



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

TEMA

**MÁQUINA MEZCLADORA DE ALIMENTO BALANCEADO PARA
LA ELABORACIÓN DE BLOQUES MULTINUTRICIONALES**

AUTOR: DIEGO JAVIER MANYA NAULA

DIRECTOR: ING. ZAMIR MERA

IBARRA - ECUADOR

2014



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determino la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión universitaria.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CEDULA DE IDENTIDAD:	100310657-0		
APELLIDOS Y NOMBRES:	MANYA NAULA DIEGO JAVIER		
DIRECCIÓN:	BARRIO LA FLORIDA, CALLE LAS BUGANVILLAS 3-21		
EMAIL:	dj_kardia@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0980290853
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	MÁQUINA MEZCLADORA DE ALIMENTO BALANCEADO PARA LA ELABORACIÓN DE BLOQUES MULTINUTRICIONALES		
AUTOR:	MANYA NAULA DIEGO JAVIER		
FECHA: AAAAMMDD	2014-02-17		
PROGRAMA:	PREGRADO		
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO EN MECATRÓNICA		
DIRECTOR:	ING. ZAMIR MERA		

Firma: 

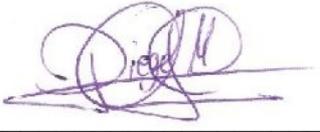
Nombre: Diego Javier Manya Naula

Cedula: 100310657-0

Ibarra, Febrero 17 de 2014

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Diego Javier Manya Naula, con cédula de identidad Nro. 100310657-0, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior, Artículo 144.

Firma:  _____

Nombre: Diego Javier Manya Naula

Cedula: 100310657-0

Ibarra, Febrero 17 de 2014



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Diego Javier Manyá Naula, con cédula de identidad Nro. 100310657-0, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, Artículo 4,5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: Máquina mezcladora de alimento balanceado para la elaboración de bloques multinutricionales, que ha sido desarrollada para optar el título de Ingeniero en Mecatrónica en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital en la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma: 

Nombre: Diego Javier Manyá Naula

Cedula: 100310657-0

Ibarra, Febrero 17 de 2014



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

Certifico que bajo mi dirección el trabajo **MÁQUINA MEZCLADORA DE ALIMENTO BALANCEADO PARA LA ELABORACIÓN DE BLOQUES MULTINUTRICIONALES** fue desarrollado en su totalidad por el Sr. Diego Javier Manya Naula, siendo un trabajo inédito.

En la ciudad de Ibarra, Febrero 17 del 2014

A handwritten signature in purple ink, written over a horizontal line. The signature is stylized and appears to read 'Zamir Mera'.

Ing. Zamir Mera

DIRECTOR DEL PROYECTO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CONSTANCIAS

Yo, Diego Javier Manyá Naula declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la institución vigente.

Ibarra, a los 17 días del mes de Febrero de 2014.

EL AUTOR:

A handwritten signature in purple ink, appearing to read "Diego M.", is written over a horizontal line.

Diego Javier Manyá Naula

C.I: 100310657-0



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto a ti mi Dios, mi Señor y mi Salvador, por darme la vida, la salud y la oportunidad de conocerte y de poder servirte; por estar siempre a mi lado cuidándome, por darme la fuerza para seguir en cada etapa de mi vida y sostenerme cuando me faltan las fuerzas; por haber cambiado mi vida y por haber llenado mi corazón de gozo y de paz; por haberme bendecido con una familia maravillosa, por los padres que tengo. A ti sea la gloria, la honra y el honor, el poder mi Señor.

A mis padres José Manyá y Manuela Naula por el amor y la paciencia que han tenido conmigo, por enseñarme con su ejemplo a esforzarme para lograr alcanzar mis metas, por enseñarme a honrar a Dios y respetar a las personas, por darme una educación basada en amor y disciplina, por ustedes he podido salir adelante en mis estudios.

A mis hermanas María y Sandra Manyá por ser ese apoyo incondicional en cada área de mi vida, por darme su mano cuando he estado necesitado, por motivarme y ayudarme para que yo pudiera perseverar en mis estudios y poder concluir esta etapa de mi vida.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento:

A todo el cuerpo de docentes de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas que con sacrificio y esmero construyen el conocimiento de todos aquellos que tenemos el privilegio de estudiar en esta facultad.

A mi familia por apoyarme y motivarme en los momentos de felicidad y de tristeza a lo largo del transcurso de mi carrera.

A Dios por la fuerza, la sabiduría y por todas las bendiciones que me ha dado y que me han ayudado a llegar hasta este día.

ÍNDICE GENERAL

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN	ii
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO	iv
CERTIFICACIÓN DEL ASESOR.....	v
CONSTANCIAS	vi
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
ÍNDICE GENERAL	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE TABLAS	xviii
ÍNDICE DE ANEXOS	xix
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xx
LISTA DE SIGLAS	xxi
RESUMEN	xxiii
ABSTRACT	xxiv
CAPITULO 1	1
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 ALIMENTACIÓN ANIMAL	1
1.2.1 ANIMALES RUMIANTES	2
1.2.1.1 El Rumen.....	3
1.2.1.2 El Retículo	3
1.2.1.3 El Omaso.....	3
1.2.1.4 El abomaso	4
1.3 REQUERIMIENTOS ALIMENTICIOS.....	4
1.3.1 ENERGÍA	4
1.3.2 PROTEÍNA	5
1.3.3 FIBRAS	5
1.3.4 MINERALES.....	5
1.3.4.1 Macrominerales	5
1.3.4.2 Microminerales	6
1.3.5 VITAMINAS	6
1.4 ELABORACIÓN DE BLOQUES MULTINUTRICIONALES.....	7
1.4.1 FÓRMULAS PARA LA ALIMENTACIÓN ANIMAL	8
1.4.1.1 Ingredientes del Bloque Multinutricional	8

	x
1.4.1.1.1 Aglomerante	9
1.4.1.1.2 Componente Proteico.....	9
1.4.1.1.3 Minerales.....	10
1.4.1.1.4 Componente Energético.....	10
1.4.1.1.5 Fuente de Nitrógeno no Proteico.....	10
1.4.1.1.6 Fibra de Soporte.....	10
1.4.1.2 Fórmulas para la Elaboración de Bloques Multinutricionales	11
1.4.1.2.1 Fórmula General de Proporciones y Componentes	11
1.4.1.2.2 Fórmulas Aplicadas según las Necesidades Alimenticias	12
1.4.1.2.3 Fórmula Establecida para el Diseño de la Mezcladora.....	13
1.4.2 PROCESO DE ELABORACIÓN MANUAL DE BLOQUES MULTINUTRICIONALES.....	13
1.4.2.1 Preparación de los ingredientes y materiales.....	14
1.4.2.1.1 Materiales.....	14
1.4.2.1.2 Cernido de los Ingredientes Sólidos	14
1.4.2.1.3 Pesaje de los ingredientes	15
1.4.2.2 Mezclado de los Ingredientes.....	15
1.4.2.2.1 Mezclado de los Ingredientes Solidos	15
1.4.2.2.2 Mezcla de urea con melaza.....	16
1.4.2.2.3 Mezcla de urea con melaza y los ingredientes sólidos.....	16
1.4.2.3 Moldeado y Compactación de la Mezcla	16
1.4.2.3.1 Moldeado del bloque multinutricional	16
1.4.2.3.2 Compactación del bloque multinutricional	16
1.4.2.4 Secado del Bloque	17
1.4.2.4.1 Almacenamiento del bloque multinutricional	18
1.5 TIPOS DE MEZCLADORAS	19
1.5.1 MEZCLADORAS DE FLUJOS	19
1.5.2 MEZCLADORAS DE PALETAS	20
1.5.3 MEZCLADORES DE CINTAS	21
1.5.4 MEZCLADORAS DE TURBINAS	22
1.5.5 MEZCLADORAS HORIZONTALES	22
1.5.6 MEZCLADORAS VERTICALES.....	23
1.6 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.....	24
1.6.1 ALTERNATIVA # 1: MEZCLADOR DE TORNILLO SIN FIN EN TANQUE VERTICAL.....	24
1.6.1.1 Ventajas	24
1.6.1.2 Desventajas.....	25

	xi
1.6.2 ALTERNATIVA # 2: MEZCLADORA ROTATIVA	25
1.6.2.1 Ventajas	25
1.6.2.2 Desventajas.....	25
1.6.3 ALTERNATIVA # 3: MEZCLADORA HORIZONTAL CON TORNILLO SIN FIN	26
1.6.3.1 Ventajas	26
1.6.3.2 Desventajas.....	26
1.6.4 ALTERNATIVA # 4: MEZCLADORA HORIZONTAL CON PALETAS PLANAS	27
1.6.4.1 Ventajas	27
1.6.4.2 Desventajas.....	27
1.6.5 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	27
1.6.6 RESULTADO DE LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	29
CAPITULO 2	31
2. DISEÑO DE LA MÁQUINA MEZCLADORA.....	31
2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	31
2.2 OBJETIVOS	31
2.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	31
2.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	32
2.3 FACTORES DE DIMENSIONAMIENTO	32
2.4 FACTOR DE SEGURIDAD	33
2.4.1 MATERIALES DÚCTILES	33
2.5 DISEÑO DEL RECIPIENTE	33
2.5.1 DIMENSIONAMIENTO DEL RECIPIENTE	33
2.5.2 ANÁLISIS DEL ESPESOR DEI RECIPIENTE	35
2.6 DISEÑO DEL SISTEMA DE MEZCLADO	41
2.6.1 ANÁLISIS DE LA PALETA	41
2.6.1.1 Factores de dimensionamiento de la paleta	41
2.6.1.2 Análisis de cargas sobre la paleta.....	42
2.6.1.3 Punto crítico de la paleta	45
2.6.1.4 Análisis estático de la paleta	45
2.6.1.5 Análisis de fatiga de la paleta.....	46
2.6.1.6 Límite de resistencia a la fatiga de la paleta.....	48
2.6.1.7 Factor de seguridad para el análisis de fatiga de la Paleta	50
2.6.2 ANÁLISIS DEL EJE DE LA PALETA.....	51

	xii
2.6.2.1 Factores de dimensionamiento del eje de la paleta	51
2.6.2.2 Análisis de cargas del eje de la paleta	51
2.6.2.3 Punto crítico del eje de la paleta	53
2.6.2.4 Análisis estático del eje de la paleta.....	54
2.6.2.5 Análisis de fatiga del eje de la paleta	55
2.6.2.6 Límite de resistencia a la fatiga del eje de la paleta	56
2.6.2.7 Factor de seguridad para el análisis de fatiga del eje de la paleta	57
2.6.3 SELECCIÓN DEL MOTOR	58
2.6.3.1 Factores para la selección del motor.....	58
2.6.3.2 Cálculo de la potencia del motor	58
2.6.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE REDUCCIÓN DE VELOCIDADES	59
2.6.4.1 Primer sistema de reducción: Poleas y correas	59
2.6.4.1.1 Calculo del número de correas.....	61
2.6.4.2 Segundo sistema de reducción: Cadena y catarinas.....	63
2.6.4.2.1 Trasmisión de potencia	64
2.6.4.2.2 Análisis de cargas	66
2.6.5 ANÁLISIS DEL EJE MOTRIZ	69
2.6.5.1 Factores de dimensionamiento del eje motriz	69
2.6.5.2 Análisis de cargas del eje motriz	69
2.6.5.3 Punto crítico del eje motriz	74
2.6.5.4 Análisis estático del eje motriz	75
2.6.5.5 Análisis de fatiga del eje motriz	76
2.6.5.6 Límite de resistencia a la fatiga del eje motriz.....	78
2.6.5.7 Factor de seguridad para el análisis de fatiga del eje de la motriz	79
2.6.6 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS PARA EL EJE MOTRIZ.....	79
2.6.6.1 Factores para la selección de los rodamientos	80
2.6.6.2 Análisis de cargas sobre el rodamiento.....	80
2.6.6.3 Selección del soporte para el rodamiento	82
2.7 DISEÑO DE ELEMENTOS ADICIONALES.....	83
2.7.1 ANÁLISIS DEL EJE SECUNDARIO	83
2.7.1.1 Análisis de cargas sobre el eje secundario	83
2.7.1.2 Análisis estático del eje secundario.....	87
2.7.1.3 Análisis de fatiga del eje secundario	88
2.7.1.4 Límite de resistencia a la fatiga del eje secundario	89

	xiii
2.7.1.5 Factor de seguridad para el análisis de fatiga del eje secundario	90
2.7.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE DESCARGA	90
2.7.2.1 Componentes	90
2.7.2.2 Procedimiento de descarga	91
2.7.2.3 Selección de soporte para rodamientos	94
2.7.3 ANÁLISIS DE LA PLACA DE SOPORTE DEL MOTOR.....	94
2.7.3.1 Análisis de cargas sobre el soporte del motor	94
2.8 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA	98
2.9 SISTEMA ELÉCTRICO	100
2.9.1 ELEMENTOS	101
2.9.1.1 Interruptor termomagnético de riel Din	101
2.9.1.2 Contactor	102
2.9.1.3 Relés encapsulados de 8 pines.....	103
2.9.1.4 Selectores	103
2.9.1.5 Potenciómetro	104
2.9.1.6 Indicadores luminosos.....	104
2.9.1.7 Variador de frecuencia	104
2.9.1.7.1 Montaje.....	105
2.9.1.7.2 Circuito de control.....	105
2.9.2 CIRCUITO ELÉCTRICO.....	107
CAPITULO 3	109
3. CONSTRUCCIÓN DE LA MEZCLADORA	109
3.1 INTRODUCCIÓN	109
3.2 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN	110
3.2.1 DIAGRAMA DE PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA	110
3.2.2 DIAGRAMA DE PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DEL RECIPIENTE..	114
3.2.3 DIAGRAMA DE PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA PALETA	116
3.2.4 DIAGRAMA DE PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DEL RECIPIENTE DE DESCARGA DE LA MEZCLA	117
3.3 ENSAMBLAJE.....	118
3.4 VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO	122
3.4.1 PARÁMETROS	122
3.4.2 PESAJE DE LOS INGREDIENTES.....	123
3.4.3 MEZCLADO	123

	xiv
3.4.4 RESULTADOS	124
3.4.4.1 Verificación de dimensiones	124
3.4.4.2 Inspección de los elementos principales.	124
3.4.4.3 Panel de control.	124
3.4.4.4 Tiempo de mezclado	124
3.4.4.5 Prueba de homogeneización	125
CAPITULO 4	127
4. ANÁLISIS DE COSTOS DEL PROYECTO	127
4.1 COSTOS DIRECTOS.....	127
4.1.1 COSTOS MATERIA PRIMA	127
4.1.2 COSTOS DE COMPONENTES COMPLEMENTARIOS	128
4.1.3 COSTOS DE MAQUINADO	130
4.1.4 COSTO DE MONTAJE.....	130
4.1.5 COSTO DIRECTO TOTAL	130
4.2 COSTOS INDIRECTOS	131
4.2.1 COSTOS DE MATERIALES INDIRECTOS.....	131
4.2.2 COSTO DE INGENIERÍA	131
4.2.3 COSTO TOTAL INDIRECTO	131
4.3 COSTO DE IMPREVISTOS	131
4.4 COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA	132
CAPITULO 5	133
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	133
5.1 CONCLUSIONES.....	133
5.2 RECOMENDACIONES	134
BIBLIOGRAFÍA	135
ANEXOS	139

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Estomago de un rumiante.	3
Figura 1.2. Mezclado de ingredientes.	15
Figura 1.3. Moldeado del bloque nutricional.....	16
Figura 1.4. Compactación del bloque nutricional.....	17
Figura 1.5. Mezclador de flujo.	19
Figura 1.6. Mezcladora de paletas.	20
Figura 1.7. Mezcladora de hélices.....	21
Figura 1.8. Mezcladora de turbinas.....	22
Figura 1.9. Mezcladora horizontal.	23
Figura 1.10. Mezcladora vertical.	24
Figura 1.11. Alternativa #2: Mezcladora rotativa.	25
Figura 1.12. Alternativa #3: Mezcladora horizontal con tornillo sin fin.....	26
Figura 1.13. Alternativa #4: Mezcladora horizontal con paletas planas.....	27
Figura 2.1. Diagrama del recipiente.	34
Figura 2.2. Diagrama de distribución de la fuerza sobre una superficie sumergida.....	36
Figura 2.3. Diagrama de cuerpo libre del recipiente.....	39
Figura 2.4. Sección transversal de la plancha que conforma el recipiente.....	39
Figura 2.5. Sistema de mezclado.	41
Figura 2.6. Diagrama de cuerpo libre de la paleta.....	42
Figura 2.7. Dimensiones de la paleta.	43
Figura 2.8. Paleta dividida por la mitad.	43
Figura 2.9. Secciones de la paleta.	43
Figura 2.10. Diagrama de cuerpo libre, fuerza cortante (V) y momento flector (M) en la paleta.....	44
Figura 2.11. Dimensiones del segmento de la paleta.....	45
Figura 2.12. Distribución de esfuerzos en la sección crítica (C) de la paleta.	45
Figura 2.13. Esquema de un esfuerzo repetitivo.	46
Figura 2.14. Diagrama de fatiga de la línea de Goodman modificada.....	50
Figura 2.15. Fuerzas ejercidas sobre el eje de las paletas.	51
Figura 2.16. Diagrama de la paleta en el espacio.	51
Figura 2.17. Diagrama de cuerpo libre del eje de la paleta en el eje "x" y el eje "y".	52

Figura 2.18. Diagrama de cuerpo libre, fuerza cortante (V) y momento flector (M) en el eje de la paleta, con respecto al eje x y al eje y.	53
Figura 2.19. Diagrama de distribución de esfuerzos en la sección crítica del eje de la paleta.....	54
Figura 2.20. Sistema de poleas.....	60
Figura 2.21. Posiciones de las catarinas y de la cadena.....	67
Figura 2.22. Diagrama de cuerpo libre de la catarina conducida.	68
Figura 2.23. Diagrama de cuerpo libre del eje motriz.....	69
Figura 2.24. Diagrama de cuerpo libre simplificado del eje motriz.	70
Figura 2.25. Diagrama de cuerpo libre, fuerza cortante (V) y momento flector (M) en el eje motriz, con respecto al plano xy.	72
Figura 2.26. Diagrama de cuerpo libre, fuerza cortante (V) y momento flector (M) en el eje motriz, con respecto al plano xz.	73
Figura 2.27. Diagrama momento torsor del eje motriz.	73
Figura 2.28. Sección crítica del eje motriz.....	75
Figura 2.29. Esquema de un esfuerzo sinusoidal completamente invertido.....	77
Figura 2.30. Partes de un soporte tipo UCP.....	82
Figura 2.31. Diagrama de cuerpo libre del eje secundario.....	83
Figura 2.32. Fuerzas que actúan en la catarina motriz.	84
Figura 2.33. Diagrama de cuerpo libre, fuerza cortante (V) y momento flector (M) en el eje secundario, con respecto al plano xy.....	86
Figura 2.34. Diagrama de cuerpo libre, fuerza cortante (V) y momento flector (M) en el eje secundario, con respecto al plano xz.....	86
Figura 2.35. Primera etapa del sistema de descarga.....	91
Figura 2.36. Sistema de catarinas para el volteo del recipiente.	92
Figura 2.37. Ángulo mínimo de volteo del recipiente.....	93
Figura 2.38. Esquema del soporte del motor.....	94
Figura 2.39. Diagrama de cuerpo libre del soporte del motor.	95
Figura 2.40. Fuerzas sobre la polea conducida.....	96
Figura 2.41. Diagrama de cuerpo libre, fuerza cortante (V) y momento flector (M) en la placa.....	97
Figura 2.42. Esquema de la estructura de la máquina.....	98
Figura 2.43. Esfuerzos generados en la estructura de la máquina.	99
Figura 2.44. Relé encapsulado de 8 pines.....	103

	xvii
Figura 2.45. Selector de dos posiciones.	103
Figura 2.46. Potenciómetro.	104
Figura 2.47. Indicador luminoso.	104
Figura 2.48. Variador de frecuencia.	105
Figura 2.49. Distancias mínimas.	105
Figura 2.50. Circuito eléctrico del variador de frecuencia.....	106
Figura 2.51. Circuito eléctrico.....	107
Figura 2.52. Elementos del panel de control.	108
Figura 2.53. Panel de control.	108
Figura 3.1. Ensamblaje de la máquina.	121
Figura 3.2. Ensamblaje completo.	122
Figura 3.3. Pesaje de los ingredientes.	123
Figura 3.4. Verificación de la mezcla.....	125

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Diferentes componentes y proporciones en los bloques alimenticios...	12
Tabla 1.2. Diferentes formulaciones de bloques alimenticios.....	12
Tabla 1.3. Componentes de la mezcla.....	13
Tabla 1.4. Selección de alternativas.....	29
Tabla 2.1. Factores de dimensionamiento.....	32
Tabla 2.2. Dimensiones del recipiente.....	35
Tabla 2.3. Dimensiones de conversión de longitud.....	61
Tabla 2.4. Factor de corrección del ángulo de contacto K1	61
Tabla 2.5. Factor de corrección de longitud de banda K2	62
Tabla 2.6. Potencias nominales de bandas en V estándar.....	62
Tabla 2.7. Potencias nominales para cadenas de rodillos simples.....	64
Tabla 2.8. Factores de servicios sugeridos K_s	65
Tabla 2.9. Factor de corrección de dientes K1	65
Tabla 2.10. Factor de corrección de Torones múltiples K2	66
Tabla 2.11. Resumen de resultados.....	99
Tabla 2.12. Interruptor termomagnético de Riel DIN.....	102
Tabla 2.13. Contactor MC.....	102
Tabla 3.1. Herramientas, equipos y máquinas a usar.....	109
Tabla 4.1. Costos de materiales directos.....	128
Tabla 4.2. Costos de componentes complementarios.....	129
Tabla 4.3. Costos de maquinado.....	130
Tabla 4.4. Costo directo total.....	130
Tabla 4.5. Costos de materiales indirectos.....	131
Tabla 4.6. Costo indirecto total.....	131
Tabla 4.7. Costo total.....	132

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1.....	141
MANUAL DE USUARIO.....	141
ANEXO 2.....	147
Catálogos.....	147
2.1 Catálogo de planchas inoxidables.....	148
2.2 Catálogo de ejes de acero inoxidable.....	150
2.3 Catálogo del motores weg.....	151
2.4 Catálogo de cadenas de rodillos.....	154
2.5 Catálogo de piñones.....	155
2.6 Catálogo del variador de frecuencia.....	156
2.7 Catálogo de ejes acero AISI 1018.....	162
2.8 Catálogo de correas.....	163
2.9 Catálogo de rodamientos.....	164
2.10 Catálogo de soporte para rodamiento tipo silleta.....	166
2.11 Catálogo de soporte para rodamiento tipo brida.....	167
2.12 Catálogo de planchas ASTM 36.....	168
2.13 Catálogo de tubo estructural ASTM A-500.....	169
ANEXO 3.....	171
Valores de a y b para determinar el factor de modificación de la condición superficial.....	171
ANEXO 4.....	173
Factores de confiabilidad.....	173
ANEXO 5.....	175
Planos.....	175

ÍNDICE DE ECUACIONES

(Ec. 2.1) Volumen de la mezcla.....	33
(Ec. 2.6) Peso específico de la mezcla.....	36
(Ec. 2.7) Fuerza vertical de la mezcla	36
(Ec. 2.8) Centroide de una sección circular.....	37
(Ec. 2.9) Fuerza horizontal de la mezcla.....	37
(Ec. 2.10) Centro de presión.....	38
(Ec. 2.13) Esfuerzo a flexión máximo.....	40
(Ec. 2.14) Módulo de sección crítica de una sección rectangular.....	40
(Ec. 2.15) Esfuerzo a flexión para una sección transversal rectangular.....	40
(Ec. 2.16) Factor de seguridad estático.....	40
(Ec. 2.18) Centroide del área de la mitad de la paleta.....	42
(Ec. 2.19) Esfuerzo normal amplitud.....	46
(Ec. 2.20) El esfuerzo normal medio.....	47
(Ec. 2.21) Esfuerzo cortante medio.....	47
(Ec. 2.22) Esfuerzo de Von Mises alternante.....	47
(Ec. 2.23) Esfuerzo de Von Mises medio.....	47
(Ec. 2.24) Límite de resistencia a la fatiga.....	48
(Ec. 2.25) Límite de resistencia a la fatiga de la probeta.....	48
(Ec. 2.26) Factor de modificación de la condición superficial.....	48
(Ec. 2.27) Factor de modificación del tamaño.....	48
(Ec. 2.29) Resistencia media.....	50
(Ec. 2.30) Factor de seguridad de fatiga.....	50
(Ec. 2.35) Módulo de sección crítica de una sección transversal circular.....	54
(Ec. 2.36) Esfuerzo a flexión para una sección transversal circular.....	54
(Ec. 2.37) Potencia requerida del motor.....	58
(Ec. 2.39) Relación de trasmisión del sistema de poleas.....	59
(Ec. 2.40) Ángulo de contacto mayor.....	60
(Ec. 2.41) Ángulo de contacto menor.....	60
(Ec. 2.42) Longitud de paso de la correa.....	60
(Ec. 2.45) Relación de trasmisión del sistema de catarinas.....	63
(Ec. 2.53) Esfuerzo torsional.....	75
(Ec. 2.54) Módulo de sección crítica para una sección crítica circular.....	75
(Ec. 2.55) Esfuerzo torsional para una sección transversal circular.....	76
(Ec. 2.58) Factor de vida de fatiga.....	80
(Ec. 2.59) Fuerza radial.....	80
(Ec. 2.60) Carga dinámica del rodamiento.....	81

LISTA DE SIGLAS

V_m : Volumen de la mezcla.

\emptyset_T : Diámetro de la tolva.

g : Gravedad.

γ_m : Peso específico.

ρ_m : Densidad de la mezcla.

g : Gravedad.

\bar{x} : Centroide.

σ_{max} : Esfuerzo a flexión máximo.

M_{max} : Momento flector máximo.

I/c : Módulo de sección crítica.

$\tau_{máx}$: Esfuerzo cortante máximo.

S_y : Resistencia a la fluencia.

η_s : Factor de seguridad estático.

F_p : Fuerza en cada paleta.

\bar{x} : Centroide del área de la mitad de la paleta.

σ_a : Esfuerzo normal amplitud.

σ_m : Esfuerzo normal medio.

τ_m : Esfuerzo cortante medio.

σ'_a : Esfuerzo de Von Mises alternante.

σ'_m : Esfuerzo de Von Mises alternante.

S_e : Límite de resistencia a la fatiga para vida infinita.

S_e' : Límite de resistencia a la fatiga de la probeta.

k_a : Factor de modificación de la condición superficial.

k_b : Factor de modificación del tamaño.

k_c : Factor de modificación por confiabilidad.

k_d : Factor de modificación por temperatura.

k_e : Factor de modificación por concentración de esfuerzos.

k_f : Factor de modificación por efectos diversos.

H_m : Potencia requerida del motor.

T_d : Torque requerido para mover las 10 paletas del sistema de mezclado.

n : Velocidad angular del eje motriz.

i_1 : Índice de reducción del sistema de poleas.

i_2 : Índice de reducción del sistema de catarinas.

Z_2 : Numero de dientes de la catarina conducida.

Z_1 : Numero de dientes de la catarina motriz.

T_{max} : Momento torsor máximo.

J/c : Módulo de sección crítica.

f_h : Factor de vida de fatiga.

f_n : Factor de velocidad.

P : Carga dinámica del rodamiento en [N].

C : Índice de carga real del rodamiento.

X : Factor de carga radial.

Y : Factor de carga axial.

R_{Cy} y R_{Cz} : Reacciones del rodamiento C del eje motriz.

R_{Dy} y R_{Dz} : Reacciones del rodamiento D del eje motriz.

M_1 , M_2 , M_3 , M_4 y M_5 : Momentos producidos por las paletas.

F_{my} y F_{mz} : Fuerzas en la catarina conducida.

RESUMEN

Debido a las deficiencias en la alimentación animal, surge la necesidad de buscar nuevas tecnologías en cuando a alimentación se refiere, pues se ha visto que con pastizales pobres en nutrientes y muchas extensiones de tierra golpeadas por la erosión y la sequía, la alimentación del ganado se complica cada vez más.

Esto ha abierto caminos a la investigación de nuevos métodos en la alimentación animal, uno de estos métodos es la suplementación mediante bloques multinutricionales que ha impactado positivamente en la alimentación del animal, pero que todavía se lo ha realizado, en su mayoría, de forma manual.

Mediante este proyecto se diseña una máquina mezcladora que satisfaga la necesidad de la elaboración de bloques multinutricionales logrando reducir el tiempo de elaboración de los bloques y el número de trabajadores necesarios para la elaboración del mismo.

Este proyecto se encuentra organizado de la siguiente manera:

El capítulo uno contiene un breve estudio sobre la alimentación animal, la forma manual de realizar los bloques multinutricionales, el proceso y los ingredientes necesarios para obtener un bloque de calidad. Además se selecciona una alternativa de entre varios tipos de mezcladoras que se utilizan en la elaboración de alimentos para animales.

En el capítulo dos tenemos el diseño y selección de cada elemento que compone la máquina mezcladora.

En el capítulo tres se muestra el procedimiento de construcción de la máquina mezcladora y la verificación del funcionamiento de la misma.

En el capítulo cuatro se realiza el análisis de costo de la máquina mezcladora.

En el capítulo cinco se muestra las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron durante el tiempo de ejecución del presente proyecto.

ABSTRACT

Due to the deficiencies to the animal feeding, to originate the need to look for new technologies to insomuch as alimentation refers, so we see the grassland which are poor in nutrients and a lot of extensions of hit lands by the erosion and the drought, the alimentation of the cattle complicates each time more.

This opened ways to the investigation of new methods in the animal alimentation, one of this methods is the supplementation through multinutritional blocks that has impacted positively in the animal feeding, but, it almost make of natural way.

By means of this Project designs a mixer machine that satisfies the needed of the elaboration of multinutritional blocks are achieving to reduce the time of the elaboration of those blocks and the number of needed workers of the elaboration of the same.

This Project is organized by the following way:

The chapter one contains a brief study about the animal feeding, the way how to elaborate the multinutritional blocks, the process and the necessary ingredients to obtain a block of quality. Also we select an alternative between of different mixers which use in the elaboration of the food to animals.

In the chapter number two we have the design and the selection of each element that composed the mixer machine.

In the chapter number three it shows the procedure of the building of the mixer machine and the verification of the operation of the same.

In the chapter four we realize the cost analysis of the mixer machine.

On the fifth chapter shows the conclusions and recommendation that obtained during the time of the elaboration of this project.

CAPITULO 1

3. MARCO TEÓRICO

1.1 INTRODUCCIÓN

La alimentación es el principal proceso en la vida y en la reproducción de todos los animales donde su productividad depende de la calidad de los alimentos y de la efectividad del proceso de alimentación empleado. Previo a los procesos alimenticios es necesario conocer los fenómenos que ocurren durante el proceso digestivo de los animales.

Teruya (2008) señala que el proceso digestivo es aquel que permite que los alimentos consumidos sean asimilados por el cuerpo, transformándolos en sustancias útiles para el organismo y expulsar los desechos que se producirán. Consta de 4 fases que son:

1. **Ingestión:** Esta fase consiste en la inserción del alimento al sistema digestivo a través de la boca.
2. **Digestión:** En esta fase ocurre la transformación de los alimentos en nutrientes para ser absorbidos.
3. **Absorción:** En esta etapa las moléculas de los alimentos se incorporan al organismo, atravesando las paredes del tubo digestivo, y son conducidas por la sangre a todas las células del organismo.
4. **Excreción:** Consiste en la expulsión de las sustancias que el organismo no ha absorbido. Se realiza a través del ano.

1.2 ALIMENTACIÓN ANIMAL

Desde tiempos remotos el hombre descubrió que capturar animales y domesticarlos disminuyó su dependencia de la caza y proveyó no solo de alimento, sino también un medio de sustento económico, esta actividad se conoce como ganadería. La ganadería tiene como propósito la producción de animales con el fin de aprovecharlos obteniendo productos como carne, leche, cuero, lana, entre otros. Según el tipo de animales se puede al ganado de la siguiente manera:

- **Ganado Bovino:** Conocidos como vacunos, es un conjunto de vacas, toros y bueyes.
- **Ganado Ovino:** Es un conjunto de ovejas.
- **Ganado Porcino:** es un conjunto de cerdos o puercos.
- **Ganado Caprino:** es un conjunto de cabras.
- **Ganado equino:** Es un conjunto de caballos y yeguas.

A estos animales también los podemos diferenciar según la forma en que digieren los alimentos, obteniendo la siguiente clasificación:

- Animales rumiantes.
- Animales monogástricos.

Estos animales se caracterizan por ser forrajeros, es decir, que su alimentación está basada en pastizales. La principal diferencia entre estos dos tipos de animales está en el estómago que poseen cada uno.

El estómago de los animales monogástricos es un estómago simple ya que solo consta de una cavidad para que el alimento sea transformado. Los equinos, porcinos, cuyes y conejos son parte de este grupo de animales.

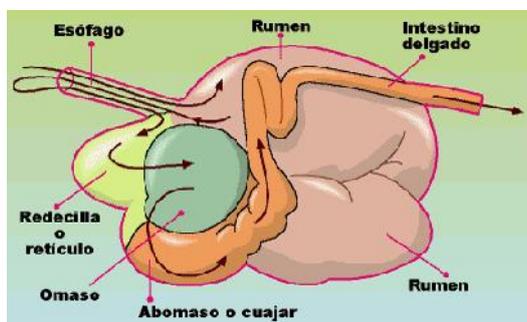
El estómago de los rumiantes es un estomago complejo que para transformar el alimento este tiene que pasar por diferentes cavidades que son: el rumen, el retículo, el omaso y el abomaso. Entre los rumiantes están los bovinos, caprinos y ovinos. Centraremos nuestro estudio en este tipo animal.

1.2.1 ANIMALES RUMIANTES

Según Teruya (2013); estos animales tienen un estomago complejo, como se muestra en la Figura 1.1., que les ayuda a re-masticar los alimentos para triturarlos en piezas más pequeñas.

Está dividido en cuatro compartimientos diferentes que son: el rumen, el retículo, el omaso y el abomaso.

Figura 1.1. Estomago de un rumiante.



Fuente: <http://escuela87coloniafrancia.blogspot.com/2012/11/animales-rumiantes.html>

1.2.1.1 El Rumen

Conocido como panza, es el divertículo gástrico de mayor tamaño, por lo tanto, es el componente más pesado del tracto digestivo, y consta de dos sacos: dorsal y ventral. “El funcionamiento del rumen básicamente es el de una cámara de fermentación donde las bacterias y otros microbios descomponen la fibra vegetal en componentes más pequeños y digeribles.” (Alltech)

1.2.1.2 El Retículo

Conocido también como redecilla o bonete, se encuentra delante del rumen en el lado izquierdo del abdomen y en contacto con el diafragma. “Se caracteriza por una mucosa que tiene pliegues en forma romboidal parecido a las celdas de un panal de abejas.” (Álvarez Días, 2013)

1.2.1.3 El Omaso

Es un pre-estómago conocido también como librillo, se caracteriza por una curvatura dorsal amplia y una curvatura ventral pequeña, está situado a la derecha del plano medio a la altura de la 7ma a 9na costilla. Su funcionamiento consiste en la absorción de agua, ácidos grasos volátiles (AGV) y minerales derivados del líquido que entran desde el rumen con la ingesta. (Álvarez Días, 2013)

1.2.1.4 El abomaso

Conocido también como estómago glandular, el abomaso es el estómago verdadero, este secreta enzimas y ácido clorhídrico al igual que el estómago de los animales monogástricos. En este lugar es donde se produce la digestión.

