/seg.)
1	185	1.3	142.31
2	200	1.4	142.86
3	208	1.6	130.00
4	218	1.9	114.74
Total			132.48

Fuente: elaboración propia.

Sabiendo que la velocidad lineal media de una partícula que se desplaza sobre una superficie plana, en este caso la marca en la superficie del rodillo se calcula con la siguiente ecuación:

$$v = \frac{d}{t}$$

Donde:

d = Es la distancia recorrida por la marca en milímetros (mm).

t = Es el tiempo en segundos (s) que tardo en recorrer dicha distancia.

De lo anterior, se puede calcular la velocidad lineal promedio de la marca en la superficie del rodillo manual (v_m) de la siguiente manera:

$$v_m = \frac{v_1 + v_2 + v_3 + v_4}{4}$$

$$v_m = \frac{142.31 + 142.86 + 130.00 + 114.74}{4}$$

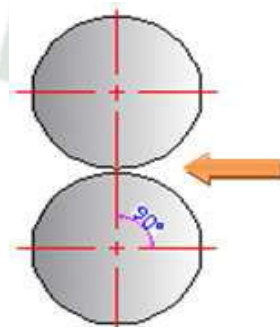
$$v_m = 132.48 \left[\frac{mm}{seg} \right]$$

v_m es la velocidad que se tomará, como la velocidad a la que debe trasladarse la carne de pollo por los rodillos laminadores.

3.3. Análisis para la colocación de los rodillos verticalmente

Al realizar un análisis, del comportamiento de la milanesa de carne de pollo y los rodillos en el laminado, se puede observar que la misma es trasladada por la cinta transportadora, hasta que pase por los rodillos.

Figura 3.25. Laminado



Fuente: Libro. Elementos de Máquinas. 2da.ed

Autor. HAMROCK, Bernard J.

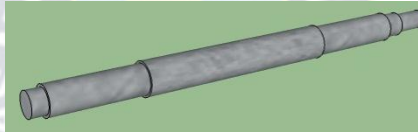
3.3.1. Dimensionamiento de rodillo móvil

Para obtener una separación se procederá a dimensionar un rodillo compuesto por:

- Tubo
- Buje derecho
- Buje izquierdo
- Eje escalonado
- Rodamientos

3.3.2. Eje escalonado

Figura 3.26. Eje escalonado



Fuente: elaboración propia.

3.3.3. Selección del material para el eje

El eje, que se utilizará para realizar la apertura, resistirá cargas de flexión que en este caso son las más críticas, para eso se ha decidido utilizar un acero comercial 709 AISI 4140 que tiene las siguientes propiedades (ver anexo N° 2).

$$S_{ut} = 90 \text{ kpsi} \quad S_{ut} = 63.33 \text{ kg/mm}^2$$

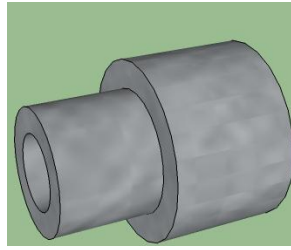
$$S_y = 63 \text{ kpsi} \quad S_y = 44.28 \text{ kg/mm}^2$$

Nótese que el eje en ningún momento tendrá contacto con el producto a elaborar.

3.3.4. Bujes

Se elige un material de acero AISI 1018 (ver anexo N° 2) tomando en cuenta que el producto a elaborar no estará en contacto con el producto.

Figura 3.27. Buje



Fuente: elaboración propia.

3.3.5. Tubo cilindro hueco

Por ser conveniente y debido a que es un material comercial, se toma una tubo de acero inoxidable 304-L (ver anexo N° 1), que tiene un diámetro nominal de (diámetro exterior 76.2 mm y diámetro interior 73 mm), esta barra se la utiliza para los tres rodillos.

Figura 3.28. Tubo cilindro hueco



Fuente: elaboración propia.

3.4. Cálculo de la velocidad angular

En base al diámetro de la barra perforada seleccionada, se calcula la velocidad angular la cual se utiliza más adelante; para esto se utiliza la ecuación siguiente:

$$\omega = \frac{v}{r}$$

Donde:

ω = Velocidad angular

v = Velocidad (ver sección 3.2.4)

r = Radio del rodillo ($r = 38.1$ mm ver plano N° 5) la descripción se encuentra en el punto 3.2. Esquema principal de la máquina laminadora.

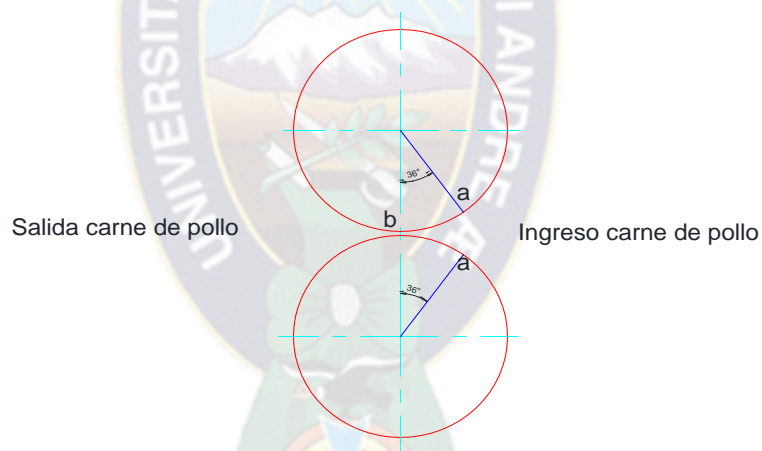
Al observar la ecuación, se establece que la velocidad angular está en función de la velocidad lineal y del radio, como la velocidad lineal es un valor constante, la velocidad angular variará en base al radio.

$$\omega = \frac{132.48 \frac{mm}{seg}}{38.1 mm}$$

$$\omega = 3.48 \frac{rad}{seg} \quad \text{o} \quad \omega \cong 36 \text{ RPM}$$

3.5. Cálculo de las fuerzas radiales que ejercen los rodillos para realizar el laminado

Figura 3.29. Entrada y salida de la carne de pollo



Fuente: elaboración propia.

Para realizar el cálculo de la fuerza radial se utiliza la siguiente expresión matemática.

$$\int_a^b df = \sigma * \int_c^d dA$$

Debido a que el valor del σ calculado experimentalmente, es el que se requiere para deformar la carne de pollo hasta un espesor de 4 mm con superficies planas pero para el cálculo de la fuerza que ejercen los rodillos los cuales tienen una superficies de contacto

circular se aplica una ecuación integral, debido a que la fuerza en un cierto punto será similar a la del experimento mientras que aun determinado ángulo la fuerza disminuirá, como se observa en la figura 3.5, en el punto “b” la fuerza es máxima, mientras al punto y la fuerza se aproxima a cero.

$$\int_0^{Fr} df = \sigma * \int_{\theta}^{\theta_1} dA$$

Como:

$$A = \theta * r * L$$

Donde:

$\theta = \text{Ángulo } (36^\circ = \frac{\pi}{5})$ el ángulo se obtiene mediante el experimento mencionado en la

Tabla 2 (coeficiente de fricción estático).

r = Radio de rodillo (r = 38.10 mm ver plano N° 5)

L = Longitud de contacto del rodillo (L = 300 mm ver plano N° 5) la descripción se encuentra en el punto 3.2. Esquema principal de la máquina laminadora.

σ = Esfuerzo (ver sección 3.2.3)

Remplazando la ecuación.

$$\int_0^{Fr} df = \sigma * \int_0^{\frac{\pi}{5}} d(\theta * r * L)$$

Sacando las constantes de la integral se tiene:

$$\int_0^{Fr} df = \sigma * r * L \int_0^{\frac{\pi}{5}} d\theta$$

Integrando:

$$Fr - 0 = \sigma * r * L * \left(\frac{\pi}{5} - 0\right)$$

$$Fr = 0.0165 * 38.10 * 300 * \frac{\pi}{5}$$

$$F_r = 118.50 \text{ kg}$$

F_r = Fuerza radial que ejercen los rodillos para aplastar a la carne de pollo.

3.6. Cálculo de la fuerza tangencial que ejerce el rodillo móvil

$$F_t = \mu * F_r$$

Donde:

F_t = Fuerza tangencial

μ = Coeficiente de fricción (ver sección 3.2.2)

F_r = Fuerza radial (ver sección 3.5)

$$F_t = 0.6023 * 118.50$$

$$F_t = 71.37 \text{ kg}$$

3.7. Cálculo de la potencia de trabajo en el eje

Para el cálculo de la potencia se utiliza la siguiente ecuación.

$$P = T * \omega$$

Donde:

P = Potencia

T = Torque

ω = Velocidad angular (ver sección 3.4)

$$T = F_t * r$$

Donde:

F_t = Fuerza tangencial (ver sección 3.6)

r = Radio de rodillo (r = 38.10 mm ver plano N° 5)

Remplazamos los valores a la ecuación, se tiene:

$$T = 71.37 \text{ kg} * 38.1 \text{ mm}$$

$$T = 2719.20 \text{ kg mm}$$

Remplazando los valores a la ecuación, se tiene:

$$P = 2719.20 \text{ Kg mm} * 3.48 \frac{\text{rad}}{\text{seg}} * \frac{1}{76027.21} \frac{\text{Hp}}{\text{Kgmm}/\text{seg}}$$

$$P = 0.125 \text{ Hp}$$

P = Potencia que ejerce un rodillo

Para obtener el valor de la potencia requerida se multiplica el valor de **P** por dos debido a que en el laminado se lo realiza con dos rodillos.

Potencia requerida para la realización del laminado

$$P_r = 2 * P$$

$$P_r = 2 * 0.125 \text{ Hp}$$

$$P_r = 0.25 \text{ Hp}$$

P_r = Potencia requerida

3.8. Cálculo del sistema de transmisión

3.8.1. Selección de los elementos para realizar el movimiento

Los elementos que se seleccionan deben proporcionar los siguientes requerimientos:

$$w = 36 \text{ RPM}$$

$$P_r = 0.25 \text{ Hp}$$

En base a los datos de requerimiento se opta por seleccionar los siguientes componentes:

- Motoreductor
- Engranaje

3.8.2. Selección del motoreductor

El motor esta acoplado al reductor de velocidad con pernos, lo cual forman un solo cuerpo y la selección se la realiza de forma individual.

Para seleccionar el motor, se debe conocer la potencia que se requiere por lo que se selecciona en primer lugar un reductor Marca Haite Tipo NMRV0 50 i = 50 el cual un rendimiento de 36% (ver anexo N° 3).

Para calcular la potencia del motor también se requiere el rendimiento de la transmisión por engranaje que está en un rango de 90-98%.

3.8.3. Cálculo de la potencia para la selección del motor

$$P_e = \frac{P_s}{n_e * n_r}$$

Donde:

P_e = Potencia de entrada

P_s = Potencia de salida o potencia requerida (ver sección 3.7)

n_e = Rendimiento por engranaje (ver sección 3.8.2)

n_r = Rendimiento del reductor (ver sección 3.8.2)

Remplazando los valores a la ecuación, se tiene:

$$P_e = \frac{0.25}{0.90 * 0.36} = 0.78Hp \cong 1Hp$$

$$P_e = 1 \text{ Hp}$$

3.8.4. Selección del motor

Debido a que se tiene un reductor, con una relación de transmisión de $i = 50$ se requiere una velocidad angular de 36 rpm.

Cálculo de la velocidad angular del motor requerido

$$w_1 = i * w_2$$

$$w_1 = 50 * 36 = 1800rpm$$

En base a los obtenidos mediante cálculo se selecciona un motor eléctrico.

Tabla 5. Datos de placa de motor seleccionado

Modelo	Chino
Frecuencia	50Hz
Potencia	1 Hp
RPM	1800
Voltaje	220
Amperaje	1.5 A

Fuente: elaboración propia.

3.8.5. Característica del eje para reductor seleccionado

Las características geométricas son los siguientes (ver anexo N° 5)

Reductor	d	B	B1	G1	L	L1	f	b1	t1
050	25h6	50	53.5	92	153	199	M10	8	28

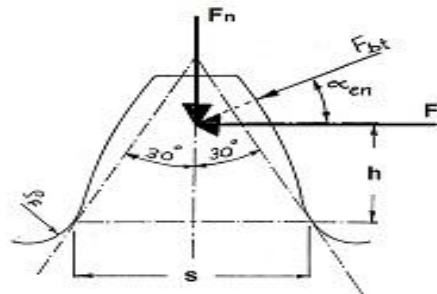
Todas las medidas del eje están en mm.

3.8.6. Cálculo de la fuerza que ejerce par de engranajes

Las fuerzas actúan, en los engranajes a lo largo de la línea de acción y para los efectos de cálculo se asumen siempre ubicadas sobre la circunferencia de paso.

En los engranajes cilíndricos rectos, la fuerza actuante en un engranaje embonado a otro, se manifiesta en dos direcciones, una radial y otra tangencial.

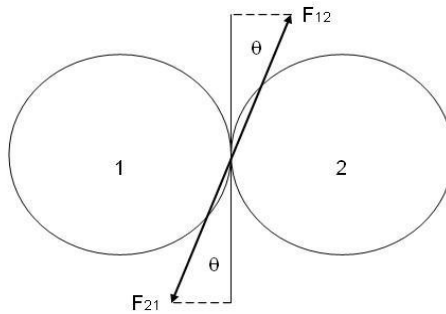
Figura 3.30. Fuerza transmitidas al diente



Fuente: es.wikipedia.org/wiki/Cálculo-de-Engranaje

Las fuerzas F_{12} y F_{21} son las fuerzas de acción y reacción, respectivamente. Ambas fuerzas actúan en la misma dirección de la línea de acción pero con diferentes sentidos. Las fuerzas F_{12} y F_{21} pueden representarse cada una en sus respectivas componentes, horizontal y vertical.

Figura 3.31. Engranajes 1 y 2 embonados



Fuente: [es.wikipedia.org/wiki/Cálculo-de-Engranaje](https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A1lculo_de_Engranaje)

3.8.6.1. Cálculo del momento torsor

$$Pot = \frac{M_t * n}{63000} \Rightarrow M_t = \frac{Pot * 63000}{n}$$

Donde:

Pot = Potencia requerida del motor ($P_r = 0.25$ Hp ver sección 3.7)

M_t = Momento torsor (lb * pul)

n = RPM ($n = 36$ rpm ver sección 3.4)

$$M_t = \frac{Pot * 63000}{n} = \frac{0.25 * 63000}{36}$$

$$M_t = 437.50 \text{ lb} * \text{pul}$$

$$M_t = 5039 \text{ kg} * \text{mm}$$

3.8.6.2. Cálculo fuerza tangencial

$$M_t = Ft * \frac{d}{2} \Rightarrow Ft = \frac{2 * M_t}{d}$$

Donde:

M_t = Momento torsor (ver sección 3.8.6.1)

F_t = Fuerza tangencial

d = Diámetro primitivo a relación de rodillo ($d = 76.20$ mm o 3 pulg ver plano N° 5)

$$F_t = \frac{2 * 437.50}{3} = 291.67 lb = 132.30$$

$$F_t = 132.30 \text{ kg}$$

3.8.6.3. Cálculo fuerza radial

$$F_r = F_t * \operatorname{tg} \theta$$

Donde:

F_r = Fuerza radial

F_t = Fuerza tangencial (ver sección 3.8.6.2)

θ = Ángulo de presión (ver anexo N° 6)

$$F_r = 132.30 * \operatorname{tg} 20^\circ$$

$$F_r = 48.15 \text{ kg}$$

3.8.6.4. Cálculo del número de dientes de piñones gemelos

Piñones gemelos:

$$D_p = D_g = C = 80.20 \text{ mm}, n = 36 \text{ rpm}$$

$$C = \frac{m}{2} (Z_p + Z_g) \Rightarrow \text{donde } Z_p = Z_g \Rightarrow m = \frac{2C}{Z_p + Z_g} = \frac{C}{Z_p}$$

Eligiendo el número mínimo de dientes de piñones de engranajes cilíndricos.

$$Z_{p \min} = 15 \Rightarrow (\text{ver anexo N° 6}) \Rightarrow m = \frac{C}{Z_p} = \frac{80.20}{15} = 5.34$$

Eligiendo el módulo de $m = 6$ aproximadamente

$$Z_p = \frac{C}{m}$$

$$Z_p = \frac{80.20}{6} = 13.37 \cong 13$$

$$Z_p = Z_g = 13$$

➤ **Cálculo de diámetro exterior**

$$D_e = D_p + 2m = 80.2 + 2 * 6$$

$$D_e = 92.20mm$$

➤ **Cálculo de diámetro interior**

$$D_i = D_p - 2(1.25 * m) = 80.20 - 2(1.25 * 6)$$

$$D_i = 65.20mm$$

➤ **Cálculo de cabeza del diente**

$$a = m = 6mm$$

➤ **Cálculo de pie del diente**

$$d = 1.25 * m = 1.25 * 6$$

$$d = 7.50mm$$

➤ **Cálculo de altura del diente**

$$h = a + d = 6 + 7$$

$$h = 13mm$$

➤ **Cálculo de paso circular**

$$p = m * \pi = 6 * \pi$$

$$p = 18.85mm$$

➤ **Cálculo de ancho del diente**

$$b = (6 - 10)m$$

$$b = 36mm$$

Por lo tanto se selecciona el material a la fatiga superficial AGMA para los engranajes (ver anexos N° 7 y 8).

3.9. Cálculo del peso de las partes que forman el rodillo superior

Es necesario el cálculo del peso, de cada elemento que conforma el rodillo superior para mediante cálculos matemáticos comprobar si resiste el eje dimensionado en base al mecanismo de apertura.

3.9.1. Cálculo del peso del tubo de acero inoxidable

Para calcular el peso se utiliza la ecuación y se despeja.

$$w = \delta * V$$

Donde:

w = Peso de tubo

δ = Densidad del acero inoxidable 304-L ($\delta = 7.93 * 10^{-6} \frac{kg}{mm^3}$ ver anexo N° 9)

V = Volumen de barra perforada

3.9.2. Ecuación del volumen del tubo de acero inoxidable

$$V = \frac{\pi}{4} * L * (D^2 - d^2)$$

Donde:

D = Diámetro exterior del tubo (ver plano N° 5)

d = Diámetro interior del tubo (ver plano N° 5)

L = Longitud del tubo (ver plano N° 5)

Peso del tubo de acero inoxidable

$$w = \delta * V$$

Reemplazando los valores a la ecuación dada:

$$w = 7.93 * 10^{-6} \frac{kg}{mm^3} * \frac{\pi}{4} * 300mm * (76.2^2 - 73^2)mm^2$$

$$w = 0.90 \text{ kg}$$

3.9.3. Centro de gravedad del tubo de acero inoxidable

$$x = \frac{L}{2} = \frac{300}{2}$$

$$x = 150\text{mm}$$

3.9.4. Cálculo del peso del buje izquierdo

Para calcular el peso se utiliza la ecuación.

$$w = \delta * V$$

Donde:

w = Peso del buje izquierdo

δ = Densidad del acero AISI 1018 $\delta = 7.9 * 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{mm}^3}$

V = Volumen del buje izquierdo

3.9.5. Ecuación del volumen del buje izquierdo

$$V = \frac{\pi}{4} (\sum L * D_b^2 - \sum L * d_b^2)$$

Donde:

D_b = Diámetro exterior de buje izquierdo rodillo superior (ver plano N° 4)

d_b = Diámetro interior de buje izquierdo rodillo superior (ver plano N° 4)

L = Longitud de buje izquierdo rodillo superior (ver plano N° 4)

3.9.6. Cálculo de peso del buje izquierdo

$$w = 7,9 \times 10^{-6} * \frac{\pi}{4} * [(50 * 70,13^2 + 40 * 45^2) - (90 * 25.13^2)]$$

$$w = 1,90 \left(\frac{kg}{mm^3} mm * mm^2 \right)$$

$$w = 1.90 \text{ kg}$$

3.9.7. Centro de gravedad del buje izquierdo

$$\bar{x} = \frac{\sum A * x}{\sum A}$$

Donde:

A = área de vista (ver plano N° 4)

x = distancia (ver plano N°4)

$$\bar{x} = \frac{(73.134 * 50 * 25) + (45 * 40 * 70)}{(73.13 * 50) + (45 * 40)}$$

$$\bar{x} = 39.84 \text{ mm}$$

Este peso está ubicado de derecha a izquierda a una distancia de 39.84 mm.

3.9.8. Cálculo del peso del buje derecho

Para calcular el buje derecho que será simétrico del buje izquierdo entonces el peso.

$$w = 1.90 \text{ kg}$$

3.9.9. Centro de gravedad del buje derecho

Para calcular el centro de gravedad del buje derecho que será simétrico del buje izquierdo.

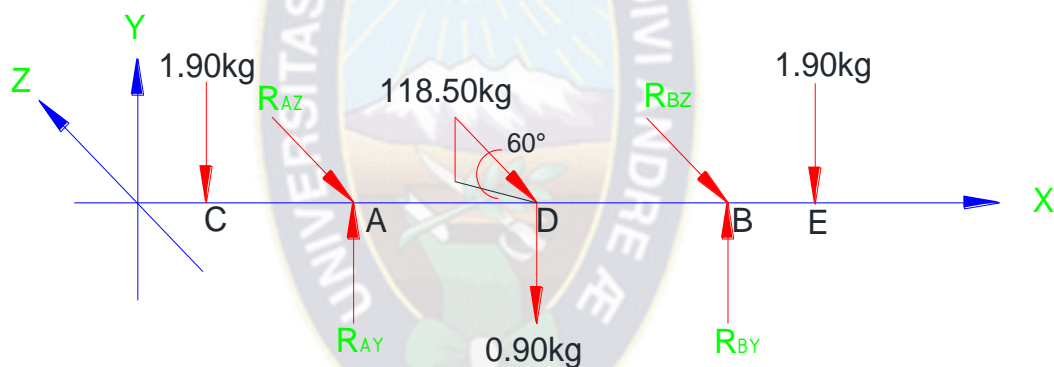
$$\bar{x} = 39.84 \text{ mm}$$

3.10. Carga que soporta al eje

Las cargas que se presenta en la figura 3.10, son las que va a soportar al eje las cuales se las obtuvo en las secciones anteriores, para la cual mediante cálculos se obtendrá las reacciones y se seleccionen los rodamientos.