1.3 REQUERIMIENTOS ALIMENTICIOS

Todo animal forrajero cubre la mayoría de sus necesidades alimenticias con pasturas. De la calidad de estas dependen su desarrollo corporal, crecimiento y reproducción.

Las nuevas tecnologías de alimentación han provisto de nuevos métodos que el ganadero puede utilizar para obtener el mayor beneficio de sus animales sin reducir por completo sus pastizales y de esta manera lograr satisfacer la demanda sea de carne, lana, leche, etc. Por lo tanto los sistemas de alimentación implementados deben estar enfocados a cumplir este propósito sin disminuir el número de animales de su rebaño.

La inserción de concentrados en el proceso alimenticio ha permitido alcanzar niveles muy altos en lo que se refiere a eficiencia en la producción, pero la desventaja se encuentra en la presión que se somete al ganado, afectando directamente en el metabolismo del animal y provocando resultados adversos a los esperados como enfermedades que inciden en la producción. Por ello es imprescindible incluir en la dieta alimenticia de los animales la cantidad de nutrientes necesarios para lograr la producción objetiva por la absorción de los mismos en el organismo del animal.

Los nutrientes requeridos son: energía, proteína, fibra, minerales y vitaminas. (Fariñas, y otros, 2009)

1.3.1 ENERGÍA

Los carbohidratos, grasas y proteínas son los que proporcionan energía en la dieta alimenticia, esta se mide en calorías (cal). Podemos identificar la energía bruta, digestible y energía neta.

- **Energía bruta (EB):** es la energía total que ha sido absorbida por el aparato digestivo más la energía que se pierde en las heces.
- **Energía digestible (ED):** es la energía que ha quedado en el aparato digestivo.
- **Fracción metabolizable de la energía (EM):** es la energía que se pierde en la producción de desechos como el gas metano, las heces y la orina.
- **Energía neta (EN):** es la energía que se conserva para el animal para su mantenimiento corporal, producción de leche y durante la preñez.

Los principales elementos que proveen de energía son la caña de azúcar, los pastos, la melaza, granos de sorgo o maíz, raíz de yuca, entre otros.

1.3.2 PROTEÍNA

Las proteínas contienen 16% de nitrógeno aproximadamente y se expresa en porcentaje de kg de materia seca que también se pueden expresar en kg.

Las proteínas se encuentran en los granos y el follaje de leguminosas como la soja, haba, lenteja, garbanzo, hoja de yuca y en pasto.

1.3.3 FIBRAS

La fibra es el soporte estructural de las plantas y sus paredes celulares. Cuya función es la de estimular la masticación. Los forrajes son los principales proveedores de fibras. Tenemos dos tipos de fibras: fibra bruta y fibra detergente.

1.3.4 MINERALES

Los minerales en el organismo del animal regulan el metabolismo, la contracción muscular, el sistema nervioso y la coagulación de la sangre, estas son las principales razones para tener una concentración normal de minerales en los líquidos corporales del organismo.

1.3.4.1 Macrominerales

Estos minerales son los que se encuentran en grandes cantidades en el organismo del animal y son el calcio y el fósforo.

El calcio es uno de los minerales más abundantes en el cuerpo del animal, ya que todo el sistema óseo necesita de calcio, además de los dientes y el plasma. Si el consumo es deficiente se puede generar una enfermedad conocida como osteoporosis.

“El Fósforo es un mineral abundante en el organismo. Más del 80% se encuentra en hueso. Los fosfatos se encuentran ampliamente distribuidos en los alimentos. Las ingestas diarias suelen exceder las necesidades. El fosfato se encuentra frecuentemente ligado a proteínas, lípidos y carbohidratos y participa en gran número de reacciones por lo que su deficiencia afecta a todas las células.”
(Universidad de Córdoba)

1.3.4.2 Microminerales

“Se consideran Microminerales a todos aquellos que se encuentran en el organismos en cantidades pequeñas. Dentro de este grupo se incluyen minerales que tienen una acción definida en el organismo a pesar de su escasa presencia en algunos casos.” (Universidad de Córdoba)

Tenemos los siguientes Microminerales: hierro, cobre, cobalto, manganeso, zinc, yodo, selenio, molibdeno, flúor, silicio, Cromo.

1.3.5 VITAMINAS

Son nutrientes necesarios para el correcto funcionamiento celular del organismo, actúan en dosis muy pequeñas. Se clasifican en vitaminas hidrosolubles y liposolubles.

Vitaminas hidrosolubles: son las que se disuelven en el agua por lo que facilitan su absorción en el tubo digestivo mas no se almacenan en el organismo. Son fácilmente eliminados en la orina por lo que su consumo debe ser diario y muy frecuente. Las vitaminas hidrosolubles son las del grupo de vitaminas B y C.

Vitaminas liposolubles: son las que se disuelven en lípidos en el intestino delgado. Se pueden almacenar en algunas células del organismo. Las vitaminas liposolubles son la vitamina A, D, E, K.

1.4 ELABORACIÓN DE BLOQUES MULTINUTRICIONALES

Las continuas sequías provocan la erosión de enormes extensiones de tierra afectando directamente a la reproducción y producción del ganado. Esto ha llevado a que los ganaderos busquen suplir las necesidades alimenticias de su ganado con rastrojos agrícolas, pastos en estado de madurez muy avanzados y pastoreo en potreros donde están disponibles forrajes residuales y pastos secos. Este tipo de materiales se caracterizan por su alto contenido de fibra, pero escaso contenido de nutrientes como la proteína cruda y minerales, impidiendo el correcto desarrollo del cuerpo del animal. Esta situación precisa la utilización de diferentes opciones de alimentación animal, entre las más comunes esta la suplementación con bloques multinutricionales.

“La suplementación con bloques multinutricionales (BM), es una de las estrategias que se viene utilizando en rumiantes que pastorean en condiciones críticas, permitiendo utilizar productos locales en una estructura sólida, de consumo limitado, que garantiza un aporte constante de nitrógeno no proteico y minerales a los rumiantes, mejorando el consumo voluntario de forraje, y además, pueden ser elaborados artesanalmente en las unidades de producción a bajo costo. La facilidad de elaboración y la comodidad en el manejo, ha incidido en que esta estrategia sea usada en ganadería extensiva y semi-intensiva, sus características también han permitido su uso como vehículo de otros productos, conteniendo desparasitantes, antibióticos, ionósforos y hongos nematófagos, entre otros, cuyos efectos dependen fundamentalmente de la concentración de esos componentes dentro del BM y del consumo animal. Es por ello que el factor consumo del BM es determinante en la amplitud de la respuesta animal.

Este incremento en el uso de los BM y la utilización de diferentes fuentes de energía, proteína y minerales, requiere necesariamente que se consideren los factores que afectan los consumos por las especies de animales a objeto de garantizar las respuestas adecuadas. Diferentes autores han realizado estudios evaluando consumos con diferentes tipos de suplementación sólida (tortas, bloques blandos, bloques duros), encontrando variaciones en el consumo en rumiantes a pastoreo hasta de un 68 %. El conocer los factores, el nivel y las

diferentes situaciones, permite a los usuarios corregir la elaboración y el manejo de los BM, mejorando el consumo animal y los resultados productivos.” (Birbe, Herrera , Colmenares, & Martinez, 2006)

1.4.1 FÓRMULAS PARA LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

Según Birbe, Herrera, & Colmenares (2006); el bajo consumo de nutrientes en los alimentos impide el correcto desarrollo corporal del animal, afectando directamente a la eficiencia productiva del ganado debido a que se alarga los periodos de apareamiento y disminuye el número de partos. Sumado a esto, la mayoría de los animales que tienen los ganaderos son animales cruzados que con la falta de nutrientes dan como resultados crías con alto índice de enfermedad, desnutrición y mortandad. La suplementación con bloques multinutricionales tiene la finalidad de terminar con estos problemas y cubrir todos los requerimientos en la alimentación de los animales, ver sección 1.2, mejorando considerablemente en los siguientes aspectos:

- Suplir la deficiencia de algunos nutrimentos.
- Incrementar el consumo y utilización de forrajes.
- Mejoramiento de las tasas de crecimiento.
- Mejorar la capacidad de carga de las pasturas.

1.4.1.1 Ingredientes del Bloque Multinutricional

Antes de determinar los ingredientes de un bloque multinutricional vamos a conocer su definición. “Existen diferentes definiciones para el bloque multinutricional, McDowell et al., (1974) lo define, como un alimento comprimido en una masa sólida, con suficiente cohesividad para mantener su forma; el Instituto de Ciencia Animal (1990), lo denomina un material alimenticio balanceado (suplemento), sólido, compacto, que provee constante y lentamente al animal: nitrógeno, proteína sobrepasante, energía y minerales, que maximiza el uso de las dietas fibrosas en el rumen. Waliszewski y Padio (1994), lo definen como un concentrado alimenticio que permite la selección de sus ingredientes, sirve como vehículo de compuestos, para evitar y corregir deficiencias

nutricionales o enfermedades, así como reducir el trabajo requerido en el procesamiento y en la alimentación. Ventura y Osuna (1995), lo describen como una mezcla de diferentes ingredientes alimenticios, que permite la formación de un aglomerado con un grado de dureza y palatabilidad tal, que controla o limita la tasa de ingestión, por ser un dosificador de la ración.” (Birbe, Herrera, & Colmenares, 2006, pág. 6 y 7)

Dependiendo de los componentes alimenticios que se tiene a disposición en la localidad, el valor nutritivo y el precio se puede elaborar una variedad de bloques multinutricionales. Existen componentes que no pueden hacer falta en la elaboración del bloque, mientras que otros ingredientes pueden sustituirse por componentes que se tengan a disponibilidad.

Los ingredientes o componentes necesarios para la elaboración del bloque son:

1.4.1.1.1 Aglomerante

Es el componente que permite al bloque mantenerse compactado y le provee de resistencia ante la manipulación, el transporte y el almacenamiento. Los aglomerantes comúnmente usados son, la cal hidratada (CaOH), la cal viva (CaO), el yeso, la zeolita, la bentonita y el cemento.

1.4.1.1.2 Componente Proteico

Este componente proporciona proteínas como aminoácidos y péptidos que, una vez que han sido digeridas en el intestino delgado, contribuyen al equilibrio nutricional en el ganado. “Existen muchos subproductos que son utilizados como fuente de proteína en los bloques multinutricionales. Se pueden mencionar algunas como semillas enteras de oleaginosas (algodón, ajonjolí), harinas de oleaginosas (algodón, maní y ajonjolí), harinas de hojas y frutos partidos de leguminosas como *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, *Albizia saman*, *Cassia moschata* entre otras.” (Birbe, Herrera, & Colmenares, 2006, pág. 9)

1.4.1.1.3 Minerales

Este componente afecta directamente en la producción del ganado, por ello su importancia de ser suministrados diariamente en la alimentación del animal, sea en los bloques multinutricionales o a voluntad. Dentro de los minerales tenemos a la sal (NaCl) y el fosforo.

1.4.1.1.4 Componente Energético

Es el componente que provee de carbohidratos a la dieta del ganado. La melaza es el componente energético más usado debido a que aumenta la palatabilidad del bloque por ser también un saborizante. La melaza está compuesta de azúcares orgánicos, agua, hidratos de carbono, minerales, alto contenido de potasio y escaso contenido de fosforo.

Otra fuente de energía son las harinas de yuca, el maíz, sorgo y pulidora de arroz.

1.4.1.1.5 Fuente de Nitrógeno no Proteico

Tenemos como fuente de nitrógeno no proteico a la urea y el sulfato de amonio, siendo la más usada la urea. La urea debe suministrarse en cantidades pequeñas para evitar la intoxicación en el ganado. Además de ser fuente de nitrógeno no proteico, la urea actúa como elemento regulador del consumo animal.

1.4.1.1.6 Fibra de Soporte

Este elemento da soporte al bloque ya que forma un entramado que evita que los demás componentes se disgreguen en la mezcla, evitando que el bloque se despedace. “Pueden ser usados diversos subproductos para soporte del bloque, entre tales como cascarillas de diferentes semillas (soya, algodón, arroz), tusa de maíz, heno de gramínea seco, cortado o molido, bagacillo de caña molido, hojas secas, copra de palma o coco cortada, entre otros, que se pueden incluir como soporte entre 3 a 5 %, en el bloque.” (Birbe, Herrera, & Colmenares, 2006, pág. 11)

1.4.1.2 Fórmulas para la Elaboración de Bloques Multinutricionales

Existen muchas maneras de elaborar un bloque multinutricional dependiendo de la producción que se desea obtener, por lo tanto, se debe planificar con anticipación la materia prima para la formula seleccionada.

“Para la formulación de los bloques multinutricionales se debe tomar en cuenta:

- Tipo de animal
- Estado fisiológico
- Número de animales a suplementar
- Requerimientos nutricionales
- Zona donde se van a suministrar los bloques (problemática)
- Época de suministro y duración de la suplementación
- Consumo estimado (g) por tiempo de suplementación
- Facilidad de ubicación, precio, transporte y valor nutritivo de las materias primas seleccionadas
- Formulación de los componentes en % (total 100 %), sin incluir el agua de la preparación
- Compra de las materias primas y utensilios necesarios
- Acondicionamiento del lugar apropiado para la elaboración y almacenamiento” (Birbe, Herrera, & Colmenares, 2006, pág. 12)

1.4.1.2.1 Fórmula General de Proporciones y Componentes

De manera general, un bloque multinutricional debe tener los siguientes porcentajes de sus componentes en su fórmula.

Tabla 1.1. Diferentes componentes y proporciones en los bloques alimenticios.

Componentes	Proporciones
Aglomerante (CaOH, CaO)	5-10 %
Fuente proteica	15 –35 %
Minerales (macro y micro)	5-15 %
Fuente de energía y palatabilidad (melaza)	25-65 %
Fuente de nitrógeno no proteico (NNP) urea	5-10%
Fuente de soporte (heno u hojas cortados)	3-5 %
Agua	Opcional para cada mezcla
Drogas	Opcional
TOTAL	100 %

Fuente: Birbe, Los Bloques Multinutricionales, pág. 9.

Elaboración: Autor.

1.4.1.2.2 Fórmulas Aplicadas según las Necesidades Alimenticias

Según lo mencionado anteriormente tenemos el siguiente cuadro con formulaciones para la elaboración del bloque multinutricional.

Tabla 1.2. Diferentes formulaciones de bloques alimenticios.

FÓRMULAS				
Componentes (kg)	1	2	3	4
Melaza de caña	21	31	31	20
Cal hidratada (CaOH)	10	10	10	15
Minerales	15	15	15	47
Heno cortado a 2 cm	3	3	4	4
Urea perlada	10	10	10	3
Sulfato de cobre (CuSO₄)	-	-	-	1
Fosfato diamónico	3	4	3	10
Fruto de samán Albizia saman	20	0	0	-
Semilla entera de algodón	18	14	27	-
Heno de Vigna unguiculata	0	13	0	-
TOTAL	100	100	100	100

Fuente: Birbe, Los Bloques Multinutricionales, pág. 13.

Elaboración: Autor.

1.4.1.2.3 Fórmula Establecida para el Diseño de la Mezcladora

Según la disponibilidad de los componentes y de las necesidades alimenticias del ganado podemos utilizar una o varias fórmulas que vimos en la Tabla 1.2. Los parámetros físicos de la mezcla no cambian de manera considerable de una a otra fórmula, esto ayuda a que el diseño de la mezcladora abarque cualquier formulación escogida.

“Esta mezcla tiene una densidad de 880 kg/m^3 ”, (Nouel, y otros, 2003) este valor es importante para el posterior dimensionamiento de la mezcladora. La fórmula tiene los siguientes porcentajes de los componentes utilizados.

Tabla 1.3. Componentes de la mezcla.

INGREDIENTES	PORCENTAJES
Melaza	20 %
Urea perlada	10%
Semilla entera de algodón	15%
Minerales	15%
Fosfato diamónico	10%
Heno molido	5%
Cemento	10%
Pulidora de arroz	15%
TOTAL	100%

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

1.4.2 PROCESO DE ELABORACIÓN MANUAL DE BLOQUES MULTINUTRICIONALES

Según Fariñas, y otros (2009); la técnica para la elaboración de los bloques multinutricionales es comúnmente manual, por lo que presenta cierta dificultad tanto en tiempo y número de personas para realizar la cantidad de bloques necesarios.

El procedimiento manual es el siguiente.

1.4.2.1 Preparación de los ingredientes y materiales

Los ingredientes y materiales deben estar en el lugar donde se van a realizar los bloques multinutricionales. Debemos seguir el siguiente procedimiento.

1.4.2.1.1 Materiales

Los materiales necesarios para la elaboración son:

- Una lámina de plástico gruesa (nylon) o cualquier otro material lo suficientemente grande y resistente a la humedad y manipulación que permita realizar la mezcla de los ingredientes sólidos y líquidos.
- Una balanza que puede ser de cualquier tipo, sin embargo, se recomienda la de reloj por la facilidad de manejo y de adquisición en el mercado. Si no se usa balanza, puede usarse medidas expresadas en forma práctica como: balde, lata de 8 onzas, botella de medio litro, etc. los recipientes que se usarán como unidades de referencia (baldes, latas, botellas) deberán estar a mano para la preparación de los bloques.
- Unos baldes plásticos que desempeñan varias funciones en la elaboración de los bloques: se pueden utilizar para pesar ingredientes, como unidad de medida, para el almacenamiento de la melaza y además como moldes.
- Un pilón y/o apisonador que se utiliza para realizar la compactación del bloque. La dureza del bloque depende en gran medida de esta acción de compactación. Normalmente, a nivel de campo o de finca, se utiliza un pedazo de tronco de dos o tres pulgadas de diámetro, o bien se puede fabricar uno que se adapte al tamaño y forma del molde que se esté utilizando.

1.4.2.1.2 Cernido de los Ingredientes Sólidos

Esta actividad consiste en la eliminación de cuerpos extraños que pueden contener los componentes y que pueden causar lesiones e incluso la muerte de los animales. Según la ubicación o procedencia de los componentes se debe eliminar piedras, alambres, vidrios, clavos o plásticos.

1.4.2.1.3 Pesaje de los ingredientes

Teniendo todos los materiales listos y libres de cuerpos extraños, estos deben ser pesados de acuerdo a la fórmula que se va a aplicar. Se puede utilizar cualquier balanza, pero es recomendable usar la balanza tipo reloj.

1.4.2.2 Mezclado de los Ingredientes

Es necesario obtener un bloque con una masa homogénea por ello esta etapa tiene gran importancia. Dado que en grandes cantidades el proceso se complica, es necesario mezclar por etapas.

1.4.2.2.1 Mezclado de los Ingredientes Sólidos

Esta mezcla, por la cantidad, se realiza con palas, Figura 1.2., hasta conseguir una mezcla homogénea. Para mezclar los materiales sólidos (material de relleno, cal, pre mezcla mineral, sal común), dependiendo de su cantidad, se puede hacer uso de una bolsa de plástico (nylon) y agitar hasta obtener una mezcla uniforme, o bien sobre una lámina de plástico colocada sobre una superficie libre de piedras o rugosidades, que permita realizar esta operación sin dañar el plástico. Como el mezclado a veces se hace con implementos tales como pala o incluso palos, se debe buscar un plástico suficientemente resistente y efectuar la mezcla con cuidado.

Figura 1.2. Mezclado de ingredientes.



Fuente: <http://diario-elprogreso.com/diario/2012/04/28/unerg-instruye-a-los-pequenos-productores-en-la-elaboracion-de-bloques-multinutricionales/>

1.4.2.2.2 Mezcla de urea con melaza

En esta etapa es muy importante la densidad de la melaza. Si está muy viscosa, se mezcla la urea con agua para proceder a mezclarla con la melaza. Si la melaza esta acuosa no hay problema en mezclarla directamente con la urea.

1.4.2.2.3 Mezcla de urea con melaza y los ingredientes sólidos

Terminado los dos procedimientos anteriores unimos finalmente las dos mezclas hasta obtener una masa homogénea.

Es necesaria la utilización de mascarillas para evitar reacciones alérgicas, ya que la mezcla puede levantar mucho polvo.

1.4.2.3 Moldeado y Compactación de la Mezcla

1.4.2.3.1 Moldeado del bloque multinutricional

Se puede utilizar como moldes un cartón grueso, cajas de madera, baldes metálicos o de plástico o se puede utilizar moldes que han sido diseñados para la elaboración de boques multinutricionales. Cuando se usan cajas de cartón, hay que colocar una bolsa plástica, Figura 1.3., para que los componentes no se adhieran a las paredes.

Figura 1.3. Moldeado del bloque nutricional.



Fuente: <http://www.fundesyram.info/biblioteca/displayFicha.php?fichaID=827>

1.4.2.3.2 Compactación del bloque multinutricional

Es el último procedimiento que se tiene que realizar. La mezcla se va compactando con las manos hasta llevarla a un tercio del recipiente y

posteriormente, se compacta con un madero, un tubo relleno, prensa o cualquier otra herramienta que se disponga para este propósito como se ve en la Figura 1.4. Esta acción se repite dos veces más, al alcanzar el segundo tercio del recipiente y cuando esté lleno.

La compactación juega un papel muy importante en la elaboración de los bloques dado que garantiza que estos no se desarmen, ya que, si se desmorona, pone en riesgo a los animales, porque podrían ingerir una cantidad mayor de la permitida, con el peligro de intoxicación por urea. Además, los bloques bien compactados son más fáciles de manipular, transportar y almacenar; tienen una menor capacidad de absorción de humedad y por tanto están menos propensos al ataque de hongos. Finalmente, con bloques bien compactados, se obtiene una mayor uniformidad en la cantidad consumida por los animales.

Figura 1.4. Compactación del bloque nutricional.



Fuente: ¿Cómo preparar y suministrar bloques multinutricionales al ganado?

1.4.2.4 Secado del Bloque

Esta etapa consiste en almacenar el bloque hasta que esté listo para ser suministrado. Una vez que se termina la compactación, se procede a desmontar el bloque y utilizar el molde cuantas veces sean necesarias de acuerdo a la cantidad de mezcla que se preparó. Se deja el bloque en reposo por lo menos durante 24 horas antes de ser almacenado, transportado o suministrado a los animales. El proceso de fraguado o endurecimiento del bloque dura varios días pero no se puede precisar cuántos, pues el tiempo varía según el aglutinante (cal

y/o cemento) que se haya empleado y según las condiciones de temperatura y humedad del lugar de almacenamiento.

1.4.2.4.1 Almacenamiento del bloque multinutricional

Existen algunos parámetros para garantizar un almacenamiento seguro del bloque para que este no sufra desgaste físico ni descomposición por la acción de agentes externos como hongos.

Los dos factores ambientales que más afectan el almacenamiento de la materia prima a granel o en sacos antes de procesar los bloques y en los bloques ya elaborados, son la temperatura y la humedad del ambiente. Estos dos factores juegan un papel muy importante ya que regulan el índice de crecimiento de los hongos y mohos causantes de la putrefacción y de los micro-organismos patógenos que pueden afectar tanto la salud del hombre como la de los animales. Además la temperatura y humedad relativa influyen sobre el secado del bloque. En los países tropicales, normalmente, se presentan temperaturas diurnas que oscilan entre los 25 a 40 °C. Esta temperatura, acompañada de altos niveles de humedad relativa, favorece el desarrollo de estos micro-organismos, por lo que se aconseja elaborar los bloques a intervalos máximos de dos semanas, pensando en que estos se van a usar en los siguientes 15 días como mucho.

Si se preparan bloques para períodos más largos, es recomendable pintarlos con una lechada de cal con sal en proporción de 3 por 1 para prevenir el crecimiento de estos micro-organismos. Cuando se presentan lluvias por varios días y éstas se acompañan de bajas significativas en la temperatura, el fraguado dura demasiado tiempo por lo que, en la medida de lo posible, se debe evitar prepararlos bajo esas condiciones. Por otra parte, durante la época seca, los micro-organismos afectan mucho menos a los bloques, razón por la cual en esa época se puede guardar los bloques por varios meses sin que se presenten problemas de desarrollo de hongos. Sin embargo, es de esperar que, en esas condiciones, pierdan un poco de peso por el mayor secado. Otro factor que afecta el fraguado es la circulación de aire, la cual favorece el secado. Por esa razón, se recomienda colocar los bloques ya elaborados sobre rejillas y acomodarlos de tal

manera que la mayor superficie de los bloques esté expuesta a la circulación del viento.

1.5 TIPOS DE MEZCLADORAS

Según Villalobos Rojas (2012); podemos encontrar los siguientes tipos de mezcladoras:

- Mezcladoras de flujos
- Mezcladoras de paletas
- Mezcladoras de cintas
- Mezcladoras de turbinas

Estas mezcladoras también podemos clasificarlas de manera general en:

- Mezcladoras horizontales
- Mezcladoras verticales

1.5.1 MEZCLADORAS DE FLUJOS

“En este tipo de mezcladora se introducen los materiales casi siempre por medio de una bomba y la mezcla se produce por interferencia de sus flujos corrientes como se muestran en la Figura 1.5. Solo se emplean en los sistemas continuos o circulantes para la mezcla completa de fluidos miscibles.” (Villalobos Rojas, 2012)

Tipos de mezcladoras de flujo:

- Mezcladores de Chorro
- Inyectores
- Mezcladores de columnas con orificios o de turbulencia
- Sistemas de circulación mixta
- Bombas centrífugas
- Torres rellenas y de rociado

Figura 1.5. Mezclador de flujo.



Fuente: <http://www.foodonline.com/doc/lab-vertical-blender-0001>

1.5.2 MEZCLADORAS DE PALETAS

Este es el tipo de mezclador más antiguo y común de todos. Consta de una o varias paletas horizontales verticales o inclinadas que están unidas a un eje que giran axialmente dentro de una tolva, como se muestra en la Figuras 1.6.

La ventaja de esta mezcladora es que además de empujar el material, lo arrastra alrededor del depósito siguiendo una trayectoria circular.

Tipos de mezcladores de paletas:

- Mezcladores de brazos rectos o de paletas en forma de remos
- Mezclador de rastrillo
- Paletas con lengüetas o dedos fijos intercalados
- Paletas corredizas
- Cubetas giratorias con paletas excéntricas
- Paletas de doble movimiento
- Paletas de movimiento planetario
- Batidor o emulsificador
- Agitador con elevador por aire
- Amasador

Figura 1.6. Mezcladora de paletas.



Fuente: <http://www.engormix.com/MA-balanceados/formulacion/articulos/mezcladoras-proceso-mezclado-t785/p0.html>

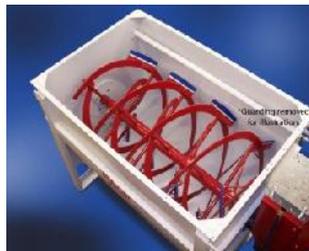
1.5.3 MEZCLADORES DE CINTAS

Estas mezcladoras son costosas en comparación a las demás, esto se debe también a su eficiencia en el mezclado, por esto también son muy utilizadas. “Su acción mezcladora se deriva de que sus aletas helicoidales, Figura 1.7., al girar empujan constantemente hacia delante, lo que para todos los fines puede considerarse un cilindro continuo de material, aunque el deslizamiento produce corrientes que modifican bastante esta forma cilíndrica. Puesto que la hélice hace que un cilindro de material se mueva en línea recta, es evidente que la forma del recipiente decidirá la disposición subsiguiente de esta corriente.” (Villalobos Rojas, 2012)

Tipos de mezcladores de hélice:

- Hélices como dispositivos para mezclar gases
- Hélice con ejes vertical
- Hélice descentrada y con su eje inclinado penetrando por arriba
- Hélice al costado del recipiente
- Hélice en un tubo de aspiración

Figura 1.7. Mezcladora de hélices.



Fuente: <http://www.rdequipmentco.com/product/horizontal-mixer-sudenga/>

1.5.4 MEZCLADORAS DE TURBINAS

Este mezclador trabaja como una o varias bombas centrifugas dentro de un recipiente casi sin contrapresión, donde “el material ingresa en el impulsor axialmente por su abertura central. Los álabes aceleran el material y lo descargan del impulsor o rodete más o menos tangencialmente a una velocidad bastante elevada. La turbina puede llevar una corona directriz con paletas curvas fijas que desvían esas corrientes tangenciales hasta hacerlas radiales. Todo el cambio de dirección de vertical a horizontal y radial se realiza suavemente con la menor pérdida posible de energía cinética, y en consecuencia, las corrientes radiales llegan aun a gran velocidad a las partes más alejadas del recipiente” (Villalobos Rojas, 2012). Este tipo de mezclador se muestra en la Figura 1.8. Tipos de mezcladores de turbinas:

- Soplante de turbina o ventilador centrífugo
- Mezclador Sencillo de turbina
- Mezclador de turbina con paletas directrices fijas
- Turbodispersador
- Absorbedor turbogas

Figura 1.8. Mezcladora de turbinas.



Fuente: <http://www.mezcladorasviquez.com/tipo-turbina.html>

1.5.5 MEZCLADORAS HORIZONTALES

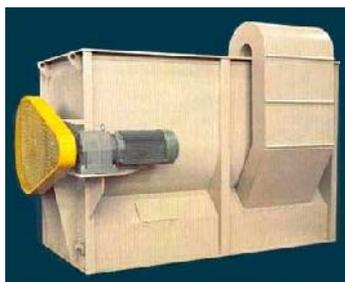
Según Molinos Azteca (web); para la preparación de alimentos balanceados con un alto grado de calidad se tienen disponibles las mezcladoras horizontales, como se muestra en la Figura 1.9., tanto en rotor de cintas como en rotor de paletas,

estos equipos permiten el uso en bajas cantidades de ingredientes de difícil manejo como lastres y melaza.

Las mezcladoras horizontales de cintas están diseñadas para trabajar con un máximo del 3% de líquidos, mientras que las de paletas pueden trabajar con un máximo del 30% de líquidos en la fórmula.

“Este tipo de equipo usualmente puede producir una mezcla homogénea en 2 a 4 minutos. Este tipo de mezcladoras prácticamente el 100 % de las partículas están en movimiento. Por lo general, son más caras que las mezcladoras verticales debido a que sus componentes deben ser más resistentes. Tienen la ventaja de que su desgaste es relativamente lento en comparación con las mezcladoras verticales por lo que el costo de producción por año es más bajo.” (CPB Aurum)

Figura 1.9. Mezcladora horizontal.



Fuente: http://www.engormix.com/molinos-azteca-juper/mezcladoras-horizontales-cintas-paletas-sh4112_pr5482.html

1.5.6 MEZCLADORAS VERTICALES

Según Molinos Azteca (web); las mezcladoras verticales están diseñadas para la elaboración de alimentos balanceados para animales a base de harinas pastas y concentrados, se fabrican con tolva al piso y con tolva giratoria.

“Una mezcladora vertical en buenas condiciones mecánicas usualmente tarda de 12 a 15 minutos para producir una mezcla uniforme, este tiempo puede reducirse a 8 o 10 minutos si se utiliza un sistema de doble gusano como se muestra en la Figura 1.10. En las mezcladoras verticales solo un pequeño porcentaje (10 %) de alimento es movido a un mismo tiempo. La mayoría del mezclado se lleva a cabo mediante la recirculación de los ingredientes a través de un tubo elevador, y un

gusano. Debido a que el alimento fuera del tubo no es movido activamente, el mezclado requiere más tiempo.” (CPB Aurum)

Figura 1.10. Mezcladora vertical.



Fuente: <http://www.agroin.com/MVerticales.php>

1.6 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

El equipo a diseñar será analizado y seleccionado de toda una serie de opciones de mezcladores que se utilizan para mezclar alimentos para animales, tanto el tipo de mezclador como el tanque de almacenamiento.

1.6.1 ALTERNATIVA # 1: MEZCLADOR DE TORNILLO SIN FIN EN TANQUE VERTICAL

Este mezclador trabaja con uno o varios tornillos sin fin que realizan la mezcla transportando el producto de forma ascendente y a la vez haciendo que la mezcla gire alrededor de él, como se muestra en la figura 1.10. El tanque o recipiente puede tener una forma cilíndrica o cónica.

1.6.1.1 Ventajas

- Fácil fabricación.
- Realiza un mezclado continuo.
- Moderada eficiencia al trabajar con mezclas pastosas.
- Fácil descarga del material.

1.6.1.2 Desventajas

- Costoso.
- Difícil mantenimiento.
- Por su tamaño se necesita de equipo e infraestructura adicional para su carga.

1.6.2 ALTERNATIVA # 2: MEZCLADORA ROTATIVA

Estas mezcladoras están formadas con un recipiente cónico o cilíndrico que están montados sobre un eje horizontal y giran con este como se muestra en la Figura 1.11.

Figura 1.11. Alternativa #2: Mezcladora rotativa.



Fuente: <http://www.alamaula.com.co/bogota/otros-servicios/venta-de-tanques-en-acero-inoxidable-marmitas-autoclaves-mezcladores-bombos-etc/4491408#>

1.6.2.1 Ventajas

- Costo de construcción bajo
- Fáciles de construir
- Fácil mantenimiento y limpieza
- Alta eficiencia cuando se trabajan con polvos.

1.6.2.2 Desventajas

- No es apta con grandes cantidades de mezcla
- No se puede tener un proceso continuo en el mezclado
- no se puede trabajar con materiales pastosos

1.6.3 ALTERNATIVA # 3: MEZCLADORA HORIZONTAL CON TORNILLO SIN FIN

Esta mezcladora está formada por un tornillo sin fin colocado en la parte central de un tanque cilíndrico o de sección en V como se ve en la Figura 1.12. Dependiendo de la mezcla que se va a tratar se puede modificar el tornillo sin fin, es así como se puede tener tornillos con espiral cortada que se utiliza en la mezcla de cereales y granos; mientras que los tornillos de cintas se pueden utilizar para la mezcla de materiales húmedos como melaza caliente y asfalto caliente. Estas mezcladoras se pueden utilizar solo con materiales que no son corrosivos.

Figura 1.12. Alternativa #3: Mezcladora horizontal con tornillo sin fin.



Fuente: <http://metalicasdosa.com/Productos/ImgTornillos04.html>

1.6.3.1 Ventajas

- Pueden trabajar hasta una inclinación de 30°
- Alta eficiencia en el mezclado de materiales secos
- Puede llegar a trabajar largas distancias, hasta los 60 metros.

1.6.3.2 Desventajas

- Costo de construcción alto sobre todo en la construcción del tornillo sin fin.
- Consumo de alta potencia.
- Complicidad en el mantenimiento, esto se complica cuando el sistema no es desmontable.
- Para mezclar grandes cantidades, el sistema tiene que ser aún más grande, ocupando mayor espacio y aumentando el tiempo de producción.

1.6.4 ALTERNATIVA # 4: MEZCLADORA HORIZONTAL CON PALETAS PLANAS

Este mezclador está formado por varias paletas unidas a un eje que giran axialmente dentro de un recipiente que tiene una forma de U como se muestra en la Figura 1.13. Debido a su antigüedad, versatilidad y por su eficiencia al trabajar con pastas espesas son el tipo de mezcladores más usados.

Figura 1.13. Alternativa #4: Mezcladora horizontal con paletas planas.



Fuente: <http://www.dmet.com.mx/mezcladores.html>

1.6.4.1 Ventajas

- Costo de construcción bajo.
- Versatilidad, debido a que se puede variar el ángulo de la paleta con respecto al eje motriz.
- Complejidad moderada en su mantenimiento.
- Alta homogeneidad en las mezclas.
- Alta eficiencia para mezclar productos de alta viscosidad.

1.6.4.2 Desventajas

- Se necesita de un espacio físico grande para su funcionamiento.
- Tiempo de mezclado es moderado.
- Según su tamaño se puede dificultar su montaje.

1.6.5 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

El tipo de mezcladora a diseñar se seleccionará tomando en cuenta los siguientes parámetros:

- Costo de fabricación

Este es un factor importante al momento de escoger una alternativa ya que la máquina a construir debe tener un excelente funcionamiento utilizando los mínimos recursos posibles, pues lo que se desea es que el sistema se rentable a corto plazo. Se le calificara sobre una base de 10.

- Eficiencia

Este es un factor que tiene mucha importancia debido a que el sistema debe producir una mezcla homogénea en el menor tiempo posible. Se calificara sobre una base de 9.

- Construcción

Las piezas de la máquina deber tener un diseño que no complique su construcción y que sea factible construirlas con las herramientas que se tienen a disposición en el taller donde se van a construir, de lo contrario esto encarecería aún más el diseño. Se le calificara sobre una base de 8.

- Tiempo del proceso

Esta variable es importante porque el sistema debe garantizar mayor producción en el menor tiempo posible. Se calificara sobre una base de 7.

- Facilidad de operación

Esta máquina debe garantizar su facilidad en la puesta en marcha, montaje y desmontaje para que el operador no tenga inconvenientes. Se le calificara sobre una base de 6.

- Mantenimiento

El mantenimiento y limpieza de las partes de la máquina no debe presentar complejidad y debe utilizar una mínima cantidad de repuestos e insumos. El

tiempo de mantenimiento y cambio de repuestos deber mínimos de lo contrario las paradas incrementara los costos. Se le calificara sobre una base de 6.

1.6.6 RESULTADO DE LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

En la Tabla 1.4 se presentan los resultados de la evaluación numérica de las alternativas del tipo de mezclador a diseñarse, indicando que la alternativa 4 es la mejor opción.

Tabla 1.4. Selección de alternativas.

PARÁMETROS	CALIFICACIÓN		NÚMERO DE ALTERNATIVAS							
			1		2		3		4	
			Calif.	Pond.	Calif.	Pond.	Calif.	Pond.	Calif.	Pond.
Costo de fabricación	10	0,21	6	1,26	9	1,89	5	1,05	8	1,68
Eficiencia	9	0,19	6	1,14	8	1,52	8	1,52	9	1,71
Construcción	8	0,17	8	1,36	8,5	1,45	7	1,19	9	1,53
Tiempo de proceso	7	0,15	5	0,75	7	1,05	5	0,75	8	1,2
Facilidad de Operación	7	0,15	7	1,05	7	1,05	7	1,05	9	1,35
Mantenimiento	6	0,13	5	0,65	8	1,04	6	0,78	9	1,17
TOTAL	47	1		6,21		8		6,34		8,64

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

CAPÍTULO 2

4. DISEÑO DE LA MÁQUINA MEZCLADORA

2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para la elaboración de alimento balanceado se necesita mezclar diferentes cantidades de harina, melaza y otros componentes, según sea la fórmula. Cada componente tiene diferentes propiedades como son la densidad y granulometría, y para crear bloques de alimento balanceado, es necesario que la mezcla sea homogénea.

El proceso de mezclado artesanal o manual no es lo suficientemente eficiente, en grandes cantidades, para que los componentes se distribuyan de manera adecuada en toda la mezcla. Además, como el uso de una máquina mezcladora es poco común, este proceso se dificulta aún más.

El proceso en esta máquina mezcladora consiste en un flujo multidireccional del material, que contiene todos los elementos a mezclar, y lograr así obtener el material esperado que es una mezcla uniforme y homogénea en cualquier porción.

La máquina mezcladora de alimento balanceado para animales nos permitirá obtener una mezcla homogénea con iguales propiedades en cualquier porción.

El diseño de la máquina mezcladora debe estar de acuerdo a las necesidades que tiene la elaboración de bloques multinutricionales, para ello es necesario tomar en cuenta los siguientes factores.

2.2 OBJETIVOS

2.2.1 OBJETIVO GENERAL

Mecanizar el proceso de mezcla de alimento balanceado para obtener una masa homogénea en cualquier proporción para la elaboración de bloques multinutricionales.

2.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Especificar los componentes y porciones que son necesarios para la mezcla, según formulas establecidas para los diferentes animales.
- Realizar los cálculos correspondientes de acuerdo a las propiedades de cada componente, como densidad, etc., para dimensionar la máquina mezcladora.
- Diseñar la máquina mezcladora de alimento balanceado para la elaboración de bloques multinutricionales.
- Construir la máquina mezcladora de alimento balanceado para la elaboración de bloques multinutricionales.

2.3 FACTORES DE DIMENSIONAMIENTO

- El primer factor es la cantidad de la mezcla total, pues de esta dependen las dimensiones finales que tendrá la máquina. La mezcla será de 100 kg en unidades de masa.
- El segundo factor a considerar es la densidad de la mezcla. Según la *sección 1.4.1.2.3*, esta densidad es de 880 kg/m³.
- El tercer factor es el nivel de llenado. Este nivel será hasta, aproximadamente, el semicilindro que tiene la parte inferior del recipiente.
- El cuarto factor que vamos a considerar es el número de paletas, y la inclinación de las mismas. Para que el mezclado sea homogéneo, tendremos 10 paletas a lo largo del eje motriz, las mismas que estarán dispuestas en cinco pares. La inclinación de cada paleta será de 35 grados; esta inclinación puede cambiar según sean las necesidades.

Tabla 2.1. Factores de dimensionamiento.

No.	FACTOR	VALOR	UNIDADES
1	Masa (<i>m</i>)	100	Kg
2	Densidad ()	880	kg/m ³
3	Nivel	Semicilindro del recipiente	m ³
4	# de paletas	10	

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

2.4 FACTOR DE SEGURIDAD

Según Mott (2004, pág. 185); el factor de seguridad (η) es una medida de la seguridad relativa de un componente bajo la acción de una carga. Para algunos tipos de carga es mejor establecer una relación con la que se pueda calcular el factor de seguridad a partir de los esfuerzos reales aplicados y de la resistencia del material.

2.4.1 MATERIALES DÚCTILES

- $\eta = 1,25$ a 2. El diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño.
- $\eta = 2$ a 2,5. Diseño de elementos de máquinas bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño.
- $\eta = 2,5$ a 4. Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de la cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.
- $\eta = 4$ o más. Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis de esfuerzos o el ambiente. El deseo de dar una seguridad adicional a componentes críticos puede justificar también el empleo de estos valores.

2.5 DISEÑO DEL RECIPIENTE

El recipiente de la mezcladora se basa en un tanque en forma de U que se encarga de contener los ingredientes hasta que la mezcla este homogeneizada para luego descargarlos a través de un sistema de poleas que giran el recipiente alrededor del eje motriz.

2.5.1 DIMENSIONAMIENTO DEL RECIPIENTE

Conocidos los datos de masa y densidad en la Tabla 2.1, tenemos la ecuación Ec. 2.1 para encontrar el volumen de la mezcla.

$$V_m = \frac{m}{\rho} \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Dónde:

- V_m : Volumen de la mezcla.
- m : Masa de la mezcla.
- ρ : Densidad de la mezcla.

El nivel de llenado en el tanque será hasta el semicilindro de la parte inferior del recipiente. Esto lo podemos expresar de siguiente manera:

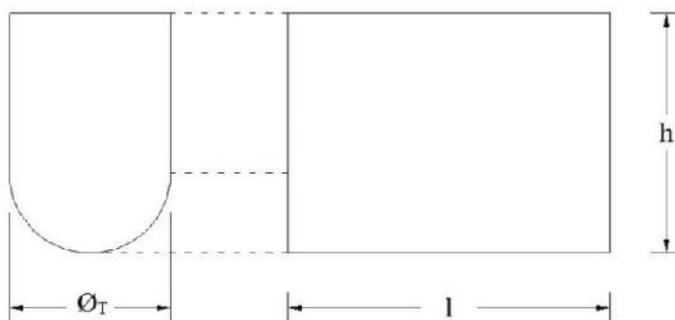
$$V_m = \text{area del semicirculo} * \text{largo del mezclador}$$

Entonces:

$$V_m = \frac{\pi * \varnothing_T^2}{8} * l \quad (\text{Ec. 2.2})$$

Determinaremos las relaciones existentes entre el diámetro, la altura y el largo del recipiente, para lo cual tendremos un diagrama inicial en la Figura 2.1.

Figura 2.1. Diagrama del recipiente.



a) Dimensiones del recipiente



b) Recipiente

Fuente: Autor.

Tenemos las siguientes relaciones de tamaño:

$$l = 2,5 * \varnothing_T \quad (\text{Ec. 2.3})$$

$$h = 1,4 * \varnothing_T \quad (\text{Ec. 2.4})$$

Si igualamos las ecuaciones 2.1 y 2.2, obtendremos la siguiente expresión:

$$\frac{m}{\rho} = \frac{\pi \cdot \emptyset_T^2 \cdot l}{8}$$

Remplazando en esta esta expresión la ecuación 2.3 y despejando \emptyset_T , tenemos:

$$\emptyset_T = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot m}{2 \cdot \pi \cdot \rho}} \quad (\text{Ec. 2.5})$$

$$\emptyset_T = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot 100 [\text{kg}]}{2,5 \cdot \pi \cdot 880 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}}$$

$$\emptyset_T = 0,4 [\text{m}]$$

Remplazando este valor en las ecuaciones Ec. 2.3 y Ec. 2.4, tenemos los valores de altura y largo del recipiente estos valores se muestran en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2. Dimensiones del recipiente.

Dimensiones	Símbolo	Valor
Diámetro	\emptyset_T	0,45 [m]
Largo	l	1 [m]
Altura	h	0,62 [m]

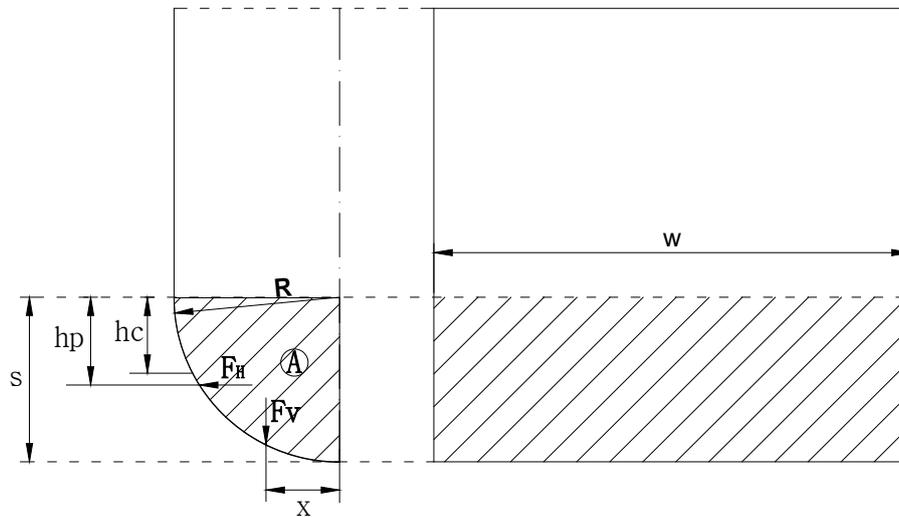
Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

2.5.2 ANÁLISIS DEL ESPESOR DEL RECIPIENTE

Según Mott (2006, pág. 97 a 100) se debe determinar la fuerza resultante sobre la pared de la mezcladora. Como el recipiente es simétrico, solo tomaremos la sección izquierda, como se muestra en la Figura 2.2.

Figura 2.2. Diagrama de distribución de la fuerza sobre una superficie sumergida.



Fuente: Autor.

Necesitamos calcular el valor del peso específico de la mezcla. Esto se realizará a continuación mediante la ecuación Ec 2.6.

$$\gamma_m = \rho_m * g \quad (\text{Ec. 2.6})$$

Dónde:

- γ_m : Peso específico.
- ρ_m : Densidad de la mezcla.
- g : Gravedad.

Reemplazando valores tenemos:

$$\gamma_m = 880 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\gamma_m = 8624 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$$

Para determinar la fuerza resultante, primero tenemos que encontrar la fuerza vertical F_V . Para ello utilizamos la siguiente ecuación.

$$F_V = \gamma_m * A * w \quad (\text{Ec. 2.7})$$

Dónde:

- A : Área de la sección que ocupa la mezcla.
- w : Largo de la tolva mezcladora.

Remplazamos valores:

$$F_V = 8624 \frac{N}{m^3} * \frac{\pi * 0,225^2}{4} [m^2] * 1 [m]$$

$$F_V = 342,9 [N]$$

Esta fuerza está ubicada en sentido hacia arriba y en dirección al centroide de la sección del área transversal. Este centroide, dado que es una sección de una circunferencia, calculamos mediante la ecuación Ec. 2.8.

$$\bar{x} = \frac{4 * R}{3 * \pi} \quad (\text{Ec. 2.8})$$

$$\bar{x} = \frac{4 * 0,225 [m]}{3 * \pi}$$

$$\bar{x} = 0,095 \text{ m}$$

Procedemos a calcular la fuerza horizontal F_H mediante la siguiente ecuación:

$$F_H = \gamma_m * S * w * \bar{x}_c \quad (\text{Ec. 2.9})$$

Dónde:

- S : Altura de la proyección de la superficie curva sobre el eje vertical.
- \bar{x}_c : Distancia entre el nivel de la superficie libre y el centroide del área.

La distancia \bar{x}_c tiene el mismo valor de \bar{x} pues se trata de la misma sección circular. Entonces:

$$\bar{x}_c = \bar{x} = 0,095 \text{ m}$$

Remplazando valores en la ecuación Ec. 2.9 tenemos:

$$F_H = 8624 \frac{N}{m^3} * 0,225 \text{ m} * 1 \text{ m} * 0,095 \text{ m}$$

$$F_H = 184,3 \text{ N}$$

Debemos encontrar la profundidad a la que actúa esta fuerza. Esta profundidad es el centro de presión \bar{z}_p que lo calculamos mediante la siguiente ecuación:

$$\bar{z}_p = \bar{z}_c + \frac{s^2}{12 \cdot h_c} \quad (\text{Ec. 2.10})$$

$$\bar{z}_p = 0,095[m] + \frac{0,225^2}{12 \cdot 0,095} m$$

$$\bar{z}_p = 0,139 m$$

Conocidas la fuerza vertical y horizontal encontramos la fuerza resultante neta mediante la siguiente ecuación:

$$F_R = \sqrt{F_H^2 + F_V^2} \quad (\text{Ec. 2.11})$$

$$F_R = \sqrt{184,3^2 + 342,9^2}$$

$$F_R = 389,3[N]$$

Encontramos el ángulo de inclinación de esta fuerza con respecto al eje horizontal.

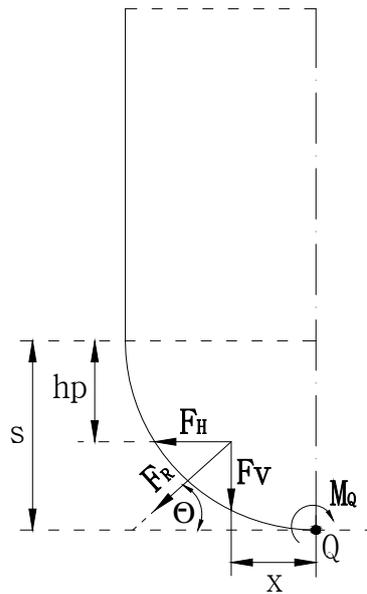
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{F_V}{F_H}\right) \quad (\text{Ec. 2.12})$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{342,9}{184,3}\right)$$

$$\theta = 61,7^\circ$$

Conocidos los valores de la fuerza resultante que actúa sobre la pared del recipiente podemos realizar el diagrama de cuerpo libre del recipiente. Este se muestra en la Figura 2.3.

Figura 2.3. Diagrama de cuerpo libre del recipiente.



Fuente: Autor.

Mediante este diagrama podemos determinar las reacciones que hay sobre el recipiente. Para ello realizamos el análisis de momentos en el punto Q.

$$\sum M_Q = 0$$

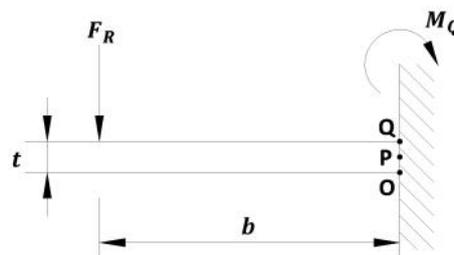
$$M_Q = F_V * \bar{x} + F_H * (s - h_p)$$

$$M_Q = 342,9 * 0,095 + 184,3 * (0,225 - 0,139)$$

$$M_Q = 48,4 [Nm] = M_{max}$$

La sección transversal del recipiente donde actúa la fuerza resultante y el momento están representados en el siguiente diagrama.

Figura 2.4. Sección transversal de la plancha que conforma el recipiente.



Fuente: Autor.

Para este tipo de análisis centramos el objetivo del cálculo en la sección crítica del elemento (Q), para ello consideramos el esfuerzo a flexión que se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{I/c} \quad (\text{Ec. 2.13})$$

Dónde:

- σ_{max} : Esfuerzo a flexión máximo.
- M_{max} : Momento flector máximo.
- I/c : Módulo de sección crítica.

El módulo de sección crítica de una sección rectangular está dada por:

$$I/c = \frac{b*t^2}{6} \quad (\text{Ec. 2.14})$$

Dónde:

- b : Largo del recipiente.
- t : Espesor del recipiente.

Remplazando la ecuación Ec. 2.14 en la ecuación Ec. 2.13, tenemos la ecuación para encontrar el esfuerzo a flexión para una sección transversal rectangular:

$$\sigma_{max} = \frac{6*M_{max}}{b*t^2} \quad (\text{Ec. 2.15})$$

Remplazamos valores:

$$\sigma_{max} = \frac{6*48,4[Nm]}{1[m]*(0,002m)^2}$$

$$\sigma_{max} = 72,6 \text{ MPa}$$

Podemos encontrar el factor de seguridad estático para comprobar el correcto diseño del recipiente mediante la siguiente ecuación:

$$\eta_s = \frac{S_y}{\sigma_{max}} \quad (\text{Ec. 2.16})$$

El valor de la resistencia a la fluencia del acero A304 es $S_y = 276$ [MPa]. (Shigley, 2008, pág. 1023)

Remplazamos valores en la ecuación Ec. 2.16:

$$\eta_s = \frac{276[MPa]}{48,4[MPa]}$$

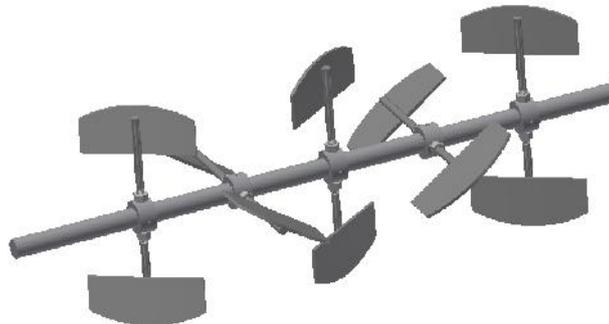
$$\eta_s = 3,8$$

Si comparamos este factor de seguridad con los factores estáticos de la sección 2.4 vemos que es confiable, por lo tanto podemos construir el recipiente con planchas de estas medidas.

2.6 DISEÑO DEL SISTEMA DE MEZCLADO

El sistema de mezclado es el que se encarga de mover los ingredientes para que la mezcla esté homogeneizada y de esta manera conseguir que los bloques multinutricionales tengan cantidades similares de todos los ingredientes en cada bloque. Este sistema consiste en 5 pares de paletas unidas a través de un eje al eje motriz como muestra la siguiente figura.

Figura 2.5. Sistema de mezclado.



Fuente: Autor.

2.6.1 ANÁLISIS DE LA PALETA

2.6.1.1 Factores de dimensionamiento de la paleta

Tenemos que considerar que cada paleta tendrá una inclinación de 35 grados para homogeneizar los ingredientes que contienen la mezcla. Este ángulo puede cambiar según sean los requerimientos, pero para objeto de cálculo se utilizará este valor. El valor de este ángulo puede cambiar moderadamente sin afectar al resultado del diseño de la paleta.

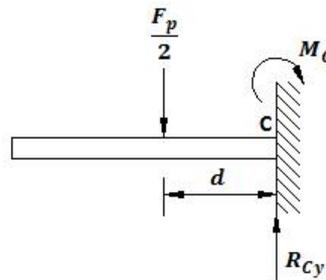
2.6.1.2 Análisis de cargas sobre la paleta

La máxima fuerza que ejerce la mezcla en las paletas es la fuerza resultante F_R , ver ecuación Ec. 2.11.

$$F_p = F_R = 389,3[N]$$

Consideraremos que la paleta se encuentra empotrada a un eje en la mitad de la misma, y como la paleta es simétrica solo tomaremos la mitad de la paleta para el análisis, como se muestra en la Figura 2.6.

Figura 2.6. Diagrama de cuerpo libre de la paleta.



Fuente: Autor.

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{Cy} = \frac{F_p}{2}$$

$$R_{Cy} = 194,7 [N]$$

$$\sum M_C = 0$$

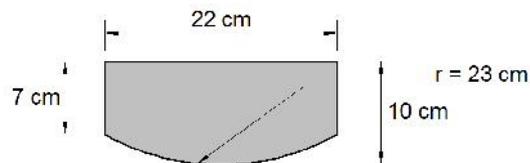
$$M_C = d * \frac{F_p}{2} \tag{Ec. 2.17}$$

Donde d , es la distancia entre el centroide medido desde el eje de la mitad de la paleta hasta el punto donde actúa la fuerza. Este centroide lo encontraremos aplicando la teoría de áreas compuestas.

$$d = \bar{x} = \frac{A_1 * \bar{x}_1 + A_2 * \bar{x}_2}{A_1 + A_2} \tag{Ec. 2.18}$$

En la Figura 2.7 se muestra las dimensiones de la paleta.

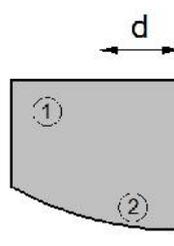
Figura 2.7. Dimensiones de la paleta.



Fuente: Autor.

Tomamos solo la mitad de la paleta, como se muestra en la Figura 2.8, para encontrar el centroide.

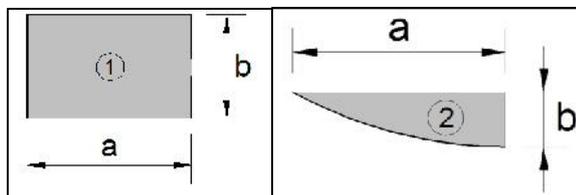
Figura 2.8. Paleta dividida por la mitad.



Fuente: Autor.

Obtenemos las siguientes dos secciones del diagrama anterior.

Figura 2.9. Secciones de la paleta.



Fuente: Autor.

En la sección 1, tenemos:

$$\bar{x}_1 = \frac{a}{2}$$

$$\bar{x}_1 = \frac{11 \text{ cm}}{2}$$

$$\bar{x}_1 = 5,5 \text{ cm}$$

$$A_1 = a * b$$

$$A_1 = 11[\text{cm}] * 7[\text{cm}]$$

$$A_1 = 77 [\text{cm}^2]$$

En la sección 2, tenemos:

$$\bar{x}_2 = \frac{4*a}{3*\pi}$$

$$\bar{x}_2 = \frac{4*11[\text{cm}]}{3*\pi}$$

$$\bar{x}_2 = 4,7 \text{ cm}$$

$$A_2 = \frac{\pi ab}{4}$$

$$A_2 = \frac{\pi * 11 \text{ cm} * 3[\text{cm}]}{4}$$

$$A_2 = 25,9 \text{ cm}^2$$

El área total es:

$$A_T = A_1 + A_2$$

$$A_T = (77 + 25,9)[\text{cm}^2]$$

$$A_T = 102,9[\text{cm}^2] = 0,0103[\text{m}^2]$$

Remplazamos todos estos valores en la ecuación Ec. 2.1.

$$d = \bar{X} = \frac{77 \text{ cm}^2 * 5,5[\text{cm}] + 25,9 \text{ cm}^2 * 4,7[\text{cm}]}{77[\text{cm}^2] + 25,9[\text{cm}^2]}$$

$$d = \bar{X} = \frac{77 \text{ cm}^2 * 5,5[\text{cm}] + 25,9 \text{ cm}^2 * 4,7[\text{cm}]}{77[\text{cm}^2] + 25,9[\text{cm}^2]}$$

$$d = 5,3[\text{cm}] = 0,053[\text{m}]$$

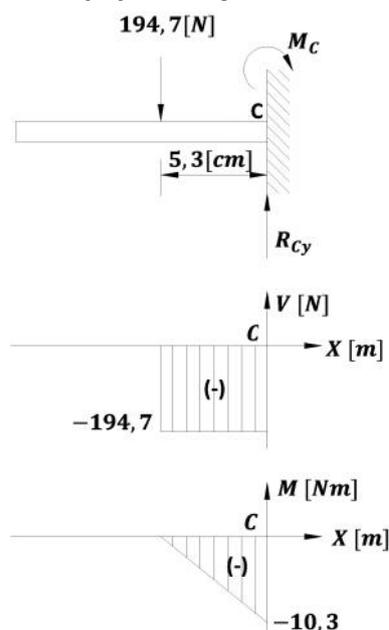
Remplazamos el valor de d en la ecuación Ec. 2.17, tenemos:

$$M_C = 0,053[\text{m}] * \frac{389,3[\text{N}]}{2}$$

$$M_C = 10,3[\text{Nm}]$$

Con estos datos procedemos a realizar el diagrama de fuerza cortante y momento flector.

Figura 2.10. Diagrama de cuerpo libre, fuerza cortante (V) y momento flector (M) en la paleta.

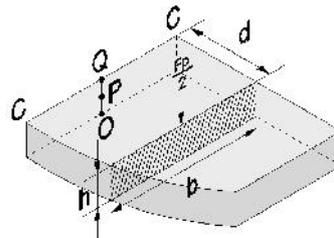


Fuente: Autor.

2.6.1.3 Punto crítico de la paleta

Según la Figura 2.10 vemos que el punto crítico de la paleta se encuentra en el punto C. En la figura 2.11 se muestran las dimensiones que utilizaremos para determinar el momento de inercia del área transversal donde actúa la fuerza.

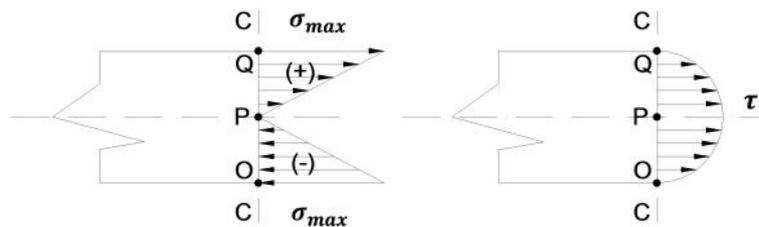
Figura 2.11. Dimensiones del segmento de la paleta.



Fuente: Autor.

En la Figura 2.12, tenemos la distribución de fuerzas en el punto C, donde el punto Q se encuentra sometido a tensión, el punto P a corte y el punto O se encuentra a compresión. El valor del esfuerzo cortante τ no se lo considera, debido a que su valor es despreciable en comparación con los valores de tensión o compresión. Dadas estas circunstancias tenemos que el punto crítico de la paleta está en el punto "Q".

Figura 2.12. Distribución de esfuerzos en la sección crítica (C) de la paleta.



Fuente: Autor.

2.6.1.4 Análisis estático de la paleta

Tomamos en cuenta que la sección transversal crítica de la paleta es una sección rectangular utilizamos la ecuación Ec. 2.15. Donde $M_{max} = M_C$ y t es el espesor de la lámina de la paleta. Para el diseño de las paletas utilizaremos planchas de acero inoxidable AISI 304 de 6,35 mm de espesor (Ver anexo 2.1).

Remplazamos valores en la ecuación Ec. 2.15:

$$\sigma_{max} = \frac{6 \cdot 10,3 [Nm]}{0,092 [m] \cdot (0,00635 [m])^2}$$

$$\sigma_{max} = 16,7 \text{ MPa}$$

Podemos encontrar el factor de seguridad estático mediante la ecuación Ec. 2.16. El valor de la resistencia a la fluencia del acero A304 es $S_y = 276$ [MPa]. (Shigley, 2008, pág. 1023)

$$\eta_s = \frac{276 [MPa]}{16,7 [MPa]}$$

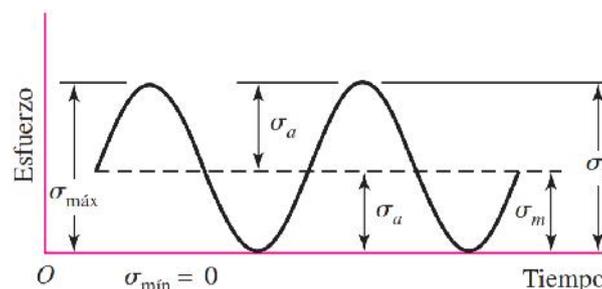
$$\eta_s = 16,5$$

Comparando este factor de seguridad con los factores de carga estática de la sección 2.4 vemos que es confiable, por lo tanto podemos construir las paletas con planchas de estas medidas.

2.6.1.5 Análisis de fatiga de la paleta

El esfuerzo que actúa sobre el sistema de mezclado es un esfuerzo repetitivo, esto se debe a la naturaleza de las máquinas rotatorias, de manera que todos los elementos relacionados con el mezclado tendrán este comportamiento. Se lo puede representar mediante la siguiente figura.

Figura 2.13. Esquema de un esfuerzo repetitivo.



Fuente: Shigley (2008, p. 293).

De la figura 2.13 se obtienen las siguientes ecuaciones:

El esfuerzo normal amplitud:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} \quad (\text{Ec. 2.19})$$

$$\sigma_a = \frac{16,7[MPa]-0}{2}$$

$$\sigma_a = 8,4 \text{ MPa}$$

El esfuerzo normal medio:

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} \quad (\text{Ec. 2.20})$$

$$\sigma_m = \frac{16,7 \text{ MPa} + 0}{2}$$

$$\sigma_m = 8,4[MPa]$$

El esfuerzo cortante amplitud:

$$\tau_a = 0$$

Esfuerzo cortante medio:

$$\tau_m = \frac{3 \cdot V}{2 \cdot A} \quad (\text{Ec. 2.21})$$

Dónde: V es la fuerza cortante sobre la sección A:

$$\tau_m = \frac{3 \cdot \frac{F_p}{2}}{2 \cdot b \cdot h}$$

$$\tau_m = \frac{3 \cdot 194,7[N]}{2 \cdot (0,092 \cdot 0,00635)[m^2]}$$

$$\tau_m = 500 \text{ kPa}$$

Esfuerzo de Von Mises alternante:

$$\sigma'_a = \sqrt{(\sigma_a)^2 + 3 \cdot (\tau_a)^2} \quad (\text{Ec. 2.22})$$

$$\sigma'_a = \sqrt{(8,4)^2 + 3 \cdot (0)^2}$$

$$\sigma'_a = 8,4[MPa]$$

Esfuerzo de Von Mises medio:

$$\sigma'_m = \sqrt{(\sigma_m)^2 + 3 \cdot (\tau_m)^2} \quad (\text{Ec. 2.23})$$

$$\sigma'_m = \sqrt{(8400000)^2 + 3 \cdot (500000)^2}$$

$$\sigma'_m = 8,4[MPa]$$

2.6.1.6 Límite de resistencia a la fatiga de la paleta

El límite de resistencia a la fatiga se puede encontrar con la siguiente ecuación:

$$S_e = S'_e * k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f \quad (\text{Ec. 2.24})$$

Dónde:

S_e : Límite de resistencia a la fatiga del eje de la paleta para vida infinita.

S'_e : Límite de resistencia a la fatiga de la probeta.

k_a : Factor de modificación de la condición superficial.

k_b : Factor de modificación del tamaño.

k_c : Factor de modificación por confiabilidad.

k_d : Factor de modificación por temperatura.

k_e : Factor de modificación por concentración de esfuerzos.

k_f : Factor de modificación por efectos diversos.

- El límite de resistencia a la fatiga de la probeta (S'_e), depende de la resistencia última (S_{ut}) del material que se va a utilizar. Entonces, para un acero inoxidable A304, tenemos: $S_{ut} = 568 \text{ [MPa]}$ (Shigley, 2008, pág. 1023)

$$S'_e = 0,5 * S_{ut} \Leftrightarrow S_{ut} \leq 200 \text{ kpsi } 1400 \text{ MPa} \quad (\text{Ec. 2.25})$$

$$S'_e = 0,5 * 568 \text{ [MPa]}$$

$$S'_e = 284 \text{ MPa}$$

- Factor de modificación de la condición superficial k_a . Este factor depende de la calidad del acabado y de la resistencia a la tensión.

$$k_a = a * (S_{ut})^b \quad (\text{Ec. 2.26})$$

Donde, $a = 4,51 \text{ [MPa]}$ y $b = -0,265$. (Ver anexo 3)

$$k_a = 4,51 * (568)^{-0,265}$$

$$k_a = 0,8$$

- Factor de modificación del tamaño k_b .

$$k_b = 1,189 * d^{-0,097} \text{ mm, Si } 8 \leq d \leq 250 \text{ mm} \quad (\text{Ec. 2.27})$$

Donde es necesario conocer el diámetro del elemento, si se trata de una sección circular. Debido a que la sección de la paleta no es circular tenemos que encontrar un diámetro equivalente a la sección de la paleta. Tenemos:

$$d = \frac{\overline{4 \cdot A}}{\pi} \quad (\text{Ec. 2.28})$$

$$d = \frac{4 \cdot (0,092m \cdot 0,00635m)}{\pi}$$

$$d = 0,0273m = 27,3mm$$

Remplazamos este valor en la ecuación Ec. 2.26.

$$k_b = 1,189 * 27,3^{-0.097}$$

$$k_b = 0,86$$

- Factor de modificación por confiabilidad k_c . Se asume una confiabilidad del 90% (Ver Anexo 4), por lo tanto:

$$k_c = 0,897$$

- Factor de modificación por temperatura k_d . La mezcladora realizará su trabajo en una temperatura menor a 450°C (840°F), por lo que tenemos:

$$k_d = 1$$

- Factor de modificación por concentración de esfuerzos k_e . Este factor influye cuando el elemento tiene irregularidades o discontinuidades como orificios, ranuras o muescas. Ya que la paleta no presenta discontinuidades a lo largo de sí misma, asumimos que:

$$k_e = 1$$

- Factor de modificación por efectos diversos k_f . Debido a que la paleta será construida con planchas de acero inoxidable AISI 304, no será afectada por materiales corrosivos, por lo tanto asumimos que:

$$k_f = 1$$

Una vez conocidos todos los factores de modificación se calcula el límite de resistencia a la fatiga mediante la ecuación Ec. 2.24.

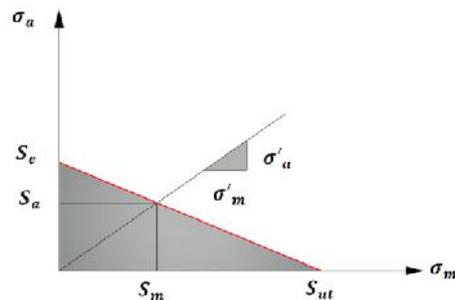
$$S_e = 284 * 0,8 * 0,86 * 0,897 * 1 * 1 * 1$$

$$S_e = 175,3[MPa]$$

2.6.1.7 Factor de seguridad para el análisis de fatiga de la Paleta

Para determinar este factor utilizamos el diagrama de la línea de Goodman modificada, que se muestra en la Figura 2.14:

Figura 2.14. Diagrama de fatiga de la línea de Goodman modificada.



Fuente: Autor.