- Carga en el punto D, Centro del rodillo (ver sección 3.5 y sección 3.9.2)
- Carga en el punto C, Peso del buje izquierdo (ver sección 3.9.6)
- Carga en el punto E, Peso del buje derecho (ver sección 3.9.8)
- Carga en el punto A, Reacción del rodillo y buje izquierdo
- Carga en el punto B, Reacción del rodillo y buje derecho

Figura 3.32. Fuerza que actúan en los puntos A y B del eje



Fuente: elaboración propia.

3.10.1. Descomposición de la fuerza para laminar en el punto D del eje superior

$$F_{DZ} = F \cos(60^\circ) = 118.50 \cos 60^\circ$$

$$F_{DZ} = 59.25 \text{ kg}$$

$$F_{DY} = F \sin(60^\circ) = 118.50 \sin(60^\circ)$$

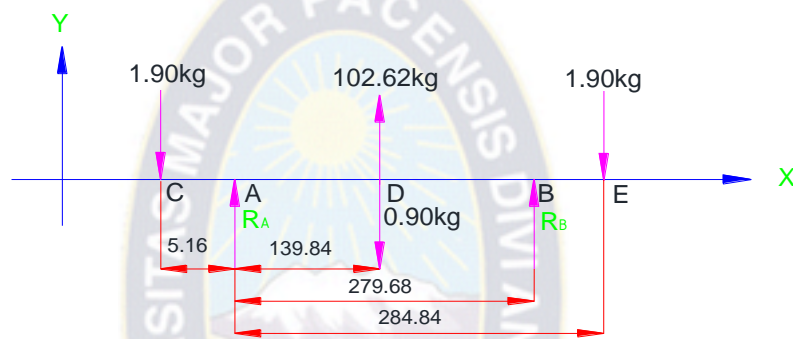
$$F_{DY} = 102.62 \text{ kg}$$

Para este cálculo primero se procede a calcular las reacciones que se encuentran localizados en los (puntos A y B).

3.10.2. Cálculos de las reacciones para el eje superior

3.10.2.1. Esquema en el plano XY del rodillo superior

Figura 3.33. Diagrama del cuerpo libre del eje en el plano XY



Fuente: elaboración propia.

➤ Cálculo de reacciones

$$\sum M_A = 0$$

$$\sum M_A = -(1.90 * 5.16) + (0.90 * 139.84) - (102.62 * 139.84) - (R_B * 279.68) + (1.90 * 284.84) = 0$$

$$R_{XYB} = -48.96 \text{ Kg} \downarrow$$

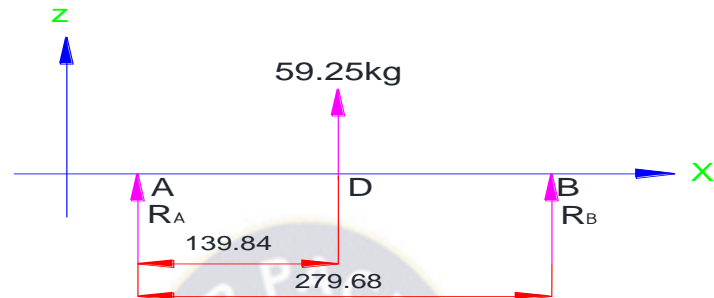
$$\sum F_y = 0$$

$$-1.90 + R_A - 0.90 + 102.50 - 48.96 - 1.90 = 0$$

$$R_{XYA} = -48.96 \text{ Kg} \downarrow$$

3.10.2.2. Esquema en el plano XZ del rodillo superior

Figura 3.34. Diagrama del cuerpo libre del eje en el plano XZ



Fuente: elaboración propia.

➤ Cálculo de reacciones

$$\sum M_A = 0$$

$$\sum M_A = -(59.25 * 139.84) - (R_B * 279.68) = 0$$

$$R_{ZB} = -29.62 \text{ kg} \downarrow$$

$$\sum F_z = 0$$

$$R_A + 59.25 - 29.62 = 0$$

$$R_{ZA} = -29.62 \text{ kg} \downarrow$$

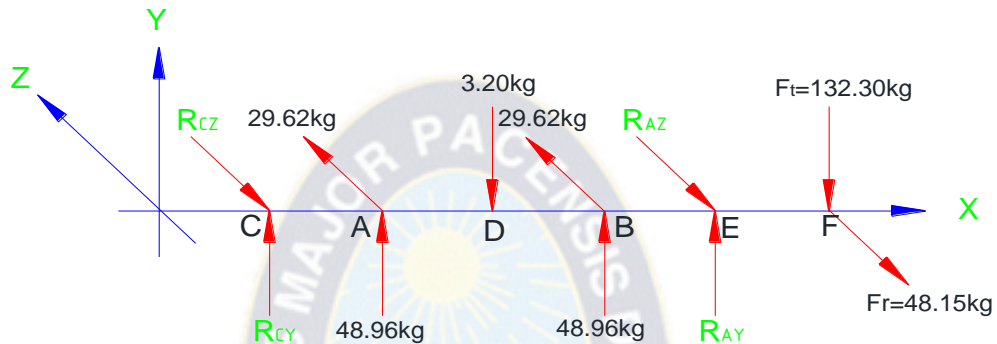
3.11. Cálculo del factor de seguridad del eje superior

Las cargas que se representa en la figura 3.11, son las que van a soportar el eje las cuales se las obtuvo en las secciones anteriores, para lo cual se verificará para el eje, utilizada las teorías de fallas.

- Carga en el punto A, reacción del rodillo y buje izquierdo (ver sección 3.10.2.1 y sección 3.10.2.2)
- Carga en el punto B, reacción del rodillo y buje derecho (ver sección 3.10.2.1 y sección 3.10.2.2)
- Carga en el punto D, peso del eje (ver plano N° 3)

- Carga en el punto F, reacción de engranaje (ver sección 3.8.6.2 y sección 3.8.6.3)
- Carga en el punto C, reacción del eje y rodamiento izquierdo
- Carga en el punto E, reacción del eje y rodamiento derecho

Figura 3.35. Descomposición de fuerzas que actúan en el eje superior

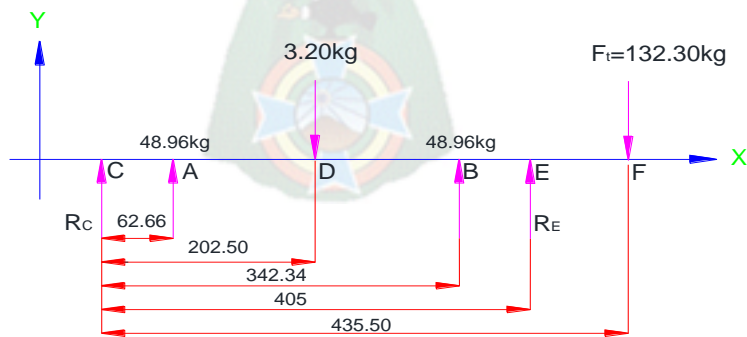


Fuente: elaboración propia.

3.11.1 Cálculo de reacciones del eje superior

3.11.1.1. Plano XY del eje superior

Figura 3.36. Diagrama cuerpo libre del eje superior



Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de reacciones en el plano XY

$$\sum M_C = 0$$

$$\sum M_C = -(48.96 * 62.66) + (3.20 * 202.50) - (48.96 * 342.34) - (R_E * 405) + (132.30 * 435.50) = 0$$

$$R_E = 94.90 \text{ kg} \uparrow$$

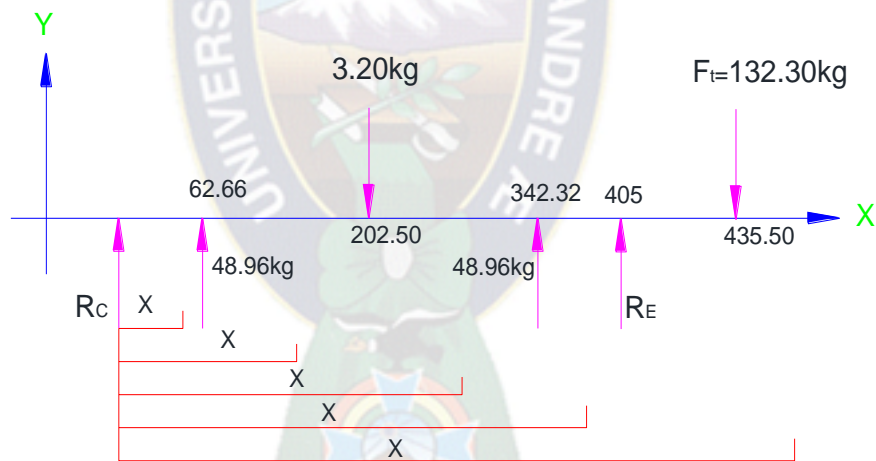
$$\sum F_y = 0$$

$$\sum F_y = R_C + 48.96 - 3.20 + 48.96 + 94.90 - 132.30 = 0$$

$$R_C = -57.32 \text{ kg} \downarrow$$

3.11.1.2. Cálculo de momento flector, plano XY para cálculo del eje superior

Figura 3.37. Diagrama de momento flector del eje superior



Fuente: elaboración propia.

➤ Cálculo de momento flector

$$0 \leq x \leq 62.66 \Rightarrow M_x = -57.32(x)$$

$$62.66 \leq x \leq 202.50 \Rightarrow M_x = -57.32(x) + 48.96(x - 62.66)$$

$$202.50 \leq x \leq 342.32 \Rightarrow M_x = -57.32(x) + 48.96(x - 62.66) - 3.20(x - 202.50)$$

$$342.32 \leq x \leq 405 \Rightarrow$$

$$M_x = -57.32(x) + 48.96(x - 62.66) - 3.20(x - 202.50) + 48.96(x - 342.32) - 132.30(x - 425.50)$$

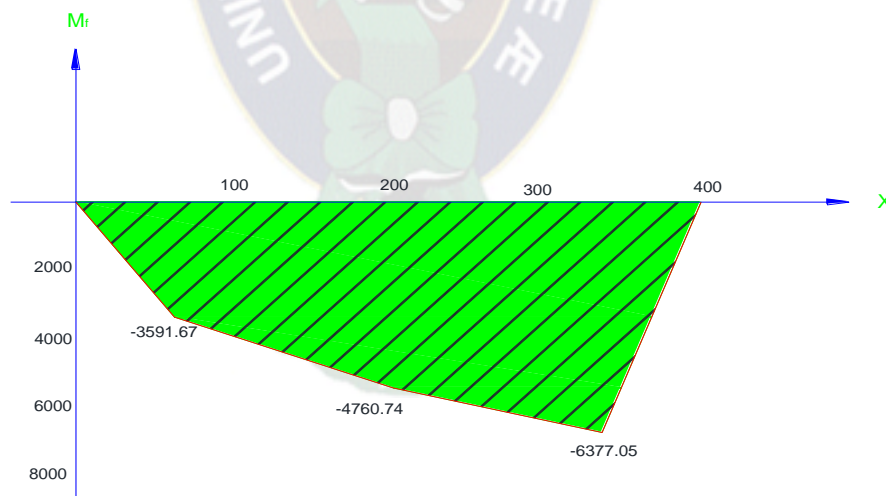
Tabla 6. Momento flector en el plano XY del eje superior

x	M_x	$M_f [kgmm]$
0	M_0	0
62.66	$M_{62.66}$	-3591.67
202.50	$M_{202.50}$	-4760.74
342.32	$M_{342.32}$	-6377.05
405	M_{405}	0

Fuente: elaboración propia.

➤ **Diagrama de momento flector**

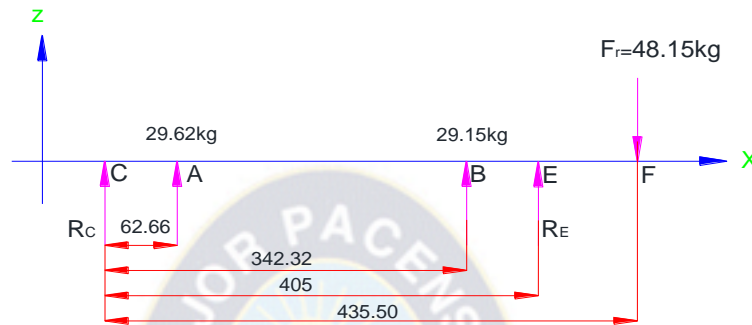
Figura 38. Diagrama de momento flector, plano XY para cálculo del eje superior



Fuente: elaboración propia.

3.11.1.3. Plano XZ del eje superior

Figura 3.39. Diagrama del cuerpo libre del eje en el plano XZ para cálculo del eje superior



Fuente: elaboración propia.

➤ Cálculo de las reacciones en el plano XZ

$$\sum M_C = 0$$

$$\sum M_C = -(29.62 * 62.66) - (29.62 * 342.32) - (R_E * 405) + (48.15 * 435.50) = 0$$

$$R_E = 22.16 \text{ kg } \uparrow$$

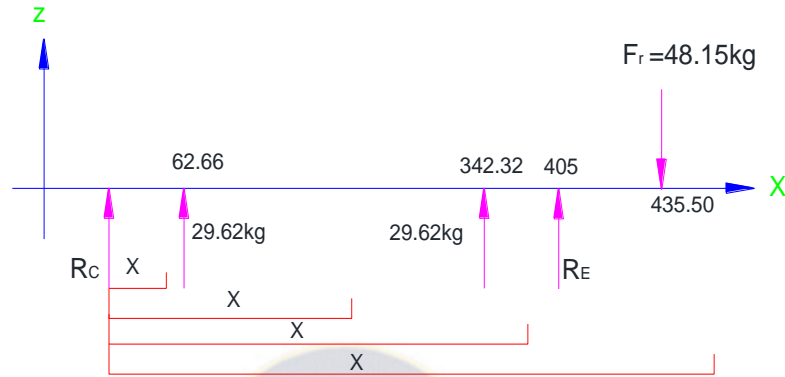
$$\sum F_y = 0$$

$$\sum F_y = R_C + 29.62 + 29.62 + 22.16 - 48.15 = 0$$

$$R_C = -33.25 \text{ kg } \downarrow$$

3.11.1.4. Cálculo de momento flector, plano XZ para cálculo del eje superior

Figura 3.40. Diagrama del cuerpo libre del eje superior



Fuente: elaboración propia.

➤ **Cálculo de momento flector**

$$0 \leq x \leq 62.66 \Rightarrow M_x = -33.25(x)$$

$$62.66 \leq x \leq 342.32 \Rightarrow M_x = -33.25(x) + 29.62(x - 62.66)$$

$$342.32 \leq x \leq 405 \Rightarrow$$

$$M_x = -33.25(x) + 29.62(x - 62.66) + 29.62(x - 342.32) - 48.15(x - 435.50)$$

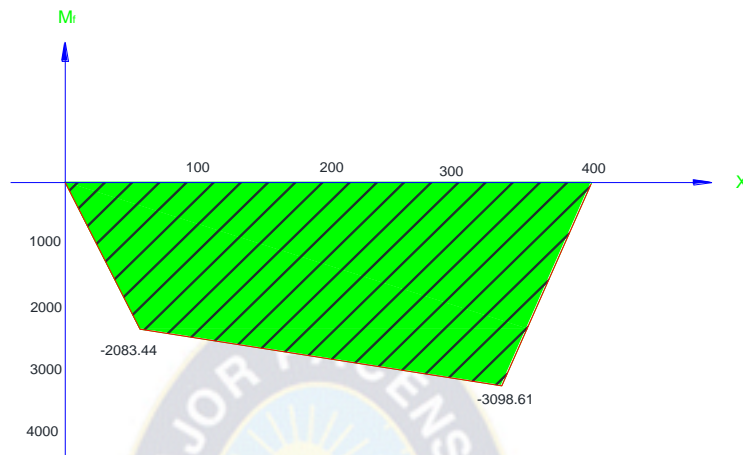
Tabla 7. Cálculo de momento flector en el plano XZ

x	M_x	$M_f [kgmm]$
0	M_0	0
62.66	$M_{62.66}$	-2083.44
342.32	$M_{342.32}$	-3098.61
405	M_{405}	0

Fuente: elaboración propia.

➤ **Diagrama de momento flector**

Figura 3.41. Diagrama de momento flector, plano XZ para cálculo del eje superior



Fuente: elaboración propia.

3.11.2. Cálculo de momento flector resultante en el punto más crítico

Calculamos el momento flector resultante, se observa que el punto más crítico es B.

$$M_{FR} = \sqrt{(-6377.05)^2 + (-3098.61)^2}$$

$$M_{FR} = 7090.00 \text{ [kgmm]}$$

3.11.3. Análisis de esfuerzo flector

$$\sigma_x = \frac{32 * M_f}{\pi * d^3}$$

Donde:

M = Momento flector resultante (ver sección 3.11.2)

d = Diámetro del eje (25 mm ver plano N° 3)

$$\sigma_x = \frac{32 * 7090.00}{\pi * 25^3}$$

$$\sigma_x = 4.65 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

3.11.4. Análisis de esfuerzo de torsión

$$\tau_{xy} = \frac{16 * T}{\pi * d^3}$$

Donde:

T = Torque que realiza el movimiento de rodillo (ver sección 3.7)

d = Diámetro del eje (25 mm ver plano N° 3)

$$\tau_{xy} = \frac{16 * 2719.20}{\pi * 25^3}$$

$$\tau_{xy} = 0.88 \frac{kg}{mm^3}$$

3.11.5. Cálculo factor de seguridad “n”

Se utiliza la ecuación de la teoría de energía de la distorsión, debido que eje soporta un esfuerzo.

$$n = \frac{\pi * d^3}{32 \sqrt{\left[\frac{T}{S_y}\right]^2 + \left[\frac{M_F}{S_e}\right]^2}}$$

Donde:

S_y = Esfuerzo de fluencia

S_e = Esfuerzo de rotura

T = Torsión (2719.20 mm ver sección 3.7)

M_F = Momento flector (ver sección 3.11.2)

d = Diámetro del eje (25 mm ver plano N° 3)

3.11.5.1. Análisis del límite de fatiga para el cálculo del rodillo superior

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f * S_e'$$

S_e = Límite de resistencia a la fatiga del elemento mecánico

S_e' = Límite de resistencia a la fatiga de la muestra

k_a = Factor de superficie

k_b = Factor de tamaño

k_c = Factor de confiabilidad

k_d = Factor de temperatura

k_e = Factor de modificación por concentración del esfuerzo

k_f = Factor de efectos diversos

Se observa que predomina la flexión por lo tanto:

$$S_e' = 0.5 S_{ut}$$

3.11.5.2. Propiedad del material para el eje del rodillo superior

Para un acero de transmisión AISI 4140 (ver anexo N° 2)

$$S_y = 44.28 \frac{kg}{mm^2}$$

$$S_{ut} = 63.33 \frac{kg}{mm^2}$$

3.11.5.3. Cálculo de factores de modificación del límite de fatiga

Factor de superficie (ver anexo N° 14)

$$k_a = 0.91 \text{ Acabado}$$

Factor de tamaño

$$k_b = 0.78$$

Factor de confiabilidad (ver anexo N° 15)

$$k_c = 0.9 \text{ Para una confiabilidad del 90\%}$$

Factor de temperatura

$$k_d = 0.9$$

Factor de concentración de tensiones

$$k_e = \frac{1}{k_f} = \frac{1}{q * (k_t - 1) + 1}$$

✓ Sensibilidad a la entalla (ver anexo N° 16)

$$q = 0.75$$

✓ Factor teórico de concentración de esfuerzos (ver anexo N° 17)

$$\frac{D}{d} = \frac{76.2}{25} = 3.048 \quad \frac{r}{d} = \frac{1.58}{25} = 0.063$$

$$k_t = 2$$

$$k_e = \frac{1}{0.75 * (2 - 1) + 1} = 0.57$$

$$k_f = 0.75 * (2 - 1) + 1 = 1.75$$

Remplazando los valores a la ecuación se tiene:

$$S_e = 0.91 \cdot 0.78 \cdot 0.9 \cdot 0.9 \cdot 0.57 \cdot 1.75 \cdot 0.5 \cdot 63.33$$

$$S_e = 18.16 \frac{kg}{mm^2}$$

Remplazando los valores a la ecuación se tiene:

$$n = \frac{\pi * 25^3}{32 \sqrt{\left[\frac{2719.20}{44.28} \right]^2 + \left[\frac{7090.00}{18.16} \right]^2}} \frac{mm^3}{\sqrt{\left[\frac{kgmm}{kg} \right]^2 + \left[\frac{kgmm}{kg} \right]^2}} \frac{mm^3}{mm^3}$$

$$n = 3.88$$

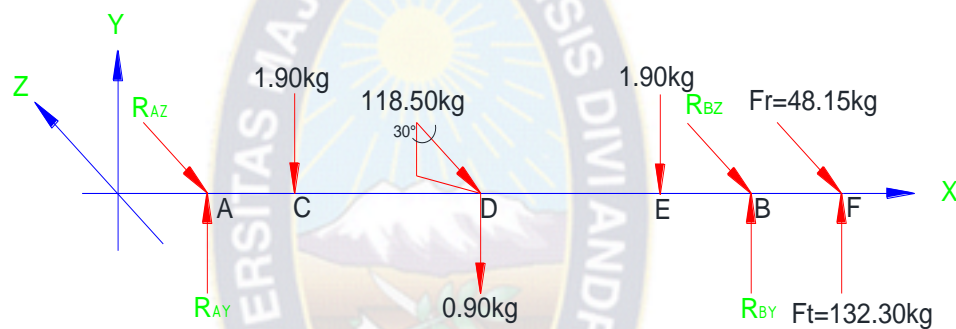
Con un factor de seguridad de 3.88 se dice que el eje resiste a la carga con la cual se va a trabajar en el laminado.