De donde tenemos la ecuación de la resistencia media:

$$S_m = \frac{S_e}{\frac{\sigma'_a}{\sigma'_m} + \frac{S_e}{S_{ut}}} \quad (\text{Ec. 2.29})$$

$$S_m = \frac{175,3}{\frac{8,4}{8,4} + \frac{175,3}{568}}$$

$$S_m = 134[MPa]$$

Encontramos el factor de seguridad de fatiga con la siguiente ecuación:

$$\eta_f = \frac{S_m}{\sigma'_m} \quad (\text{Ec. 2.30})$$

$$\eta_f = \frac{134}{8,4}$$

$$\eta_f = 16$$

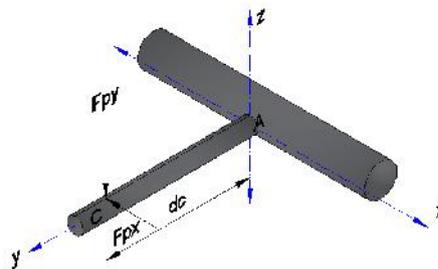
Comparando este factor de seguridad con los factores de la sección 2.4 vemos que el material a utilizar es adecuado para el diseño de la paleta considerando las cargas a la que está sometida.

2.6.2 ANÁLISIS DEL EJE DE LA PALETA

2.6.2.1 Factores de dimensionamiento del eje de la paleta

En el diseño del eje de la paleta tenemos que considerar la fuerza ejercida por la masa sobre la paleta y el ángulo de inclinación de la paleta, para lo cual partimos del esquema que tenemos en la Figura 2.15:

Figura 2.15. Fuerzas ejercidas sobre el eje de las paletas.



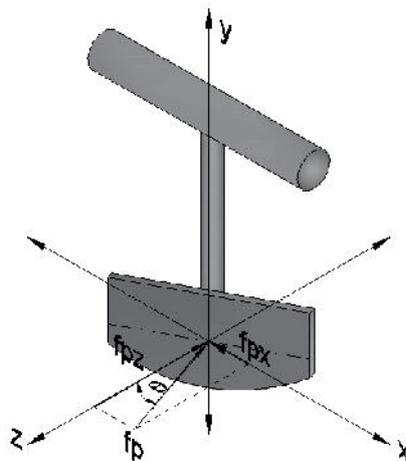
Fuente: Autor.

Dónde $d_c = 15,5 \text{ cm} = 0,155[m]$

2.6.2.2 Análisis de cargas del eje de la paleta

Tenemos que considerar que la paleta tendrá una inclinación de $\Theta=35^\circ$. Esto lo podemos ver en la siguiente figura:

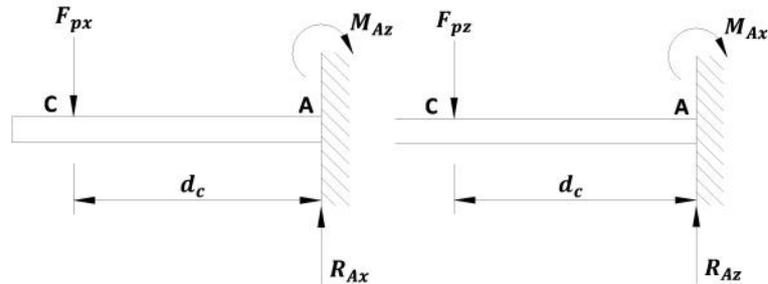
Figura 2.16. Diagrama de la paleta en el espacio.



Fuente: Autor.

Luego, el diagrama de cuerpo libre del eje de la paleta se representa en la Figura 2.17:

Figura 2.17. Diagrama de cuerpo libre del eje de la paleta en el eje "x" y el eje "y".



Fuente: Autor.

$$F_{pz} = F_p * \cos\theta \quad (\text{Ec. 2.31})$$

$$F_{pz} = 389,3[\text{N}] * \cos 35^\circ$$

$$F_{pz} = 318,9[\text{N}]$$

$$F_{px} = F_p * \text{sen}\theta \quad (\text{Ec. 2.32})$$

$$F_{px} = 389,2[\text{N}] * \text{sen } 35^\circ$$

$$F_{px} = 223,3[\text{N}]$$

$$\sum F_z = 0$$

$$R_{Az} = F_{py}$$

$$R_{Az} = 318,9[\text{N}]$$

$$\sum F_x = 0$$

$$R_{Ax} = F_{px}$$

$$R_{Ax} = 223,3[\text{N}]$$

$$R_A = \sqrt{R_{Ax}^2 + R_{Az}^2} \quad (\text{Ec. 2.33})$$

$$R_A = \sqrt{223,3^2 + 318,9^2}$$

$$R_A = 389,3[\text{N}]$$

$$\sum M_x = 0$$

$$M_{Ax} = d_c * F_{pz}$$

$$M_{Ax} = (0,155 * 318,9)[\text{Nm}]$$

$$M_{Ax} = 49,4[\text{Nm}]$$

$$\sum M_z = 0$$

$$M_{Az} = d_c * F_{px}$$

$$M_{Az} = (0,155 * 223,3)[\text{Nm}]$$

$$M_{Az} = 34,6[\text{Nm}]$$

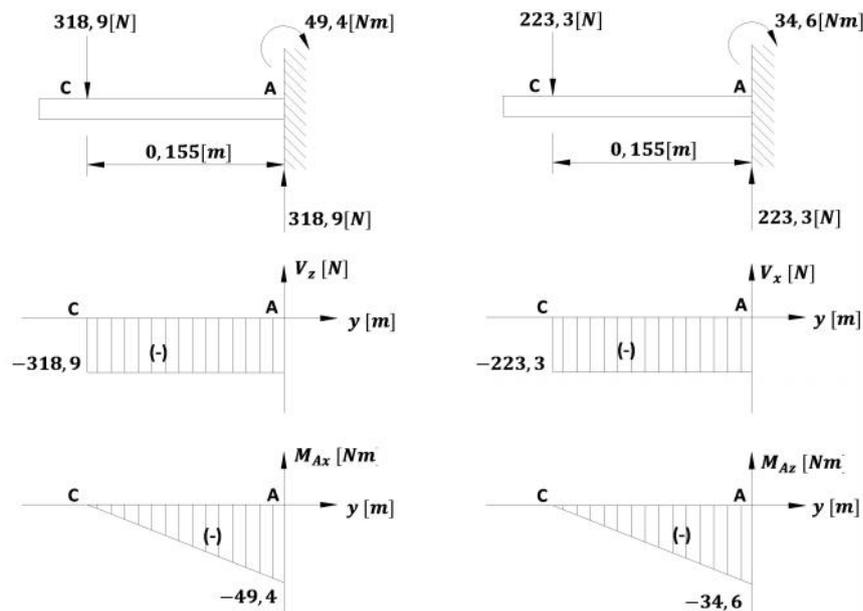
$$M_A = \sqrt{M_{Az}^2 + M_{Ax}^2} \quad (\text{Ec. 2.34})$$

$$M_A = \sqrt{34,6^2 + 49,4^2}$$

$$M_A = 60 \text{ [Nm]}$$

Estos datos se representan en la siguiente figura:

Figura 2.18. Diagrama de cuerpo libre, fuerza cortante (V) y momento flector (M) en el eje de la paleta, con respecto al eje x y al eje y.

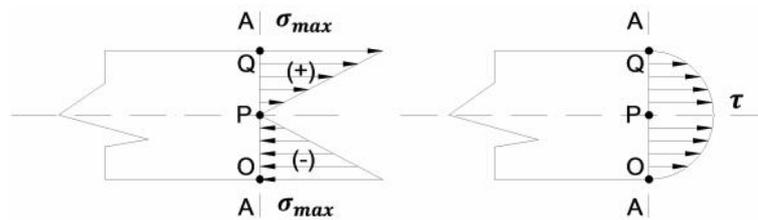


Fuente: Autor.

2.6.2.3 Punto crítico del eje de la paleta

Según la Figura 2.18 vemos que el punto crítico del eje de la paleta se encuentra en el punto A. En la Figura 2.19, tenemos la distribución de fuerzas en el punto A del eje de la paleta, donde se desprecia el esfuerzo cortante τ por ser su valor pequeño comparado con los de tensión o compresión. Luego, nuestro punto crítico del eje de la paleta es "Q".

Figura 2.19. Diagrama de distribución de esfuerzos en la sección crítica del eje de la paleta.



Fuente: Autor.

2.6.2.4 Análisis estático del eje de la paleta

El esfuerzo a flexión se calcula mediante la ecuación Ec. 2.13. El módulo de sección crítica de una sección transversal circular está dado por la siguiente ecuación:

$$I/c = \frac{\pi \cdot \emptyset^3}{32} \quad (\text{Ec. 2.35})$$

Remplazamos esta expresión en la ecuación Ec. 2.13 obtenemos la siguiente ecuación:

$$\sigma_{max} = \frac{32 \cdot M_{max}}{\pi \cdot \emptyset^3} \quad (\text{Ec. 2.36})$$

Donde $M_{max} = M_A = 60 [Nm]$ y \emptyset es el diámetro del eje de la paleta. Para el diseño de este eje utilizaremos ejes macizos de acero inoxidable AISI 304 de diámetro $\emptyset = \frac{5}{8} [in] = 1,6 [cm] = 0,016 [m]$, (Ver anexo 2.2).

Remplazando estos valores en la ecuación Ec. 2.36, tenemos:

$$\sigma_{max} = \frac{32 \cdot 60 [Nm]}{\pi \cdot (0,016 m)^3}$$

$$\sigma_{max} = 149 [MPa]$$

Podemos encontrar el factor de seguridad estático mediante la ecuación Ec. 2.16. El valor de la resistencia a la fluencia del acero A304 es $S_y = 276 [MPa]$. (Shigley, 2008, pág. 1023)

$$\eta_s = \frac{276 [MPa]}{149 [MPa]}$$

$$\eta_s = 1,9$$

Si comparamos con los factores de la sección 2.4 este factor nos indica que las medidas y el material a utilizar son adecuados para su postrera construcción.

2.6.2.5 Análisis de fatiga del eje de la paleta

Como se mencionó en la sección 2.6.1.5 el esfuerzo que está sobre el eje de las paletas es un esfuerzo repetitivo, por lo tanto utilizamos las mismas ecuaciones.

Con la ecuación Ec. 2.19 encontramos el esfuerzo normal amplitud.

$$\sigma_a = \frac{149[MPa]-0}{2}$$

$$\sigma_a = 74,5 \text{ MPa}$$

Calculamos el esfuerzo normal medio mediante la ecuación Ec. 2.20.

$$\sigma_m = \frac{149 \text{ MPa} + 0}{2}$$

$$\sigma_m = 74,5 [MPa]$$

El esfuerzo cortante amplitud:

$$\tau_a = 0$$

Encontramos el esfuerzo cortante medio con la ecuación Ec. 2.21 donde A es la sección transversal del eje de la paleta y $V=R_A$.

$$\tau_m = \frac{3 \cdot 389,3 [N]}{2 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 0,016^2}{4} \right) [m^2]}$$

$$\tau_m = 2,9 [MPa]$$

Encontramos el esfuerzo de Von Mises alternante mediante la ecuación Ec. 2.22.

$$\sigma'_a = \sqrt{(74,5)^2 + 3 \cdot (0)^2}$$

$$\sigma'_a = 74,5 [MPa]$$

Calculamos el esfuerzo de Von Mises medio con la ecuación Ec. 2.23.

$$\sigma'_m = \sqrt{(74,5)^2 + 3 * (2,9)^2}$$

$$\sigma'_m = 74,7 [MPa]$$

2.6.2.6 Límite de resistencia a la fatiga del eje de la paleta

Se determina los factores de corrección con las ecuaciones de la sección 2.6.1.6 obteniendo lo siguiente:

- El límite de resistencia a la fatiga de la probeta (S'_e). se calcula mediante la ecuación Ec. 2.25. Para un acero inoxidable A304, tenemos que $S_{ut} = 568 [MPa]$. (Shigley, 2008, pág. 1023)

$$S'_e = 0,5 * 568 [MPa]$$

$$S'_e = 284 MPa$$

- Factor de modificación de la condición superficial k_a . Esta dado por la ecuación 2.26, donde, $a = 4,51 [MPa]$ y $b = -0,265$. (Ver anexo 3)

$$k_a = 4,51 * (568)^{-0,265}$$

$$k_a = 0,8$$

- Factor de modificación del tamaño k_b . Este factor está dado por la ecuación Ec. 2.27.

$$k_b = 1,189 * 16^{-0,097}$$

$$k_b = 0,91$$

- Factor de modificación por confiabilidad k_c . Se asume una confiabilidad del 90% (Ver Anexo 4), por lo tanto,

$$k_c = 0,897$$

- Factor de modificación por temperatura k_d . La temperatura de trabajo es menor a 450°C (840°F), por lo que tenemos:

$$k_d = 1$$

- Factor de modificación por concentración de esfuerzos k_e , como el eje de la paleta no presenta discontinuidades a lo largo de sí, asumimos que:

$$k_e = 1$$

- Factor de modificación por efectos diversos k_f . Como el eje de la paleta será construido con ejes macizos de acero inoxidable AISI 304, los materiales corrosivos no le afectaran, por lo tanto asumimos que:

$$k_f = 1$$

Una vez conocidos todos los factores de modificación se calcula el límite de resistencia a la fatiga mediante la ecuación Ec. 2.24.

$$S_e = 284 * 0,8 * 0,91 * 0,897 * 1 * 1 * 1$$

$$S_e = 185,5[MPa]$$

2.6.2.7 Factor de seguridad para el análisis de fatiga del eje de la paleta

Para determinar este factor utilizamos el diagrama de la línea de Goodman modificada, que se muestra en la Figura 2.13 de la sección 2.6.1.7.

Calculamos la resistencia media con la ecuación 2.29.

$$S_m = \frac{185,5}{\frac{74,5}{74,7} + \frac{185,5}{568}}$$

$$S_m = 140,1[MPa]$$

Encontramos el factor de seguridad de fatiga con la ecuación Ec. 2.30.

$$\eta_f = \frac{140,1}{74,7}$$

$$\eta_f = 1,9$$

Comparando este factor de seguridad con los factores de la sección 2.4, este factor de seguridad garantiza que en el comportamiento dinámico este eje no presentara problemas al trabajar bajo cargas repetitivas.

2.6.3 SELECCIÓN DEL MOTOR

2.6.3.1 Factores para la selección del motor

Conocido las propiedades de la mezcla, es necesario determinar la potencia requerida en el eje motriz de la mezcladora, pues este dato es importante para los posteriores cálculos.

La potencia tiene una relación directa con la velocidad y con el torque que tiene el eje motriz. Dado que las fuerzas en el eje x se suprimen entre sí, por la inclinación que tienen las paletas, las fuerzas que intervienen para el cálculo de la potencia son las que actúan en el eje z. Esto se analizara con mayor detalle más adelante.

2.6.3.2 Cálculo de la potencia del motor

Para encontrar la potencia requerida utilizamos la ecuación Ec. 2.37. (Shigley, 2008, pág. 96)

$$H_m = \frac{T_d * n}{63025} \quad (\text{Ec. 2.37})$$

Dónde:

- H_m : Potencia requerida del motor en [Hp].
- T_d : Torque requerido en [lbf.in] para mover las 10 paletas del sistema de mezclado.
- n : Velocidad angular del eje motriz, en [rpm]. La velocidad angular del eje motriz debe ser de 35 rpm.

Vamos a calcular el valor del torque requerido T_d mediante la siguiente ecuación:

$$T_d = 10 * M_{Ax} \quad (\text{Ec. 2.38})$$

Dónde:

- M_{Ax} : Momento producido por las fuerzas que actúan en el eje "z" del eje de la paleta. (Ver sección 2.6.2.2)

$$T_d = 10 * 49,4[Nm]$$

$$T_d = 494 Nm = 4372,3[lbf.in]$$

Remplazamos este valor en la ecuación Ec. 2.37.

$$H_m = \frac{4372,3 \cdot 35}{63025}$$

$$H_m = 2,4 \text{ Hp} = 1,79 \text{ kW}$$

Considerando las pérdidas que se producirán en el sistema de reducción y por la incertidumbre en el comportamiento de la mezcla utilizaremos un motor trifásico de 3HP que tiene una velocidad de 1725 rpm y sus características se muestran en el anexo 2.3.

2.6.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE REDUCCIÓN DE VELOCIDADES

El eje motriz de la mezcladora debe trabajar a una velocidad angular que puede variar de 25 a 35 rpm. A pesar de que se va instalar un variador de frecuencia, no podemos disminuir la velocidad solo con el variador, esto significaría la reducción del torque del motor. Para ello se va reducir la velocidad mediante dos etapas: la primera consiste en un sistema de poleas y correas, la segunda consiste en un sistema de cadenas y catarinas.

2.6.4.1 Primer sistema de reducción: Poleas y correas

Para tener una velocidad de 35 rpm en el eje motriz es necesario que la relación de transmisión de este primer sistema i_1 sea mayor a 2. Por esta razón se elige una polea motriz de 3 [in] de diámetro y una polea conducida de 14 [in] de diámetro.

La relación de transmisión está dada por la ecuación Ec. 2.39.

$$i_1 = \frac{d_2}{d_1} \quad (\text{Ec. 2.39})$$

Dónde:

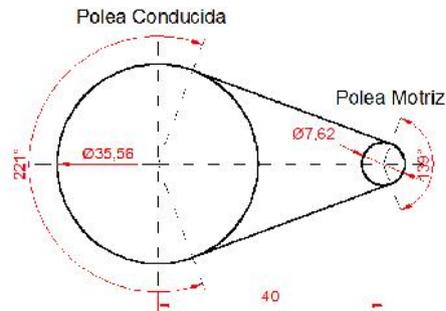
- d_1 : Diámetro de la polea motriz, mide $3in = 7,62cm$.
- d_2 : Diámetro de la polea conducida, mide $14in = 35,56cm$.

$$i_1 = \frac{35,56}{7,62}$$

$$i_1 = 4,7$$

En la Figura 2.20 se muestra la disposición de las poleas, donde el centro entre las dos es de 40[cm].

Figura 2.20. Sistema de poleas.



Fuente: Autor.

El ángulo de contacto mayor se calcula con la ecuación Ec. 2.40.

$$\theta_L = \pi + 2 * \text{sen}^{-1} \frac{d_2 - d_1}{2 * C} \quad (\text{Ec. 2.40})$$

$$\theta_L = \pi + 2 * \text{sen}^{-1} \frac{35,56 - 7,62}{2 * 40}$$

$$\theta_L = 221^\circ$$

El ángulo de contacto menor lo encontramos mediante la ecuación Ec. 2.41.

$$\theta_S = \pi - 2 * \text{sen}^{-1} \frac{d_2 - d_1}{2 * C} \quad (\text{Ec. 2.41})$$

$$\theta_S = \pi - 2 * \text{sen}^{-1} \frac{35,56 - 7,62}{2 * 40}$$

$$\theta_S = 139^\circ$$

Conocidos los ángulos, mayor y menor, necesitamos calcular la longitud de paso de la correa que vamos a utilizar. Para ello utilizamos la ecuación Ec. 2.42.

$$L_p = 2 * C + 1,57 d_2 + d_1 + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4 * C} \quad (\text{Ec. 2.42})$$

$$L_p = 2 * 40 + 1,57 * 35,56 + 7,62 + \frac{35,56 - 7,62^2}{4 * 40}$$

$$L_p = 153 \text{ cm} = 1,53 \text{ m} = 60[\text{in}]$$

Tenemos la longitud, ahora necesitamos conocer el perímetro interior de la banda, para ello utilizamos la Tabla 2.3.

Tabla 2.3. Dimensiones de conversión de longitud.

Sección de la banda	A	B	C	D	E
Cantidad a sumar	1,3	1,8	2,9	3,3	4,5

Fuente: Shigley (2008, pág. 879).

Aplicamos la siguiente ecuación:

$$L_p = L + 1,3 \quad (\text{Ec. 2.43})$$

Dónde:

$$L = L_p - 1,3$$

$$L = 60 - 1,3$$

$$L = 58,7[in]$$

2.6.4.1.1 Cálculo del número de correas

Encontramos el factor de corrección del ángulo de contacto K_1 , para ello utilizamos la siguiente expresión:

$$\frac{d_2 - d_1}{c} = \frac{35,56[cm] - 7,62[cm]}{40[cm]} = 0,7$$

Con este valor y el valor de θ_5 encontramos el valor de K_1 de la siguiente tabla.

Tabla 2.4. Factor de corrección del ángulo de contacto K_1 .

$\frac{D-d}{C}$	θ , grados	K_1	
		VV	Plana en V
0.00	180	1.00	0.75
0.10	174.3	0.99	0.76
0.20	166.5	0.97	0.78
0.30	162.7	0.96	0.79
0.40	156.9	0.94	0.80
0.50	151.0	0.93	0.81
0.60	145.1	0.91	0.83
0.70	139.0	0.89	0.84
0.80	132.8	0.87	0.85
0.90	126.5	0.85	0.85
1.00	120.0	0.82	0.82
1.10	113.3	0.80	0.80
1.20	106.3	0.77	0.77
1.30	98.9	0.73	0.73
1.40	91.1	0.70	0.70
1.50	82.8	0.65	0.65

Fuente: Shigley (2008, pág. 882).

Donde $K_1 = 0,89$

Encontramos el factor de corrección de longitud K_2 utilizando la siguiente tabla.

Tabla 2.5. Factor de corrección de longitud de banda K_2 .

Factor de longitud	Longitud nominal de la banda, pulg				
	Bandas A	Bandas B	Bandas C	Bandas D	Bandas E
0.85	Hasta 35	Hasta 46	Hasta 75	Hasta 128	
0.90	38-46	48-60	81-96	144-162	Hasta 195
0.95	48-55	62-75	105-120	173-210	210-240
1.00	60-75	78-97	128-158	240	270-300
1.05	78-90	105-120	162-195	270-330	330-390
1.10	96-112	128-144	210-240	360-420	420-480
1.15	120 y mayor	158-180	270-300	480	540-600
1.20		95 y mayor	330 y mayor	540 y mayor	660

Fuente: Shigley (2008, pág. 882).

Considerando que $L = 58,7[in]$ el factor de corrección de longitud es $K_2 = 1$.

Encontramos la potencia tabulada H_{tab} mediante la Tabla 2.6, considerando el diámetro de la polea motriz $d_1 = 3[in]$ y una velocidad de 3000 de la correa.

Tabla 2.6. Potencias nominales de bandas en V estándar.

Sección de la banda	Diámetro de paso de la polea, pulg	Velocidad de la banda, pie/min				
		1 000	2 000	3 000	4 000	5 000
A	2.6	0.47	0.62	0.53	0.15	
	3.0	0.66	1.01	1.12	0.93	0.38
	3.4	0.81	1.31	1.57	1.53	1.12
	3.8	0.93	1.55	1.92	2.00	1.71
	4.2	1.03	1.74	2.20	2.38	2.19
	4.6	1.11	1.89	2.44	2.69	2.58
	5.0 y mayor	1.17	2.03	2.64	2.96	2.89

Fuente: Shigley (2008, pág. 881).

Tenemos que la potencia tabulada es $H_{tab} = 1,12 \text{ HP}$.

Procedemos a encontrar la potencia corregida mediante la siguiente ecuación:

$$H_r = H_{tab} * K_1 * K_2 \quad (\text{Ec. 2.44})$$

$$H_r = 1,12 * 0,89 * 1$$

$$H_r = 1 \text{ HP}$$

El número de correas lo calculamos mediante la siguiente ecuación.

$$\#Correas = \frac{H_m}{H_r}$$

$$\#_{Correas} = \frac{2,4 \text{ HP}}{1[\text{HP}]}$$

$$\#_{Correas} = 2$$

Según estos cálculos se selecciona dos correas XPA1600 (ver Anexo 2.8). Esta correa tiene una sección en V de tipo dentada y es para servicio pesado.

2.6.4.2 Segundo sistema de reducción: Cadena y catarinas

Este sistema consta de dos catarinas simples de $\frac{1}{2}$ [in] de paso (ver Anexo 2,5). La catarina motriz es de 12 dientes (40B12) y la catarina conducida es de 84 dientes (40B84). La cadena también tiene un paso de $\frac{1}{2}$ [in] con número ANSI 40H-1 (Ver Anexo 2,4).

La relación de trasmisión i_2 esta dada mediante la siguiente ecuación.

$$i_2 = \frac{Z_2}{Z_1} \quad (\text{Ec. 2.45})$$

Dónde:

- Z_2 : Numero de dientes de la catarina conducida.
- Z_1 : Numero de dientes de la catarina motriz.

$$i_2 = \frac{84}{12}$$

$$i_2 = 7$$

Conocidas las relaciones i_1 e i_2 podemos encontrar la velocidad final en el eje motriz mediante la siguiente ecuación:

$$n = \frac{n_{motor}}{i_1 * i_2} \quad (\text{Ec. 2.46})$$

$$n = \frac{1725}{4,7 * 7}$$

$$n = 52 \text{ rpm}$$

Luego, como se desea un velocidad del 35 rpm en el eje motriz del mezclador vamos a utilizar un variador de frecuencia para poder disminuirla. El uso del variador de frecuencia es por la versatilidad que nos puede dar cuando necesitemos cambiar la velocidad del mezclador.

Este variador pertenece a la marca LG, modelo SV037iG5-2, cuyas especificaciones están en el anexo 2.6.

2.6.4.2.1 Trasmisión de potencia

Para verificar que se hizo una correcta selección de las catarinas tenemos que encontrar la potencia que puede transmitir la cadena. Para esto es necesario calcular la velocidad angular a la que gira la catarina motriz.

$$n_{cm} = \frac{1725}{4}$$

$$n_{cm} = 431 \text{ rpm}$$

Con esta velocidad encontramos la capacidad nominal de potencia de la cadena H_{tab} , tomando en cuenta que la catarina motriz tiene 12 dientes. Utilizamos la Tabla 2.7.

Tabla 2.7. Potencias nominales para cadenas de rodillos simples.

Velocidad de la catarina, rpm	Número ANSI de cadena					
	25	35	40	41	50	60
50	0.05	0.16	0.37	0.20	0.72	1.24
100	0.09	0.29	0.69	0.38	1.34	2.31
150	0.13*	0.41*	0.99*	0.55*	1.92*	3.32
200	0.16*	0.54*	1.29	0.71	2.50	4.30
300	0.23	0.78	1.85	1.02	3.61	6.20
400	0.30*	1.01*	2.40	1.32	4.67	8.03
500	0.37	1.24	2.93	1.61	5.71	9.81
600	0.44*	1.46*	3.45*	1.90*	6.72*	11.6
700	0.50	1.68	3.97	2.18	7.73	13.3
800	0.56*	1.89*	4.48*	2.46*	8.71*	15.0
900	0.62	2.10	4.98	2.74	9.69	16.7
1 000	0.68*	2.31*	5.48	3.01	10.7	18.3
1 200	0.81	2.73	6.45	3.29	12.6	21.6
1 400	0.93*	3.13*	7.41	2.61	14.4	18.1
1 600	1.05*	3.53*	8.36	2.14	12.8	14.8
1 800	1.16	3.93	8.96	1.79	10.7	12.4
2 000	1.27*	4.32*	7.72*	1.52*	9.23*	10.6
2 500	1.56	5.28	5.51*	1.10*	6.58*	7.57
3 000	1.84	5.64	4.17	0.83	4.98	5.76
	Tipo A	Tipo B		Tipo C		

Fuente: Shigley (2008, pág. 891).

Con los datos que tenemos realizamos la siguiente interpolación:

$$\frac{431-400}{500-400} = \frac{H_{tab}-2,4}{2,93-2,4}$$

$$H_{tab} = 2,6[Hp]$$

Calculamos la potencia de diseño H_d multiplicando la potencia H_{tab} por una constante K_s . Para ello utilizamos la Tabla 2.8.

Tabla 2.8. Factores de servicios sugeridos K_s .

Maquinaria impulsada	Fuente de potencia	
	Características del par de torsión normal	Par de torsión alto o no uniforme
Uniforme	1.0 a 1.2	1.1 a 1.3
Impacto ligero	1.1 a 1.3	1.2 a 1.4
Impacto medio	1.2 a 1.4	1.4 a 1.6
Impacto pesado	1.3 a 1.5	1.5 a 1.8

Fuente: Shigley (2008, pág. 882).

Debido a que la máquina está sometida a choques fuertes $K_s = 1,5$, entonces la potencia de diseño es la siguiente:

$$H_d = 2,6 Hp * 1,5$$

$$H_d = 3,9 Hp$$

Para obtener la potencia permisible H_{perm} que puede transmitir la cadena tenemos que multiplicar la potencia de diseño H_d por el factor de corrección para los dientes K_1 y el factor de torones múltiples K_2 . Los valores de estos factores se muestran en las Tablas 2,9 y 2,10.

Tabla 2.9. Factor de corrección de dientes K_1 .

Número de dientes en catarina impulsora	Potencia preextremo, K_1	Potencia posextremo, K_1
11	0.62	0.32
12	0.69	0.59
13	0.75	0.67
14	0.81	0.75
15	0.87	0.83
16	0.94	0.91
17	1.00	1.00
18	1.06	1.09
19	1.13	1.18
20	1.19	1.28
N	$(N_i/17)^{1,08}$	$(N_i/17)^{1,5}$

Fuente: Shigley (2008, pág. 893).

Tabla 2.10. Factor de corrección de Torones múltiples K_2 .

Número de torones	K_2
1	1.0
2	1.7
3	2.5
4	3.3
5	3.9
6	4.6
8	6.0

Fuente: Shigley (2008, pág. 893).

La potencia permisible de la cadena está dada por la siguiente ecuación:

$$H_{perm} = H_d * K_1 * K_2 \quad (\text{Ec. 2.47})$$

$$H_{perm} = 3,9 * 0,69 * 1$$

$$H_{perm} = 2,7[H_p]$$

Comparamos la potencia H_{perm} con la potencia requerida del motor H_R y vemos que:

$$H_{perm} > H_R$$

$$2,7[H_p] > 2,4[H_p]$$

Concluimos que la selección de la cadena y las catarinas es correcta.

2.6.4.2.2 Análisis de cargas

Necesitamos conocer las fuerzas que actúan en la catarina conducida, pues estas fuerzas son necesarias en el análisis del eje motriz. Empezamos calculando el diámetro de las catarinas.

Para calcular el diámetro de la catarina motriz y de la catarina conducida utilizamos las siguientes ecuaciones:

$$d_p = \frac{p}{\text{sen}\left(\frac{180}{z_1}\right)} \quad (\text{Ec. 2.48})$$

$$D_p = \frac{p}{\text{sen}\left(\frac{180}{z_2}\right)} \quad (\text{Ec. 2.49})$$

Dónde:

- d_p : Diámetro de paso de la catarina motriz.
- D_p : Diámetro de paso de la catarina conducida.
- p : Paso de las catarinas y de la cadena.
- z_1 : Número de dientes de la catarina motriz.
- z_2 : Número de dientes de la catarina conducida.

Entonces:

$$d_p = \frac{1,27[cm]}{\text{sen}\left(\frac{180}{12}\right)}$$

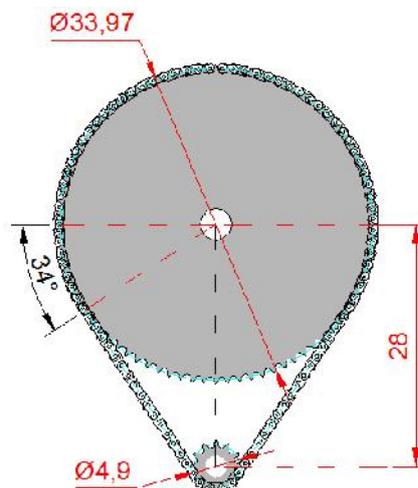
$$d_p = 4,91[cm]$$

$$D_p = \frac{1,27[cm]}{\text{sen}\left(\frac{180}{84}\right)}$$

$$D_p = 33,97 \text{ cm} = 0,3397[m]$$

En la Figura 2.21, se detallan las posiciones y la distancia entre los centros de las catarinas.

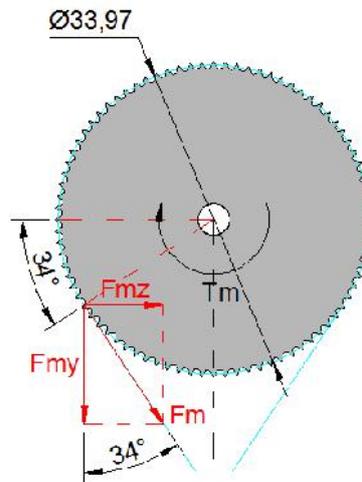
Figura 2.21. Posiciones de las catarinas y de la cadena.



Fuente: Autor.

Se calculan las fuerzas que actúan sobre la catarina conducida, para ello nos guiamos del diagrama del cuerpo libre que se muestra en la Figura 2.22.

Figura 2.22. Diagrama de cuerpo libre de la catarina conducida.



Fuente: Autor.

Realizamos la sumatoria de momentos con respecto al centro, donde $T_m = T_d = 494 \text{ Nm}$:

$$\sum M_o = 0$$

$$T_m - F_m \cdot \frac{D_p}{2} = 0$$

$$F_m = \frac{2 \cdot T_m}{D_p}$$

$$F_m = \frac{2 \cdot 494 [\text{Nm}]}{0,3397 [\text{m}]}$$

$$F_m = 2908,4 [\text{N}]$$

Descomponemos la fuerza F_m en sus componentes rectangulares.

$$F_{my} = F_m \cdot \cos 34^\circ$$

$$F_{my} = 2908,4 [\text{N}] \cdot \cos 34^\circ$$

$$F_{my} = 2411,2 [\text{N}]$$

$$F_{mz} = F_m \cdot \sin 34^\circ$$

$$F_{mz} = 2908,4 [\text{N}] \cdot \sin 34^\circ$$

$$F_{mz} = 1626,4 [\text{N}]$$

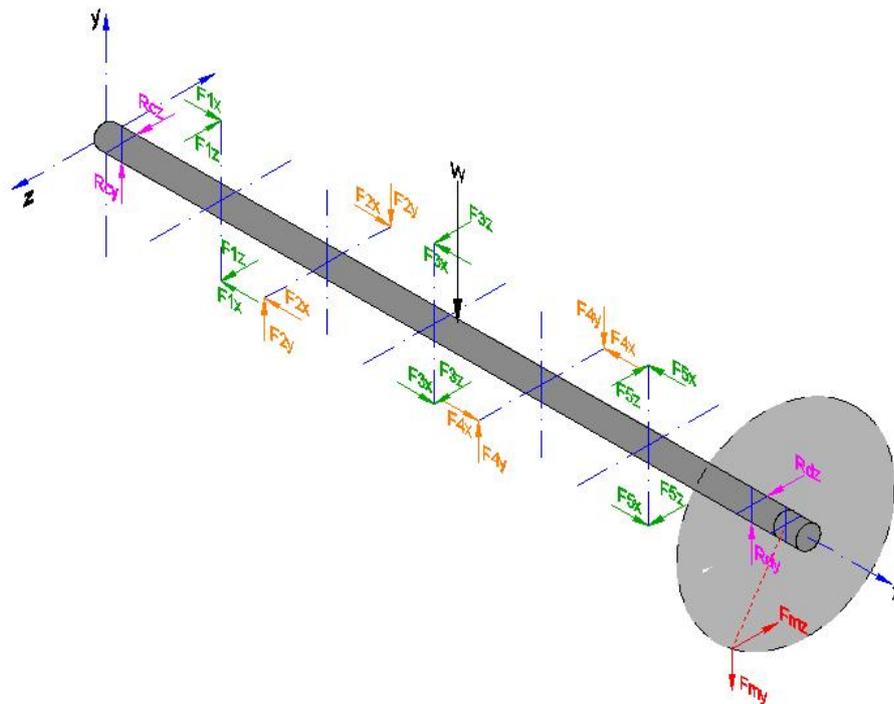
2.6.5 ANÁLISIS DEL EJE MOTRIZ

2.6.5.1 Factores de dimensionamiento del eje motriz

El eje motriz es el encargado de transmitir el movimiento a las paletas de la mezcladora, por su importancia en el mezclado este elemento constituye uno de los más críticos de la máquina.