3.12. Dimensionamiento del rodillo inferior

Las cargas que se presenta en la figura 3.22, son las que van a soportar el rodillo inferior las cuales se las obtuvo en las secciones anteriores.

- Carga en los puntos C y E, pesos de los bujes de izquierdo y derecho (ver sección 3.9.6 y sección 3.9.8)
- Carga en el punto D, centro del rodillo (ver sección 3.5 y sección 3.9.2)
- Carga en el punto F, engranaje (ver sección 3.8.6.2 y sección 3.8.6.3)
- Carga en los puntos A y B, son reacciones del eje y bujes de izquierdo y derecho

Figura 3.42. Fuerza que actúan en el rodillo inferior



Fuente: elaboración propia.

3.12.1. Descomposición de la fuerza a laminar en el punto D del rodillo inferior

$$F_{DZ} = F \sin 30^\circ = 118.50 \sin 30^\circ$$

$$F_{DZ} = 59.25 \text{ kg}$$

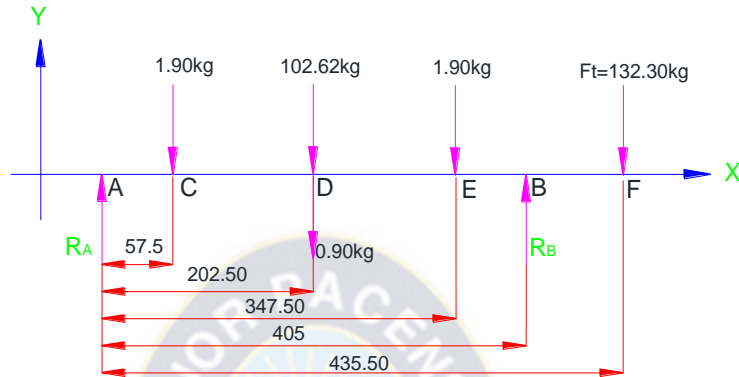
$$F_{DY} = F \cos 30^\circ = 118.50 \cos 30^\circ$$

$$F_{DY} = 102.62 \text{ kg}$$

3.12.2. Cálculo de las reacciones del rodillo inferior

3.12.2.1. Plano XY del rodillo inferior

Figura 3.43. Diagrama del cuerpo libre del rodillo inferior en el plano XY



Fuente: elaboración propia.

➤ Cálculo de reacciones

$$\sum M_A = 0$$

$$(1.90 * 57.50) + (102.62 * 202.50) + (0.90 * 202.50) + (1.90 * 347.50) - (R_B * 405) + (132.30 * 435.50) = 0$$

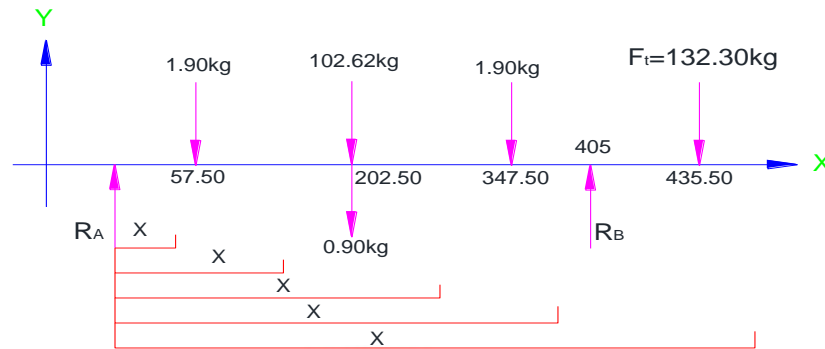
$$R_B = 195.92 \text{ kg}$$

$$\sum F_Y = R_A - 1.90 - 102.62 - 0.90 - 1.90 + 195.92 - 132.30 = 0$$

$$R_A = 43.70 \text{ kg}$$

3.12.2.2. Cálculo del momento flector, plano XY para el eje inferior

Figura 3.44. Diagrama del cuerpo libre en el plano XY



Fuente: elaboración propia.

➤ **Cálculo de momento flector**

$$0 \leq x \leq 57.50 \Rightarrow M_x = 43.70(x)$$

$$57.50 \leq x \leq 202.50 \Rightarrow M_x = 43.70(x) - 1.90(x - 57.50)$$

$$202.50 \leq x \leq 347.50 \Rightarrow$$

$$M_x = 43.70(x) - 1.90(x - 57.50) - 102.62(x - 202.50) - 0.90(x - 202.50)$$

$$347.50 \leq x \leq 405 \Rightarrow$$

$$M_x = 43.70(x) - 1.90(x - 57.50) - 102.62(x - 202.5) - 0.90(x - 202.5) - 1.90(x - 347.5) - 132.30(x - 435.5)$$

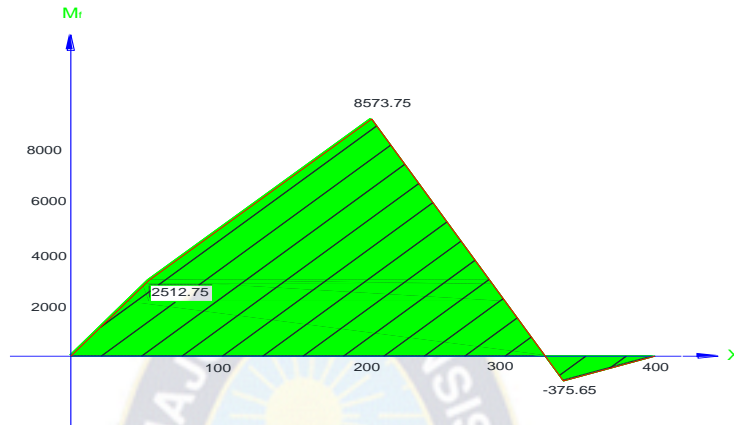
Tabla 8. Momento flector en el plano XY del eje inferior

x	M_x	$M_f [kgmm]$
0	M_0	0
57.50	$M_{57.50}$	2512.75
202.50	$M_{202.50}$	8573.75
347.50	$M_{347.50}$	-375.65
405	M_{405}	0

Fuente: elaboración propia.

➤ Diagrama de momento flector

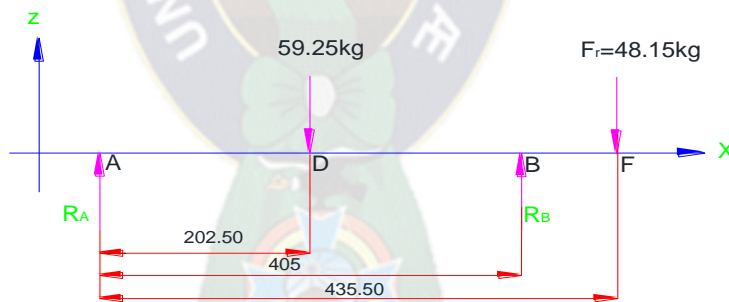
Figura 3.45. Diagrama de momento flector, plano XY, rodillo inferior



Fuente: elaboración propia.

3.12.2.3. Plano XZ del rodillo inferior

Figura 3.46. Diagrama del cuerpo libre del rodillo inferior en el plano XZ



Fuente: elaboración propia.

➤ Cálculo de las reacciones

$$\sum M_A = 0$$

$$\sum M_A = (59.25 * 202.50) - (R_B * 405) + (48.15 * 435.50) = 0$$

$$R_B = 81.40 \text{ kg } \uparrow$$

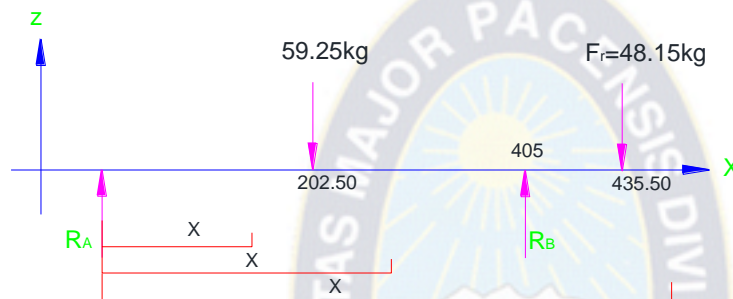
$$\sum F_y = 0$$

$$\sum F_y = R_A - 59.25 + 81.40 - 48.15 = 0$$

$$R_A = 26.00 \text{ kg } \uparrow$$

3.12.2.4. Cálculo del momento flector, plano XZ para el eje inferior

Figura 3.47. Diagrama del cuerpo libre en el plano XZ



Fuente: elaboración propia.

$$0 \leq x \leq 202.50 \Rightarrow M_x = 26.00(x)$$

$$202.50 \leq x \leq 405 \Rightarrow M_x = 26.00(x) - 59.25(x - 202.50) - 48.15(x - 435.50)$$

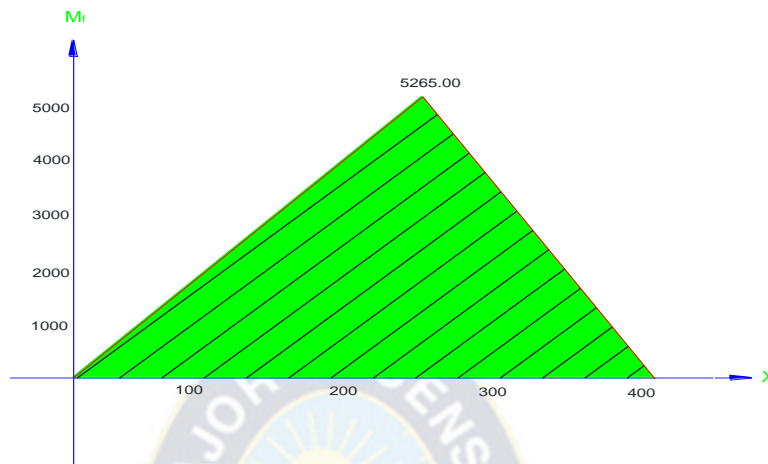
Tabla 9. Cálculo de momento flector en el plano XZ del eje inferior

x	M_x	$M_f [kgmm]$
0	M_0	0
202.50	$M_{202.50}$	5265.00
405	M_{405}	0

Fuente: elaboración propia.

➤ Diagrama de momento flector

Figura 3.48. Diagrama de momento flector, plano XZ para cálculo del eje inferior



Fuente: elaboración propia.

3.12.3. Cálculo de momento flector resultante en el punto más crítico

Calculamos el momento flector resultante, se observa que el punto más crítico es D.

$$M_{FR} = \sqrt{(8573.75)^2 + (5265.00)^2}$$

$$M_{FR} = 10061.28 \text{ [kgmm]}$$

3.12.4. Análisis de esfuerzo flector

$$\sigma_x = \frac{32 * M_f}{\pi * d^3}$$

Donde:

M = Momento flector resultante (ver sección 3.12.2.5)

d = Diámetro del eje (25 mm ver plano N° 3)

$$\sigma_x = \frac{32 \cdot 10061.28}{\pi \cdot 25^3}$$

$$\sigma_x = 6.60 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

3.12.5. Análisis de esfuerzo de torsión

$$\tau_{xy} = \frac{16 * T}{\pi * d^3}$$

Donde:

T = Torque que realiza el movimiento de rodillo (ver sección 3.7)

d = Diámetro del eje (25 mm ver plano N° 3)

$$\tau_{xy} = \frac{16 * 2719.20}{\pi * 25^3}$$

$$\tau_{xy} = 0.88 \frac{kg}{mm^3}$$

3.12.6. Cálculo factor de seguridad “n”

Se utiliza la ecuación de la teoría de energía de la distorsión, debido que eje soporta un esfuerzo.

$$n = \frac{\pi * d^3}{32 \sqrt{\left[\frac{T}{S_y} \right]^2 + \left[\frac{M_F}{S_e} \right]^2}}$$

Donde:

S_y = Esfuerzo de fluencia

S_e = Esfuerzo de rotura

T = Torsión (2719.20 kgmm ver sección 3.7)

M_F = Momento flector (ver sección 3.12.2.5)

d = Diámetro del eje (25 mm ver en el plano N° 3)

3.12.6.1. Análisis del límite de fatiga para el cálculo del rodillo inferior

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f * S_e'$$

S_e = Límite de resistencia a la fatiga del elemento mecánico

S_e' = Límite de resistencia a la fatiga de la muestra

k_a = Factor de superficie

k_b = Factor de tamaño

k_c = Factor de confiabilidad

k_d = Factor de temperatura

k_e = Factor de modificación por concentración del esfuerzo

k_f = Factor de efectos diversos

Se observa que predomina la flexión por lo tanto:

$$S_e' = 0.5S_{ut}$$

3.12.6.2. Propiedad del material para el eje del rodillo inferior

Para un acero de transmisión AISI 4140(ver anexo N° 2)

$$S_y = 44.28 \frac{kg}{mm^2}$$

$$S_{ut} = 63.33 \frac{kg}{mm^2}$$

3.12.6.3. Cálculo de factores de modificación del límite de fatiga

Factor de superficie (ver anexo N° 14)

$$k_a = 0.91 \text{ Acabado}$$

Factor de tamaño

$$k_b = 0.78$$

Factor de confiabilidad (ver anexo N° 15)

$$k_c = 0.9 \text{ Para una confiabilidad del 90\%}$$

Factor de temperatura

$$k_d = 0.9$$

Factor de concentración de tensiones

$$k_e = \frac{1}{k_f} = \frac{1}{q * (k_t - 1) + 1}$$

✓ Sensibilidad a la entalla (ver anexo N° 16)

$$q = 0.75$$

✓ Factor teórico de concentración (ver anexo N° 17)

$$\frac{D}{d} = \frac{76.20}{25} = 3.034 \quad \frac{r}{d} = \frac{1.58}{25} = 0.063$$

$$k_t = 2$$

$$k_e = \frac{1}{0.75 * (2 - 1) + 1} = 0.57$$

$$k_f = 0.75 * (2 - 1) + 1 = 1.75$$

Remplazando los valores en la ecuación se tiene:

$$S_e = 0.91 \cdot 0.78 \cdot 0.9 \cdot 0.9 \cdot 0.57 \cdot 1.75 \cdot 0.5 \cdot 63.33$$

$$S_e = 18.15 \frac{kg}{mm^2}$$

Remplazando los valores en la ecuación se tiene:

$$n = \frac{\pi * 25^3}{32 \sqrt{\left[\frac{2719.20}{44.28} \right]^2 + \left[\frac{10061.28}{18.15} \right]^2} \sqrt{\left[\frac{kgmm}{kg} \right]^2 + \left[\frac{kgmm}{mm^2} \right]^2} \frac{mm^3}{mm^3}$$

$$n = 2.75$$

Como se puede notar con la base a la energía de distorsión el diámetro nos da un factor de seguridad 2.75 el eje aceptable.

3.13. Selección de los rodamientos

La selección de los rodamientos para la chumacera, se realiza en base a la carga ambos extremos que debe soportar.

Selección de rodamiento para la chumacera 6805 ZZ LLB (ver anexo N° 18).

Cuyas característica más importante son:

Tabla 10. Datos del rodamiento

D	25 mm
D	37 mm
E	7 mm
r	0.3 mm
C	4.30 kN
Co	2.95 kN

Fuente: elaboración propia.

Donde:

d = Diámetro interior del rodamiento

D = Diámetro exterior del rodamiento

e = Espesor de rodamiento

r = Radio de redondeo

C = Capacidad de carga dinámica

Co = Capacidad de carga estática

3.13.1. Rodamiento A del rodillo inferior

El rodamiento A, se coloca en el lado izquierdo del rodillo inferior.

Con las reacciones calculadas en las secciones que se mencionan a continuación se puede verificar la selección de los rodamientos.

$$\text{Plano XY } R_{XYA} = 43.70kg$$

$$\text{Plano XZ } R_{XZA} = 26.00kg$$

➤ **Constante de fl y fn**

Si la máquina trabaja 8h diarias 300 días al año, tenemos una vida 2400 h, encontramos un factor de esfuerzo dinámico fl de 1.69 (ver anexo N° 10).

Para una velocidad de 36 RPM tenemos un factor de velocidad de giro fn de 0.975 (ver anexo N° 10).

➤ **Cálculo de la fuerza radial resultante en el punto A, rodamiento izquierdo**

$$f_r = \sqrt{(43.70^2 + 26.00^2)} = 50.85kg * \frac{4.45N}{0.454kg} * \frac{1k}{1000} = 0.50kN$$

$$f_r = 0.50 \text{ kN}$$

➤ **Carga dinámica P = X * Fr + Y * Fa**

Como no se tiene carga axial, y el factor radial Xo es 1 la expresión se reduce a:

$$P = f_r$$

$$P = 0.50 \text{ kN}$$

➤ **Ecuación del factor de esfuerzo dinámico**

Despejando de la ecuación la capacidad de carga dinámica requerida y reemplazando se tiene:

$$C_{req} = \frac{Fr}{Fn} * P = \frac{1.69}{0.975} * 0.50 = 0.86kN$$

$$C_{req} = 0.86kN$$

Por lo tanto el rodamiento seleccionado para la chumacera, resiste las cargas presente en el punto A debido a que $C_{req} \leq C_{din}$ (ver tabla 10).

➤ **Carga estática**

Para calcular la carga estática se reemplaza los valores en la ecuación tomando en cuenta que para una exigencia normal tenemos un factor de esfuerzo estático f_s de 0.98 (ver anexo N°11).

$$C_o = F_s * P_o = 0.98 * 0.50 = 0.50kN$$

$$C_o = 0.50kN$$

Por lo tanto $C_{oreq} \leq C_{oest}$ (ver tabla 10), de lo cual se concluye que rodamiento seleccionado para la chumacera resiste las cargas que se generan en el punto A.

3.13.2. Rodamiento B del rodillo inferior

El rodamiento B, se coloca en el lado derecho del rodillo inferior.

Con las reacciones calculadas en las secciones que se mencionan a continuación se procede a verificar la sección de rodamientos.

$$\text{Plano XY } R_{XYB} = 195.92kg \qquad \text{Plano XZ } R_{XZB} = 81.40kg$$

➤ Constante de fl y fn

Si la maquina trabaja 8h diarias 300 días al año, tenemos una vida 2400 h, encontramos un factor de esfuerzo dinámico f_l de 1.69 (ver anexo N° 10).

Para una velocidad de 36 RPM tenemos un factor de velocidad de giro f_n de 0.975 (ver anexo N° 10).

➤ Cálculo de la fuerza radial resultante en el punto B, rodamiento derecho

$$f_r = \sqrt{(195.92^2 + 81.40^2)} = 212.16kg * \frac{4.45N}{0.454kg} * \frac{1k}{1000} = 2.08kN$$

$$f_r = 2.08 kN$$

➤ Carga dinámica $P = X * F_r + Y * F_a$

Como no se tiene carga axial, y el factor radial X_o es 1 la expresión se reduce a:

$$P = f_r$$

$$P = 2.08 kN$$

➤ **Ecuación del factor de esfuerzo dinámico**

Despejando de la ecuación la capacidad de carga dinámica requerida y reemplazando se tiene:

$$C_{req} = \frac{Fr}{Fn} * P = \frac{1.69}{0.975} * 2.08 = 3.60kN$$

$$C_{req} = 3.60kN$$

Por lo tanto el rodamiento seleccionado para la chumacera, resiste las cargas presente en el punto B debido a que $C_{req} \leq C_{din}$ (ver tabla 10).

➤ **Carga estática**

Para calcular la carga estática se reemplaza los valores en la ecuación tomando en cuenta que para una exigencia normal tenemos un factor de esfuerzo estático fs. de 0.98 (ver anexo 11).

$$C_o = 2.04kN$$

Por lo tanto $C_{oreq} \leq C_{oest}$ (ver tabla 10), de lo cual se concluye que rodamiento seleccionado para la chumacera resiste las cargas que se generan en el punto B.

3.13.3. Vida de los rodamientos, seleccionada para el rodillo inferior

La vida de los rodamientos se calcula con la ecuación:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 * n} * \left(\frac{C}{P} \right)^3$$

Donde:

L_{10h} = Vida nominal básica del rodamiento

C = Capacidad de carga dinámica (ver tabla 10)

P = Carga dinámica equivalente (ver sección 3.13.2)

n = Velocidad de rotación del rodamiento (ver sección 3.4)

Se tomaran los valores máximos de C y P para este tipo de cálculo.

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 * 36} * \left(\frac{4.30kN}{2.08kN} \right)^3 = 4090.36horas$$

$$L_{10h} = 4090.36horas$$

Si la máquina trabaja 8 horas al día se tendrá que cambiar los rodamientos en cada dos años, siempre y cuando cumplan las condiciones de lubricación.

3.14. Cálculo de la chaveta entre el engranaje y el eje

La chaveta a cálculo ira acoplada entre el engranaje y el eje, y para su cálculo se utiliza la siguiente ecuación.

$$\frac{S_{sy}}{n} = \tau$$

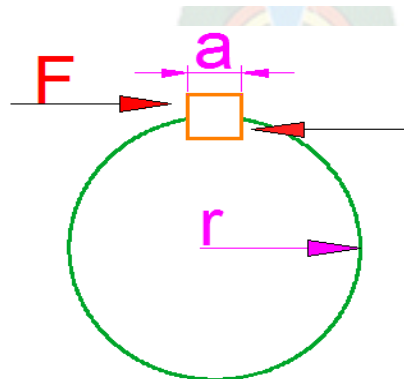
Donde:

S_{sy} = Esfuerzo permisible a corte

τ = Esfuerzo cortante

n = Factor de seguridad

Figura 49. Esquema para cálculo de la chaveta



Fuente: elaboración propia.

➤ **Cálculo del esfuerzo permisible a corte para el cálculo de la chaveta**

Para calcular el esfuerzo permisible a corte se utiliza la siguiente expresión matemática:

$$S_{sy} = 0.577 S_y$$

Donde:

S_{sy} = Esfuerzo permisible a corte

S_y = Límite de fluencia

Para la construcción de la chaveta se dispone de un acero AISI 1010 estirado en frío cuyo límite de fluencia es:

$$S_y = 30.39 \left(\frac{kg}{mm^2} \right) \text{ (ver anexo N° 2)}$$

Remplazando los valores a la ecuación se tiene:

$$S_{sy} = 0.577 * 30.93 = 17.85 \frac{kg}{mm^2}$$

$$S_{sy} = 17.85 \frac{kg}{mm^2}$$

➤ **Cálculo del esfuerzos cortante producidos en la chaveta**

$$\tau = \frac{F}{A}$$

Donde:

F = Fuerza tangencial

τ = Esfuerzo cortante

A = Área de corte en la chaveta

➤ **Cálculo de la fuerza tangencial que actúa en la chaveta**

$$F = \frac{T}{r}$$

Donde:

T = Torque presente en el rodillo (2 719.20 kg mm ver sección 3.7).

r = Radio donde se acopla el engranaje (10 mm ver plano N° 3).

$$F = \frac{2719.20}{10} = 271.92$$

$$F = 271.92 \text{ kg}$$

➤ **Cálculo del área de corte en la chaveta**

$$A = a * L$$

Donde:

a = Ancho de la chaveta (ver anexo N° 12, 6*6 mm en función del diámetro)

L = Longitud de la chaveta

$$A = 6 * L$$

Remplazando los valores a la ecuación se tiene:

$$\tau = \frac{271.92}{6 * L} = \frac{45.32}{L}$$

Por ultimo remplazando los valores a la ecuación y utilizando un margen de seguridad de 3 se obtiene la longitud de la chaveta

$$\frac{17.85}{3} = \frac{45.32}{L}$$

$$L = 7.62 \text{ mm}$$

Debido a que la longitud presenta un valor pequeño, se toma en cuenta la recomendación del anexo 13, que recomienda una chaveta igual o mayor al diámetro del eje para la cual la chaveta seleccionada es de 6*6*23 mm teniendo un h9 de tolerancia.

3.15. Armado de la estructura

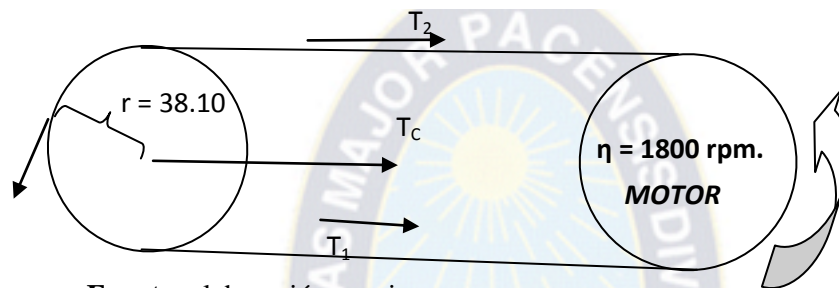
La estructura, es uno de los elementos más primordiales de la máquina laminadora puesto que en ella van montados todos los elementos y fuerzas que actúan en dicha máquina.

Es importante la fabricación de la estructura, con las normas establecidas de acuerdo al diseño. La estructura tiene que ser rígida, estable, resistente y al mismo tiempo sirve de apoyo y asiento a los demás conjuntos y partes que integran la máquina.

La estructura está construida, de un perfil tubo rectangular de acero st.37 que mide 40x20 mm, ancho de 1000 mm y largo de 530 mm. Para la unión de todas las piezas de la estructura, se emplea la soldadura eléctrica con un electrodo de aporte E - 6013 (ver plano N° 15).

3.16. Dimensionamiento de la banda de arrastre

Figura 3.50. Fuerza que actúan la cinta transportadora



Fuente: elaboración propia.

3.16.1. Cálculo del momento torsor

$$M_t = \frac{pot * 63000}{n}$$

Donde:

M_t = Momento torsor

Pot = Potencia Hp (ver sección 3.7)

n = rpm (ver sección 3.4)

Remplazando los valores a la ecuación

$$M_t = \frac{0.25 * 63000}{36} = 437.5 \text{ lb} * \text{pul}$$

$$M_t = 5\ 039.68 \text{ kg} * \text{mm}$$

➤ Cálculo de tensiones

$$T_2 = \frac{M_t}{2 * r}$$

Donde:

T_2 = Tensión de trabajo en la banda

M_t = Momento torsor

r = Radio del rodillo

$$T_2 = \frac{5039.68}{2 * 38.10}$$

$$T_2 = 66.14 \text{ kg}$$

➤ **Cálculo de tensiones**

$$T_1 = 3 \times T_2$$

Remplazando los valores a la ecuación:

$$T_1 = 3 \times 66.14 \text{ kg.}$$

$$T_1 = 198.42 \text{ kg.}$$

Finalmente tenemos de las tensiones tirante y floja

$$T_C = T_1 + T_2$$

Remplazando en la ecuación

$$T_C = 198.42 + 66.14$$

$$T_C = 264.56 \text{ kg}$$

3.16.2 Cálculo de longitud de la banda

$$L = 2 * C + \frac{\pi}{2} (2 * d)$$

Donde:

L = Longitud de la banda

C = Distancia entre centro

d = Diámetro del rodillo

$$L = 2 * 600 + \frac{\pi}{2} (2 * 76.2)$$

$$L = 1.439.40 \text{ mm}$$

➤ **Cálculo de la velocidad periférica V_p en el rodillo inferior**

$$V_p = \pi * D * n$$

Donde:

V_p = Velocidad periférica

D = Diámetro del rodillo

n = RPM (ver sección 3.4)

$$V_p = \pi * 76.2 * 36$$

$$V_p = 8.618.02 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

$$V_p = 0.144 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

Por lo tanto con la velocidad periférica es de 0.144 m/s se selecciona el material poliéster (ver anexos N° 20 y 21)

3.17. Selección de tornillos

3.17.1. Cálculo de los tornillos de sujeción que permitirán subir o bajar el rodillo superior

Tornillos que, permitirán subir o bajar el rodillo superior de laminación a la medida o espesor final que se quiera obtener sobre la laminación.

Para respectivo cálculo se utiliza la ecuación

$$\frac{S_{SY}}{n} = \tau$$

Donde:

S_{SY} = Esfuerzo permisible a corte

τ = Esfuerzo cortante

n = Factor de seguridad

➤ **Cálculo de esfuerzo permisible a corte**

Para calcular el esfuerzo permisible a corte se utiliza la ecuación

$$S_{SY} = 0.577 * S_Y$$

Donde:

S_{SY} = Esfuerzo permisible a corte

S_Y = Límite de fluencia

El cálculo de los tornillos se lo realiza de acuerdo a la disponibilidad del mercado, de lo cual se tiene resistencias de pernos grado métrico (ver anexo N° 19).

$$S_Y = 940MPa \Rightarrow 95.82 \frac{kg}{mm^2}$$

Remplazando valores en ecuación se tiene el esfuerzo permisible a corte

$$S_{SY} = 0.577 * 95.82$$

$$S_{SY} = 55.29 \frac{kg}{mm^2}$$

➤ **Cálculo del esfuerzo cortante producidos en los pernos**

Para realizar este cálculo se utiliza la ecuación

$$\tau = \frac{F}{A}$$

Donde:

τ = Esfuerzo cortante

F= Fuerza (ver sección 3.16.1)

A= Área de corte del perno

➤ **Cálculo del área de corte del perno**

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Donde:

D= Diámetro del perno

A= Área de corte del perno

Remplazando valores en ecuación se tiene el esfuerzo cortante

$$\tau = \frac{264.56}{\frac{\pi * D^2}{4}} = \frac{336.85Kg}{D^2}$$

Por último, reemplazando los valores a la ecuación dada, igualando y utilizando un factor de seguridad de 2.5 se obtiene el diámetro del perno.

$$\frac{55.29}{2.5} = \frac{336.85}{D^2}$$

$$D = 4.0mm$$

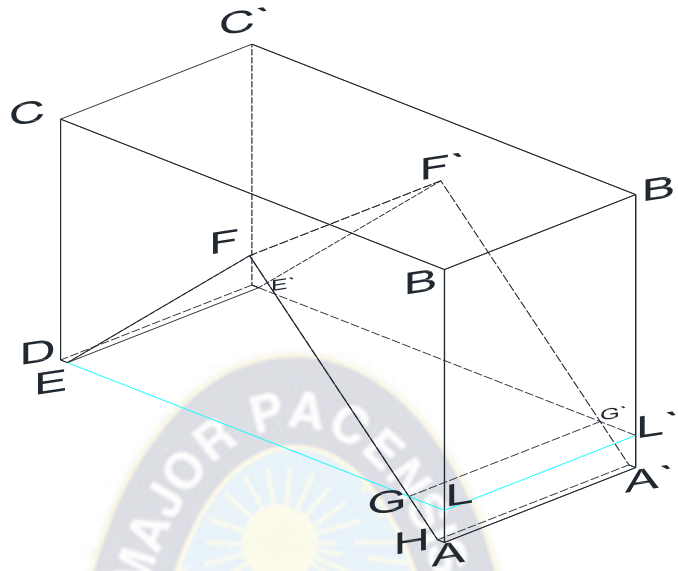
Por lo tanto, se selecciona cuatro tornillos grado métrico 10.9 M12 con una longitud de 50 mm ya que se encuentra como tamaño normalizado en los catálogos.

3.18. Dimensionamiento de la tolva de alimentación

La tolva, es un dosificador de pan molido, la forma y dimensión está en concordancia a la característica y disposición de los rodillos, el lado derecho de la tolva; dosificará la parte inferior de la milanesea y el lado izquierdo de la tolva, dosificará la parte superior de la milanesea, de lo contrario; no se tendría un apanado simultáneo de ambas caras.

El contenedor ubicado en la parte inferior de la mesa de la máquina, abastecerá de pan molido a la tolva, mediante una bomba centrífuga. El material no utilizado en la milanesea retornará al depósito inicial, previo paso por el tamiz.

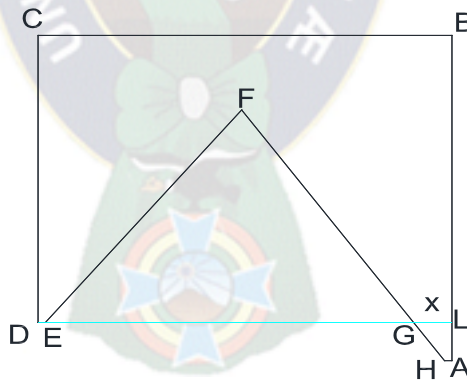
Figura 3.51. Esquema dimensional de la tolva



Fuente: elaboración propia.

3.18.1. Calcular la capacidad de la tolva

Figura 3.52. Esquema dimensional de la tolva en el plano



Fuente: elaboración propia.

Donde:

Distancia de puntos A y A' = $d_{AA'} = 280$ mm

Distancia de puntos A y B = $d_{AB} = 510$ mm

Distancia de puntos B y C = $d_{BC} = 562$ mm

Distancia de puntos C y D = $d_{CD} = 450$ mm

Distancia de puntos D y E = $d_{DE} = d_{HA} = 10$ mm

➤ **Calcular la distancia de x**

$$\tan 30 = \frac{x}{60} \Rightarrow x = 35 \text{ mm}$$

➤ **Cálculo del volumen total de la tolva**

$$V_{total} = V_{LL^1BB^1CC^1DD^1} - V_{GG^1FF^1EE^1} + V_{AA^1LL^1G^1HH^1}$$

➤ **Cálculo de $V_{LL^1BB^1CC^1DD^1}$**

$$V_{LL^1BB^1CC^1DD^1} = d_{BC} * d_{AA^1} * d_{CD}$$

$$V_{LL^1BB^1CC^1DD^1} = 562 * 280 * 450$$

$$V_{LL^1BB^1CC^1DD^1} = 70812000 \text{ mm}^3$$

➤ **Cálculo de $V_{GG^1FF^1EE^1}$**

$$V_{GG^1FF^1EE^1} = \frac{A_{base} * h}{3}$$

➤ **Cálculo de la base**

$$A_b = 507 * 280$$

$$A_b = 141960 \text{ mm}^2$$

➤ **Cálculo de la altura**

$$h = \sqrt{480^2 - 258.50^2}$$

$$h = 404.50 \text{ mm}$$

Remplazando los valores a la ecuación.

$$V_{GG^1FF^1EE^1} = \frac{141960 * 404.50}{3}$$

$$V_{GG^1FF^1EE^1} = 19140940 \text{ mm}^3$$

➤ **Cálculo del volumen**

$$V_{AA^1LL^1GG^1HH^1} = \frac{60 * 35 * 280}{2} + 60 * 10 * 280$$

$$V_{AA^1LL^1GG^1HH^1} = 462000 \text{ mm}^3$$

Remplazando los valores a la ecuación de volumen de la tolva.

$$V_{total} = 70812000 - 19140940 + 462000$$

$$V_{total} = 52133060 \text{ mm}^3$$

3.18.2. Calcular la capacidad del depósito de pan molido

$$m = \delta * V_T$$

Donde:

m = Capacidad

δ = Densidad de pan molido ($6 \times 10^{-7} \frac{\text{kg}}{\text{mm}^3}$)

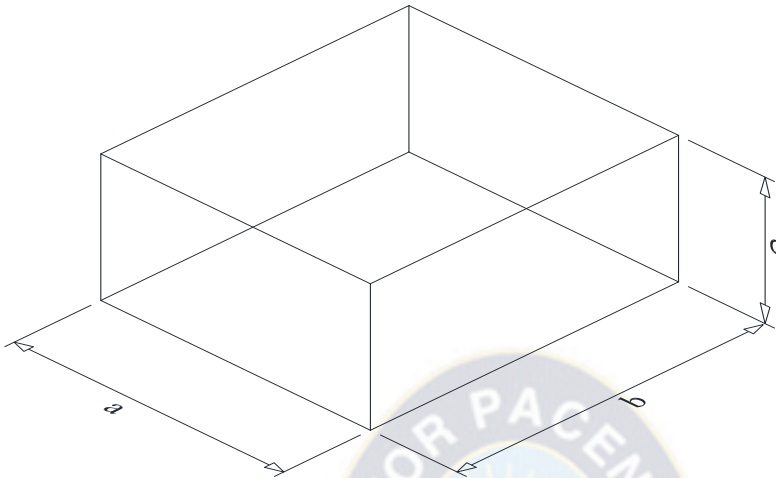
V_T = Volumen total

$$m = 6 \times 10^{-7} * 52133060$$

$$m = 31.28 \text{ kg} \Rightarrow m = 2 \frac{3}{4} \text{ Arroba aproximadamente}$$

3.19. Dimensionamiento del depósito de pan molido

Figura 3.53. Esquema dimensional de alimentación



Fuente: elaboración propia.

3.19.1. Cálculo de volumen total del depósito pan molido

Cálculo de volumen total

$$V_T = a * b * c$$

Donde:

V_T = Volumen total depósito pan molido

a = Dimensionamiento de la arista 280 mm

b = Dimensionamiento de la arista 320 mm

c = Dimensionamiento de la arista 158 mm

$$V_T = 280 * 320 * 158$$

$$V_T = 14156800 \text{ mm}^3$$

3.19.2. Cálculo la capacidad del depósito de pan molido

$$m = \delta * V_T$$

Donde:

m = Capacidad

δ = Densidad de pan molido ($6 \times 10^{-7} \frac{kg}{mm^3}$)

V_T = Volumen total

$$m = 6 \times 10^{-7} * 14156800$$

$$m = 8.50 \text{ kg}$$

3.20. Cálculo de la potencia del motor centrífugo

La potencia que tiene el motor centrífugo, de esta máquina laminadora, es la que dará impulso para que el pan molido suba a la tolva.

La longitud del tubo cilindro hueco es de 1.10 m de altura y de 4 pulgada diámetro, el caudal es de $8.9408 \times 10^{-5} \frac{m^3}{s}$ transfiere el pan molido durante el trayecto y viene dada por la ecuación.

$$P = \frac{\rho * g * H * Q}{n}$$

Donde:

P = Potencia en kwatts

ρ = Densidad del pan molido (6×10^{-7}) $\frac{kg}{mm^3}$

g = Aceleración de gravedad $9.8 \frac{m}{s^2}$

H = Altura de tubo en 1.10 m

Q = El caudal en $8.9408 \times 10^{-5} \frac{m^3}{s}$

n = La eficiencia del bomba (0,4 a 0,7)

Remplazando los valores a la ecuación se tiene:

$$P = \frac{600 \cdot 9.8 \cdot 1.10 \cdot 8.9408 \times 10^{-5}}{0.4}$$

$$p = 1.445 \text{ kW}$$

$$p = 1.92 \text{ Hp} \cong 2 \text{ Hp}$$

Por lo tanto, esta es la potencia del motor es 2 Hp ver anexo 4, que debe impulsar el pan molido hasta la tolva.

3.21. Cálculo de la velocidad periférica del aspa

$$v = 2 * \pi * r * \eta$$

Donde:

V = Velocidad periférica del aspa.

r = Radio del centro de la aspa es 0.125 m.

η = Número de revoluciones del motor 1000 rpm o 16.667 rps (ver anexo N° 4).

Remplazando los valores a la ecuación se tiene:

$$v = 2 * \pi * 0.25 * 16.667$$

$$v = 13.09 \frac{m}{s}$$

3.21.1. Cálculo de fuerza centrífuga del aspa

Cálculo de la fuerza centrífuga producida por las aspas.

$$F_c = \frac{m * v^2}{r}$$

Donde:

F_c = Fuerza centrífuga del aspa *kg*

m = Masa del aspa (0.4 *kg*)

r = Radio del centro del aspa ($r = 0.125$ *mt*)

v = Velocidad periférica del aspa ($v = 13.09 \frac{m}{s}$)

Remplazando los valores a la ecuación se tiene:

$$F_c = \frac{0.4 * (13.09)^2}{0.125}$$

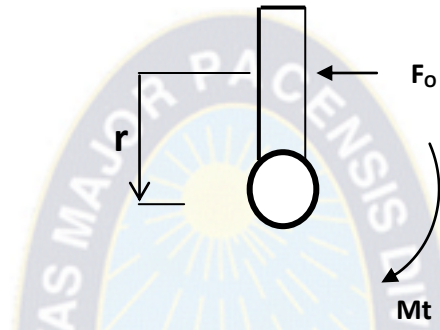
$$F_c = 548.32 \text{ N}$$

Transformando Newton a kilogramo

$$F_o = 55.92 \text{ kg}$$

3.21.2. Cálculo de la fuerza de oposición de la carga

Figura 54. La fuerza de oposición de la carga



Fuente: elaboración propia.

$$M_t = F_o * r$$

Donde:

M_t = Momento torsor que transmite del motor (kg-mm)

F_o = Fuerza de posición de la carga (kg).

r = Distancia del centro árbol al centro del aspa ($r = 62.50$ mm).

3.21.3. Cálculo de momento torsor

La ecuación se tiene:

$$M_t = \frac{Pot * 6300}{\eta}$$

Donde:

M_t = Momento torsor (lb-pulg)

Pot = Potencia que transmite ($p = 2$ Hp ver sección 3.20)

η = Número de revoluciones del motor 1000 rpm (ver anexo N° 4).

Remplazando los valores a la ecuación dada:

$$M_t = \frac{2 * 6300}{1000}$$

$$M_t = 12.60 \text{ lb} - \text{pulg}$$

Convertir lb – pulg a kg – mm.

$$M_t = 145.17 \text{ kg} - \text{mm}$$

La ecuación dada:

$$M_t = F_o * r \Rightarrow F_o = \frac{M_t}{r}$$

$$F_o = \frac{145.17}{62.5}$$

$$F_o = 2.32 \text{ kg}$$

3.22. Cálculo del circuito eléctrico

El cálculo, consta de un circuito de potencia y uno circuito de control con su respectiva protección.