Para el proceso de mezclado se va a utilizar 5 pares de paletas, las fuerzas que actúan sobre cada una de estas se representan en el diagrama 2.23.

Figura 2.23. Diagrama de cuerpo libre del eje motriz.



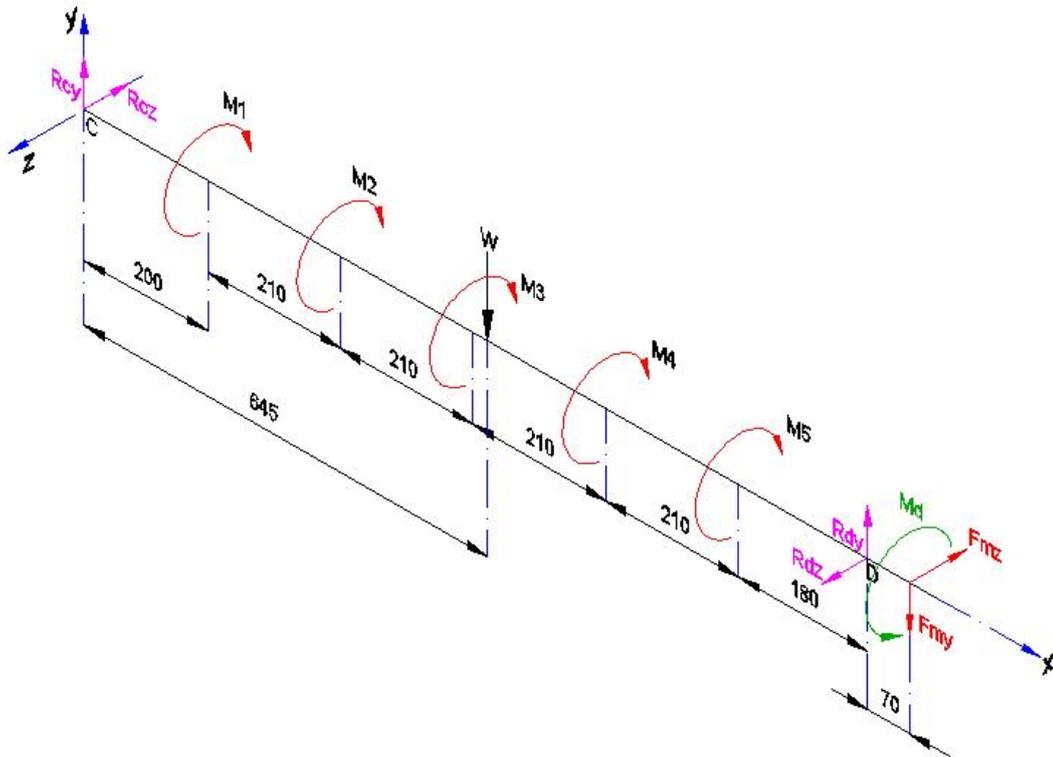
Fuente: Autor.

2.6.5.2 Análisis de cargas del eje motriz

Como se indicó anteriormente, la mezcla ocupará solo el semicilindro del recipiente de la mezcladora, por lo tanto solo las paletas que estén en contacto con la mezcla son las que ejercen torsión al eje motriz. Las fuerzas en el eje "x" son las que actúan axialmente en el eje motriz, y debido a la inclinación que tienen las paletas estas fuerzas se anulan entre sí. Las fuerzas que ejercen torsión en el eje motriz son las que actúan en el eje "y", y el eje "z" y la magnitud de estas dos

fuerzas es la misma, de tal manera que $F_y = F_z = R_{Az} = 318,9 N$. (Ver sección 2.6.2.2)

Figura 2.24. Diagrama de cuerpo libre simplificado del eje motriz.



Fuente: Autor.

Dónde:

- R_{Cy} y R_{Cz} : Reacciones del rodamiento C del eje motriz.
- R_{Dy} y R_{Dz} : Reacciones del rodamiento D del eje motriz.
- M_1 , M_2 , M_3 , M_4 y M_5 : Momentos producidos por las paletas.
- F_{my} y F_{mz} : Fuerzas en la catarina conducida.

$$\sum M_x = 0$$

$$M_d = M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5$$

Dónde:

$$M_d = T_d, \text{ (Ver Figura 2.22)}$$

$$M_d = 494 [Nm]$$

Realizamos la sumatoria de momentos en el eje "y" que actúan en el eje motriz.

$$\Sigma M_y = 0$$

$$F_{mz} * 1,29 \text{ m} = R_{Dz} * 1,22[m]$$

$$R_{Dz} = \frac{1626,4 \text{ N} * 1,29 \text{ m}}{1,22[m]}$$

$$R_{Dz} = 1719,7[N]$$

Realizamos la sumatoria de momentos en el eje “z” que actúan en el eje motriz. En este punto es necesario calcular el peso que ejerce la masa de la mezcla sobre el eje, para ello tenemos la siguiente ecuación:

$$W = F_{masa} \quad (\text{Ec. 2.50})$$

Dónde:

- W : Es el peso del eje motriz.
- F_{masa} : Es el peso que ejerce la masa sobre el eje motriz.

Entonces:

$$W = 100 \text{ kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W = 980 \text{ N}$$

La sumatoria de momentos es en el eje “z” queda de la siguiente manera:

$$\Sigma M_z = 0$$

$$R_{Dy} * 1,22 \text{ m} = W * 0,645 \text{ m} + F_{my} * 1,29 \text{ m}$$

$$R_{Dy} = \frac{980 \text{ N} * 0,645 \text{ m} + 2411,2[N] * 1,29 \text{ m}}{1,22[m]}$$

$$R_{Dy} = 3067,7 \text{ N}$$

Realizamos la sumatoria de fuerzas en el eje “y”.

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_{Cy} + R_{Dy} = W + F_{my}$$

$$R_{Cy} = W + F_{my} - R_{Dy}$$

$$R_{Cy} = 980 \text{ N} + 2411,2 \text{ N} - 3067,7[N]$$

$$R_{Cy} = 323,5[N]$$

Realizamos la sumatoria de fuerzas en el eje "z".

$$\sum F_z = 0$$

$$R_{Cz} + F_{mz} = R_{Dz}$$

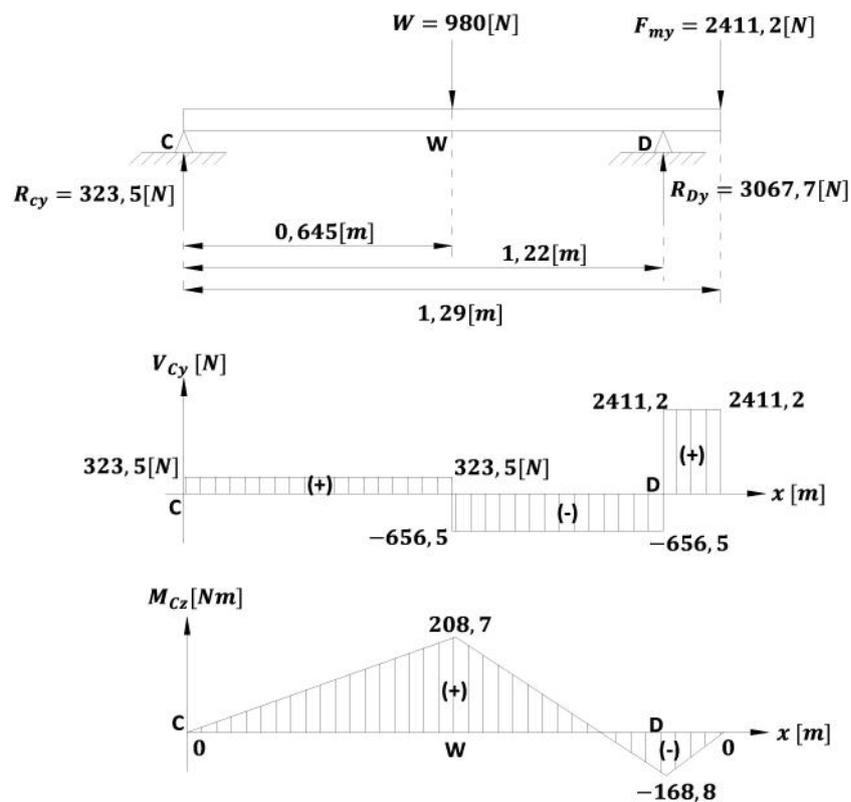
$$R_{Cz} = R_{Dz} - F_{mz}$$

$$R_{Cz} = 1719,7[N] - 1626,4[N]$$

$$R_{Cz} = 93,3[N]$$

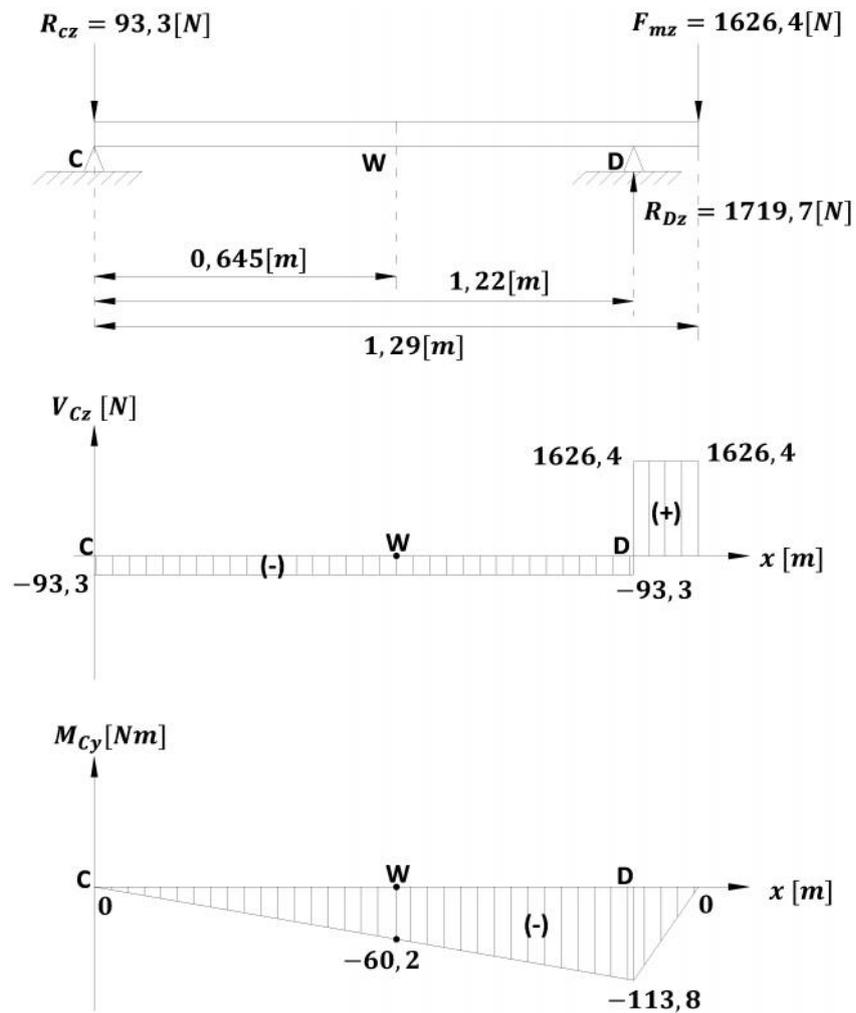
Estos datos se representan en los siguientes diagramas de cuerpo libre, de fuerza cortante y momento flector.

Figura 2.25. Diagrama de cuerpo libre, fuerza cortante (V) y momento flector (M) en el eje motriz, con respecto al plano xy.



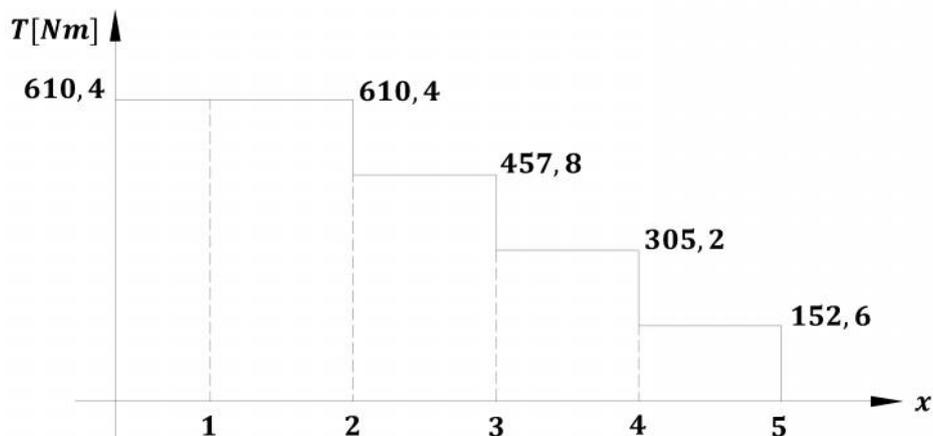
Fuente: Autor.

Figura 2.26. Diagrama de cuerpo libre, fuerza cortante (V) y momento flector (M) en el eje motriz, con respecto al plano xz.



Fuente: Autor.

Figura 2.27. Diagrama momento torsor del eje motriz.



Fuente: Autor.

Vamos a calcular el momento máximo del eje motriz. El peso en el eje motriz genera un momento en el plano xy, pero no produce momento en el plano xz. Utilizamos la ecuación Ec. 2.51, para determinar el momento que produce el peso en el eje motriz.

$$M_W = \sqrt{M_{Wz}^2 + M_{Wy}^2} \quad (\text{Ec. 2.51})$$

$$M_W = \sqrt{208,7^2 + (-60,2)^2}$$

$$M_W = 217,2[Nm]$$

El otro momento que tenemos es el que se produce en la chumacera en el punto D. Utilizamos la ecuación Ec. 2.52 para calcular este momento.

$$M_D = \sqrt{M_{Dxy}^2 + M_{Dxz}^2} \quad (\text{Ec. 2.52})$$

$$M_D = \sqrt{(-168,8)^2 + (-113,8)^2}$$

$$M_D = 203,6[Nm]$$

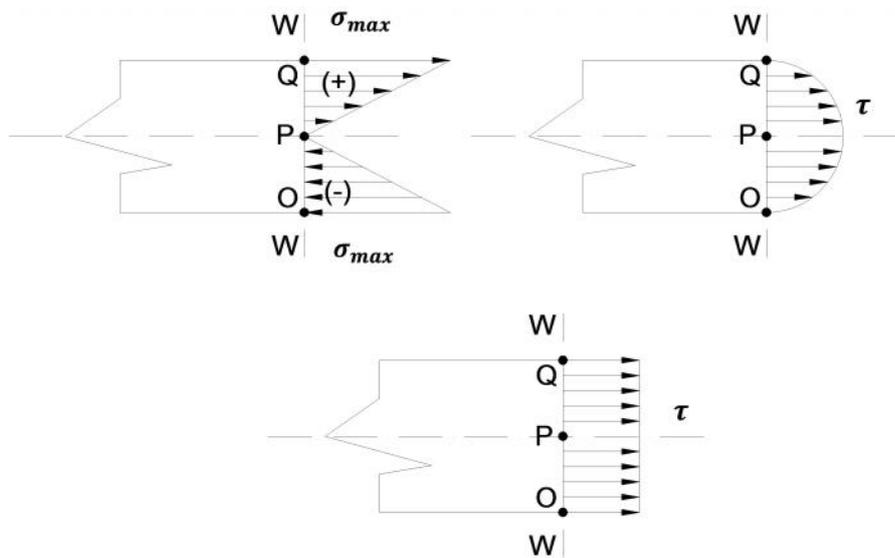
Comparando los resultados tenemos que $M_W > M_D$, por lo tanto:

$$M_{max} = M_W = 217,2[Nm]$$

2.6.5.3 Punto crítico del eje motriz

Para determinar la sección crítica se compara los momentos que se producen en el lugar del peso del eje motriz y el que se produce en el lugar de la chumacera, y tomamos el que tenga mayor valor. También se debe considerar que en el punto D, donde se ubica la chumacera, el valor del momento torsor es cero, por lo tanto se concluye que el punto W es el punto crítico. Analizando la Figura 2.28, tenemos que la distribución de esfuerzos que actúan sobre el eje motriz es en su sección crítica (W), donde en el punto Q tenemos tensión, el punto P está sometido a corte y el punto O se encuentra a compresión. Considerando que los valores de corte son bajos en comparación con los valores de compresión y tensión, concluimos que el punto Q es nuestro punto crítico.

Figura 2.28. Sección crítica del eje motriz.



Fuente: Autor.

2.6.5.4 Análisis estático del eje motriz

El esfuerzo a flexión se calcula mediante la ecuación Ec. 2.36, que es para una sección transversal circular, donde $M_{max} = M_W = 217,2[Nm]$ y \emptyset es el diámetro del eje motriz. Para el diseño de este eje utilizaremos un eje macizo de acero inoxidable AISI 304 de diámetro $\emptyset = 1\frac{1}{2}[in] = 0,0381[m]$, (Ver anexo 2.2). Reemplazando estos valores en la ecuación Ec. 2.36 tenemos:

$$\sigma_{max} = \frac{32 \cdot 217,2}{\pi \cdot 0,0381^3}$$

$$\sigma_{max} = 40[MPa]$$

Para encontrar el esfuerzo torsional utilizamos la siguiente ecuación:

$$\tau_{max} = \frac{T_{max}}{J/c} \quad (\text{Ec. 2.53})$$

Dónde:

- T_{max} : Momento torsor máximo.
- J/c : Módulo de sección crítica.

El módulo de sección crítica para una sección crítica circular es:

$$J/c = \frac{\pi \cdot \emptyset^3}{16} \quad (\text{Ec. 2.54})$$

Remplazando la ecuación Ec. 2.54 en la Ec. 2.53 tenemos:

$$\tau_{max} = \frac{16 * T_{max}}{\pi * \phi^3} \quad (\text{Ec. 2.55})$$

Donde $T_{max} = T_d = 494[Nm]$. (Ver sección 2.6.3.2)

$$\tau_{max} = \frac{16 * 494}{\pi * 0,0381^3}$$

$$\tau_{max} = 45[MPa]$$

Conocidos estos valores utilizamos la teoría de la energía de distorsión para calcular el esfuerzo equivalente σ' .

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_{max}^2 + 3 * \tau_{max}^2} \quad (\text{Ec. 2.56})$$

$$\sigma' = \sqrt{40^2 + 3 * (45)^2}$$

$$\sigma' = 87,6[MPa]$$

Podemos encontrar el factor de seguridad estático mediante la ecuación Ec. 2.57. El valor de la resistencia a la fluencia del acero A304 es $S_y = 276 [MPa]$. (Shigley, 2008, pág. 1023)

$$\eta_s = \frac{S_y}{\sigma'} \quad (\text{Ec. 2.57})$$

$$\eta_s = \frac{276[MPa]}{87,6[MPa]}$$

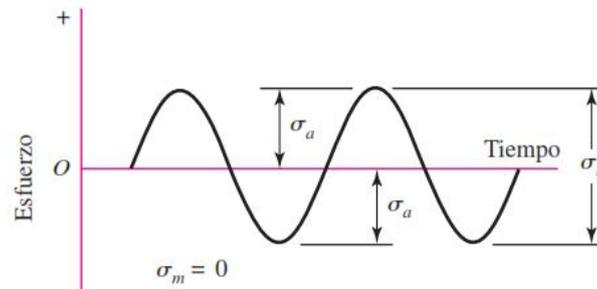
$$\eta_s = 3,2$$

Comparando este factor con los factores de la sección 2.4 nos indica que las medidas y el material a utilizar son adecuados para el diseño de este eje.

2.6.5.5 Análisis de fatiga del eje motriz

El comportamiento del eje motriz se puede representar mediante la Figura 2.29, que es un esfuerzo sinusoidal completamente invertido. Utilizamos las mismas ecuaciones que se utilizaron en la sección 2.6.1.5.

Figura 2.29. Esquema de un esfuerzo sinusoidal completamente invertido.



Fuente: Shigley (2008, pág. 293)

Con la ecuación Ec. 2.19 encontramos el esfuerzo normal amplitud.

$$\sigma_a = \frac{40 - (-40)}{2}$$

$$\sigma_a = 40 \text{ MPa}$$

Calculamos el esfuerzo normal medio mediante la ecuación Ec. 2.20.

$$\sigma_m = \frac{40 + (-40)}{2}$$

$$\sigma_m = 0$$

El esfuerzo cortante amplitud:

$$\tau_a = 0$$

El esfuerzo permanece constante, por lo tanto el esfuerzo cortante medio es igual al esfuerzo cortante máximo.

$$\tau_m = \tau_{max} = 45 \text{ [MPa]}$$

Encontramos el esfuerzo de Von Mises alternante mediante la ecuación Ec. 2.22.

$$\sigma'_a = \sqrt{(40)^2 + 3 * (0)^2}$$

$$\sigma'_a = 40 \text{ [MPa]}$$

Calculamos el esfuerzo de Von Mises medio con la ecuación Ec. 2.23.

$$\sigma'_m = \sqrt{(0)^2 + 3 * (45)^2}$$

$$\sigma'_m = 77,9 [MPa]$$

2.6.5.6 Límite de resistencia a la fatiga del eje motriz

Se determina los factores de corrección con las ecuaciones de la sección 2.6.1.6, obteniendo lo siguiente:

- El límite de resistencia a la fatiga de la probeta (S_e'). se calcula mediante la ecuación Ec. 2.25. Para un acero inoxidable A304, tenemos que $S_{ut} = 568 \text{ MPa}$. (Shigley, 2008, pág. 1023)

$$S'_e = 0,5 * 568 [MPa]$$

$$S'_e = 284 \text{ MPa}$$

- Factor de modificación de la condición superficial k_a . Esta dado por la ecuación 2.26, donde, $a = 4,51 [MPa]$ y $b = -0,265$. (Ver anexo 3)

$$k_a = 4,51 * (568)^{-0,265}$$

$$k_a = 0,8$$

- Factor de modificación del tamaño k_b . Este factor está dado por la ecuación Ec. 2.27.

$$k_b = 1,189 * 38,1^{-0,097}$$

$$k_b = 0,84$$

- Factor de modificación por confiabilidad k_c . Se asume una confiabilidad del 90% (Ver Anexo 4), por lo tanto,

$$k_c = 0,897$$

- Factor de modificación por temperatura k_d . La temperatura de trabajo es menor a 450°C (840°F), por lo que tenemos:

$$k_d = 1$$

- Factor de modificación por concentración de esfuerzos k_e , como el eje motriz no presenta discontinuidades a lo largo de sí, asumimos que:

$$k_e = 1$$

- Factor de modificación por efectos diversos k_f . Como el eje motriz será construido con un eje macizo de acero inoxidable AISI 304, los materiales corrosivos no le afectaran, por lo tanto asumimos que:

$$k_f = 1$$

Una vez conocidos todos los factores de modificación se calcula el límite de resistencia a la fatiga mediante la ecuación Ec. 2.24.

$$S_e = 284 * 0,8 * 0,84 * 0,897 * 1 * 1 * 1$$

$$S_e = 171,2[MPa]$$

2.6.5.7 Factor de seguridad para el análisis de fatiga del eje de la motriz

Para determinar este factor utilizamos el diagrama de la línea de Goodman modificada, que se muestra en la Figura 2.14 de la sección 2.6.1.7.

Calculamos la resistencia media con la ecuación 2.29.

$$S_m = \frac{171,2}{\frac{40}{77,9} + \frac{171,2}{568}}$$

$$S_m = 210,1[MPa]$$

Encontramos el factor de seguridad de fatiga con la ecuación Ec. 2.30.

$$n_f = \frac{210,1}{77,9}$$

$$n_f = 2,7$$

Comparando este factor de seguridad con los factores de la sección 2.4, este factor de seguridad garantiza que en el comportamiento dinámico este eje no presentara problemas al trabajar bajo cargas repetitivas.

2.6.6 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS PARA EL EJE MOTRIZ

Los rodamientos son elementos que transmiten la carga principal a través de contactos de rodadura y no de deslizamiento. Se clasifican en dos grupos que son:

- Rodamientos radiales
- Rodamientos axiales

2.6.6.1 Factores para la selección de los rodamientos

Los factores para la selección de los rodamientos son la carga nominal sobre los rodamientos, el diámetro del eje motriz y la vida útil referencial del rodamiento. Entonces:

- La carga nominal sobre el rodamiento son las fuerzas: radial (F_r) y axial (F_a)
- La vida útil se expresa en horas de trabajo a velocidad constante. Se considera una velocidad de 35 rpm y una vida útil de 10 años que representa aproximadamente 20000 horas.

2.6.6.2 Análisis de cargas sobre el rodamiento

Para realizar el proceso de selección del rodamiento se utiliza la teoría del catálogo de los rodamientos NSK (NSK, págs. A24 - A36), donde:

El factor de vida de fatiga está dado por la siguiente ecuación:

$$f_h = f_n * \frac{C}{P} \quad (\text{Ec. 2.58})$$

Dónde:

- f_h : Factor de vida de fatiga.
- f_n : Factor de velocidad.
- P : Carga dinámica del rodamiento en [N].
- C : Índice de carga real del rodamiento.

Se procede a calcular la fuerza radial mediante la siguiente ecuación:

$$F_r = \sqrt{R_{Dy}^2 + R_{Dz}^2} \quad (\text{Ec. 2.59})$$

Para este caso consideramos las reacciones en el rodamiento D (ver Figuras 2.25 y 2.26), que en comparación a las reacciones en rodamiento C son mayores.

$$F_r = \sqrt{(3067,7)^2 + (1719,7)^2}$$

$$F_r = 3516,8[N]$$

La fuerza axial es equivalente a la fuerza en el eje "x" del eje de la paleta (Ver sección 2.6.2.2).

$$F_a = F_{px} = 223,3[N]$$

La carga dinámica del rodamiento se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$P = X * F_r + Y * F_a \quad (\text{Ec. 2.60})$$

Dónde:

- X : Factor de carga radial.
- Y : Factor de carga axial.

Estos factores dependen del tipo de rodamiento. En nuestro caso tenemos un rodamiento de número 6908 (ver anexo 2.9), que cumple con el diámetro del eje motriz y sus características son:

- $C_r = 13700[N]$: Índice de carga dinámica básica.
- $C_{0r} = 10000[N]$: Índice de carga estática básica.
- $f_0 = 15,7$: Factor de carga estática.

Obtenemos el factor de carga radial X , el factor de carga axial Y y la constante e , que dependen de la magnitud de $\frac{f_0 * F_a}{C_{0r}}$, en la tabla situada encima de la tabla del rodamiento (ver anexo 2.9).

$$\frac{f_0 * F_a}{C_{0r}} = \frac{15,7 * 223,3}{10000} = 0,351$$

Según esta valor la constante e tiene un valor de $e = 0,22$.

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{223,3}{3516,8} = 0,063$$

Como: $\frac{F_a}{F_r} \leq e$, entonces: $X = 1$ y $Y = 0$.

Remplazo estos valores en la ecuación Ec. 2.59:

$$P = 1 * 3516,8 + 0 * 223,3$$

$$P = 3516,8[N]$$

Remplazamos el valor de P en la ecuación Ec. 2.57 y encontramos el valor del Índice de carga real (C). Donde, para una velocidad de 35 rpm, $f_n = 0,975$, y para un trabajo de 20000, $f_h = 3,42$.

$$C = \frac{f_h * P}{f_n}$$

$$C = \frac{3,42 * 3516,8}{0,975}$$

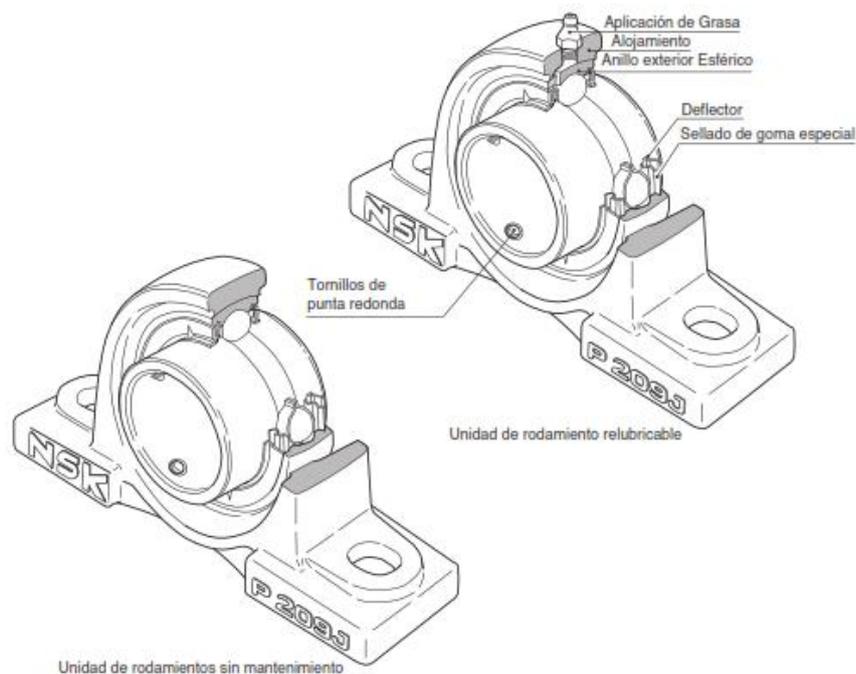
$$C = 12335,9 \text{ N}$$

Comparamos el Índice de carga real (C) con el índice de carga dinámica básica del rodamiento (C_r), vemos que ($C_r > C$), por lo tanto el rodamiento escogido es válido para nuestro diseño.

2.6.6.3 Selección del soporte para el rodamiento

Estos elementos se encargan de contener al rodamiento y fijarlo a la estructura de la mezcladora, pueden ser de acero prensado o de hierro colado. De acuerdo al catálogo de rodamientos NSK se utilizara un soporte UCP2 tipo silleta con tornillo prisionero que se muestra en la siguiente figura.

Figura 2.30. Partes de un soporte tipo UCP.



Fuente: Rodamientos (NSK, pág. B278)

El soporte que vamos a utilizar es el UCP208D1 cuyas características se muestran en el Anexo 2.10.

2.7 DISEÑO DE ELEMENTOS ADICIONALES

2.7.1 ANÁLISIS DEL EJE SECUNDARIO

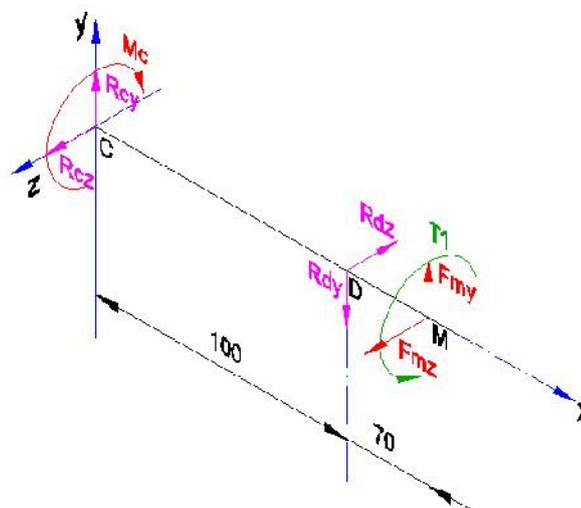
Este eje se encarga de transmitir el movimiento del primer sistema de reducción compuesto por poleas y correas al segundo sistema de reducción compuesto de catarinas y cadena. Debido a que este eje es importante para la transmisión del movimiento al eje motriz está sometido a cargas fuertes, por ello la justificación de su diseño.

2.7.1.1 Análisis de cargas sobre el eje secundario

Por el diseño compacto de la mezcladora este eje debe ser pequeño, esto nos lleva a escoger un material resistente a la fatiga, por esto se escogió un eje macizo de acero AISI 1018, ver Anexo 2.7, que tiene las siguientes características: $S_y = 220[MPa]$ y $S_{ut} = 400[MPa]$. (Shigley, 2008, pág. 1020)

Hay que tomar en cuenta también que, para que este eje pueda transmitir el movimiento de lo montará sobre dos chumaceras, por lo tanto el diagrama de cuerpo libre de este eje se muestra en la Figura 2.31.

Figura 2.31. Diagrama de cuerpo libre del eje secundario.



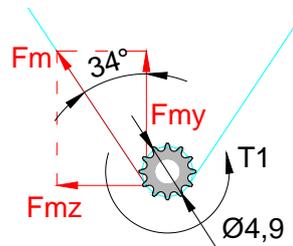
Fuente: Autor.

Dónde:

- R_{Cy} y R_{Cz} : Reacciones del rodamiento C del eje secundario.
- R_{Dy} y R_{Dz} : Reacciones del rodamiento D del eje secundario.
- M_C : Momentos en el rodamiento C.
- F_{my} y F_{mz} : Fuerzas en la catarina conducida.
- T_1 : Torque que produce la fuerza F_{my}

También tenemos que analizar las fuerzas y el momento que actúan sobre la catarina motriz. Estas fuerzas se muestran en la Figura 2.32.

Figura 2.32. Fuerzas que actúan en la catarina motriz.



Fuente: Autor.