Los elementos que conforman el circuito deben cumplir con los siguientes requerimientos:

- _ Voltaje = 220 V.
- _ Frecuencia = 50HZ,
- _ potencia de 1 HP
- _ rpm 1800

Los elementos seleccionados que conforman el diagrama eléctrico se muestra en la siguiente tabla:

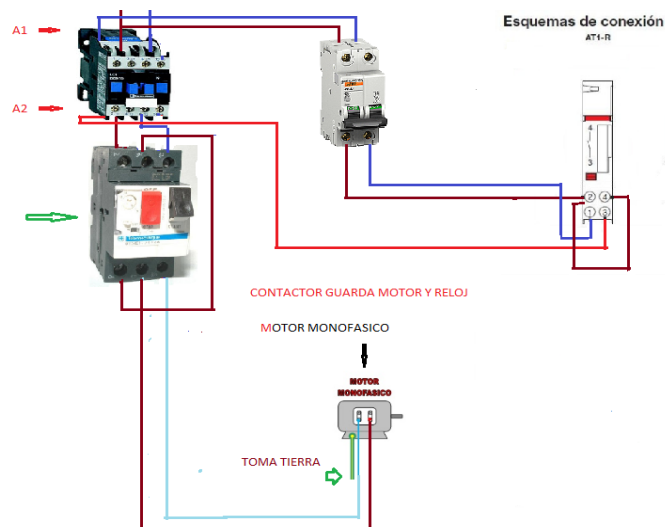
Tabla 11. Componente circuito eléctrico

Cantidad	Descripción
1	Contact.magnét. 1Hp 2.5Kw GMC 9 LG
3	Conductor Cu flexible TFF#12 Cablec
1	Conductor Cu flexible TFF#16 Cablec
1	Térmico LG, 9-13A, Contactor GMC-18
1	Pulsad.dble Lum 22mm 1NA+1NC+Luz V/

Fuente: elaboración propia.

A continuación se presenta el diagrama eléctrico para la instalación del motor.

Figura 3.55. Esquema conexión del motor



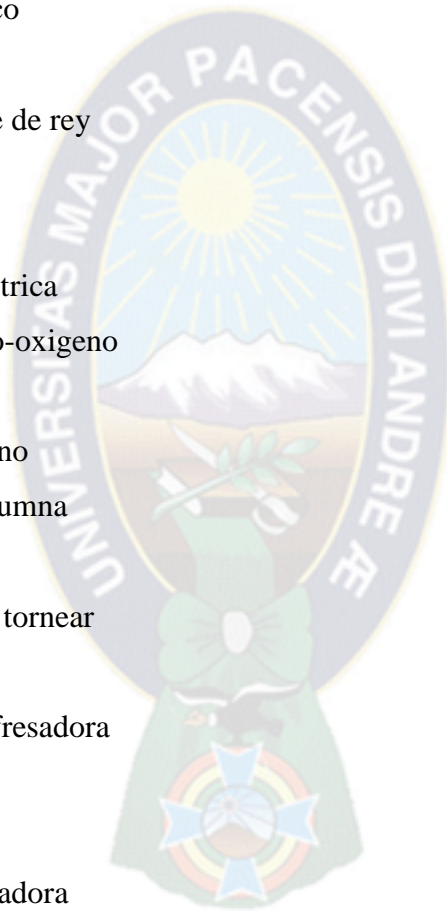
Fuente: www.youtube.com/watch?v=M4AikkfMO6u

3.23. Procedimiento para la construcción y montaje de la máquina laminadora

3.23.1. Componentes del equipo

En el proceso de construcción y montaje de la máquina laminadora, se utilizará las siguientes máquinas herramientas las cuales se muestran a continuación:

- Prensa de banco
- Flexómetro
- Calibrador pie de rey
- Micrómetro
- Arco de sierra
- Soldadora eléctrica
- Soldadora arco-oxígeno
- Amoladora
- Taladro de mano
- Taladro de columna
- Torno
- Cuchillas para tornear
- Fresadora
- Cuchilla para fresadora
- Escuadra
- Limas
- Máquina Dobladora
- Llaves
- Brocas
- Machuelos
- Destornilladores y alicates
- Esmeril



3.24. Materiales requeridos, para la construcción de la máquina laminadora

En la tabla 12, se muestra los materiales requeridos para la máquina laminadora de milanesa de carne de pollo.

Tabla 12. Partes constructivas de la máquina laminadora

Sistema	Elemento	Cantidad	Material/modelo
Estructura	Tubo rectangular de la estructura base inferior	1	Acero St 37
	Tubos rectangulares de las estructuras laterales	2	Acero St 37
	Tubo rectangular de la estructura superior	1	Acero St 37
Sistema de laminación	Tubo de rodillo superior	1	Acero inox.AISI 304L
	Tubo de rodillo inferior	2	Acero inox.AISI 304L
	Buje derecho	3	Acero AISI 1018
	Buje izquierdo	3	Acero AISI 1018
	Eje escalonado	3	Acero AISI 4140
Sistema de alimentación	Tapas laterales	4	Acero inox.AISI 304L
	Tapa superior	1	Acero inox.AISI 304L
	Tapa inferior	1	Acero inox.AISI 304L
Sistema de regulación	Perilla de regulación	4	Acero
	Tornillo	4	Acero
	Perno	4	Acero
Sistema de aspiración	Tubo de cilindro hueco	1	Acero inox AISI 304L
	Plancha para el cuadrado	1	Acero inox AISI 304L
	Planchas laterales para la tolva	4	Acero inox AISI 304L
	Plancha lateral inferior	1	Acero inox AISI 304L
	Plancha lateral superior	1	Acero inox AISI 304L

Sistema de transmisión	Motoreductor	1	Chino Shanghai
	Rodamiento para chumacera	6	NTN
	Engranajes	3	Fierro Fundido
Sistema de tensor	Rodamiento de bolas	2	NTN
	Perno	4	Acero
	Soportes	1	Acero
Sistema eléctrica	Caja de circuitos	1	Acero St 37
	Tapa para caja de circuitos	1	Acero St 37
	Contactador	1	Normalizado
	Cables	1	Normalizado
	Enchufe	1	Normalizado

Fuente: <https://es.scribd.com/doc/201409746/Diseño-de-una-laminadora>

3.25. Tiempo requerido para la construcción de la máquina laminadora, tomando en cuenta todos sus elementos

Se especifica los tiempos que se puede demorar para construir, cada elemento que conforma la maquina laminadora.

Tabla 13. Tiempo requerido para construir la máquina laminadora

Sistema	Elemento	Nº	Operación	Tiempo (h)
estructura	Estructura base inferior y superior. Estructuras laterales derecha, izquierda e intermedio.	1	Toma de medidas	0.5
		2	Corte	1.5
		3	Escuadrada	1.5
		4	Soldado	1
	Regulaciones para rodillos	5	Trazado	1
		6	Corte	0.8
		7	Pre soldado	0.8
		8	Taladrado	0.4

		9	Pulido	0.5
		10	Soldado	1
Sistema de laminación	Cilindro hueco superior, inferior e derecho	11	Trazado	0.2
		12	Refrentado	2
		13	Pulido	1
	Buje derecho e izquierdo del rodillo superior	14	Refrentado	1.5
		15	Perforado	1
		16	Cilindrado 1	0.5
		17	Cilindrado 2	0.5
		18	Tolerancia	0.3
		19	Montaje	0.5
	Buje derecho e izquierdo del rodillo inferior	20	Refrentado	1.5
		21	Perforado	1
		22	Cilindrado 1	0.5
		23	Cilindrado 2	0.5
		24	Tolerancia	0.3
		25	Montaje	0.5
	Buje derecho e izquierdo del rodillo derecho	26	Refrentado	1.5
		27	Perforado	1
		28	Cilindrado 1	0.5
		29	Cilindrado 2	0.5
30		Tolerancia	0.3	
31		Montaje	0.5	
Eje escalonado de superior, inferior e derecho	33	Refrentado	1.5	
	34	Cilindrado	3	
	35	Cilindrado escalonado	3.5	
	36	Tolerancia	1.8	
	37	Montaje	1.5	
			38	Trazado

Sistema de alimentación	Tapas laterales para el depósito de pan molido	39	Corte	2.5
		40	Doblado	0.5
		41	Pulido	0.5
		42	Soldado	2
	Tapas laterales para la recepción de pan molido	43	Trazado	1
		44	Corte	2.4
		45	Doblado	0.5
		46	Pulido	0.5
		47	Soldado	2
	Sistema de aspiración	Tubo cilindro hueco	48	Pulido
49			Soldado	0.5
Tubo cuadrado para la tolva		50	Trazado	0.5
		51	Corte	0.8
		52	Doblado	0.1
		53	Pulido	0.5
		54	Soldado	1
		Tapas laterales para la tolva	55	Trazado
56			Corte	2
57			Doblado	1.5
58			Pulido	0.8
59			Montaje	0.5
60			Soldado	1.5
Sistema de regulación	Perilla y tapa de reguladores	61	Trazado	0.2
		62	Cilindrado	2
		63	Corte	1
		64	Pulido	0.5
		65	Taladrado	1
		66	Machuelado	1
		67	Soldado	1.5
		68	trazado	0.3

	Cinta transportadora	69	Ajuste	0.1
		70	Montaje	0.15
Sistema de tensor	Rodamiento para chumacera	71	Lubricación	0.3
		72	Acople	0.3
		73	Montaje	1
	Tornillo	74	Taladrado	0.5
		75	Pulido	0.3
		76	Acople	0.3
Sistema de transmisión	Engranajes	77	Cilindrado	1.5
		78	Pulido	0.8
		79	Limado	3
		80	Chaveteado	1.5
		81	Montado	0.8
	Rodamiento de bola	82	Lubricación	0.05
		83	Montaje de rodamiento	0.1
	Eje de árbol transmitido por motorreductor	84	Refrentado	0.5
		85	Cilindrado	1
		86	pulido	0.5
		87	Montaje	1
	Tapa para la caja de engranaje	88	Trazado	0.2
		89	Corte	0.2
		90	Doblado	0.1
		91	Soldado	0.1
92		Montaje en la caja	0.3	
	Motorreductor	93	Conexión interna del motorreductor	0.15

Sistema eléctrico	Motor centrifuga	94	Conexión interna	0.2
	Caja de circuitos	95	Trazado	0.25
		96	Corte	0.5
		97	Doblado	0.2
		98	Soldado	0.15
		99	Taladrado de agujero de sujeción	0.2
		100	Montaje	0.1
	Caja para el encendido	101	Trazado	0.2
		102	Corte	0.1
		103	Doblado	0.3
		104	Soldado	0.2
		105	Taladrado	0.15
		106	Montaje	0.4
Contactador	107	Conexión del contactor al motor	0.3	
Tiempo total de construcción (h)				93.5

Fuente: elaboración propia

3.26. Tiempo requerido para el montaje de la laminadora

Utilizamos durante el montaje de la máquina laminadora, mismo que se describe a continuación.

Tabla 14. Tiempo requerido para el montaje de la estructura

Montaje de la Estructura		
Operación	Símbolo	Tiempo (horas)

Traslado de elementos al sitio de trabajo	M ₁	1
Montaje de la estructura	M ₂	2.5
Montaje de la estructura perfil rectangular superior	M ₃	0.2
Montaje de la estructura perfil rectangular del intermedio	M ₄	0.3
Ajustes de la estructura	M ₅	1
Montaje de la rueda de base	M ₆	0.6
Subtotal		5.6

Tabla 15. Tiempo requerido para el montaje del sistema de laminación

Montaje del Sistema de Laminación		
Operación	símbolo	tiempo (horas)
Traslado de elementos al sitio de trabajo	M ₁	1
Montaje del buje derecho	M ₂	0.5
Montaje del buje izquierdo	M ₃	0.5
Montaje del eje escalonado	M ₄	1.5
Subtotal		3.5

Tabla 16. Tiempo requerido para el montaje del sistema de alimentación

Montaje del Sistema de Alimentación		
Operación	Símbolo	Tiempo (horas)
Traslado de elementos al sitio de trabajo	M ₁	1
Montaje el cuerpo prisma rectangular o depósito de pan molido	M ₂	1.5
Montaje el cuerpo pirámide rectangular o recepción de pan molido	M ₃	2

Subtotal	4.5
-----------------	------------

Tabla 17. Tiempo requerido para el montaje del sistema de aspiración

Montaje del Sistema de Aspiración		
Operación	Símbolo	Tiempo (horas)
Traslado de elementos al sitio de trabajo	M ₁	1
Montaje el cuerpo tubo cilindro hueco	M ₂	1.5
Montaje el tubo cuadrado pirámide truncado	M ₃	1.5
Montaje de la tolva	M ₄	2
Subtotal		6

Tabla 18. Tiempo requerido para el montaje del sistema de regulación

Montaje del Sistema de Regulación		
Operación	Símbolo	Tiempo (horas)
Traslado de elementos al sitio de trabajo	M ₁	1
Montaje de la tapa de la reguladora	M ₂	0.5
Montaje de la cinta transportadora	M ₃	0.5
Montaje de perillas	M ₄	2.5
Ajuste de pernos	M ₅	0.2
Subtotal		4.7

Tabla 19. Tiempo requerido para el montaje del sistema de transmisión

Montaje del Sistema de Transmisión		
Operación	Símbolo	Tiempo (horas)
Traslado de elementos al sitio de trabajo	M ₁	1
Montaje de engranaje superior e inferior	M ₂	2.5
Montaje de las rodamiento para chumacera	M ₃	1
Subtotal		4.5

Tabla 20. Tiempo requerido para el montaje del sistema de tensor

Montaje del Sistema de Tensor		
Operación	Símbolo	Tiempo (horas)
Traslado de elementos al sitio de trabajo	M ₁	0.5
Montaje del sistema tensor y ajuste con motoreductor	M ₂	3
Subtotal		3.5

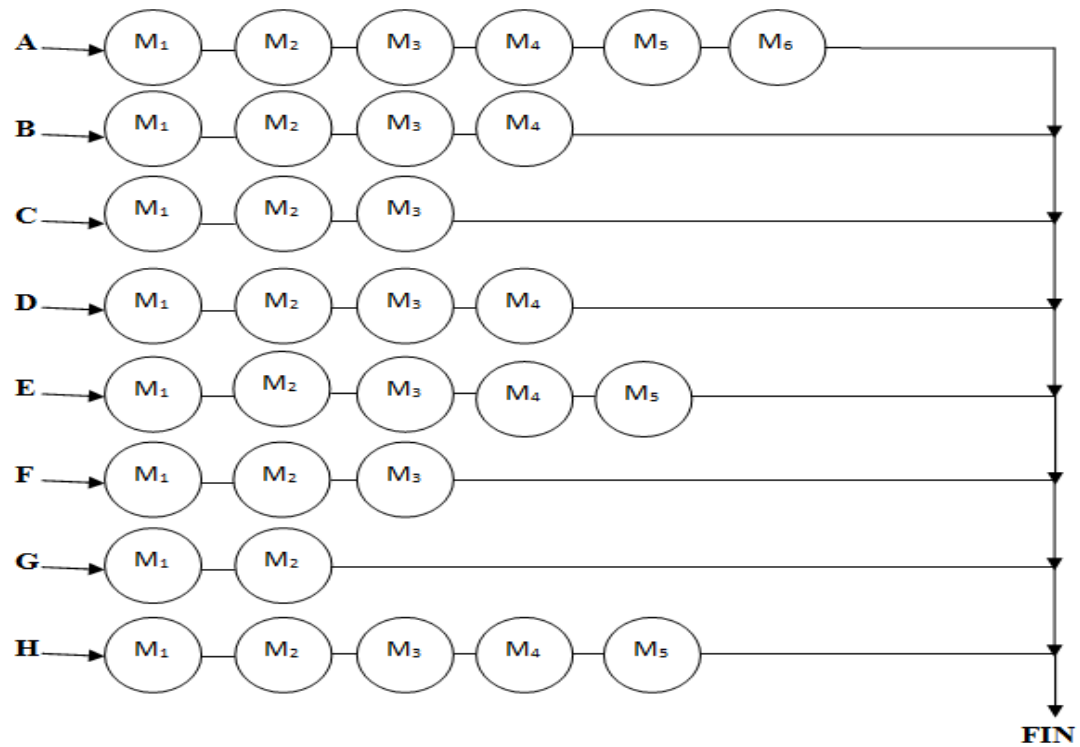
Tabla 21. Tiempo requerido para el montaje del circuito eléctrico

Montaje del Sistema Eléctrico		
Operación	Símbolo	Tiempo (horas)
Traslado de elementos al sitio de trabajo	M ₁	0.5
Montaje del motoreductor	M ₂	0.5
Montaje de la caja de circuitos	M ₃	0.2
Montaje de la tapa para la caja de circuito	M ₄	0.3
Montaje del motor para la centrifuga	M ₅	1
Subtotal		2.5

Fuente: <https://es.scribd.com/doc/201409746/Diseño-de-una-laminador>

3.26.1. Flujograma de montaje de la maquina laminadora

Figura 3.56. Flujograma de montaje de la maquina laminadora

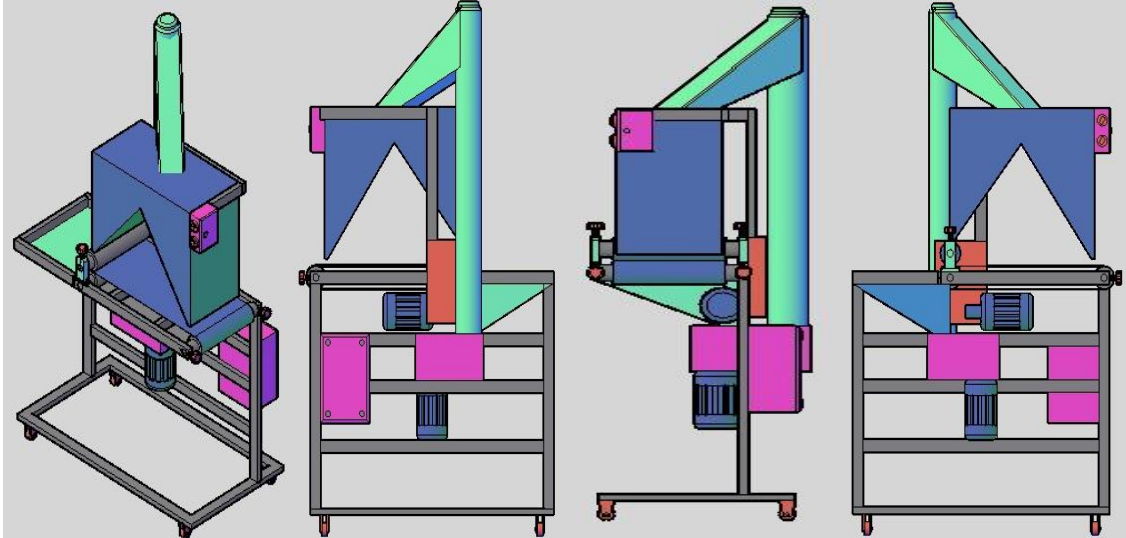


Fuente: <https://es.scribd.com/doc/201409746/Diseño-de-una-laminadora>

El flujograma, mostrado en la figura 3.26.1, indica las distintas operaciones de montaje señaladas, así como también su secuencia, hay que destacar además, que el tiempo de montaje total es de 34.80 horas y si sumamos el tiempo de construcción y montaje de los distintos elementos, el tiempo total de requerido para la máquina laminadora es de 93.50 horas, equivalente a 17 días, considerando que la jornada de trabajo es de 8 horas por día.

3.27. Montaje de la máquina y partes

Figura 3.57. Vistas de la máquina laminadora



Fuente: elaboración propia.

3.28. Operación y mantenimiento

El mantenimiento, se define como un conjunto de normas y técnicas establecidas para la conservación de la maquinaria e instalaciones de una planta industrial, para que proporcione mejor rendimiento en el mayor tiempo posible.

Las actividades de mantenimiento eran realizadas por los operarios de las máquinas; con el desarrollo de las máquinas se organiza los departamentos de mantenimiento no con el fin de solucionar fallas sino de prevenirlas, actuar antes que se produzca la falla; en esta etapa se tiene ya personal dedicado a estudiar en qué período se produce, como prevenirlas y a su vez garantizar eficiencia para evitar los costos por averías.

3.28.1. Mantenimiento de la máquina laminadora

La máquina, con la acción del tiempo y del uso está sujeta a un proceso irreversible de desgaste, de envejecimiento y a una degradación de eficiencia técnica. Por lo tanto, para prevenir se requiere asociar la vida de esta máquinas o equipos con el mantenimiento,

para lo cual se pondrá énfasis en los elementos que presentarán con el paso del tiempo fallas, debido a su desgaste o deterioro prematuro.

Tabla 22. Manual de mantenimiento

Horas de trabajo	Frecuencia	Órganos Principales					Trabajo a realizar
		Laminadora	Engranaje	Rodamiento	Motor	Reductor	
8	(D)	X					Limpieza de los rodillos, banda y bandejas
162	(M)					X	Verificar que no existe fuga de aceite
			X				Aplicar lubricante
				X			Aplicar grasa a base de litio en los grasero
		X					Revisar el buzón donde alojan pan molido y carne de pollo
		X					Revisar ajuste de pernos y tornillos
486	(T)			X			Revisar que no exista anomalías en los rodamientos
						X	Drenar el aceite de la caja
						X	Realizar una limpieza adecuada en el interior de la caja
						X	Llenar la caja con aceite
				X			Chequeo los rodamientos
							Realizar una prueba de ruido y en caso de existir ruidos extraños

2184	(A)			X		sustituirlos
					X	Reparar si existe calentamiento excesivo
					X	Chequeo de alineamiento con el reductor
			X			Revisar que no exista dientes dañados caso contrarios sustituirlo.

Fuente: <https://es.scribd.com/doc/201409746/Diseño-de-una-laminadora>

Donde:

D = Diario

M = Mensual

T = Trimestral

A = Anual



Capítulo 4

Cálculo de costos

4.1. Análisis de precios unitarios

Este capítulo enfoca la parte económica del proyecto, aunque antes de construir la máquina, se elabora un presupuesto en base a los factores importantes para tener una base económica y llevar a cabo el trabajo, entre estos factores se encuentran: El análisis de precios unitarios de referencia, la inversión que se realiza en adquisición de materiales, costo de mano de obra, costo equipo, máquinas y herramientas, gastos generales y administrativos, utilidad e impuestos.

4.2. Materiales

Es el primer componente de la estructura de precio unitario, en el cual se debe tener especial cuidado en la estimación del rendimiento y del precio. Este último aspecto, que puede variar sustancialmente; se debe considerar de manera individual para cada material, pero considerando los siguientes factores: fecha de cotización, marca, calidad, disponibilidad, presentación, condición de entrega, forma de pago, impuestos de ley, tasa de cambio, transporte al centro de ventas y la obra, etc.

4.3. Mano de obra

El costo de la mano de obra, depende de dos factores: rendimiento y precio pagado por la misma. Donde el rendimiento es función del grado de especialización (habilidad, capacitación y experiencia) del trabajador así como de los métodos y sistemas constructivos empleados; que puede variar también en función del grado de especialización, disponibilidad, carga horaria/turnos de trabajo, bonos de producción regulaciones del incremento salarial, alimentación, consideraciones especiales si el proyecto ejecutado requiere de campamento, etc.

4.4. Equipo, maquinaria y herramientas

El costo horario, de equipo y maquinaria puede también ser determinado directamente en el mercado, por ejemplo, en el caso de que el equipo no sea propio.

El costo horario del equipo y maquinaria, como se puede observar, depende de elementos como: propiedad del equipo (propio/alquilado), marca/tipo/modelo, capacidad, potencia, rendimiento (horas de uso/estado), accesorios, traslado a obra (función de la distancia y dificultad de acceso), cantidad de trabajo a ejecutarse, impuesto de ley, etc.

4.5. Gastos generales

Costos de propuestas y contratos, gastos administrativos, gastos profesionales, aportes entidades o costos fijos, riesgos e imprevistos; que estarán en función del tipo, monto, ubicación y exigencias específicas, así como de las características inherentes al funcionamiento.

4.6. Utilidad

La expectativa de ganancia de la empresa. Este proyecto ha sido elaborado en base a documentos anteriores de la cámara de construcción Cochabamba, precios unitarios de acuerdo con las especificaciones técnicas, aplicando las leyes sociales y tributarias vigentes.

Tabla 23. Análisis de precios unitarios

1. Materiales					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total Bs
1	Eje AISI 4140 480mmx1 5/16 plg	m	1.5	300	450.00
2	Tubo acero inox.AISI 304L 1000mm x 4 plg	m	1	396	396.00

3	Tubo acero inox.AISI 304L 300mm x 3 plg	m	1	299	299.00
4	Plancha de acero inox 304L 1.5mtx3.5mt	m ²	2	3 019	6 038.00
5	Buje acero inox. 304L 100mm x ϕ 73mm	m	1.5	300	450.00
6	Engranaje de 36mm x ϕ 85mm	m	0.15	2 000	300.00
7	Chumacera de pared NBN	U	4	15	60.00
8	Perno M12x50	U	4	7	28.00
9	Perno M6x30	U	12	2	24.00
10	Tubo rectangular 40mm x 20mm	m	2	52	104.00
11	Cinta transportadora o banda	m	3	380	1 140.00
12	Rueda	U	4	25	100.00
13	Perno 1/2 x 2plg con tuerca	U	12	5	60.00
14	Motorreductor 1 Hp, 36 RPM y i=1.5 A	U	1	1 300	1 300.00
15	Motor para centrifuga 2 Hp, 1000rpm	U	1	840	840.00
16	Electrodos inox. E 316	Kg	3	94	282.00
17	Electrodos E 6013	kg	4	21	84.00
18	Disco de desbaste 9"x1/4"x7/8"	U	1	40	40.00
19	Disco de corte 9"x1/8"x7/8"	U	1	55	55.00
20	Varilla de acero inox AISI 304L ϕ 3/16	Kg	1.5	53	79.50
21	Tornillo autoperforantes cabeza escondida 8x3/4"	U	50	0.40	20.00
22	Hoja de sierra 24 dientes x1"	U	2	7	14.00
23	Lija N°80 y 220	U	3	12	36.00
24	Masilla aditivo	Kg	1	8	8.00
25	Pintura sintética	Lt.	1	45	45.00
26	Thinner diluyente	Lt.	1	28	28.00
27	Cable concéntrico 2 en 1 AWG#14	mt.	5	78	390.00

28	Cond. Cu flex. TEF AWG#10cablec	mt.	4	55	220.00
29	Cond. Cu flex. TEF AWG#16cablec	U	4	52	208.00
30	Capuchones amarillos	U	8	10	80.00
31	Contactador Magn. 2HP GMC 9LG	U	2	120	240.00
32	Relé térmico GMC-18 9-13A	U	2	70	140.00
33	Prensacables eléctrico ø 11mm	U	1	54	54.00
34	Pulsador doble Lum 22mm 1NA+1NC+Luz	U	1	92	92.00
35	Terminales tipo Y	U	2	20	40.00
36	Barra de nylon ø2 plg	Kg	2	65	130.00
37	Regatones	U	2	80	160.00
Total Materiales					14 034.50
2. Mano de obra					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total Bs
38	Técnico Mecánico	hr	9.30	24.50	227.85
39	Ayudante	hr	18.45	14.70	271.21
40	Hojalatero	hr	30.20	15.75	475.65
41	Soldador	hr	25.38	23.50	596.43
42	Tornero y fresador	hr	52.50	23.50	1 233.75
43	Maestro electricista	hr	3.25	24.50	79.62
Sub Total mano de obras					2 884.51
44	Carga sociales = (% del subtotal de mano de obra)		55.00%	2 884.51	1 586.48
45	Impuesto IVA mano de obra =(% de suma de subtotal de mano de obra +carga sociales)		14.94%	4 470.99	667.96
Total mano de obra					5 138.95
3. Equipo, maquinaria y herramientas					

Descripción		Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total Bs
46	Soldadora eléctrica (Corriente continua)	hr	20	20.58	411.60
47	Esmeril	hr	5	7.50	37.50
48	Amoladora	hr	9	7.50	52.20
49	Taladro de mano	hr	10	5.80	58.00
50	Cizalladora para acero inox.	hr	8	9.20	73.60
51	Broca	hr	2	4.00	8.00
52	Taladro de columna	hr	1.5	11.85	17.77
53	Torno	hr	35	73.50	2 572.50
54	Fresadora	hr	8	89.80	718.40
55	Compresora	hr	2	18.20	36.40
56	Herramientas de manuales	hr	5	8.80	44.00
57	Dobladora	hr	1	6.50	6.50
58	Machuelo	hr	0.6	4.20	2.52
59	Sierra manual	hr	6	4.60	27.60
60	Otros	hr	3	9.20	27.60
Total equipo, maquinaria y herramientas					4 094.19
4. Gastos generales y administrativos					
61	Gastos generales =(% de 1+2+3)	12.00%	23 267.64	2 792.11	
Total gastos generales y administrativos					2 792.11
5. Utilidad					
62	Utilidad = (% de 1+2+3+4)	10.00%	26 059.75	2 605.97	
Total utilidad					2 605.97
6. Impuesto IT					
63	Impuesto = (% de 1+2+3+4+5)	3.09%	28 665.72	885.77	
Total impuestos					885.77

Total precio unitario 1+2+3+4+5+6	29 551.49
--	------------------

4.7. Total precios unitarios del proyecto

De esta forma la tabla siguiente reflejará, el presupuesto global del proyecto determinado a partir de los cálculos anteriores.

Tabla 24. Total precios unitarios del proyecto

Descripción	Costo
Total del proyecto	29 551.49 Bs.



Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

Después de haber realizado todo el presente trabajo de investigación, se concluye con lo siguiente:

- Se ha podido dar cumplimiento al objetivo general y objetivos específicos.
- Los parámetros en el cálculo de la máquina laminadora nos ofrece las siguientes ventajas: menor tiempo en el preparado de las milanesas de pollo, al ya no realizarse de manera manual; se evitaría el cansancio en los operarios, se aumentaría la comercialización de las milanesas.
- El sistema de transmisión y sus elementos que son parte del cálculo, para la potencia y la fuerza que ejerce por de engranajes, es totalmente factible para el desarrollo del presente trabajo de investigación.
- La resistencia de materiales permite calcular todas las fuerzas, reacciones, momentos, esfuerzos y tensiones para la maquina laminadora.
- Las partes de la maquina laminadora están dimensionadas en concordancia al tamaño, y medida del operario, y los cálculos realizados en el presente trabajo fueron parámetros importantes para la conclusión de la máquina.
- La estructura y soporte de la máquina laminadora fue diseñada con la ayuda de AUTOCAD, pudiendo realizar el dibujo de las partes y todos sus elementos mecánicos, en escala para verificar dimensiones exactas y para luego pasar a su respectiva construcción.

5.2. Recomendaciones.

- Es importante establecer que es viable la idea de construir esta máquina gracias al cálculo realizado en el presente trabajo; más aún con las oportunidades que se presentan para realizar emprendimientos que disminuyan el desempleo existente en el departamento.
- Este documento es el resultado de una investigación, llevada a cabo en el mercado de Villa Fátima, donde se elaboran milanesas de carne de pollo de manera manual, no cubriendo la demanda de los consumidores.

Para satisfacer ésta demanda la máquina laminadora estaría en contacto con las milanesas 30 minutos al día. Sin tomar en cuenta los tiempos accesorios y muertos (preparación de la máquina, cargado del pan molido, acopio de la materia prima, separación entre milanesa y milanesa, etc.) al día elaborará 300 unidades inicialmente. Conforme se tenga más pericia se buscará una mayor cantidad de producto terminado.

- La lubricación de la máquina laminadora se hará según las recomendaciones del fabricante de los rodamientos, además se llevará un registro de mantenimiento cumpliendo normas específicas de los diferentes elementos mecánicos.
- La máquina laminadora propuesta en el trabajo, no existe en nuestro mercado local, considerando la comparación con el mercado internacional solo podemos hacer referencia con la máquina **Empanadora IM 2500** marca Argentina y que está construida en acero inoxidable AISI 304 de motor trifásico, la capacidad real de producción es de 70 kg/hr y su precio es 10.000\$us.

Bibliografía

1. ALVA Fortunato. Diseño de Elementos de Máquinas I y II. 1a.ed. Perú. 2002.
2. BEER, Ferdinand. Mecánica Vectorial para Ingenieros Estática. 8va.ed. México. 2007.
3. BOHMAN, Iván. Catálogo de Aceros, Herramientas de Corte y Soldadura, Aceros de Trasmisión SAE 1018. (Catálogo).
4. FEILER Kurt. Tecnología de los materiales. Reverté. S. A. Edición Barcelona – Buenos Aires – Caracas – México. 1984.
5. HAMROCK, Bernard J. Elementos de Máquinas. 2da.ed. México. 2000.
6. HENRICH Gerling. Alrededor de las Máquina – Herramientas. Reverté. S. A. 2º Edición Barcelona – Buenos Aires – México. 1989.
7. KURT Gieck. Manual de Fórmulas Técnicas Ediciones Alfa Omega. México D. F. 1993.
8. SALINAS, Galecio. Análisis Matemático. Ecuador: 2004.
9. SHIGLEY, Joshep E. Diseño de Elementos de Máquinas. 5to.ed. México. 1985.
10. VILORIA, José. Motores Eléctricos Automatismos de Control. 8va.ed. España: Paraninfo, 1989.

Anexos

Anexo N° 1. Selección del acero inoxidable 304 L para laminación

PALMEXICO	304
AISI, ASTM, NMX.	304 / 304L
UNS	S30400 / S30403

Análisis químico según Norma Nacional NMX B-83 (% en peso):

	C	Si máx.	Mn máx.	P máx.	S máx.	Cr	Ni
304	0.08	1.00	2.00	0.045	0.030	18.00-20.00	8.00-10.50
304L	0.03	1.00	2.00	0.045	0.030	18.00-20.00	8.00-12.00

Tipo:	Austenítico tipo 18-8.
Formas y Acabados:	Barra redonda, cuadrada, solera y hexagonal; laminadas en caliente, estiradas en frío o pulidas y rectificadas; alambre, lámina y placa, cinta, tubo con y sin costura y barra perforada.
Características:	Excelente resistencia a la corrosión a una amplia variedad de medios corrosivos, incluyendo productos de petróleo caliente y gases de combustión. Resistente a la corrosión en servicio intermitente hasta 871°C (1600° F) y hasta 926° C (1700° F) en servicio continuo. Excelente soldabilidad, utilizar electrodos tipo 308S. Poco maquinable: 45% del acero 1212, se recomiendan velocidades de 40 a 85 pies de superficie / min.
Aplicaciones:	Se utiliza en la industria química, alimenticia, textil y petrolera, para piezas varias y partes que requieran ser soldadas; para fabricar flechas, tuercas, birlos, tornillos, partes para válvulas, cuchillería, artículos domésticos, etc..

Anexo N° 2. Propiedad del material AISI 4140

Tabla A-17 PROPIEDADES MECÁNICAS DE ACEROS*

Los valores indicados para aceros laminados en caliente (HR, *hot-rolled*) y estirados en frío (CD, *cold-drawn*) son *valores mínimos estimados* que suelen esperarse en el intervalo de tamaños de $\frac{1}{2}$ a $1\frac{1}{2}$ pulg. Un valor mínimo está aproximadamente varias desviaciones estándares por debajo de la media aritmética. Los valores mostrados para aceros con tratamiento térmico son los llamados *valores típicos*. Un valor típico no es el medio ni el mínimo. Puede obtenerse mediante un control cuidadoso de las especificaciones de compra y el tratamiento térmico, junto con la inspección y ensayo continuos. Las propiedades indicadas en esta tabla provienen de varias fuentes y se cree que son representativas. Sin embargo, hay tantas variables que afectan estas propiedades que su naturaleza aproximada debe reconocerse claramente.

Número UNS	Número AISI	Procesamiento	Resistencia de fluencia kpsi †	Resistencia a la tensión kpsi †	Elongación en 2 pulg %	Reducción en área %	Dureza Brinell H _B
G10100	1010	HR	26	47	28	50	95
		CD	44	53	20	40	105
G10150	1015	HR	27	50	28	50	101
		CD	47	56	18	40	111
G10180	1018	HR	32	58	25	50	116
		CD	54	64	15	40	126
G10350	1035	HR	33	56	25	45	121
		CD	60	78	10	35	167
		HR	39	72	18	40	143
		CD	67	80	12	35	163
G10400	1040	Estirado a 800°F	81	110	18	51	220
		Estirado a 1000°F	72	103	23	59	201
		Estirado a 1200°F	62	91	27	66	180
		HR	42	76	18	40	149
		CD	71	85	12	35	170
G10450	1045	Estirado a 1000°F	86	113	23	62	235
		HR	45	82	16	40	163
G10500	1050	CD	77	91	12	35	179
		HR	49	90	15	35	179
		CD	84	100	10	30	197

		Estirado a 600°F	180	220	10	30	450
		Estirado a 900°F	130	155	18	55	310
		Estirado a 1200°F	80	105	28	65	210
2317		Núcleo †	107	137	22	52	285
2330		Estirado a 400°F	195	221	11	40	425
		Estirado a 600°F	171	196	14	49	382
		Estirado a 800°F	131	160	18	56	327
		Estirado a 1000°F	97	127	23	61	268
		Estirado a 1200°F	70	108	27	64	222
2340		Estirado a 800°F	164	178	23	53	368
2345		Estirado a 800°F	177	188	20	51	388
2350		Estirado a 800°F	180	194	17	50	402
3120		Estirado a 600°F	145	162	12	45	320
		Estirado a 1000°F	91	112	22	68	222
3130		Estirado a 600°F	178	210	10	37	404
		Estirado a 1000°F	120	137	20	62	276
3140		HR‡	64	96	26	56	197
		CD	91	104	17	48	212
		Estirado a 800°F	157	188	13	50	376
3145		Estirado a 800°F	164	195	12	47	380
3150		Estirado a 800°F	171	202	12	44	396
3240		Estirado a 600°F	211	237	10	40	466
3250		Estirado a 600°F	214	243	9	37	477
3340		Estirado a 800°F	183	211	13	47	394
G41300	4130	HR‡	60	90	30	45	183
		CD‡	87	98	21	52	201
		Estirado a 1000°F	133	146	17	60	293
G41400	4140	HR‡	63	90	27	58	187
		CD‡	90	102	18	50	223
		Estirado a 1000°F	131	153	16	45	302
G43400	4340	HR‡	69	101	21	45	207
		CD‡	99	111	16	42	223
		Estirado a 600°F	234	260	12	43	498
		Estirado a 1000°F	162	182	15	40	363
G46200	4620	Núcleo †	89	120	22	55	248

Tabla A-17 PROPIEDADES MECÁNICAS DE ACEROS* (continuación)

Número UNS	Número AISI	Procesamiento	Resistencia de fluencia kpsi †	Resistencia a la tensión kpsi †	Elongación en 2 pulg %	Reducción en área %	Dureza Brinell H_B
		Estirado a 800°F	94	130	23	66	256
	4640	Estirado a 800°F	170	187	13	54	378
	4650	Estirado a 800°F	179	198	13	49	410
G13216	52100	HR‡	81	100	25	57	192
G61500	6150	HR‡	58	91	22	53	183
		Estirado a 1000°F	132	155	15	44	302
	8650	HR‡	58	99	20	48	197
		Estirado a 1000°F	132	155	14	42	311
G87400	8740	HR‡	64	95	25	55	190
		CD‡	96	107	17	48	223
		Estirado a 1000°F	129	152	15	44	302
G92550	9255	HR‡	78	115	22	45	223
		Estirado a 1000°F	160	180	15	32	352
	9442	Estirado a 800°F	180	201	12	43	404
	9840	Estirado a 800°F	199	218	12	47	436

* Tabuladas de conformidad con el Sistema Unificado de Designación Numérica para Metales y sus Aleaciones (UNS). Society of Automotive Engineers, Warrendale, Pa., 1975.

† Se multiplica la resistencia en kip/pulg² por 70.3 para obtener su valor en Kgf/cm² y por 6.89 para su equivalencia en MPa.

‡ Indica que son propiedades del núcleo, en el caso de temple de superficie.

§ Recocido.