De donde tenemos:

$$F_m = 2908,4[N]$$

$$F_{my} = 2411,2[N]$$

$$F_{mz} = 1626,4[N]$$

Procedemos a calcular el torque que produce la fuerza F_{my} en la catarina motriz.

$$T_1 = F_m * \frac{\phi_1}{2}$$

$$T_1 = 2908,4[N] * \frac{0,049[m]}{2}$$

$$T_1 = 71,3[Nm]$$

Realizamos la sumatoria de fuerzas y momentos en el eje "x".

$$\sum M_x = 0$$

$$T_1 = M_C$$

$$M_C = 71,3[Nm]$$

$$\Sigma M_y = 0$$

$$F_{mz} * 0,17 \text{ m} = R_{Dz} * 0,1[m]$$

$$R_{Dz} = \frac{1626,4[N]*0,17 \text{ m}}{0,1 \text{ m}}$$

$$R_{Dz} = 2764,9[N]$$

$$\Sigma M_z = 0$$

$$F_{my} * 0,17 \text{ m} = R_{Dy} * 0,1[m]$$

$$R_{Dy} = \frac{2411,2[N]*0,17 \text{ m}}{0,1 \text{ m}}$$

$$R_{Dy} = 4099[N]$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_{Dy} = F_{my} + R_{Cy}$$

$$R_{Cy} = R_{Dy} - F_{my}$$

$$R_{Cy} = 4099 - 2411,2$$

$$R_{Cy} = 1687,8[N]$$

$$\Sigma F_z = 0$$

$$R_{Dz} = F_{mz} + R_{Cz}$$

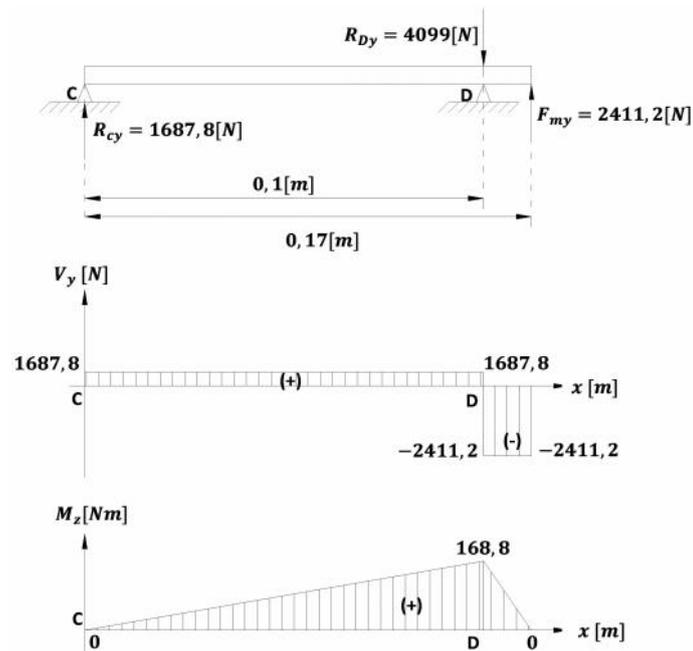
$$R_{Cz} = R_{Dz} - F_{mz}$$

$$R_{Cz} = 2764,9 - 1626,4$$

$$R_{Cz} = 1138,5[N]$$

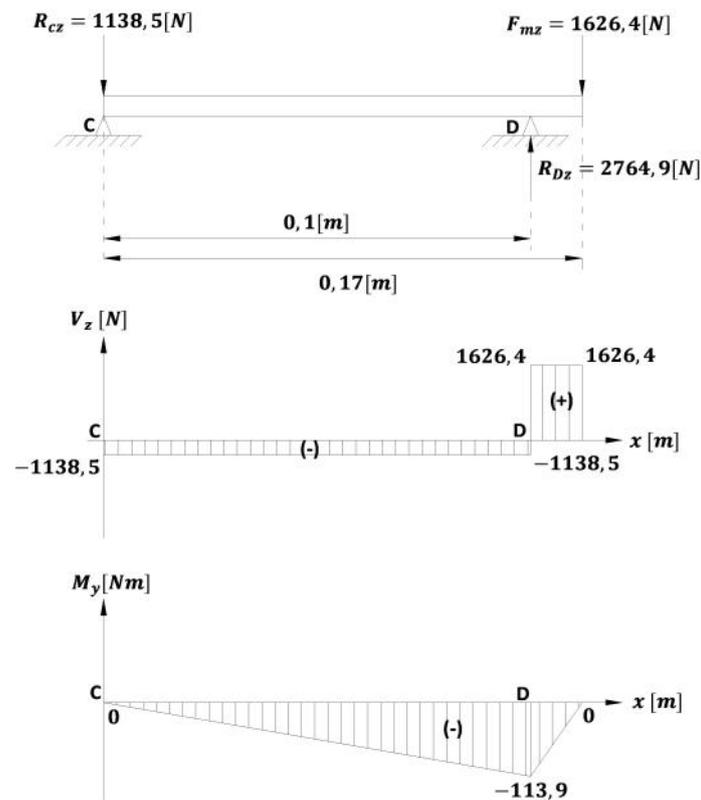
Estos datos se representan en los siguientes diagramas de cuerpo libre de fuerza cortante y momento flector.

Figura 2.33. Diagrama de cuerpo libre, fuerza cortante (V) y momento flector (M) en el eje secundario, con respecto al plano xy.



Fuente: Autor.

Figura 2.34. Diagrama de cuerpo libre, fuerza cortante (V) y momento flector (M) en el eje secundario, con respecto al plano xz.



Fuente: Autor.

2.7.1.2 Análisis estático del eje secundario

Tenemos que la concentración de momentos está en el punto D que es el lugar donde se encuentra la chumacera del eje secundario. Para ello aplicamos la ecuación Ec. 2.51.

$$M_D = \sqrt{(168,8)^2 + (-113,9)^2}$$

$$M_{max} = M_D = 230,6[Nm]$$

El diámetro del este eje es de $\varnothing = 1\frac{1}{4} \text{ in} = 32 \text{ mm} = 0,032[m]$.

Utilizamos la ecuación Ec. 2.36 para calcular el esfuerzo normal máximo.

$$\sigma_{max} = \frac{32*230,6}{\pi*0,032^3}$$

$$\sigma_{max} = 71,7[MPa]$$

Encontramos el esfuerzo cortante máximo mediante la ecuación 2.55, donde

$$T_{max} = T_1 = 71,3[Nm].$$

$$\tau_{max} = \frac{16*71,3}{\pi*0,032^3}$$

$$\tau_{max} = 11,1[MPa]$$

Utilizamos la teoría de la energía de distorsión para calcular el esfuerzo equivalente σ' utilizando la ecuación Ec. 2.56.

$$\sigma' = \sqrt{71,7^2 + 3 * (11,1)^2}$$

$$\sigma' = 74,2[MPa]$$

Podemos encontrar el factor de seguridad estático mediante la ecuación Ec. 2.56.

El valor de la resistencia a la fluencia del acero AISI 1018 es $S_y = 220 [MPa]$.

$$\eta_s = \frac{220[MPa]}{74,2[MPa]}$$

$$\eta_s = 3$$

Comparando este factor de seguridad estático con los factores de la sección 2.4 vemos que es confiable, por lo tanto podemos utilizar un eje de estas medidas para el eje secundario.

2.7.1.3 Análisis de fatiga del eje secundario

El comportamiento del eje secundario se puede representar mediante la Figura 2.29, que es un esfuerzo sinusoidal completamente invertido. Utilizamos las mismas ecuaciones que se utilizaron en la sección 2.6.1.5.

Con la ecuación Ec. 2.19 encontramos el esfuerzo normal amplitud.

$$\sigma_a = \frac{71,7 - (-71,7)}{2}$$

$$\sigma_a = 71,7 \text{ MPa}$$

Calculamos el esfuerzo normal medio mediante la ecuación Ec. 2.20.

$$\sigma_m = \frac{71,7 + (-71,7)}{2}$$

$$\sigma_m = 0$$

El esfuerzo cortante amplitud:

$$\tau_a = 0$$

El esfuerzo permanece constante, por lo tanto el esfuerzo cortante medio es igual al esfuerzo cortante máximo.

$$\tau_m = \tau_{max} = 11,1 [\text{MPa}]$$

Encontramos el esfuerzo de Von Mises alternante mediante la ecuación Ec. 2.22.

$$\sigma'_a = \sqrt{(71,7)^2 + 3 * (0)^2}$$

$$\sigma'_a = 71,7 [\text{MPa}]$$

Calculamos el esfuerzo de Von Mises medio con la ecuación Ec. 2.23.

$$\sigma'_m = \sqrt{(0)^2 + 3 * (11,1)^2}$$

$$\sigma'_m = 19,2 [\text{MPa}]$$

2.7.1.4 Límite de resistencia a la fatiga del eje secundario

Se determina los factores de corrección con las ecuaciones de la sección 2.6.1.6, obteniendo lo siguiente:

- El límite de resistencia a la fatiga de la probeta (S_e'). se calcula mediante la ecuación Ec. 2.25. Para un acero AISI 1018, tenemos que $S_{ut} = 400 [MPa]$

$$S_e' = 0,5 * 400 [MPa]$$

$$S_e' = 200 MPa$$

- Factor de modificación de la condición superficial k_a . Esta dado por la ecuación 2.26, donde, $a = 4,51 [MPa]$ y $b = -0,265$. (Ver anexo 3)

$$k_a = 4,51 * (400)^{-0,265}$$

$$k_a = 0,92$$

- Factor de modificación del tamaño k_b . Este factor está dado por la ecuación Ec. 2.27.

$$k_b = 1,189 * 32^{-0,097}$$

$$k_b = 0,85$$

- Factor de modificación por confiabilidad k_c . Se asume una confiabilidad del 90% (Ver Anexo 4), por lo tanto,

$$k_c = 0,897$$

- Factor de modificación por temperatura k_d . La temperatura de trabajo es menor a 450°C (840°F), por lo que tenemos:

$$k_d = 1$$

- Factor de modificación por concentración de esfuerzos k_e , como el eje motriz no presenta discontinuidades a lo largo de sí, asumimos que:

$$k_e = 1$$

- Factor de modificación por efectos diversos k_f . Como se dispone de valores reales para este factor asumimos que:

$$k_f = 1$$

Una vez conocidos todos los factores de modificación se calcula el límite de resistencia a la fatiga mediante la ecuación Ec. 2.24.

$$S_e = 200 * 0,92 * 0,85 * 0,897 * 1 * 1 * 1$$

$$S_e = 140,3[MPa]$$

2.7.1.5 Factor de seguridad para el análisis de fatiga del eje secundario

Para determinar este factor utilizamos el diagrama de la línea de Goodman modificada, que se muestra en la Figura 2.14 de la sección 2.6.1.7.

Calculamos la resistencia media con la ecuación 2.29.

$$S_m = \frac{140,3}{\frac{71,7 - 140,3}{19,2} + 400}$$

$$S_m = 34,3[MPa]$$

Encontramos el factor de seguridad de fatiga con la ecuación Ec. 2.30.

$$\eta_f = \frac{34,3}{19,2}$$

$$\eta_f = 1,8$$

Comparando este factor de seguridad con los factores de la sección 2.4 vemos que es confiable, por lo tanto podemos utilizar un eje de estas medidas para el eje secundario.

2.7.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE DESCARGA

Para la descarga de la mezcla se va a diseñar un sistema de poleas que permitirán la descarga a través del volteo de la tolva. Este sistema estará ubicado a un costado de la tolva, anclado a una las chumaceras de pared que tiene la tolva mezcladora.

2.7.2.1 Componentes

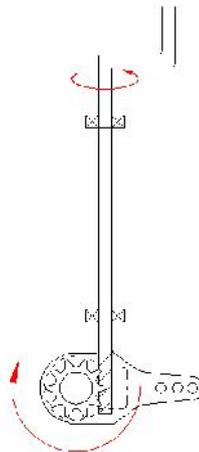
Los componentes de este sistema de descarga se detallan a continuación:

- Una catarina 40B60 de 60 dientes. Ver Anexo 2.5.
- Una catarina 40B30 de 30 dientes. Ver Anexo 2.5.
- Una cadena de $\frac{1}{2}$ [in] de paso. Ver Anexo 2.4.
- Un rache utilizado en los sistemas de frenos de aire de camiones.
- 2 Chumaceras.
- Un eje de 20mm de diámetro.
- Un eje estriado de 28mm de diámetro.

2.7.2.2 Procedimiento de descarga

La primera etapa de este sistema de descarga está compuesta por un rache que se utiliza en los sistemas de frenos de aire de los camiones. La transmisión del movimiento, básicamente, es similar a la de un reductor sinfín corona y como la corona de este rache contiene 10 dientes, tenemos una reducción de la velocidad de 10. Esta primera etapa se representa en la Figura 2.35.

Figura 2.35. Primera etapa del sistema de descarga.



Fuente: Autor.

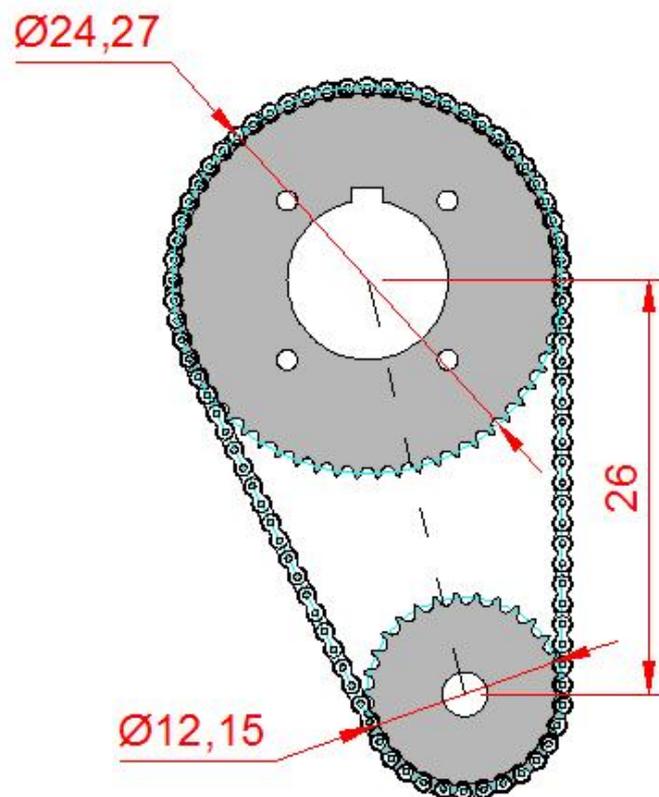
En este sistema el rache, conocido también como matraca, se sujeta a la estructura de la mezcladora mediante un eje en el primer orificio al extremo derecho y transmite el movimiento a la polea mediante un eje que tiene un diámetro de 28mm.

Tenemos entonces que la primera reducción es de 10.

$$i_1 = 10$$

La segunda etapa del sistema de descarga es mediante un sistema de catarinas y cadenas como se muestra en la imagen 2.36. Como las catarinas y la cadena no están sometidas a cargas fuertes, no hace falta un análisis de fuerza y momento, sin embargo, se escogió este sistema para evitar que durante el volteo el peso de la mezcla venza las fuerzas del operador.

Figura 2.36. Sistema de catarinas para el volteo del recipiente.



Fuente: Autor.

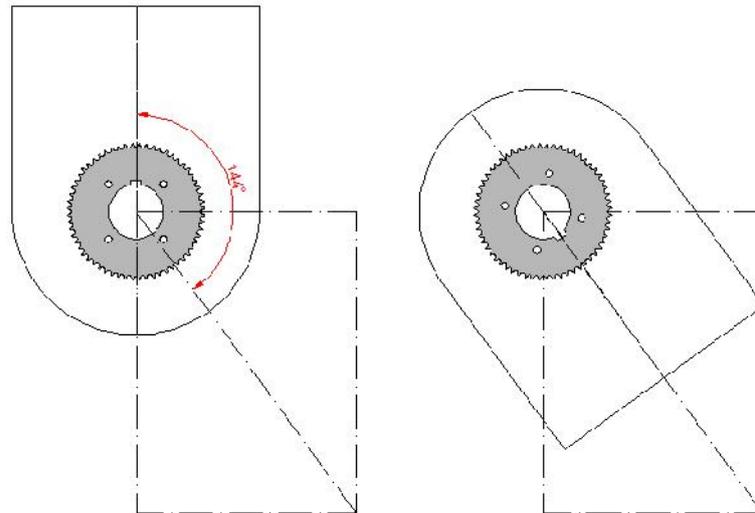
Tenemos que considerar también la velocidad de descarga, esta velocidad no debe ser muy lenta porque aumentaría el tiempo de descarga, pero tampoco debe ser muy rápida pues esto provocaría saltos bruscos del recipiente durante la descarga. Para esto utilizamos la ecuación Ec. 2.44.

$$i_2 = \frac{60}{30}$$

$$i_2 = 2$$

Para que la mezcla empiece a descender, la tolva debe girar por lo mínimo un ángulo de 144° como se muestra en la Figura 2.37.

Figura 2.37. Ángulo mínimo de volteo del recipiente.



Fuente: Propia

Tenemos entonces:

$$\theta = 144^{\circ} = \frac{4}{5}\pi \text{ rad}$$

Podemos encontrar el desplazamiento angular con la siguiente ecuación:

$$\Phi = \omega * t \quad (\text{Ec. 2.61})$$

Dónde:

- Φ , es el desplazamiento angular medido en radianes.
- ω , es la velocidad angular en radianes/segundo.
- t , es el tiempo.

Tiempo de descarga: Si por ejemplo, se gira manualmente el eje de descarga a una velocidad aproximada de 40 rpm en el eje de la primera etapa, tenemos que la velocidad en la catarina conducida es de:

$$\omega = \frac{n}{i_1 * i_2} \quad (\text{Ec. 2.62})$$

$$\omega = \frac{40 \text{ rpm}}{10 * 2}$$

$$\omega = 2 \text{ rpm} = \frac{1}{15} \pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Reemplazamos valores en la ecuación Ec. 2.60, y despejamos t.

$$t = \frac{\phi}{\omega}$$

$$t = \frac{\frac{4}{5}\pi \text{ rad}}{\frac{1}{15}\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}}$$

$$t = 12[\text{s}]$$

Tenemos que el tiempo de descarga es de 12 segundos, por lo tanto el sistema de descarga es óptimo para la máquina mezcladora.

2.7.2.3 Selección de soporte para rodamientos

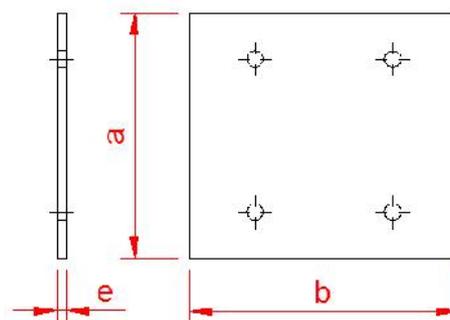
El tipo de soporte que se van a utilizar para que el recipiente sea volteable es el de tipo brida cuya numeración es UCF208D1. Los rodamientos a utilizar son los mismos que se utilizaron en el soporte de silleta. (Ver sección 2.6.6)

Las características de este soporte tipo brida se muestran en el anexo 2.9.

2.7.3 ANÁLISIS DE LA PLACA DE SOPORTE DEL MOTOR

Esta placa se utiliza para sostener el motor a la estructura de la máquina, tiene una forma rectangular y 4 agujeros para empernar el motor, como se muestran en la figura 2.38.

Figura 2.38. Esquema del soporte del motor.



Fuente: Autor.

Dónde: $a = 22,5 \text{ cm}$, $b = 24,5 \text{ cm}$ y $e = 6,35[\text{mm}]$

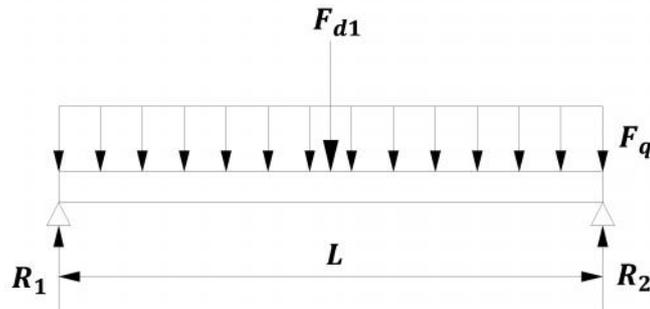
2.7.3.1 Análisis de cargas sobre el soporte del motor

Para el soporte del motor se utilizarán dos placas unidas por dos bisagras. La primera placa se encuentra soldada a la estructura de la máquina, mientras que la

otra se encarga de sostener al motor mediante 4 pernos y también se utiliza para tensionar las correas del sistema de poleas.

Para el análisis consideraremos la placa como si estuviera sobre dos apoyos simples como muestra la siguiente figura:

Figura 2.39. Diagrama de cuerpo libre del soporte del motor.



Fuente: Autor.

Dónde:

- R_1 y R_2 : Apoyos simples de la placa de soporte.
- F_q : Carga distribuida sobre la placa.
- F_{d1} : Fuerza puntual que produce el torque T_d .
- L : Largo de la placa de soporte.

La carga distribuida que produce el peso del motor sobre la placa se calcula con la siguiente ecuación:

$$F_q = \frac{W_{motor}}{L} \quad (\text{Ec. 2.63})$$

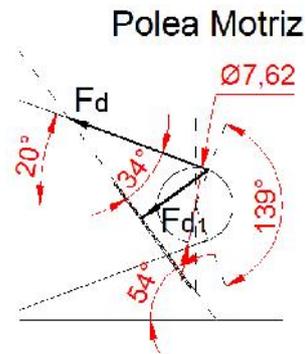
La masa del motor se encuentra en el anexo 2.3. Reemplazamos valores en la ecuación Ec. 2.61.

$$F_q = \frac{33[kg] \cdot 9,8 \left[\frac{m}{s^2} \right]}{0,24[m]}$$

$$F_q = 1347,5 \left[\frac{N}{m} \right]$$

La fuerza F_{d1} es la que produce el torque sobre la polea motriz. Según el siguiente diagrama, esta fuerza la calculamos mediante la ecuación Ec. 2.62.

Figura 2.40. Fuerzas sobre la polea conducida.



Fuente: Autor.

$$F_{d1} = \frac{T_d}{\varnothing} * \text{sen}34^\circ \quad (\text{Ec. 2.64})$$

$$F_{d1} = \frac{494[\text{Nm}]}{0,0762} * \text{sen}34^\circ$$

$$F_{d1} = 3625,2[\text{N}]$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_1 + R_2 = F_{d1} + F_q * L$$

$$R_1 = 3625,2 + 1347,5 * 0,24 - R_2$$

$$R_1 = 3948,6 - R_2$$

$$\sum M_1 = 0$$

$$R_2 * L = F_{d1} * \frac{L}{2} + F_q * \frac{L^2}{2}$$

$$R_2 = \frac{F_{d1} * \frac{L}{2} + F_q * \frac{L^2}{2}}{L}$$

$$R_2 = \frac{3625,2 * \frac{0,24}{2} + 1347,5 * \frac{0,24^2}{2}}{0,24}$$

$$R_2 = 1974,2 \text{ N}$$

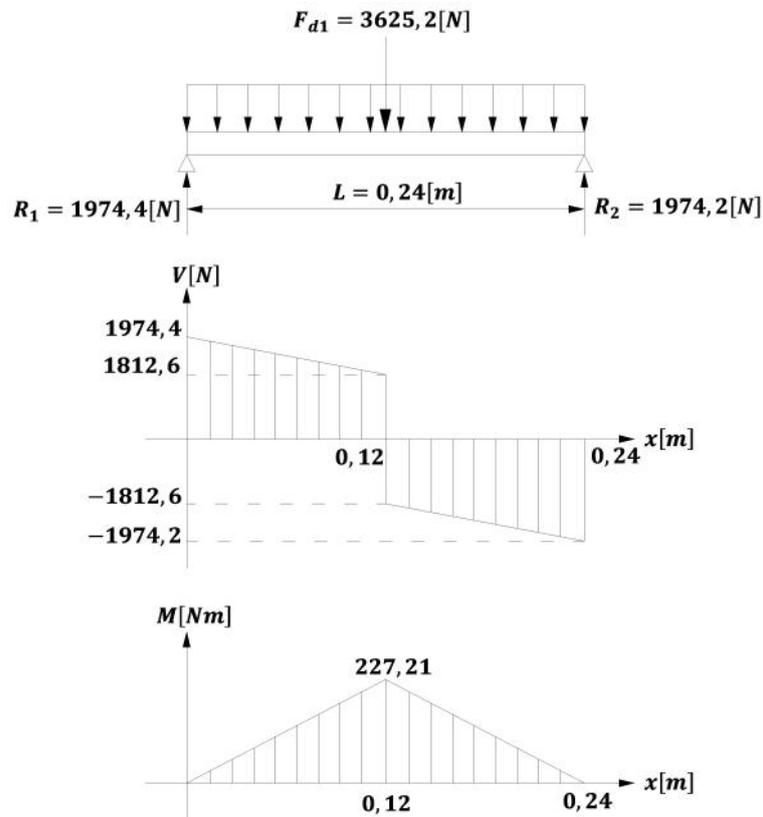
Entonces:

$$R_1 = 3948,6 - 1974,2$$

$$R_1 = 1974,4 \text{ N}$$

Estos datos se representan en los siguientes diagramas de cuerpo libre, de fuerza cortante y momento flector.

Figura 2.41. Diagrama de cuerpo libre, fuerza cortante (V) y momento flector (M) en la placa.



Fuente: Autor.

Encontramos el esfuerzo a flexión para una sección transversal rectangular con la ecuación Ec. 2.15, donde $t = e$, y según la Figura 2.41 $M_{max} = 227,21\text{[Nm]}$.

$$\sigma_{max} = \frac{6 \cdot 227,21}{0,24 \cdot 0,00635^2}$$

$$\sigma_{max} = 140,9\text{[MPa]}$$

Encontramos el factor de seguridad estático mediante la ecuación Ec. 2.16. Para el diseño de esta placa utilizamos una plancha de acero ASTM 36 (Ver anexo 2.12) cuyo valor de la resistencia a la fluencia es $S_y = 250\text{[MPa]}$. (Norton, 2008, pág. 800)

$$\eta_s = \frac{250}{140,9}$$

$$\eta_s = 1,8$$

Si comparamos este factor de seguridad con los factores de carga estática de la sección 2.4 vemos que es confiable, por lo tanto podemos utilizarla para el soporte del motor.

2.8 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA

Es análisis de la estructura se lo realiza en el programa Autodesk Inventor. El esquema de la estructura se presenta a continuación:

Figura 2.42. Esquema de la estructura de la máquina.



Fuente: Autor.

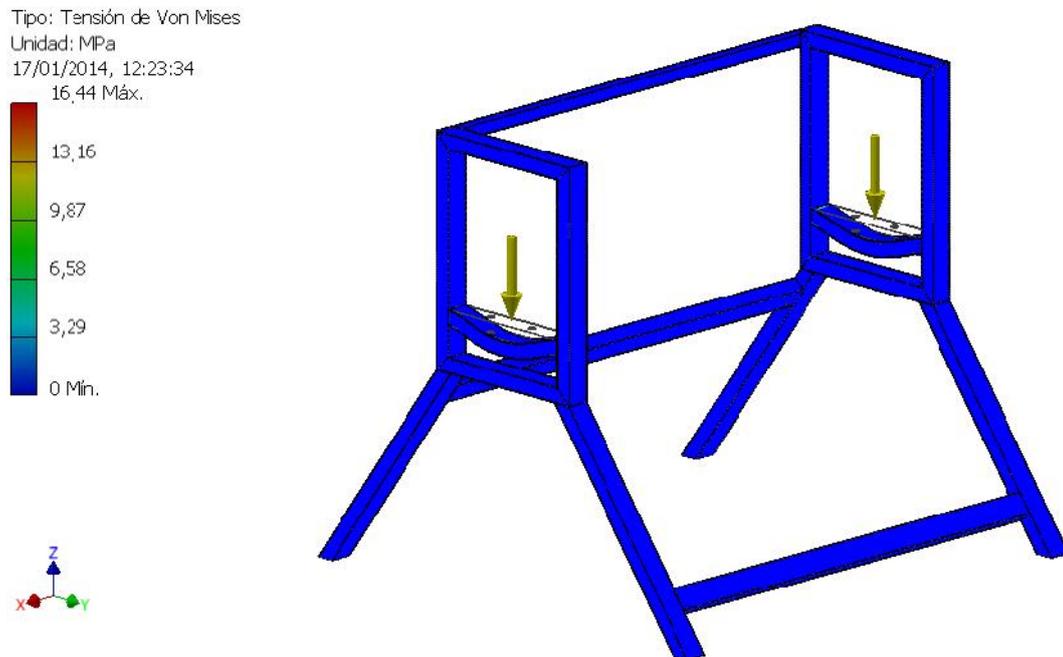
Para la construcción de la estructura se utilizara tubos estructurales rectangulares ASTM A-500 de 2mm de espesor (ver Anexo 2.13) cuyas propiedades mecánicas son: $S_y = 269[MPa]$ y $S_{ut} = 310[MPa]$. (Unicon)

Las fuerzas que soporta la estructura son las del trasmite el eje motriz a través de las chumaceras de silleta. Los valores de estas fuerzas están dados por el peso de la mezcla distribuida a lo largo del eje motriz.

$$F = \frac{980 \text{ N}}{1,2 \text{ m}} = 817 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Las restricciones para este análisis se fijan en la sección tubular en la que se soporta las chumaceras y en los laterales a los cuales está sujeta esta sección tubular. Las medidas de la estructura se pueden apreciar en los planos correspondientes. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Figura 2.43. Esfuerzos generados en la estructura de la máquina.



Fuente: Autor.

Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2.11. Resumen de resultados

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	4334970 mm ³	
Masa	34,0295 kg	
Tensión de Von Mises	0,0000000151158 MPa	16,4443 MPa
Primera tensión principal	-6,3371 MPa	21,2569 MPa
Tercera tensión principal	-18,3327 MPa	8,57717 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,00628701 mm
Coefficiente de seguridad	15 su	15 su
Tensión XX	-7,40094 MPa	8,96608 MPa
Tensión XY	-4,88355 MPa	4,95571 MPa
Tensión XZ	-3,04143 MPa	2,62947 MPa
Tensión YY	-17,2688 MPa	19,7396 MPa
Tensión YZ	-7,32238 MPa	9,24115 MPa
Tensión ZZ	-8,35502 MPa	10,3803 MPa
Desplazamiento X	-0,00073245 mm	0,00064151 mm
Desplazamiento Y	-0,000558153 mm	0,000570594 mm

Desplazamiento Z	-0,00628094 mm	0,000183119 mm
Deformación equivalente	0,0000000000000710969 su	0,00007004 su
Primera deformación principal	-0,000000115157 su	0,0000761393 su
Tercera deformación principal	-0,0000760991 su	0,000000357522 su
Deformación XX	-0,0000208751 su	0,0000199622 su
Deformación XY	-0,0000302315 su	0,0000306782 su
Deformación XZ	-0,0000188279 su	0,0000162776 su
Deformación YY	-0,000061087 su	0,0000667467 su
Deformación YZ	-0,000045329 su	0,0000572071 su
Deformación ZZ	-0,0000267153 su	0,0000281902 su
Presión de contacto	0 MPa	166,015 MPa
Presión de contacto X	-34,756 MPa	82,2828 MPa
Presión de contacto Y	-81,5829 MPa	59,8547 MPa
Presión de contacto Z	-159,267 MPa	47,8259 MPa

Fuente: Inventor.

Dónde:

$$\sigma_{max} = 16,44 \text{ MPa}$$

Aplicando la ecuación Ec. 2.16 podemos comprobar el factor de seguridad obtenido:

$$\eta_s = \frac{269}{16,44}$$

$$\eta_s = 16$$

Este valor se encuentra dentro del intervalo que el programa nos indica. Si comparamos este resultado con los factores de la sección 2.4 vemos que es adecuado y podemos construir la estructura con este material y las medidas indicadas.

2.9 SISTEMA ELÉCTRICO

El sistema eléctrico contiene los siguientes elementos:

- Interruptor termomagnético de riel Din

- Contactor
- Relés encapsulados de 8 pines
- Selectores
- Potenciómetro
- Indicadores luminosos
- Variador de frecuencia

2.9.1 ELEMENTOS

2.9.1.1 Interruptor termomagnético de riel Din

“Estos interruptores se utilizan en circuitos con una tensión alterna menor o igual a 400V, y con valores de corriente nominales iguales o menores a 82A. Se encuentran equipados con dos dispositivos de protección conectados en serie, y que reaccionan a dos efectos que produce la corriente eléctrica en un conductor: temperatura y campos magnéticos. Por esto, estos dispositivos están equipados con un disparador térmico que actúa durante la aparición de sobrecorrientes bajas (sobrecargas) y de un disparador magnético para las sobrecorrientes elevadas (cortocircuitos).” (ElectroIndustria)

Para el dimensionamiento de este elemento se debe considerar la corriente nominal del motor utilizado (ver Anexo 2.3) tomando en cuenta también el variador de velocidad. Utilizamos la siguiente ecuación:

$$I_{interruptor} = 200\% * I_{interruptor} \quad (\text{Ec. 2.65})$$

$$I_{interruptor} = 200\% * 8,16 \text{ A}$$

$$I_{interruptor} = 16,32 \text{ A}$$

Con este dato seleccionamos de la Tabla 2.12 el interruptor BKN2PC20A que es de dos polos y soporta 20[A].

Tabla 2.12. Interruptor termomagnético de Riel DIN.

BKN			
In (A)	1 Polo	2 Polos	3 Polos
	Código	Código	Código
2	BKN 1P C 2A	BKN 2P C 2A	BKN 3P C 2A
4	BKN 1P C 4A	BKN 2P C 4A	BKN 3P C 4A
6	BKN 1P C 6A	BKN 2P C 6A	BKN 3P C 6A
10	BKN 1P C 10A	BKN 2P C 10A	BKN 3P C 10A
16	BKN 1P 16 2A	BKN 2P C 16A	BKN 3P C 16A
20	BKN 1P C 20A	BKN 2P C 20A	BKN 3P C 20A
25	BKN 1P C 25A	BKN 2P C 25A	BKN 3P C 25A
32	BKN 1P C 32A	BKN 2P C 32A	BKN 3P C 32A
40	BKN 1P C 40A	BKN 2P C 40A	BKN 3P C 40A
50	BKN 1P C 50A	BKN 2P C 50A	BKN 3P C 50A
63		BKN 2P C 63A	BKN 3P C 63A

<p>BKN Norma</p> <p>Corriente nominal</p> <p>Capacidad de ruptura (Icu)</p> <p>Curva de disparo</p> <p>Números de polos</p> <p>Endurancia eléctrica</p> <p>Montaje</p>	<p>IEC 60898 - IEC 60947-2</p> <p>2, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63A</p> <p>6kA en 400 V / 10kA 220V</p> <p>C</p> <p>1, 2 y 3</p> <p>6000 maniobras</p> <p>En riel DIN de 35 mm</p>
---	--

Fuente: LS Industrial Systems.

2.9.1.2 Contactor

Este elemento se utiliza para la conexión de motores y equipos relacionados a la industria. Para la selección se considera la corriente de la protección y la potencia de consumo del motor. Con estos parámetros se selecciona el Contactor MC-22b de la Tabla 2.13.

Tabla 2.13. Contactor MC.

Modelo	Máxima Corriente de Operación		Potencia Admisible AC 3 IEC -60947				Contactos Auxiliares	
	AC 3	AC 1	220V 240V	380V 440V	500V 550V	690V	NA	NC
	A	A	Kw	Kw	Kw	Kw		
MC-9b	9	25	2.5	4	4	4	1	1
MC-12b	12	25	3.5	5.5	7.5	7.5	1	1
MC-18b	18	32	4.5	7.5	7.5	7.5	1	1
MC-22b	22	40	5.5	11	15	15	1	1
MC-32a	32	50	7.5	15	18.5	18.5	2	2
MC-40a	40	60	11	18.5	22	22	2	2
MC-50a	50	70	15	22	30	30	2	2
MC-65a	65	100	18.5	30	33	33	2	2
MC-75a	75	110	22	37	37	37	2	2
MC-85a	85	135	25	45	45	45	2	2
MC-100a	100	160	30	55	55	45	2	2
MC-130a	130	160	37	60	60	55	2	2
MC-150a	150	210	45	75	70	55	2	2
MC-185a	185	230	55	90	110	110	2	2
MC-225a	225	275	75	132	132	140	2	2
MC-330a	330	350	90	160	160	200	2	2
MC-400a	400	450	125	200	225	250	2	2
MC-630a	630	660	190	330	330	400	2	2
MC-800a	800	900	220	440	500	500	2	2

Fuente: LS Industrial Systems.

2.9.1.3 Relés encapsulados de 8 pines

Un relé funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que se acciona uno o varios contactos por medio de una bobina y un electroimán para cerrar o abrir otros circuitos eléctricos independientes.

En el panel de control se utilizan dos relés para encender o apagar los indicadores luminosos, según se la señal de los selectores.

Utilizamos dos relés encapsulados CAMSCO de 8 pines, modelo MK2-P-1 que trabajan a 220V y se muestra en la siguiente figura:

Figura 2.44. Relé encapsulado de 8 pines.



Fuente: <http://electroinnovaperu.net/camasco>

2.9.1.4 Selectores

Estos elementos se utilizan para el control de la máquina. Estos selectores son de dos posiciones fijas, maneta corta y 22mm de diámetro. Se tiene 3 selectores con las siguientes funciones:

- S1: Control On/Off.
- S2: Control Star/Stop.
- S3: Cambio de giro.

Figura 2.45. Selector de dos posiciones.