Anexo N° 3. Eficiencia del reductor de velocidad (HAITEC tipo NMRV050 $i = 50$)

选型指南 GUIDE OF TYPE SELECTION

啮合参数 MESH DATA

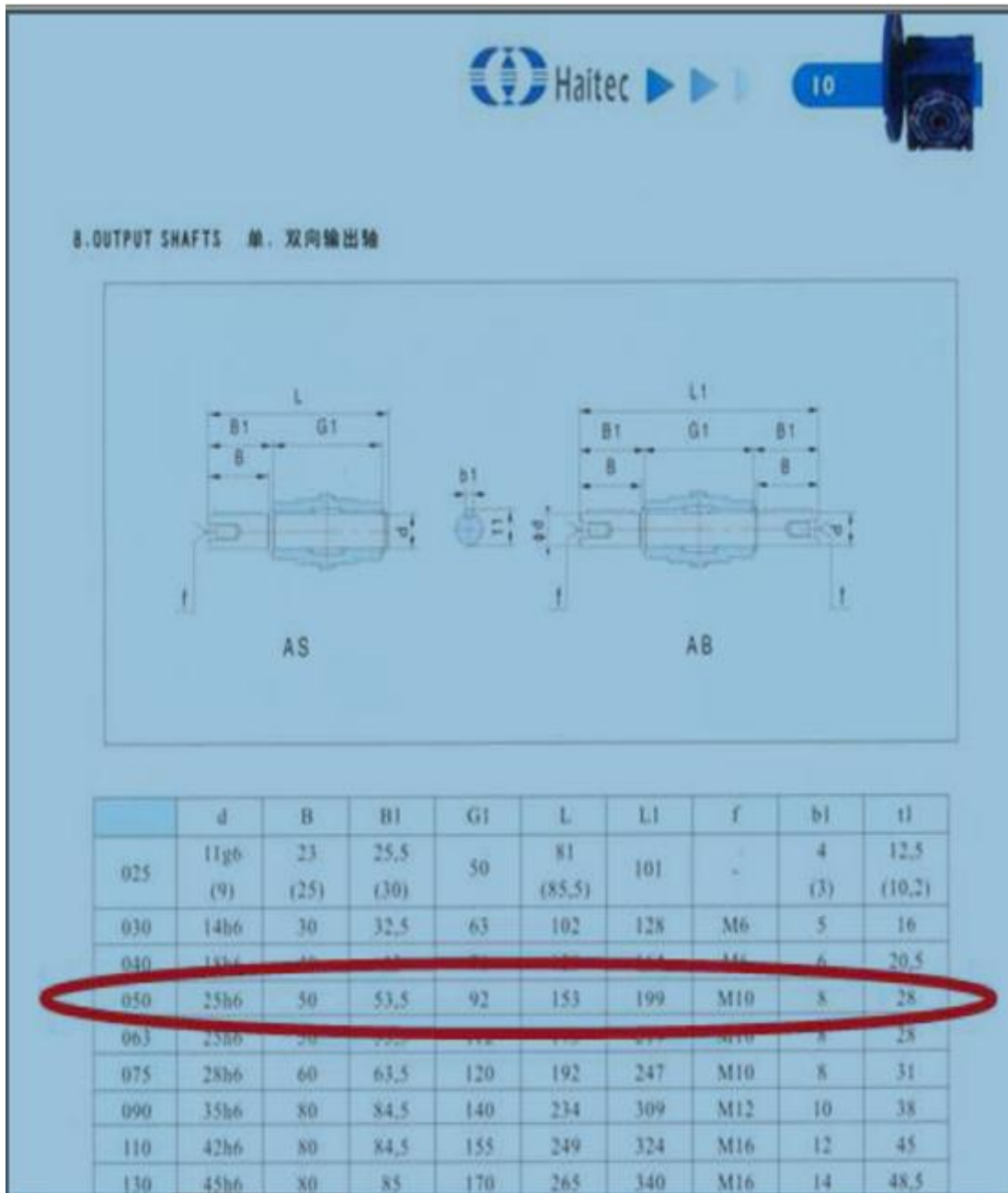
	i	7.5	10	15	20	25	30	40	50
NMRV025	z_1	4	3	2	2	2	1	1	1
	m_n	1.18	1.23	1.27	0.98	0.79	1.29	0.99	0.80
	γ	25°18'	19°31'	13°18'	11°2'	9°5'	6°44'	5°34'	4°34'
	η_d	0.85	0.83	0.79	0.76	0.73	0.68	0.64	0.59
	η_s	0.71	0.67	0.60	0.56	0.52	0.45	0.41	0.36
NMRV030	z_1	4	3	2	2	1	1	1	1
	m_n	1.36	1.39	1.42	1.09	1.69	1.43	1.10	0.89
	γ	18°55'	14°25'	9°44'	7°50'	5°33'	4°54'	3°56'	3°17'
	η_d	0.84	0.81	0.76	0.72	0.66	0.64	0.59	0.54
	η_s	0.66	0.62	0.54	0.49	0.41	0.38	0.33	0.29
NMRV040	z_1	4	3	2	2	2	1	1	1
	m_n	1.87	1.95	2.00	1.54	1.26	2.04	1.55	1.27
	γ	23°54'	18°23'	12°30'	10°3'	8°45'	6°19'	5°4'	4°24'
	η_d	0.86	0.84	0.80	0.77	0.74	0.69	0.65	0.61
	η_s	0.70	0.66	0.59	0.54	0.51	0.44	0.39	0.36
NMRV050	z_1	4	3	2	2	2	1	1	1
	m_n	2.34	2.43	2.50	1.92	1.56	2.54	1.94	1.58
	γ	23°49'	18°19'	12°27'	10°3'	8°33'	6°18'	5°4'	4°18'
	η_d	0.87	0.85	0.81	0.78	0.75	0.71	0.67	0.63
	η_s	0.70	0.66	0.59	0.54	0.51	0.44	0.39	0.36

Anexo N° 4. Datos del motor seleccionado

Tabla para Motores Trifásicos Capacitores para compensar motores asíncronos trifásicos 3 x 400 Vca. 50 Hz.					
Potencia en el eje. (H.P.)	Potencia en el eje. (KW)	Velocidad de sincronismo. (R.P.M.)	Corriente a plena carga. (A.)	Potencia React. Capac.Optima. (KVAR)	Capacitor en KVAR
1	0,75	750	2,475	0,5586	0,75
		1000	2,275	0,5173	0,50
		1500	2,038	0,3800	0,50
		3000	1,838	0,2750	-
1,5	1,1	750	3,475	0,9387	1,00
		1000	3,275	0,7210	0,75
		1500	2,763	0,6538	0,75
		3000	2,550	0,3570	0,50
2	1,5	750	4,063	0,9149	1,00
		1000	3,976	0,8533	1,00
		1500	3,600	0,7686	0,75
		3000	3,417	0,3740	0,50
3	2,2	750	6,000	1,5176	2,00
		1000	5,525	1,0213	1,00
		1500	5,150	0,9247	1,00
		3000	4,925	0,4450	0,50
4	3	750	7,813	2,0300	2,00
		1000	7,463	1,5500	1,00
		1500	6,950	1,3400	1,00
		3000	6,288	0,5660	0,50
5,5	4	750	10,215	2,6700	3,00
		1000	9,875	1,9950	2,00
		1500	8,600	1,5500	1,00
		3000	8,140	0,6600	0,75
7,5	5,5	750	13,800	3,3675	3,00
		1000	13,500	2,6100	2,00
		1500	11,750	1,8500	2,00
		3000	11,313	0,6900	0,75
10	7,5	750	18,225	4,3290	4,00
		1000	16,850	3,3300	3,00
		1500	15,650	2,5500	2,00
		3000	14,763	0,8100	0,75
15	11	750	25,815	5,8640	6,00
		1000	24,520	4,5100	5,00
		1500	22,000	3,2240	3,00
		3000	22,038	1,7600	2,00
20	15	750	33,800	8,0000	8,00
		1000	31,480	5,3800	5,00
		1500	30,060	4,6370	5,00
		3000	28,840	2,3200	2,00
25	18,5	750	38,000	7,5600	7,00
		1000	38,200	7,3200	7,00
		1500	38,100	5,0150	5,00
		3000	34,760	3,5000	3,00
30	22	750	44,000	10,3200	10,00
		1000	45,380	8,9600	9,00
		1500	44,620	6,4100	6,00
		3000	41,780	4,8100	5,00
40	30	750	60,000	12,3800	12,00
		1000	58,000	10,7600	10,00
		1500	56,850	9,4000	10,00
		3000	56,430	6,6200	7,00
50	37	750	75,000	17,6200	17,00
		1000	71,000	12,7500	12,00
		1500	70,000	11,7640	12,00
		3000	70,450	8,4520	8,00
60	45	750	89,000	19,9500	20,00
		1000	86,000	15,9500	16,00
		1500	84,000	13,1400	13,00
		3000	83,000	9,1380	10,00

Los valores de esta tabla se han calculado como promedio de los motores normalizados de plaza.
Por lo tanto pueden encontrarse diferencias con algun modelo en particular.

Anexo N° 5. Característica del eje seleccionado del motoreductor



Anexo N° 6. Número mínimo de dientes de piñones de engranajes cilíndricos

ANGULO HELICE α	ANGULO DE PRESION NORMAL			
	14.5°	20° F.D.	20° SD	25°
0	32	17	14	12
15	29	16	13	11
16	29	16	13	11
17	28	16	12	10
18	28	15	12	10
19	28	15	12	10
20	27	15	12	10
21	27	15	12	10
22	26	14	12	10
23	26	14	11	9
24	25	14	11	9
25	24	13	11	9
30	22	12	10	8
31	21	12	9	8
32	20	11	9	8
33	20	11	9	8
34	19	11	9	7
35	18	10	8	7
36	18	10	8	7
37	17	10	8	7
3	17	9	8	7
39	16	9	7	6
40	15	9	7	6
41	15	8	7	6
42	14	8	7	6
43	14	8	6	5
44	13	7	6	5
45	12	7	6	5

Anexo N° 7. Coeficiente elástico (Cp)

Coeficiente elástico AGMA C_p en unidades de $[\text{psi}]^{0.5}$ ($[\text{MPa}]^{0.5}$)*							
Material del piñón	E_p psi (MPa)	Material del engrane					
		Acero	Hierro maleable	Hierro nodular	Hierro fundido	Bronce al aluminio	Bronce al estaño
Acero	30E6 (2E5)	2 300 (191)	2 180 (181)	2 160 (179)	2 100 (174)	1 950 (162)	1 900 (158)
Hierro maleable	25E6 (1.7E5)	2 180 (181)	2 090 (174)	2 070 (172)	2 020 (168)	1 900 (158)	1 850 (154)
Hierro nodular	24E6 (1.7E5)	2 160 (179)	2 070 (172)	2 050 (170)	2 000 (166)	1 880 (156)	1 830 (152)
Hierro fundido	22E6 (1.5E5)	2 100 (174)	2 020 (168)	2 000 (166)	1 960 (163)	1 850 (154)	1 800 (149)
Bronce al aluminio	17.5E6 (1.2E5)	1 950 (162)	1 900 (158)	1 880 (156)	1 850 (154)	1 750 (145)	1 700 (141)
Bronce al estaño	16E6 (1.1E5)	1 900 (158)	1 850 (154)	1 830 (152)	1 800 (149)	1 700 (141)	1 650 (137)

* Los valores de E_p de esta tabla son aproximados, y se aplicó $\nu = 0.3$ como aproximación de la razón de Poisson para todos los materiales.



Anexo N° 8. Resistencia a la fatiga en la superficie AGMA (Sc)

Resistencias S_{fc}' a la fatiga superficial AGMA para una selección de materiales de engranes*							
Material	Clase AGMA	Designación del material	Tratamiento térmico	Dureza superficial mínima	Resistencia a la fatiga por flexión		
					psi x 10 ³	MPa	
Acero	A1-A5		Endurecido en la masa	≤ 180 HB	85-95	590-660	
			Endurecido en la masa	240 HB	105-115	720-790	
			Endurecido en la masa	300 HB	120-135	830-930	
			Endurecido en la masa	360 HB	145-160	1000-1100	
			Endurecido en la masa	400 HB	155-170	1100-1200	
			Endurecido con llama o por inducción	50 HRC	170-190	1200-1300	
			Endurecido con llama o por inducción	54 HRC	175-195	1200-1300	
			Carburizado y cementado	55-64HRC	180-225	1250-1300	
			AISI 4140	Nitrurizado	84.6 15N	155-180	1100-1250
			AISI 4340	Nitrurizado	83.5 15N	150-175	1050-1200
			Nitralloy 135M	Nitrurizado	90.0 15N	170-195	1170-1350
			Nitralloy N	Nitrurizado	90.0 15N	195-205	1340-1410
			Cromo al 25%	Nitrurizado	87.5 15N	155-172	1100-1200
Cromo al 25%	Nitrurizado	90.0 15N	192-216	1300-1500			
Hierro fundido	20	Clase 20	Como está fundido		50-60	340-410	
	30	Clase 30	Como está fundido	175 HB	65-70	450-520	
	40	Clase 40	Como está fundido	200 HB	75-85	520-590	
Hierro nodular (dúctil)	A-7-a	60-40-18	Recocido	140 HB	77-92	530-630	
	A-7-c	80-55-06	Templado y revenido	180 HB	77-92	530-630	
	A-7-d	100-70-03	Templado y revenido	230 HB	92-112	630-770	
	A-7-e	120-90-02	Templado y revenido	230 HB	103-126	710-870	
Hierro maleable (perlítico)	A-8-c	45007		165 HB	72	500	
	A-8-e	50005		180 HB	78	540	
	A-8-f	53007		195 HB	83	570	
	A-8-i	80002		240 HB	94	650	
Bronce	Bronce 2	AGMA 2C	Fundición en arena	Resistencia a la tensión 40 ksi mínima	30	450	
	Al/Br 3	Aleación ASTM B-148 78 954	Con tratamiento térmico	Resistencia a la tensión 90 ksi mínimo	65	450	

Anexo N° 9. Densidad del acero inoxidable

Acero Inoxidable - AISI 304 (Fe/Cr18/Ni10) Material Information

Indice [A](#) [B](#) [C](#) [D](#) [E](#) [F](#) [G](#) [H](#) [I](#) [J](#) [K](#) [L](#) [M](#) [N](#) [O](#) [P](#) [Q](#) [R](#) [S](#) [T](#) [U](#) [V](#) [W](#) [X](#) [Y](#) [Z](#)

Los productos estándar están disponibles en estas formas



Elija una forma de buscar en nuestro catálogo on-line

Descripción General:

Los aceros inoxidable son aleaciones de hierro con un mínimo de un 10,5% de cromo. Sus características se obtienen mediante la formación de una película adherente e invisible de óxido de cromo. La aleación 304 es un acero inoxidable austenítico de uso general con una estructura cúbica de caras centradas. Es esencialmente no magnético en estado recocido y sólo puede endurecerse en frío. Su bajo contenido en carbono con respecto a la aleación 302 otorga una mejor resistencia a la corrosión en estructuras soldadas.



Propiedades Eléctricas

Resistividad Eléctrica (μOhmcm)	70-72
--	-------

Propiedades Físicas

Densidad (g cm^{-3})	7,93
Punto de Fusión (C)	1400-1455

Propiedades Mecánicas

Alargamiento (%)	<60
Dureza Brinell	160-190
Impacto Izod (J m^{-1})	20-136
Módulo de Elasticidad (GPa)	190-210
Resistencia a la Tracción (MPa)	460-1100

Anexo N° 10. Factor de esfuerzo dinámico

30: Valores orientativos de f_L y datos para el cálculo

Punto de aplicación	Valores de f_L	Datos para el cálculo
Laminadores	1...3	Cargas medias de laminado; velocidad (valores de f_L según el tipo de laminador y el programa)
Reductores para laminadores	3...4	Momento nominal; velocidad nominal
Caminos de rodillos motorizados	2,5...3,5	Peso del material, choques; Velocidad de laminado



Dimensionado

Coefficiente dinámico f_L y factor de velocidad f_v para rodamientos a bolas

31: Valores de f_L para rodamientos a bolas

L_n	f_L	L_n	f_L	L_n	f_L	L_n	f_L	L_n	f_L
h		h		h		h		h	
100	0,585	420	0,944	1700	1,5	6500	2,35	28000	3,83
110	0,604	440	0,958	1800	1,53	7000	2,41	30000	3,91
120	0,621	460	0,973	1900	1,56	7500	2,47	32000	4
130	0,638	480	0,986	2000	1,59	8000	2,52	34000	4,08
140	0,654	500	1	2200	1,64	8500	2,57	36000	4,16
150	0,669	550	1,03	2400	1,69	9000	2,62	38000	4,24
160	0,684	600	1,06	2600	1,73	9500	2,67	40000	4,31
170	0,698	650	1,09	2800	1,78	10000	2,71	42000	4,38
180	0,711	700	1,12	3000	1,82	11000	2,8	44000	4,45
190	0,724	750	1,14	3200	1,86	12000	2,88	46000	4,51
200	0,737	800	1,17	3400	1,89	13000	2,96	48000	4,58
220	0,761	850	1,19	3600	1,93	14000	3,04	50000	4,64
240	0,783	900	1,22	3800	1,97	15000	3,11	55000	4,79
260	0,804	950	1,24	4000	2	16000	3,17	60000	4,93
280	0,824	1000	1,26	4200	2,03	17000	3,24	65000	5,07
300	0,843	1100	1,3	4400	2,06	18000	3,3	70000	5,19
320	0,862	1200	1,34	4600	2,1	19000	3,36	75000	5,31
340	0,879	1300	1,38	4800	2,13	20000	3,42	80000	5,43
360	0,896	1400	1,41	5000	2,15	22000	3,53	85000	5,54
380	0,913	1500	1,44	5500	2,22	24000	3,63	90000	5,65
400	0,928	1600	1,47	6000	2,29	26000	3,73	100000	5,85

32: Valores de f_n para rodamientos a bolas

n	f_n	n	f_n	n	f_n	n	f_n	n	f_n
min ⁻¹		min ⁻¹		min ⁻¹		min ⁻¹		min ⁻¹	
10	1,49	55	0,846	340	0,461	1 800	0,265	9 500	0,152
11	1,45	60	0,822	360	0,452	1 900	0,26	10 000	0,149
12	1,41	65	0,8	380	0,444	2 000	0,255	11 000	0,145
13	1,37	70	0,781	400	0,437	2 200	0,247	12 000	0,141
14	1,34	75	0,763	420	0,43	2 400	0,24	13 000	0,137
15	1,3	80	0,747	440	0,423	2 600	0,234	14 000	0,134
16	1,28	85	0,732	460	0,417	2 800	0,228	15 000	0,131
17	1,25	90	0,718	480	0,411	3 000	0,223	16 000	0,128
18	1,23	95	0,705	500	0,405	3 200	0,218	17 000	0,125
19	1,21	100	0,693	550	0,393	3 400	0,214	18 000	0,123
20	1,19	110	0,672	600	0,382	3 600	0,21	19 000	0,121
22	1,15	120	0,652	650	0,372	3 800	0,206	20 000	0,119
24	1,12	130	0,635	700	0,362	4 000	0,203	22 000	0,115
26	1,09	140	0,62	750	0,354	4 200	0,199	24 000	0,112
28	1,06	150	0,606	800	0,347	4 400	0,196	26 000	0,109
30	1,04	160	0,593	850	0,34	4 600	0,194	28 000	0,106
32	1,01	170	0,581	900	0,333	4 800	0,191	30 000	0,104
34	0,993	180	0,57	950	0,327	5 000	0,188	32 000	0,101
36	0,975	190	0,56	1 000	0,322	5 500	0,182	34 000	0,0993
38	0,957	200	0,55	1 100	0,312	6 000	0,177	36 000	0,0975
40	0,941	220	0,533	1 200	0,303	6 500	0,172	38 000	0,0957
42	0,926	240	0,518	1 300	0,295	7 000	0,168	40 000	0,0941
44	0,912	260	0,504	1 400	0,288	7 500	0,164	42 000	0,0926
46	0,898	280	0,492	1 500	0,281	8 000	0,161	44 000	0,0912
48	0,886	300	0,481	1 600	0,275	8 500	0,158	46 000	0,0898
50	0,874	320	0,471	1 700	0,27	9 000	0,155	50 000	0,0874

Anexo N° 11. Factor de esfuerzo estático

Dimensionado

Rodamientos solicitados estáticamente · Rodamientos solicitados dinámicamente

Dimensionado

Muchas veces el diámetro del agujero de los rodamientos viene especificado por el diseño general de la máquina o dispositivo. Sin embargo, para determinar finalmente las demás medidas principales y el tipo de rodamiento, conviene averiguar mediante un cálculo de dimensionado, si las exigencias de vida, seguridad estática y rentabilidad quedan satisfechas. En este cálculo se hace una comparación entre la sollicitación del rodamiento y su capacidad de carga.

En la técnica de rodamientos se distingue entre sollicitación dinámica y sollicitación estática.

Una sollicitación estática tiene lugar si el movimiento relativo entre los aros de los rodamientos es nulo o muy lento ($n < 10 \text{ min}^{-1}$). En estos casos se examinará la seguridad contra deformaciones plásticas demasiado elevadas en los caminos de rodadura y en los cuerpos rodantes.

La mayoría de los rodamientos se sollicitan dinámicamente. Sus aros giran relativamente entre sí. Con el cálculo de dimensionado se examina la seguridad contra la fatiga prematura del material de los caminos de rodadura y de los cuerpos rodantes.

Sólo en escasas ocasiones el cálculo de vida nominal según DIN ISO 281 indica la vida realmente alcanzable. Sin embargo, para obtener construcciones económicas ha de sacarse el máximo provecho posible de las capacidades de los rodamientos. Cuanto más prestaciones se exijan, tanto más importante es tener un dimensionado preciso de los rodamientos. El acreditado método de cálculo FAG para la vida alcanzable considera las influencias del servicio y del ambiente en el cálculo. El método se basa en la norma DIN ISO 281 y en los conocimientos publicados por FAG en 1981 sobre la resistencia a la fatiga de rodamientos. Entretanto, este sistema de cálculo ha sido perfeccionado de tal modo que puedan dimensionarse rodamientos fiablemente incluso bajo la presencia de un lubricante contaminado.

Las capacidades de carga dinámica y estática indicadas en este catálogo son aplicables a rodamientos de acero al cromo, con el tratamiento térmico estándar, sólo en el rango de temperatura de servicio normal de hasta 100°C . La dureza mínima de los caminos de rodadura y elementos rodantes es de 58 HRC.

Temperaturas de servicio más elevadas reducen la dureza del material que resulta en drásticas pérdidas de capacidad de carga de los rodamientos. Por favor consulte con la Ingeniería de Aplicación FAG en tales casos.

Rodamientos solicitados estáticamente

Bajo una sollicitación a carga estática, se calcula el factor de esfuerzos estáticos f_s , para demostrar que se ha elegido un rodamiento con suficiente capacidad de carga.

$$f_s = \frac{C_0}{P_0}$$

siendo

f_s factor de esfuerzos estáticos

C_0 capacidad de carga estática [kN]

P_0 carga estática equivalente [kN]

El factor de esfuerzos estáticos f_s se toma como valor de seguridad contra deformaciones demasiado elevadas en los puntos de contacto de los cuerpos rodantes. Para rodamientos que deban girar con gran suavidad y facilidad, habrá que elegir un factor de esfuerzos estáticos f_s mayor. Si las exigencias de suavidad de giro son más reducidas, bastan valores más pequeños. En general se pretiene conseguir los siguientes valores:

$f_s = 1,5 \dots 2,5$ para exigencias elevadas

$f_s = 1,0 \dots 1,5$ para exigencias normales

$f_s = 0,7 \dots 1,0$ para exigencias reducidas

Los valores recomendados para los rodamientos axiales oscilantes de rodillos y rodamientos de precisión se indican en las tablas.

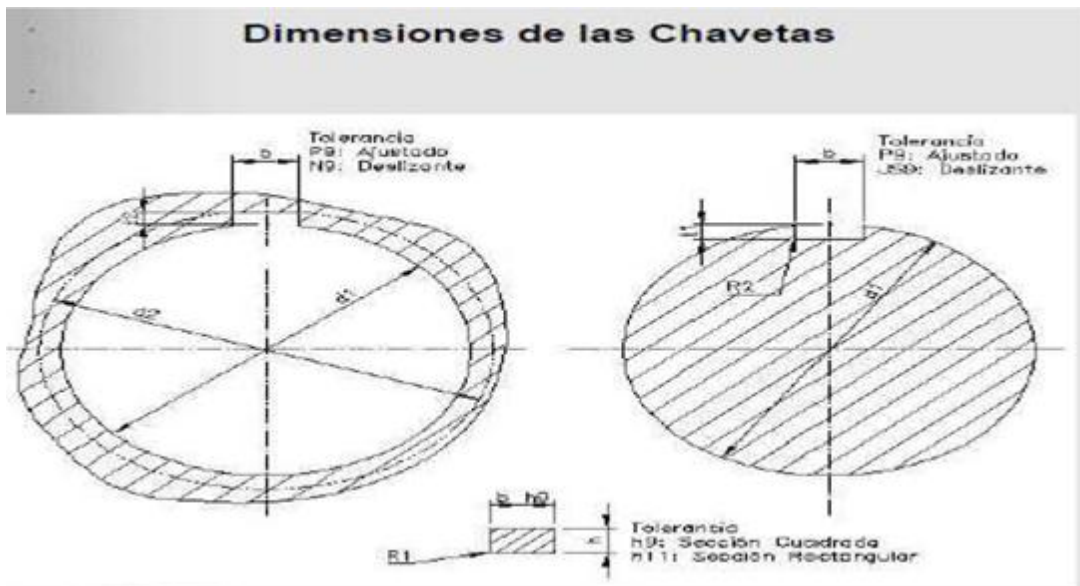
La capacidad de carga estática C_0 [kN] según DIN ISO 76 - 1988, está indicada en las tablas para cada rodamiento. Esta carga (en rodamientos radiales una carga radial y en rodamientos axiales una carga axial y centrada) en el centro del área de contacto más cargada entre los cuerpos rodantes y el camino de rodadura produciría una presión superficial teórica p_0 de:

- 4600 N/mm^2 para rodamientos oscilantes de bolas
- 4200 N/mm^2 para todos los demás rodamientos de bolas
- 4000 N/mm^2 para todos los rodamientos de rodillos

Bajo una sollicitación C_0 (correspondiente a $f_s = 1$) se origina una deformación plástica total del elemento rodante y el camino de rodadura de aprox. $1/10.000$ del diámetro del elemento rodante en el área de contacto más cargada.

La carga estática equivalente P_0 [kN] es un valor teórico. Es una carga radial en rodamientos radiales y una carga axial y centrada en los rodamientos axiales. P_0 origina la misma sollicitación en el punto de contacto más cargado entre cuerpos rodantes y camino de rodadura que la carga combinada real.

Anexo N° 12. Recomendación de chaveta en función del diámetro del eje



Diámetro del eje d1		Chaveta		Diámetro min. cubo d2=d1+...	Chaflán o Radio R1		Redondeo del fondo del chavetero R2	
Máximo	Mínimo	b	h		Mínimo	Máximo	Máximo	Mínimo
6	8	2	2	2,5	0,16	0,25	0,16	0,08
8	10	3	3	3,5				
10	12	4	4	4				
12	17	5	5	5	0,4	0,6	0,4	0,25
17	22	6	6	6				
22	30	8	7	8				
30	38	10	8	8				
38	44	12	8	8				
44	50	14	9	9	0,4	0,6	0,4	0,25
50	58	16	10	11				
58	65	18	11	11				

Anexo N° 13. Recomendación para longitud de chaveta

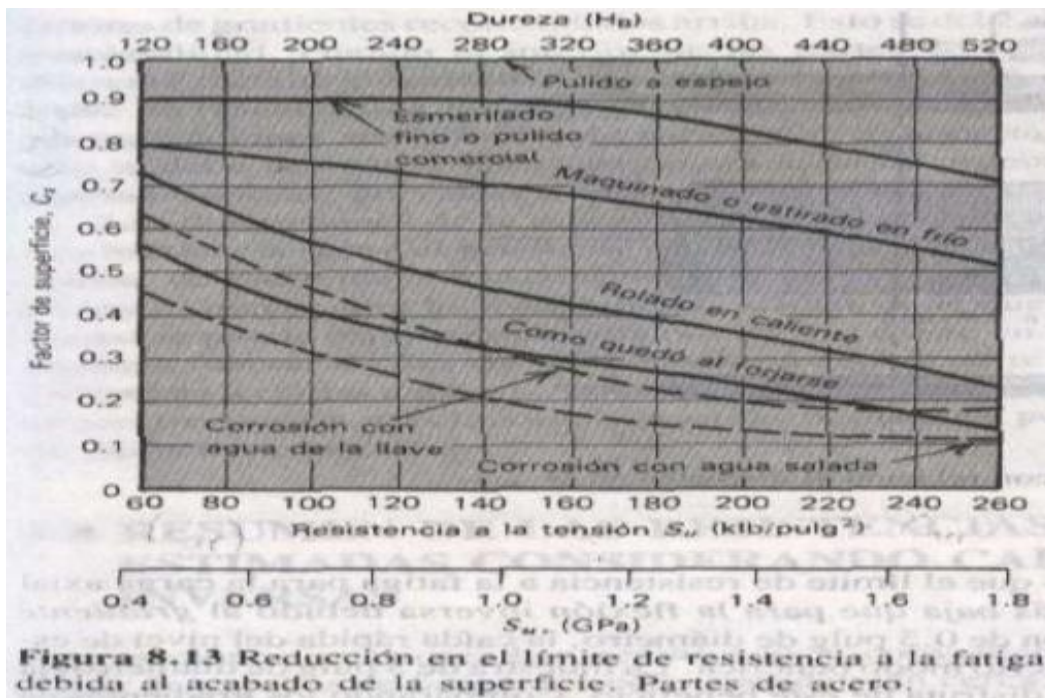
318 DISEÑO DE ELEMENTOS MECANICOS

y 1.34 plg. La longitud del cubo de un engrane generalmente es mayor que el diámetro del eje, para que haya estabilidad. Si, en este ejemplo, la chaveta tuviera una longitud igual a la del cubo, tendría —por consiguiente— amplia resistencia, puesto que probablemente sería de $1\frac{7}{8}$ plg o más.

Frecuentemente se utiliza un retén o anillo de retención, en vez de un escalón de eje, para situar axialmente un elemento sobre un eje o dentro de un hueco. Como se indica en la figura 6-26, se forma una ranura en el eje o en el alojamiento para colocar al retén de resorte. La forma ahusada de los anillos exteriores e interiores asegura una presión uniforme contra el fondo de la ranura. Los tamaños, medidas y capacidades pueden verse en los catálogos de los fabricantes.

Los empalmes ranurados de envolvente (o involuta) son los mejores medios de transmitir momentos de rotación de gran magnitud. Como estos elementos están estrechamente relacionados con los dientes de los engranes, los métodos de selección se expondrán en el capítulo 11.

Anexo N° 14. Coeficiente de acabado superficial

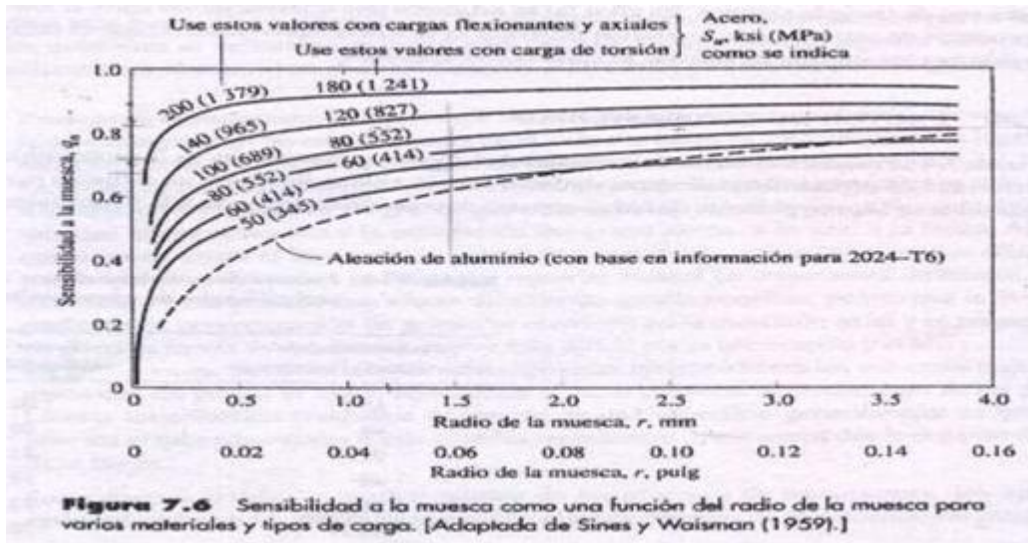


Anexo N° 15. Coeficiente de confiabilidad

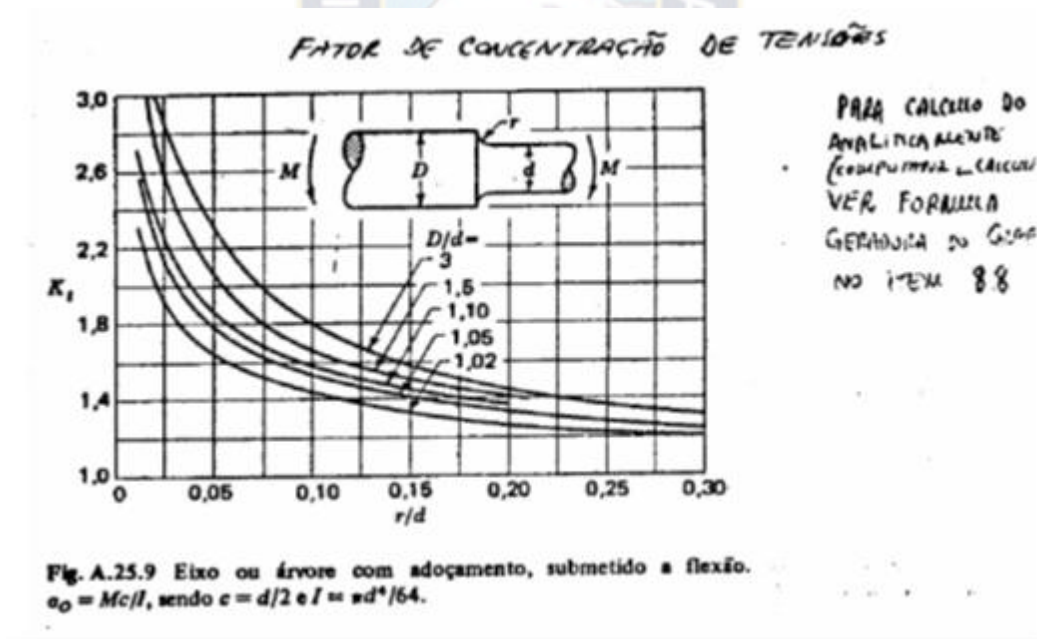
Tabla 7.4 Factores de confiabilidad para seis probabilidades de sobrevivencia.

Probabilidad de sobrevivencia, porcentaje	Factor de confiabilidad, k_f
50	1.00
90	.90
95	.87
99	.82
99.9	.75
99.99	.70

Anexo N° 16. Coeficiente de concentración de esfuerzos (q)

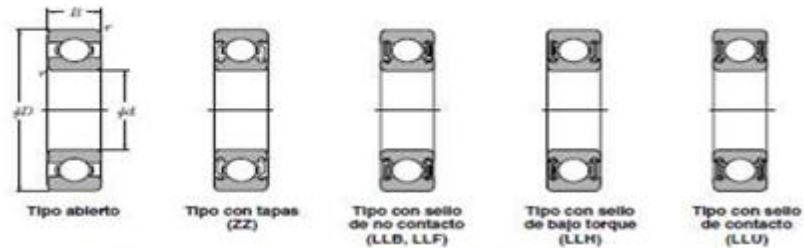


Anexo N° 17. Factor de concentración de esfuerzos (K_f)



Anexo N° 18. Rodamiento seleccionado para la chumacera

● Rodamientos Rígidos de Bolas



d 20 ~ 35mm

Dimensiones principales	Capacidades básicas de carga				Factor	Velocidades límites				Números de rodamientos									
	dinámica		estática			f_0	r.p.m.		con										
	C_r	C_{or}	C_s	C_{os}			grasa	aceite	tipo	con	con	con							
mm	$r_{ms}^{1/3}$	min	kN	kgf	grasa	aceite	tipo	con	con	con	con	con							
d	D	B	$r_{ms}^{1/3}$	min	C_r	C_{or}	C_s	C_{os}	f_0	tipo	con	con	con	con	con	con			
										ZZ	LLB	Z LB	LLH	LLU	tipo	con	de	de	de
										abierta	tapas	no	bajo	contacto	abierta	tapas	contacto	torque	contacto
20	72	19	1.1	—	28.5	13.9	2 900	1 420	11.4	12 000	14 000	—	—	—	6404	—	—	—	—
22	44	12	0.6	0.5	9.40	5.05	955	515	13.9	17 000	20 000	13 000	10 000	—	60/22	ZZ	LLB	LLH	LLU
	50	14	1	0.5	12.9	6.80	1 320	690	13.5	14 000	17 000	12 000	9 700	—	62/22	ZZ	LLB	LLH	LLU
	56	16	1.1	0.5	18.4	9.25	1 890	945	12.4	13 000	15 000	11 000	9 200	—	63/22	ZZ	LLB	LLH	LLU
25	32	4	0.2	—	1.10	0.840	112	86	15.8	4 000	4 600	—	—	—	6705	—	LLF	—	—
	37	7	0.3	0.3	4.30	2.95	435	300	16.1	18 000	21 000	—	10 000	—	6805	ZZ	LLB	—	LLU
	42	9	0.3	0.3	7.05	4.55	715	460	15.4	16 000	19 000	—	9 800	—	6905	ZZ	LLB	—	LLU
	47	8	0.3	—	8.35	5.10	855	520	15.1	15 000	18 000	—	—	—	16005	—	—	—	—
	47	12	0.6	0.5	10.1	5.85	1 030	595	14.5	15 000	18 000	11 000	9 400	—	6005	ZZ	LLB	LLH	LLU
	52	15	1	0.5	14.0	7.85	1 430	800	13.9	13 000	15 000	11 000	8 900	—	6205	ZZ	LLB	LLH	LLU
	62	17	1.1	0.5	21.2	10.9	2 160	1 110	12.6	12 000	14 000	9 700	8 100	—	6305	ZZ	LLB	LLH	LLU
80	21	1.5	—	34.5	17.5	3 550	1 780	11.6	10 000	12 000	—	—	—	6405	—	—	—	—	
28	52	12	0.6	0.5	12.5	7.40	1 270	755	14.5	14 000	16 000	10 000	8 400	—	60/28	ZZ	LLB	LLH	LLU
	58	16	1	0.5	17.9	9.75	1 830	995	13.4	12 000	14 000	9 700	8 100	—	62/28	ZZ	LLB	LLH	LLU
	68	18	1.1	0.5	26.7	14.0	2 730	1 430	12.4	11 000	13 000	8 900	7 400	—	63/28	ZZ	LLB	LLH	LLU
30	37	4	0.2	—	1.14	0.950	117	97	15.7	3 300	3 800	—	—	—	6706	—	LLF	—	—
	42	7	0.3	0.3	4.70	3.65	480	370	16.5	15 000	18 000	—	8 800	—	6806	ZZ	LLB	—	LLU
	47	9	0.3	0.3	7.25	5.00	740	510	15.8	14 000	17 000	—	8 400	—	6906	ZZ	LLB	—	LLU
	55	9	0.3	—	11.2	7.35	1 150	750	15.2	13 000	15 000	—	—	—	16006	—	—	—	—
	55	13	1	0.5	13.2	8.3	1 350	845	14.8	13 000	15 000	9 200	7 700	—	6006	ZZ	LLB	LLH	LLU
	62	16	1	0.5	19.5	11.3	1 980	1 150	13.8	11 000	13 000	8 800	7 300	—	6206	ZZ	LLB	LLH	LLU

Anexo N° 19. Dato del Sy para un tornillo grado métrico 10.9

Tabla 15.5 Resistencia de pernos de acero para varios tamaños en milímetros.

Grado métrico	Diámetro de la cresta d_c , mm	Resistencia a la rotura por tensión, S_u , MPa	Resistencia a la fluencia, S_y , MPa	Resistencia de prueba, S_p , Mpa
4.6	M5-M36	400	240	225
4.8	M1.6-M16	420	340	310
5.8	M5-M24	520	415	380
8.8	M17-M36	830	660	600
9.8	M1.6-M16	900	720	650
10.9	M6-M36	1 040	940	830
12.9	M1.6-M36	1 220	1 100	970

*Resistencias a la fluencia aproximada y no se incluyen en las resistencias estándar.



Anexo N° 20. Capacidad de transporte de pan molido

Capacidad horaria de transporte de una cinta cóncava en correspondencia con su ancho, velocidad, naturaleza y tamaño de los trozos de material transportado. Para tríos de rodillos portantes iguales, inclinados a 20° y material con 20° de sobrecarga dinámica

Material transportado Peso específico kg/m ³	Ancho de la cinta mm	Capacidad de transporte en toneladas/hora																Tamaño máx. del material mm		
		Velocidad de la cinta en m/seg																En tocos	Molido	
		0.5	0.75	1	1.25	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75	3	3.25	3.5	3.75	4				
Velocidades comprendidas en la zona con valores para materiales fuertemente abrasivos.	Caolín en polvo	300	6	9	12	15	19	22	25										50	75
	Carbón vegetal	400	11	17	22	28	34	39	45	50	55								70	100
	Coque	500	18	27	36	45	54	63	72	81	90	98	108						90	150
	Algodón	600	26	40	53	66	80	93	109	118	131	145	160						110	200
	Leña en tacos	700	36	55	73	91	110	128	147	165	182	200	218	237	255				130	250
		800	49	73	98	122	147	172	196	220	245	270	294	319	343				150	300
		900	63	95	127	159	190	223	254	285	317	350	380	413	445	475	510		170	350
	Otros materiales que tengan un peso específico	1 000	80	120	160	200	240	280	320	360	400	440	480	520	560	600	640		200	400
		1 100	98	147	196	245	294	343	392	440	490	538	588	635	685	735	785		230	450
	500 kg/m ³	1 200	118	177	238	300	355	417	475	535	594	650	715	773	832	882	950		260	500
	1 300	142	212	284	355	425	497	568	610	710	781	852	923	995	1065	1135		300	550	
para materiales medianamente abrasivos.	Carbón mineral	300	9	13	18	22	27	32	37										50	75
	Lignito	400	17	25	34	42	51	59	68	76	102								70	100
	Poivo de altos hornos	500	27	40	54	68	82	96	110	123	164	151	165						90	150
	Sal marina	600	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240						110	200
	Escorias de carbón mineral	700	55	83	111	139	166	194	222	250	277	305	333	360	377	415	444		130	250
		800	73	110	147	184	220	257	294	330	367	405	440	476	515	550	588		150	300
		900	95	142	190	228	285	332	380	427	475	523	570	617	665	713	760		170	350
	Otros materiales de peso específico	1 000	120	180	240	300	360	420	480	540	600	660	720	780	840	900	960		200	400
		1 100	147	220	294	368	441	515	588	660	735	807	882	955	1030	1100	1170		230	450
	750 kg/m ³	1 200	179	268	358	448	538	627	716	805	895	983	1070	1160	1250	1340	1430		260	500
	1 300	211	317	422	527	633	738	843	950	1055	1160	1265	1370	1485	1590	1695		300	550	
Velocidades comprendidas en la zona con valores para materiales medianamente abrasivos.	Arcilla seca	300	12	19	25	31	37	43	50										50	75
	Caolín en terrón	400	22	34	45	57	68	79	91	85	113								70	100
	Hierro en trozos	500	36	55	73	91	110	128	146	136	182	200	218						90	150
	Tierras de moldeo	600	53	79	106	132	159	185	212	238	265	291	318						110	200
	Sal de mina	700	73	110	147	184	220	257	294	330	367	404	442	477	515				130	250
	Escorias de altos hornos	800	98	148	197	246	295	345	394	443	492	541	591	640	690				150	300
		900	127	178	254	317	380	444	517	572	635	697	766	823	886	952	1010		170	350
	Otros materiales de peso específico	1 000	160	240	320	400	480	560	640	720	800	880	960	1040	1120	1200	1280		200	400
		1 100	196	294	392	490	588	686	784	882	980	1078	1176	1274	1372	1470	1566		230	450
	1 000 kg/m ³	1 200	237	356	475	593	712	830	950	1070	1188	1306	1425	1545	1662	1780	1900		260	500
	1 300	284	427	568	710	850	985	1135	1278	1420	1562	1705	1847	1980	2130	2275		300	550	

Anexo N° 21. Material de transporte de pan molido

Referencia					
Careta plana anchura < 100 mm	Banda transp. anchura ≥ 100 mm	Espesor banda (mm)	Anchura maxi (mm)	Ø mini enrollamiento (mm)	Peso (kg / m ²)
DRPB2	DRBB2	— 2	1000	40	2,4
DRPB3	DRBB3	— 3	1000	80	3,6

DEL/ROC azul

Materia	elastómero de poliéster
Color	azul
Cara inferior	lisa o estructurada
Cara superior	lisa
Dureza	100 ShA - 55 ShD
Fuerza de tracción	
a 0,5% de tensión	9 daN/cm ² de sección
a 1% de tensión	18 daN/cm ² de sección
a 1,5% de tensión	27 daN/cm ² de sección
Tensión de montaje	0,5 a 2% según condiciones
Temperaturas extremas	-30°C/+90°C
Coeficiente de rozamiento	
PEAD	0,15 - 0,2
Acero	0,35 - 0,4
Inox	0,5