Fuente: http://www.punto-electrico.cl/detalle_producto.php?pro=750

2.9.1.5 Potenciómetro

Por su resistencia variable este elemento se utiliza para variar la velocidad del motor mediante el uso del variador de frecuencia. Según las recomendaciones del variador iG5 se utiliza un potenciómetro de 5K .

Figura 2.46. Potenciómetro.



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Potenciometro>

2.9.1.6 Indicadores luminosos

Consisten en tres luces de piloto de 16mm de diámetro que muestran el estado de la máquina de la siguiente manera:

- Rojo: Indica que el motor está detenido.
- Amarillo: Indica que la máquina está encendida, sea que el motor este o no girando.
- Verde: Indica que el motor está en marcha sea en cualquier dirección de giro.

Figura 2.47. Indicador luminoso.



Fuente: http://www.casalemana.com/p_productos_view.asp?productosPage=7&codi_produ=91

2.9.1.7 Variador de frecuencia

El variador de frecuencia utilizado es un variador de la marca LG de 5 HP como el que se muestra en la figura 2.48. Este variador se acciona por el módulo de control a través de su bornera, donde la velocidad está controlada por un potenciómetro ubicado en el panel frontal.

Figura 2.48. Variador de frecuencia.

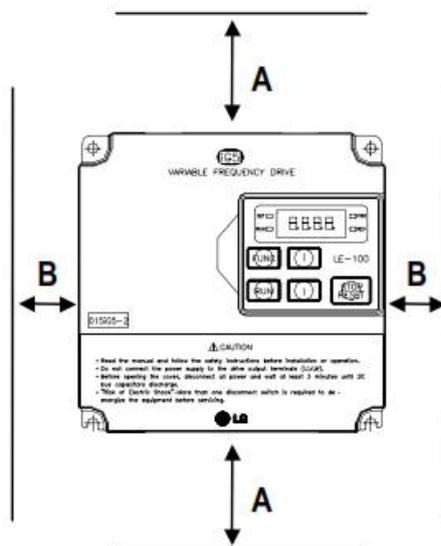


Fuente: <http://adirayamandiri.indonetwork.co.id/3692774/lv-inverter-sv037ig5-2.htm>

2.9.1.7.1 Montaje

Según las recomendaciones del manual del variador se debe cumplir con las siguientes distancias que indican en la siguiente figura:

Figura 2.49. Distancias mínimas.



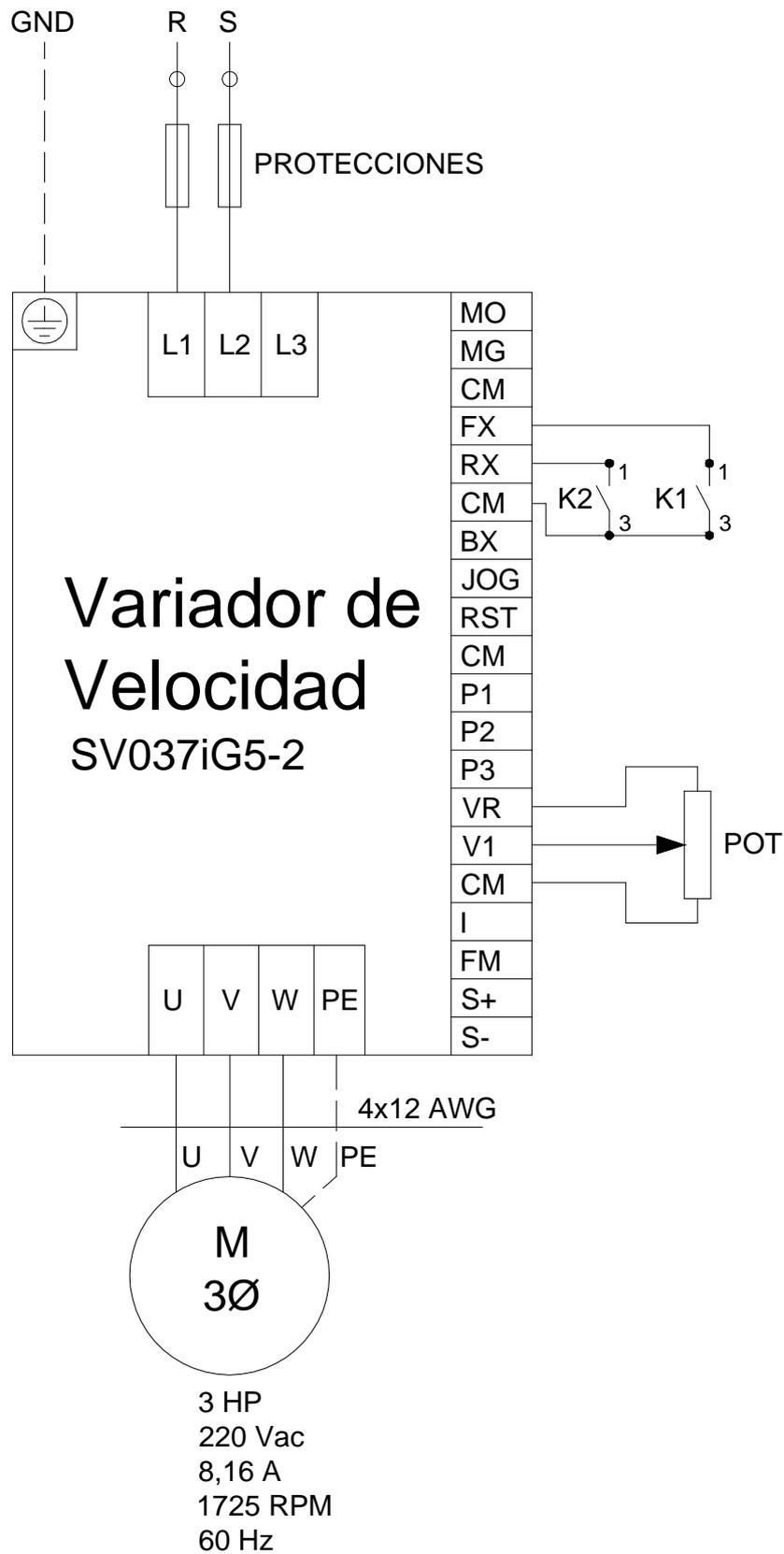
Fuente: <http://adirayamandiri.indonetwork.co.id/3692774/lv-inverter-sv037ig5-2.htm>

Donde $B = 5 \text{ cm}$ y $A = 10 \text{ cm}$.

2.9.1.7.2 Circuito de control

El circuito de control del variador de frecuencia se configura como muestra la Figura 2.50.

Figura 2.50. Circuito eléctrico del variador de frecuencia.

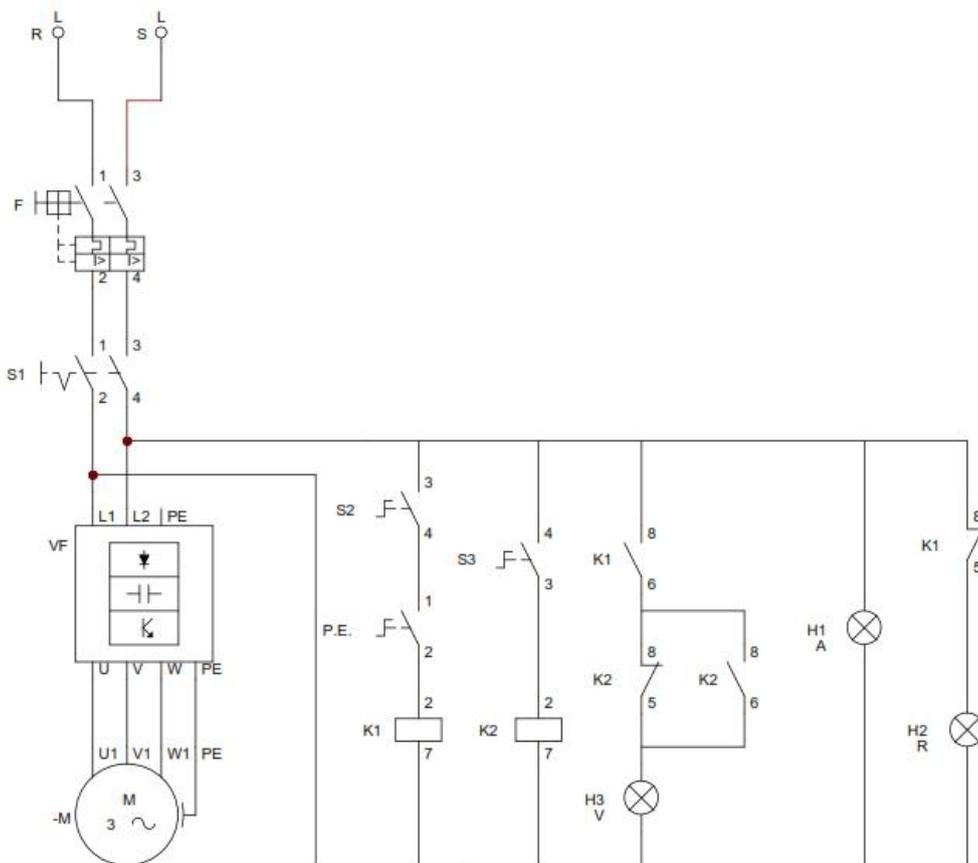


Fuente: Autor.

2.9.2 CIRCUITO ELÉCTRICO

El circuito de fuerza se muestra en la siguiente figura:

Figura 2.51. Circuito eléctrico.



Fuente: Autor.

Dónde:

- F: Interruptor termomagnético.
- S1: Selector de On/Off.
- P.E: Paro de Emergencia.
- S2: Selector de Start/Stop.
- S3: Selector de cambio de giro.
- K1 y K2: Relés encapsulados.
- H1, H2 y H3: Indicadores luminosos.
- VF: Variador de frecuencia.
- M: Motor.

Figura 2.52. Elementos del panel de control.



Fuente: Autor.

Figura 2.53. Panel de control.



Fuente: Autor.

CAPITULO 3

5. CONSTRUCCIÓN DE LA MEZCLADORA

3.1 INTRODUCCIÓN

La construcción es el proceso de ejecución de proyecto cuyos parámetros han sido establecidos durante el diseño. Este proceso es el paso más importante del proyecto y se lo debe realizar mediante una serie de procesos ordenados de construcción, montaje y ensamblado de cada elemento de la máquina y lograr cumplir el objetivo.

La construcción de la mezcladora se realizó en las instalaciones del taller mecánico SOMOIL donde se cuenta con todas las herramientas y equipos necesarios para construir la mezcladora. Las máquinas y equipos necesarios para construir la mezcladora se detallan a continuación en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Herramientas, equipos y máquinas a usar.

Máquinas herramientas	Herramientas manuales	Instrumentos medicion y control
Torno	Pulidora	Escuadra
Fresadora	Taladro manual	Calibrador de Venier
Limadora	Esmeril	Nivel
Taladro de pedestal	Sierra	Flexometro
Cortador plasma	Llaves	
Suelda TIG	Machuelo	
Suelda SMAW	Hentenalla	
Amoladora	Limas	
Compresor	Destornilladores	
Taladro manual	Playos	
	Brocas	
	Discos de corta y desbaste	

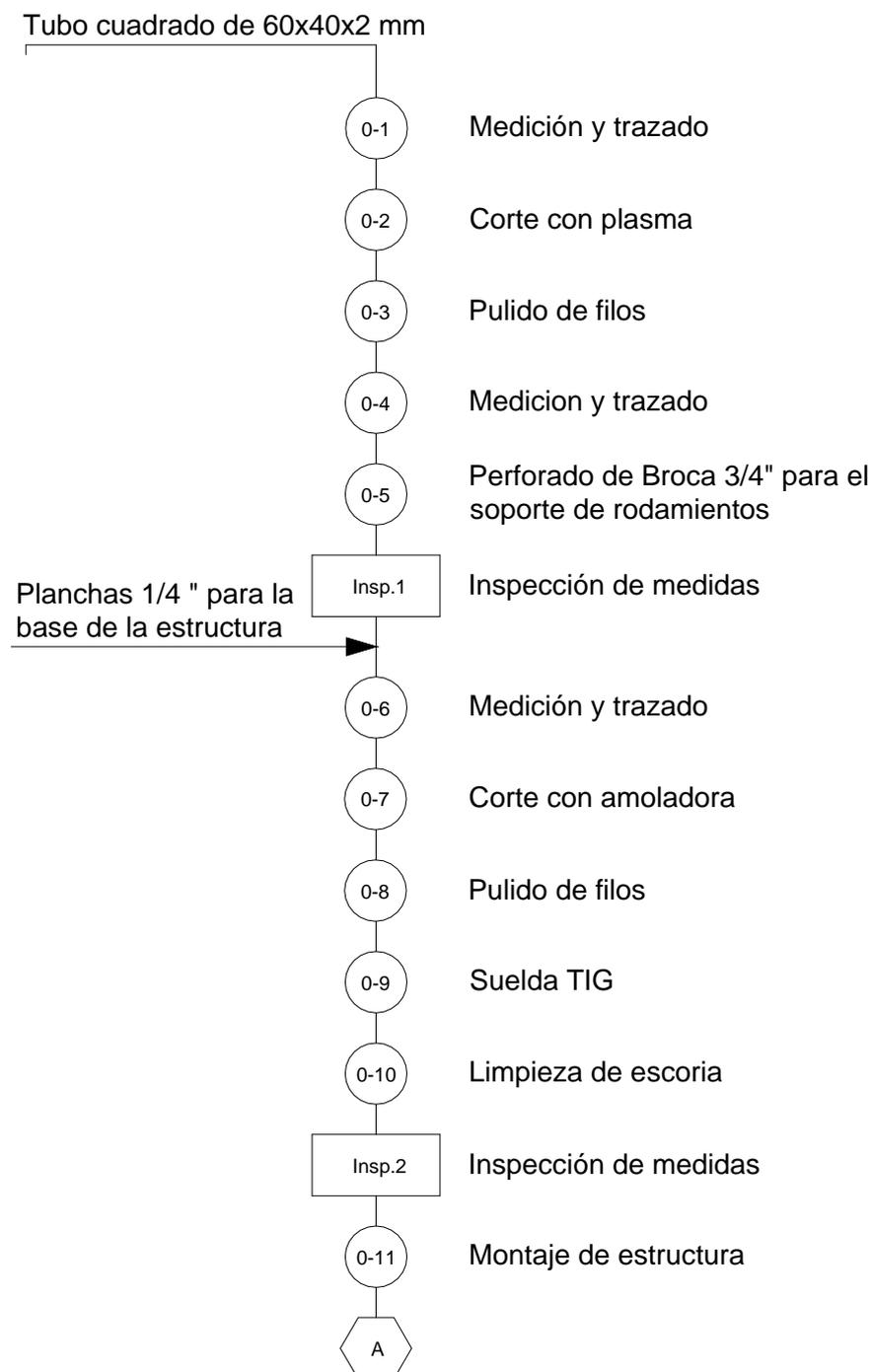
Fuente: Autor.

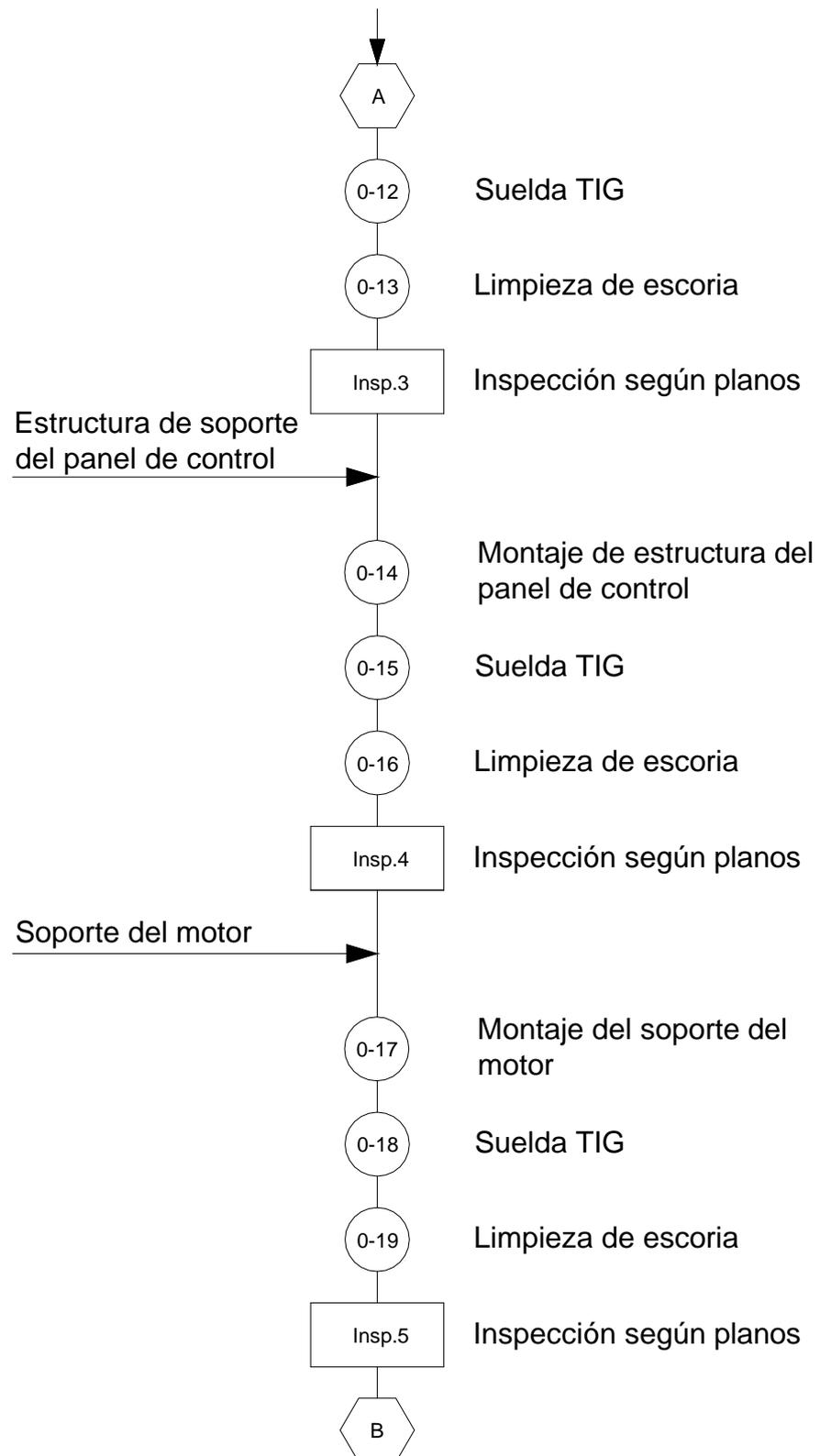
Elaboración: Autor.

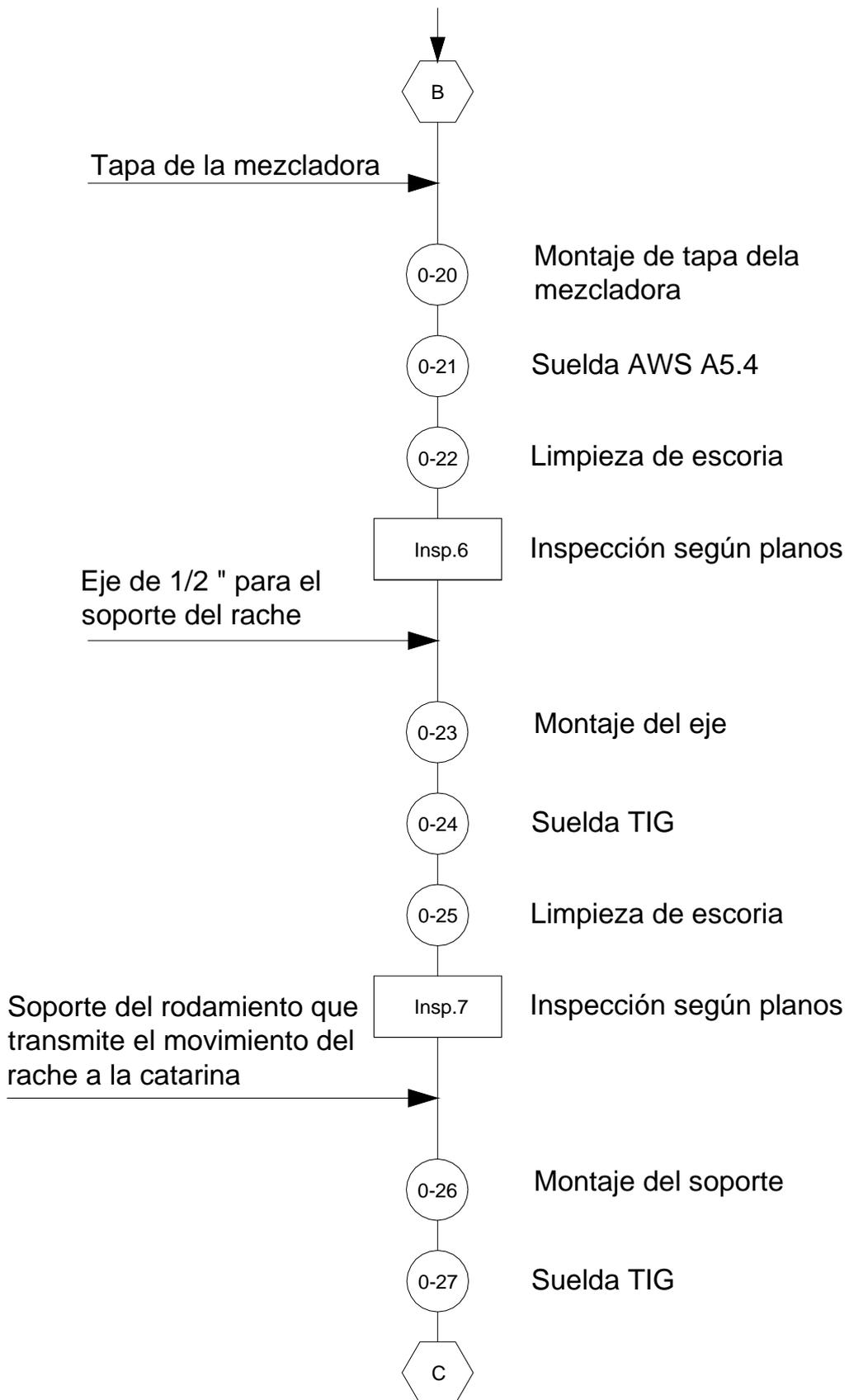
3.2 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

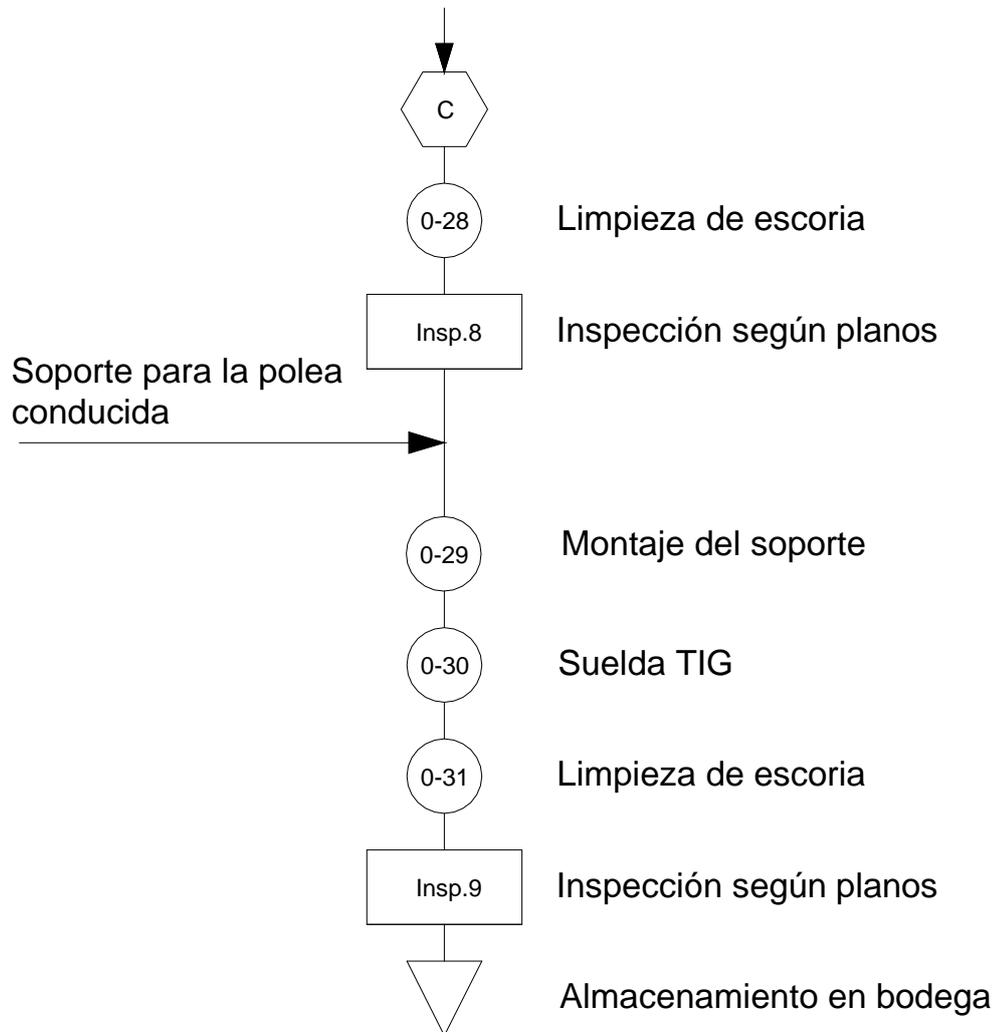
El proceso de construcción de cada elemento de la máquina se lo realizara conforme al diseño realizado en el capítulo 2.

3.2.1 DIAGRAMA DE PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA



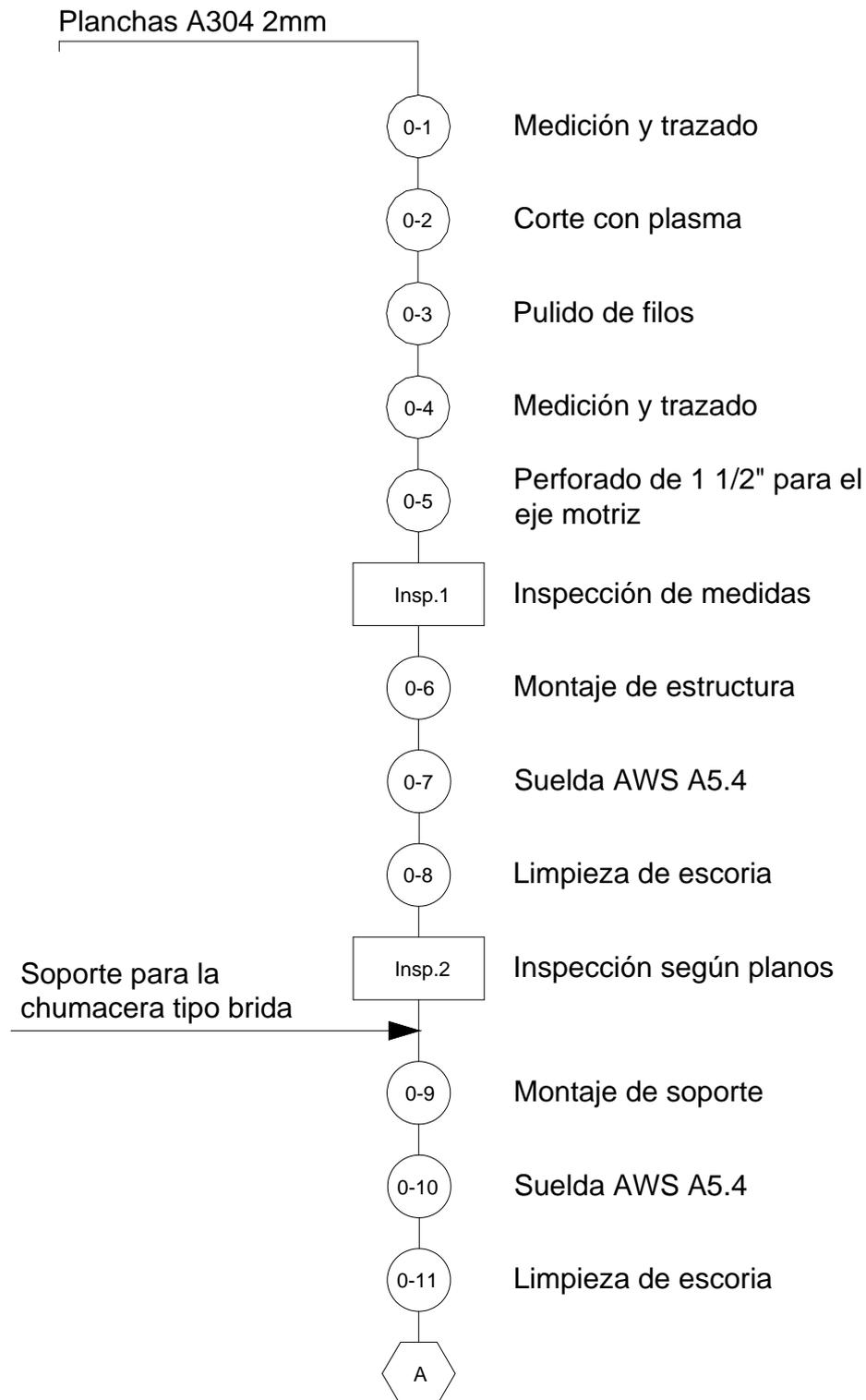


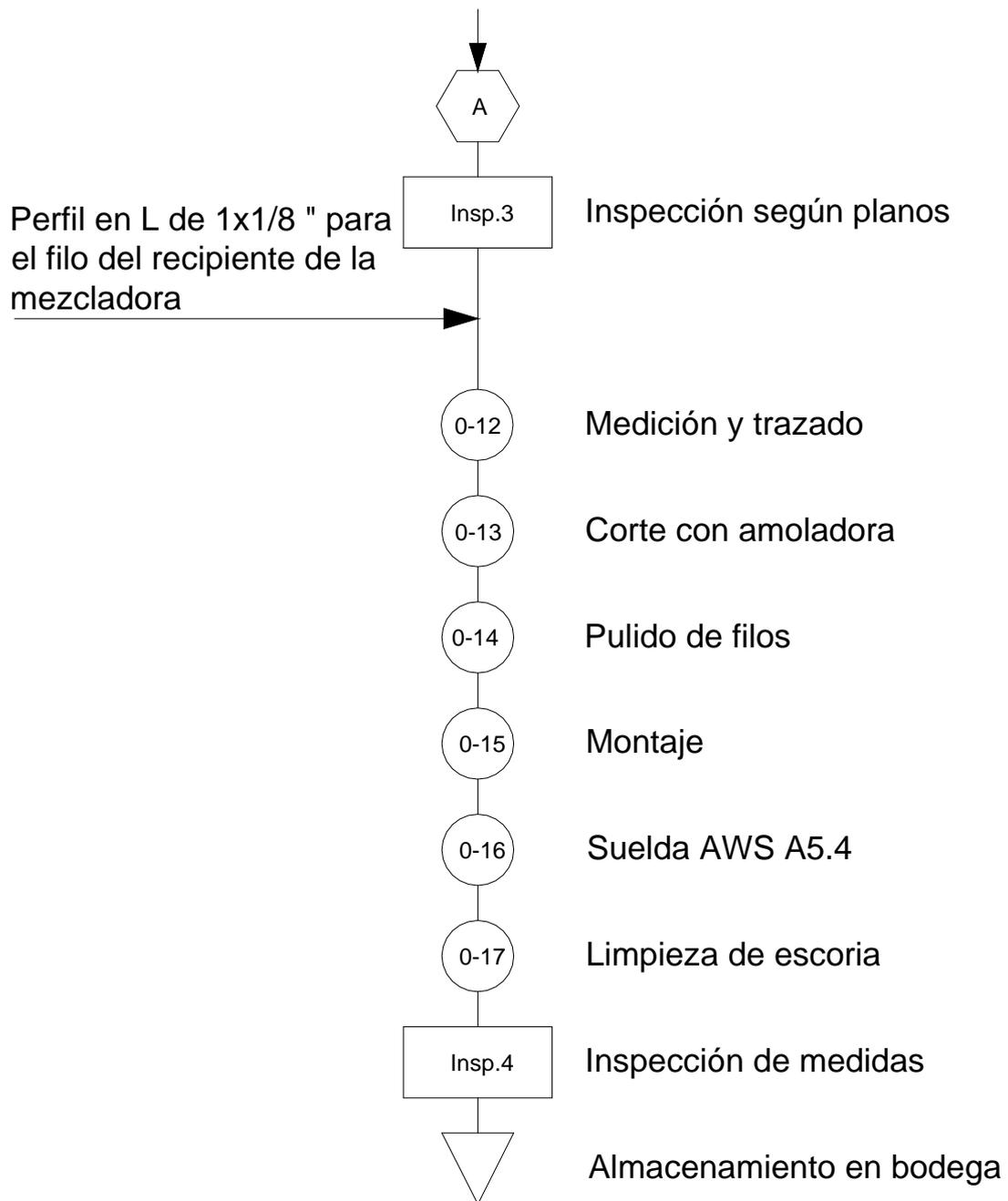




Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

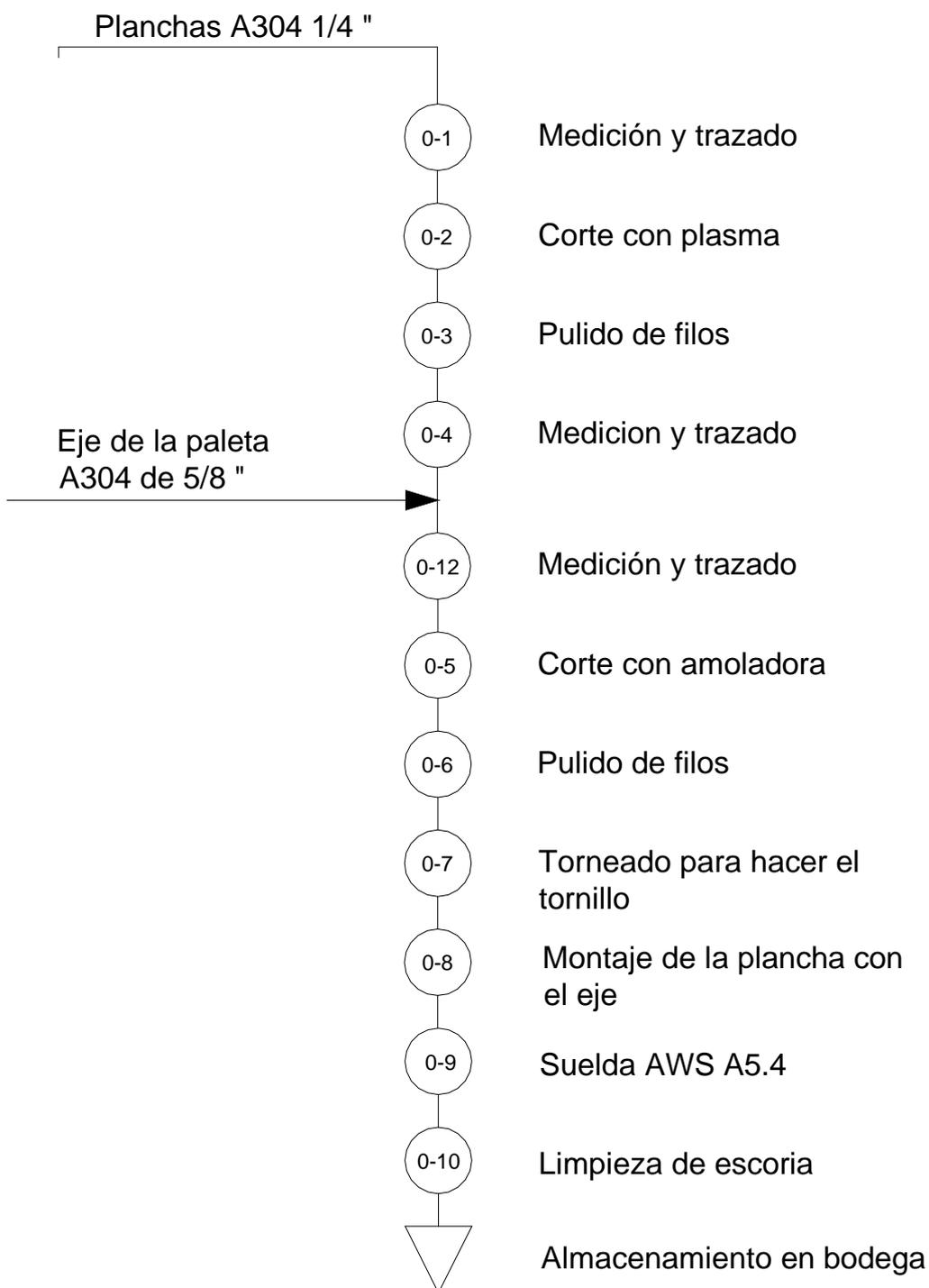
3.2.2 DIAGRAMA DE PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DEL RECIPIENTE



Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

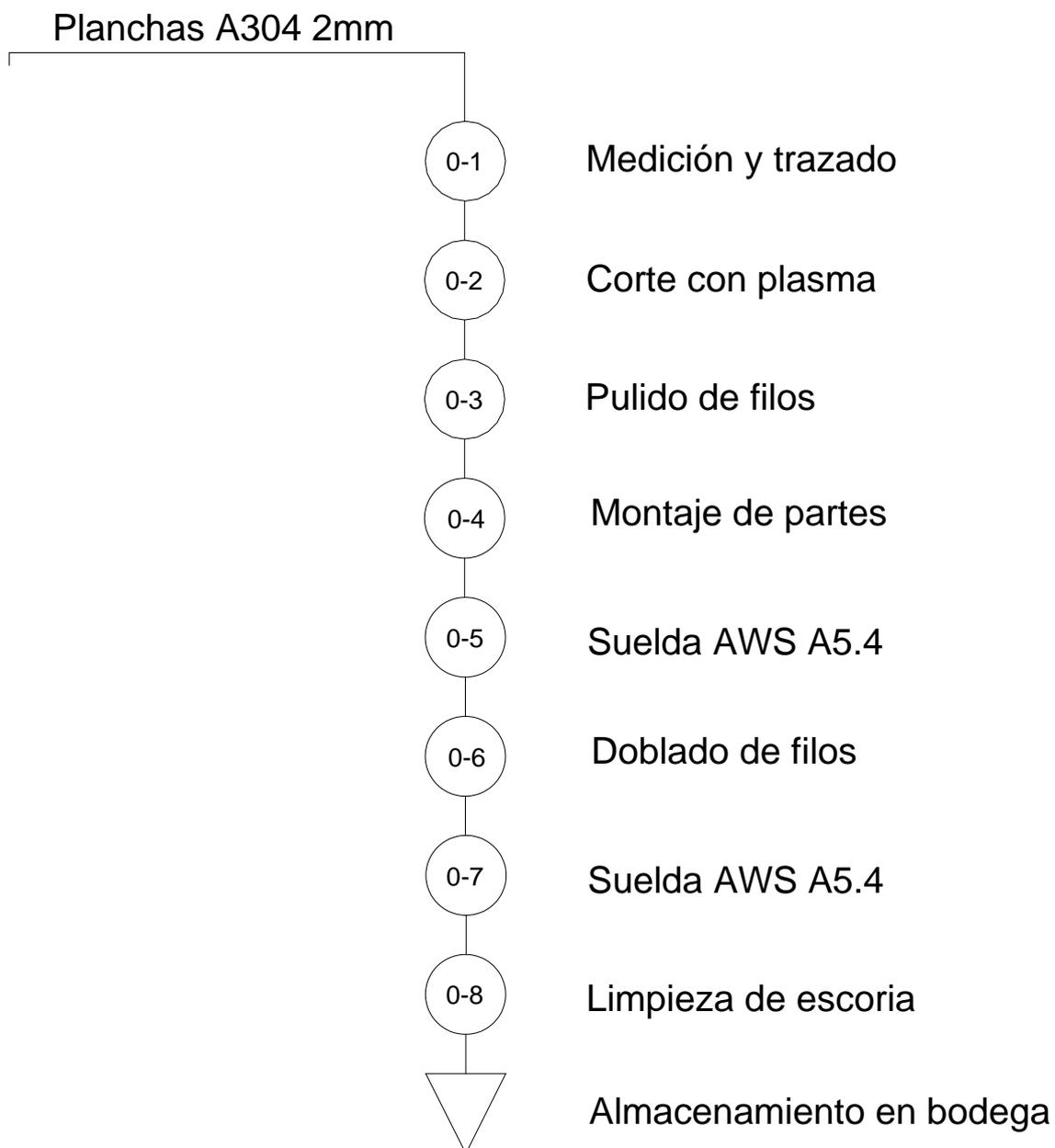
3.2.3 DIAGRAMA DE PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA PALETA



Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

3.2.4 DIAGRAMA DE PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DEL RECIPIENTE DE DESCARGA DE LA MEZCLA

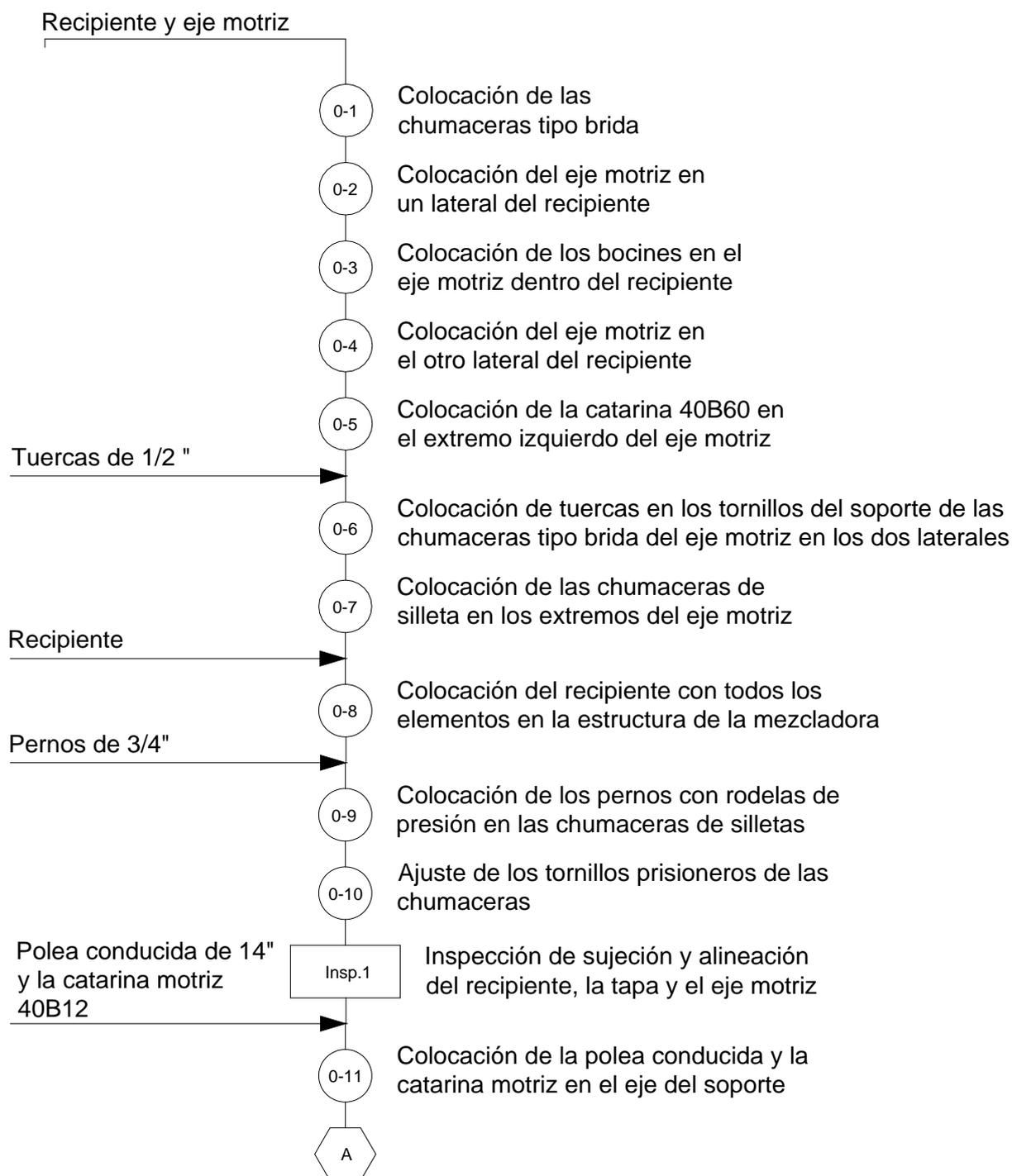


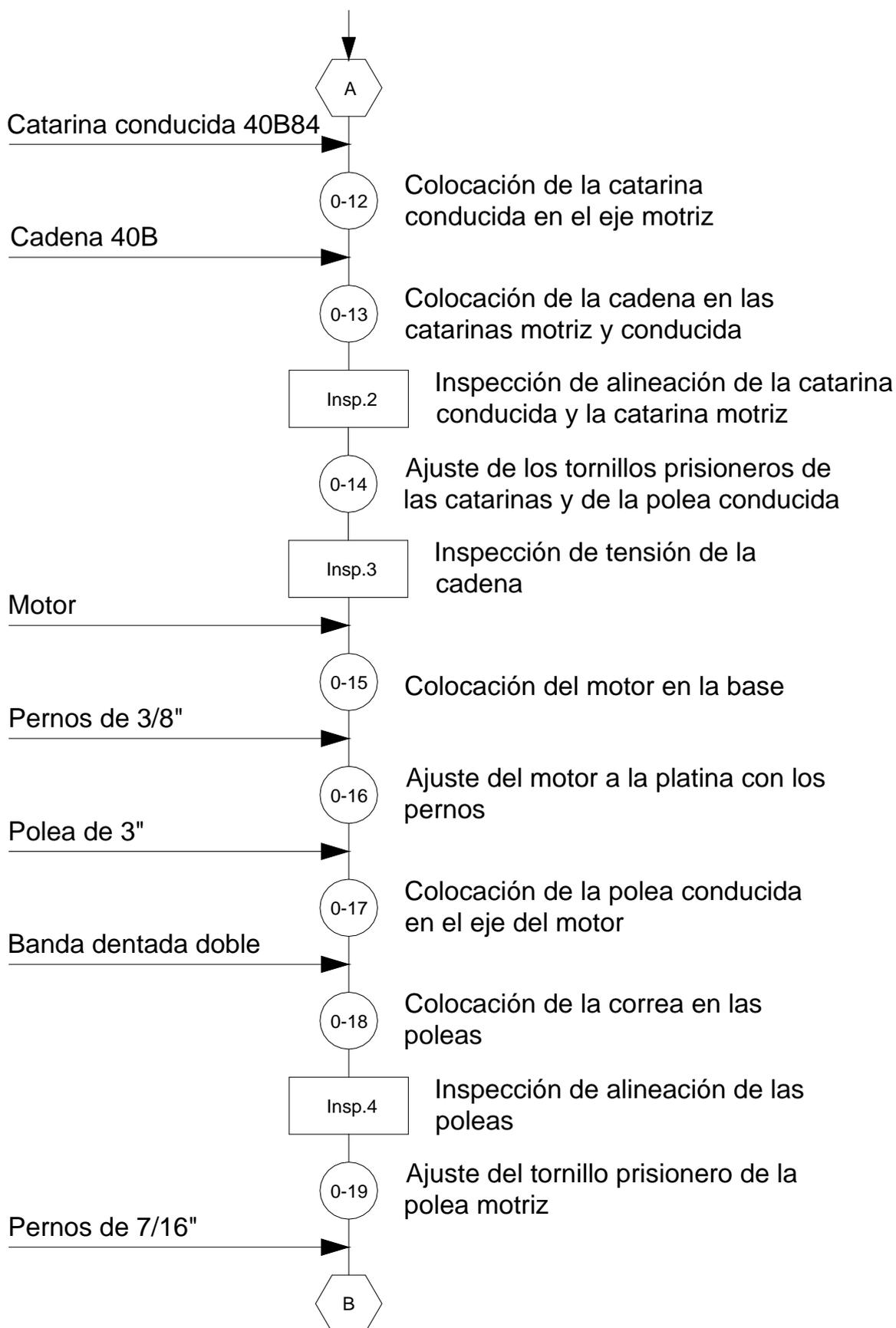
Fuente: Autor.

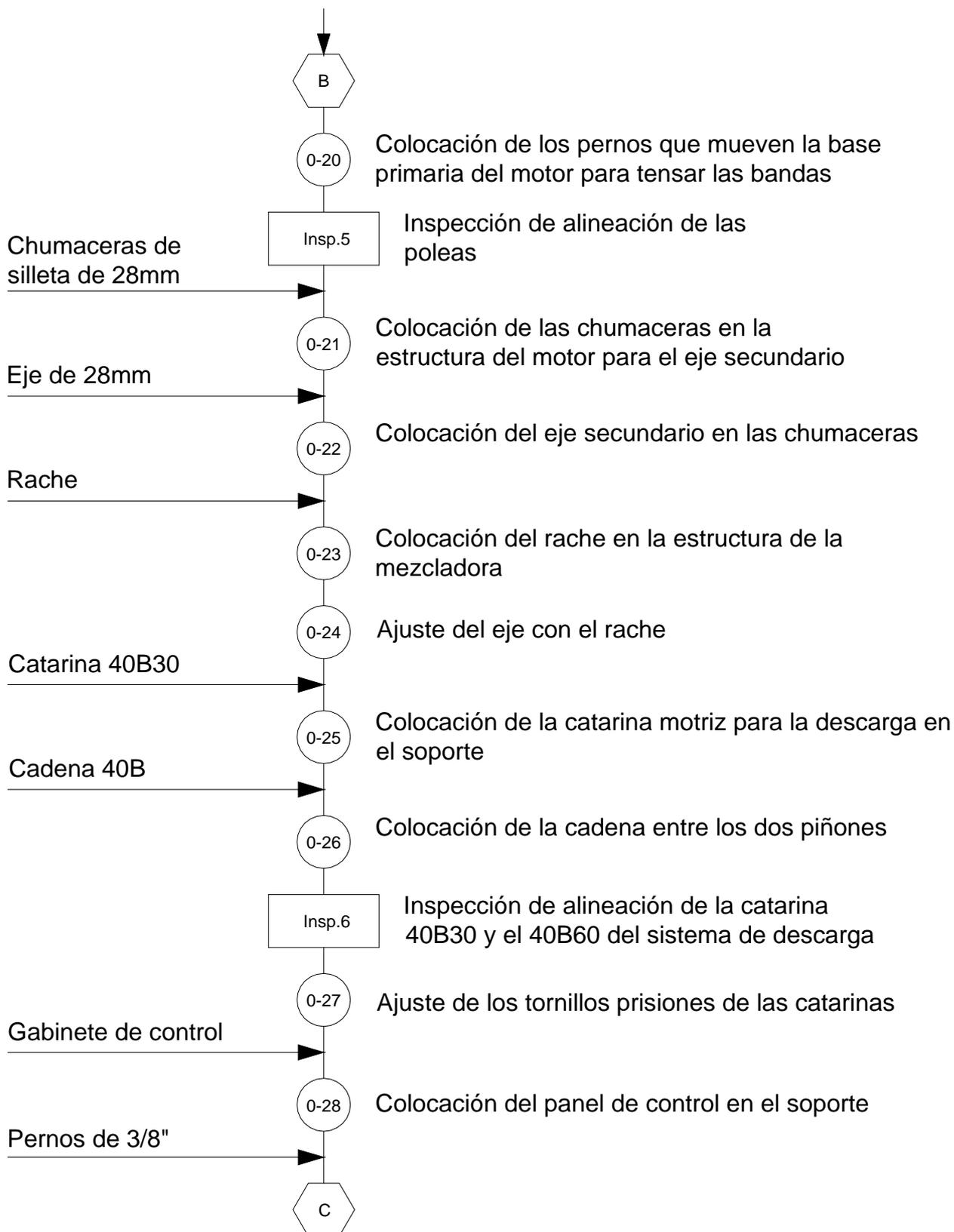
Elaboración: Autor.

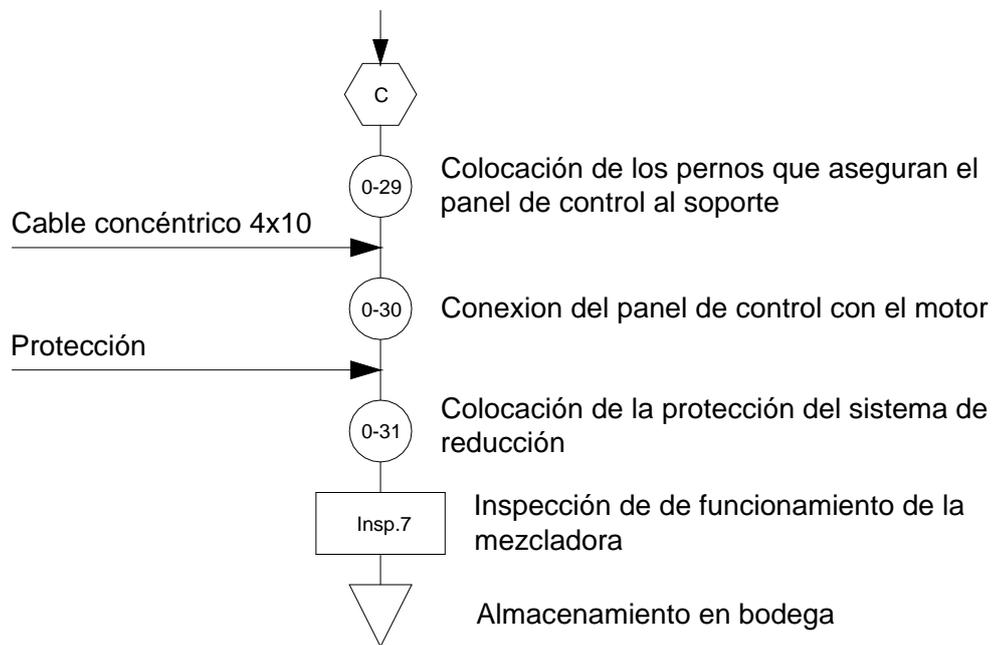
3.3 ENSAMBLAJE

El ensamblaje total de la máquina se muestra en el siguiente diagrama.









Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

Figura 3.1. Ensamblaje de la máquina.



a) Recipiente



b) Estructura



c) Sistema de mezclado



d) Sistema de descarga



e) Sistema de reducción

Fuente: Autor.

Figura 3.2. Ensamblaje completo.



Fuente: Autor.

3.4 VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO

Para la verificación del funcionamiento de la mezcladora se procede a realizar varias pruebas que garanticen su funcionamiento, para ello utilizaremos los siguientes parámetros:

3.4.1 PARÁMETROS

FÍSICO

a) Verificación de dimensiones.

OPERATIVO

b) Inspección de los elementos principales.

CONTROL

c) Panel de control.

MEZCLADO

d) Tiempo de mezclado.

e) Homogeneidad en la mezcla.

3.4.2 PESAJE DE LOS INGREDIENTES

Para el pesaje de los ingredientes se toma en cuenta los ingredientes y porcentajes de la Tabla 1.3.

Figura 3.3. Pesaje de los ingredientes.



a) Melaza

b) Urea perlada

c) Semilla de algodón

d) Minerales



e) Fosfato diamónico



f) Heno molido



g) Cemento

Fuente: Autor.

3.4.3 MEZCLADO

Después de tener todos los ingredientes listos procedemos a introducirlos en el recipiente, empezando por los ingredientes que tiene partículas pequeñas. Debemos echar una cantidad suficiente de agua para humedecer la mezcla. La melaza de debe echar en porciones pequeñas durante todo el mezclado.

Una vez que la mezcla esta lo suficientemente homogénea se procede a descargarla en el recipiente de descarga para proceder a la compactación.

3.4.4 RESULTADOS

El resultado de las pruebas realizadas a la máquina es:

3.4.4.1 Verificación de dimensiones

Se verifican las dimensiones generales de la máquina como su anchura, largo y altura. Además se verifican las distancias de cada ensamble como la alineación de las poleas, alineación de las catarinas, volteo del recipiente para la descarga de la mezcla y las distancias entre cada paleta.

3.4.4.2 Inspección de los elementos principales.

Se verifica el correcto funcionamiento del sistema de reducción de velocidad: poleas, correas, catarinas y cadenas; el sistema de mezclado: eje motriz y las paletas con sus respectivos ejes; el sistema de descarga: eje, chumaceras, rache, catarinas y cadena.

3.4.4.3 Panel de control.

Se comprueba las conexiones de todos los elementos del panel de control y la configuración del variador de velocidad para que funcione con un accionamiento On/Off. Se realiza pruebas de funcionamiento mediante el accionamiento de los selectores y del potenciómetro y las respuestas de los indicadores luminosos y la variación de velocidad del motor, obteniéndose una respuesta satisfactoria de la máquina.

3.4.4.4 Tiempo de mezclado

Se alimenta el recipiente con cada ingrediente dentro de un lapso de separación de carga aproximado de dos minutos entre cada ingrediente. El tiempo total en el que se pudo obtener una mezcla homogénea es de 25 minutos considerando que la melaza se vierte en cantidades pequeñas durante todo el mezclado.

3.4.4.5 Prueba de homogeneización

Al descargar la mezcla se puede observar que en cada porción de la mezcla total se tiene cantidades similares de cada ingrediente, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 3.4. Verificación de la mezcla.



Fuente: Autor.

CAPÍTULO 4

6. ANÁLISIS DE COSTOS DEL PROYECTO

El objetivo del análisis económico del proyecto es determinar el monto económico necesario para llevar a cabo la realización del mismo. Este monto se clasifica en costos directos e indirectos.

Los costos directos son aquellos que están relacionados directamente en el proceso de fabricación de la máquina. Consideramos los siguientes costos:

- Materia prima
- Componentes complementarios
- Costos de maquinado
- Costos de montaje

Los costos indirectos son los otros costos necesarios para culminar la máquina. Se considera los siguientes costos indirectos:

- Materiales indirectos
- Costos de ingeniería
- Gastos imprevistos

4.1 COSTOS DIRECTOS

4.1.1 COSTOS MATERIA PRIMA

Son los materiales utilizados para fabricar cada elemento que conforma la máquina. La Tabla 4.1 muestra el costo de la materia prima.

Tabla 4.1. Costos de materiales directos.

MATERIA PRIMA			
Material	Cantidad	Precio unitario	Costo (USD)
Plancha de acero inoxidable A304 1220x2240x2 mm	2	195,31	390,62
Plancha de acero ASTM A36 600x400x6 mm	11,3 kg	0,95	10,7
Tubo estructural rectangular de 60x40x2 mm	1,5	12,4	18,6
Tubo estructural cuadrado de 30x2 mm	1	2,14	2,14
Ángulo en acero AISI 304 25x3 mm	1,9 m	7,9	15
Eje macizo de acero A304 1 ½"	1,5 m	30	45
Eje macizo de acero A304 5/8"	1,6 m	8,75	14
Platinas de acero A304 100x6 mm	2,2 m	31,82	70
Plancha de acero ASTM A36 400x350x10 mm	1	10,5	10,5
Eje de acero AISI 1018 1 ¼"	0,3 m	8,34	2,5
Eje de acero de AISI 1018 ¾"	1 m	2	2
Eje de acero A304 2 ½"	0,2 m	225	45
Pernos ½ x 1 ½"	4	0,4	1,6
Perno ¾ x 1 ½"	4	0,4	1,6
Alambre ¼"	1 m	1	1
		Subtotal	630,26

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

4.1.2 COSTOS DE COMPONENTES COMPLEMENTARIOS

Estos componentes son aquellos que no necesitan ser alterados para la construcción de la máquina. Los costos de estos componentes se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 4.2. Costos de componentes complementarios.

COMPONENTES COMPLEMENTARIOS			
Componente	Cantidad	Precio unitario	Costo (USD)
Motor WEG, 3HP, 1725rpm, 60Hz	1	250	250
Chumacera tipo silleta P208	2	24,6	49,2
Chumacera tipo brida F208	2	25,2	50,4
Chumacera tipo silleta P204	2	8	16
Chumacera tipo silleta P207	2	21	42
Catarina 40B84	1	215,6	215,6
Catarina 40B12	1	26,4	26,4
Catarina 40B60	1	120,7	120,7
Catarina 40B30	1	95,3	95,3
Cadena de rodillos de ½" de paso	3m	4,8	14,4
Polea 3 in	1	4	4
Polea 14 in	1	16	16
Correa dentada	2	4	8
Rache MBA	1	25	25
Ruedas giratorias	4	0,50	2
Bisagras de 3 ½"	2	1,6	3,2
Variador iG5 5 HP	1	430	430
Luz piloto	3	1,25	3,75
Selector de dos posiciones	3	2,68	8,04
Contactador Mc 22A	1	27,4	27,4
Interruptor termomagnético 20 A	1	20	20
Relés encapsulados de 8 pines	2	6,21	12,42
Bases de relés de 8 pines	2	2,63	5,26
Potenciómetro 5K	1	0,5	0,5
Base adhesiva	20	0,18	3,6
Amarra plástica	1 funda	0,89	0,89
Terminales	20	0,11	2,2
Cable flexible # 12 AWG	5m	0,54	2,7
Cable flexible # 18 AWG	3 m	0,26	0,78
Cable concéntrico 4x12AWG	5 m	1,4	7
Marcador libretín mixto	1	8,84	8,84
Riel DIN	1	1	1
Gabinete 30x30 cm	1	29,9	19,9
Perno 3/8 x 1 ½"	4	0,4	1,6
Perno 9/16 x 1 ½"	2	0,4	0,8
Perno 9/16 x 4"	2	0,4	0,8
Perno ¾ x 4"	4	0,4	1,6
Perno ¼ x 1 ½"	4	0,4	1,6
Grasero	3	0,4	1,2
		Subtotal	1500,08

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

4.1.3 COSTOS DE MAQUINADO

Este costo está constituido por el valor de la mano de obra directa empleada en las máquinas herramientas. Estos costos se muestran a continuación:

Tabla 4.3. Costos de maquinado.

MAQUINADO			
Proceso	Tiempo	Costo/Hora	Costo (USD)
Torneado	1	12	12
Soldado	10	9	90
Cortado	6	4	24
Taladrado	2	5	10
Amolado	3	4	12
Pintado	----	----	20
		Subtotal	168

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

4.1.4 COSTO DE MONTAJE

Este costo abarca la mano de obra necesaria para el ensamblaje de cada elemento de la máquina y de la máquina en total. Se considera necesario el trabajo de dos personas durante dos días con un costo de \$ 30 día/trabajador. El costo total de montaje sería de \$ 120.

4.1.5 COSTO DIRECTO TOTAL

Tabla 4.4. Costo directo total.

COMPONENTE DEL COSTO	Valor (USD)
Materia Prima	630,26
Componentes complementarios	1500,08
Maquinado	168
Montaje	120
Subtotal	2418,34

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

4.2 COSTOS INDIRECTOS

4.2.1 COSTOS DE MATERIALES INDIRECTOS

Los costos de estos materiales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 4.5. Costos de materiales indirectos.

MATERIALES INDIRECTOS			
Material	Cantidad	Precio unitario	Costo (USD)
Electrodos	1	4	4
Disco de corte	3	3,25	9,75
Pintura	2 lt.	4	8
Thiñer	1 lt.	2	2
Lijas para hierros	3	0,75	2,25
		Subtotal	26

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

4.2.2 COSTO DE INGENIERÍA

Este costo corresponde al tiempo dedicado al diseño de la máquina. Este tiempo está establecido en aproximadamente 70 horas que representa \$ 380.

4.2.3 COSTO TOTAL INDIRECTO

Tabla 4.6. Costo indirecto total.

COMPONENTE DEL COSTO	Valor (USD)
Materiales indirectos	26
Ingeniería	380
Subtotal	406

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

4.3 COSTO DE IMPREVISTOS

Estos costos son aquellos que se producen durante el diseño y construcción de la máquina y que no se encuentran establecidos, como son transporte del material,

personas, accesorios o insumos extra, etc. Se estima este costo en un 5% del costo directo e indirecto.

4.4 COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA

Este es el resultado de los costos directos e indirectos y además se añade el costo de imprevistos. El resultado final se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.7. Costo total.

COMPONENTE DEL COSTO	Valor (USD)
Directo	2418,34
Indirecto	406
Subtotal	2824,34
Imprevistos	141,2
COSTO TOTAL	2965,54

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

CAPÍTULO 5

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- a) El presente proyecto satisface la necesidad de mezclar alimentos balanceados para la elaboración de bloques multinutricionales en menor tiempo y en menor número de personas en comparación a la elaboración mediante el método manual.
- b) La mezcla obtenida tiene la homogeneidad suficiente para la elaboración de un bloque multinutricional de calidad, por lo tanto garantiza la calidad de la máquina mezcladora.
- c) El sistema de descarga por volteo permite descargar la mezcla de una manera rápida y sencilla logrando disminuir considerablemente el tiempo para que la mezcla pueda ser compactada.
- d) Esta máquina mezcladora para bloques multinutricionales es de fácil operación y mantenimiento, por lo tanto no precisa de personas especializadas ponerla en funcionamiento.
- e) El diseño previo de cada elemento y sistema que constituye la mezcladora garantiza el correcto funcionamiento de la misma durante el proceso de mezclado.
- f) Por su tamaño y diseño, esta mezcladora facilita el montaje y desmontaje de la misma, evitando la necesidad de personas especializadas, pudiéndose realizar en el lugar de operación y con herramientas que se consiguen en el mercado.

5.2 RECOMENDACIONES

- a) Inspeccionar los elementos principales de la máquina mezcladora antes de ponerla en marcha.
- b) Desconectar la máquina mezcladora previo a su limpieza para prevenir accidentes.
- c) No exceder la capacidad de carga de la mezcladora para la cual fue diseñada.
- d) Colocar primeramente los ingredientes cuyas partículas son más grandes para que estos se puedan homogeneizar de mejor manera.
- e) Utilizar un equipo de protección necesario como gafas, guantes y mascarillas, pues durante la mezcla las partículas de los polvos finos envuelven el ambiente.
- f) No poner toda la cantidad de melaza en un solo momento, sino esparcirla en varias secciones de tiempo para evitar gránulos grandes.

BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez Días, A. (2013). *Fisiología digestiva comparada*. Obtenido de <http://es.scribd.com/doc/145712703/Fisiologia-de-rumiantes#download>
2. Alltech. (s.f.). *Función del rumen*. Obtenido de <http://es.alltech.com/challenge/funcion-del-rumen>
3. Andrango Ramírez, H. H., & Naranjo Tonato, L. A. (2012). Diseño y construcción de una mezcladora y dosificadora de suplemento multinutricional para ganado con una capacidad de hasta 125 kg/h para la empresa química Riandi Cia Ltda. *Memoria para optar al Título de Ingeniero Mecánico, Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Politécnica Nacional*. Quito, Pichincha, Ecuador.
4. Beer, F., Johnston, R., & DeWolf, J. (2001). *Mecánica de Materiales*. México: McGraw-Hill.
5. Birbe, B., Herrera, P., Colmenares, O., & Martínez, N. (2006). El consumo como variable en el uso de bloques multinutricionales. *X Seminario de Pastos y Forrajes*.
6. Birbe, B., Herrera, P., & Colmenares, O. (2006). Los Bloques Multinutricionales. Estrategias de Suplementación con Recursos Locales, para ganado de Doble propósito. 1 al 12.
7. Birbe, B., Herrera, P., Bazarte, R., Colmenares, O., Hernández, M., & Martínez, N. (2006). Bloques Multinutricionales con Urea Fosfato.
8. Cazares, R. (2008). Evaluación del comportamiento productivo de cuyes con bloques nutricionales.
9. CPB Aurum. (s.f.). Obtenido de <http://www.cpbaurum.com/PDF/mez4b566.pdf>
10. ElectroIndustria. (s.f.). *Interruptores termomagnéticos*. Obtenido de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1741>
11. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-Unam. (2010). Alimentación de Bovinos. *Enciclopedia Bovina*.
12. Faires, V. (2001). *Diseño de Elementos de Máquinas*. Barcelona: Montaner y Simón.

13. Fariñas, T., Mendieta, B., Reyes, N., Mena, M., Cardona, J., & Pezo, D. (2009). ¿Cómo preparar y suministrar bloques multi-nutricionales al ganado? *Catie*.
14. Fraile Mora, J. (2003). *Máquinas Eléctricas*. España: McGraw-Hill.
15. Hamrock, B., Jacobson, B., & Schmid, S. (2000). *Elementos de Máquinas*. México: McGraw-Hill.
16. Jutz, H., Scharkus, E., & Lobert, R. (1984). *Tablas para la Industria Metalúrgica*. Barcelona: Reverté.
17. Mc Cormac, J. (2005). *Análisis de Estructuras*. México: Alfaomega.
18. Molinos Azteca. (s.f.). *Mezcladoras Horizontales*. Obtenido de <http://www.molinosazteca.com/planta-de-alimentos.php?id=20>
19. Molinos Azteca. (s.f.). *Mezcladoras Verticales*. Obtenido de <http://molinosazteca.com/planta-de-alimentos.php?id=58>
20. Mott, R. (2004). *Diseño de Elementos de Máquinas*. México: Pearson Educación.
21. Mott, R. (2006). *Mecánica de Fluidos*. México: Pearson Educación.
22. Norton, R. (2008). *Diseño de Máquinas*. México: Pearson Educación.
23. Nouel, G., Espejo, M., Sánchez, R., Hevia, P., Alvarado, H., Brea, A., . . . Mejías, G. (2003). Consumo y digestibilidad de bloques nutricionales para conejos, compuestos por tres forrajeras del semiárido comparados con soya perenne. *Bioagro*, 2.
24. NSK. (s.f.). Rodamientos. *CAT.No.E1102c, A24-A36*.
25. Pallo Caizatoa, D. P., & Peñafiel Moreno, C. R. (Abril de 2011). Diseño de una máquina mezcladora de materia orgánica para la elaboración de humus. *Memoria para optar al Título de Ingeniero Mecánico, Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Politécnica Nacional*. Quito, Pichincha, Ecuador.
26. Pisarenko, G. (1979). *Manual de Resistencia de Materiales*. Rumania: Mir Moscú.
27. Shigley, J. (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica*. México: McGraw-Hill.
28. Teruya, R. (2008). Aparato Digestivo de los monogástricos. *Fisiología II*.
29. Teruya, R. (2013). Sistema digestivo de rumiante. *Fisiología Veterinaria II*.
30. Unicon. (s.f.). *Tubos Estructurales*. Obtenido de http://www.unicon.com.ve/estructural_tubos_estructurales.html

31. Universidad de Antioquia. (s.f.). *Equipos de mezclado*. Obtenido de http://docencia.udea.edu.co/qf/farmacotecnia/03/03_equipos.html
32. Universidad de Córdoba. (s.f.). *Macrominerales I*. Obtenido de <http://www.uco.es/zootecniaygestion/menu.php?tema=130>
33. Universidad de Córdoba. (s.f.). *Microminerales*. Obtenido de <http://www.uco.es/zootecniaygestion/menu.php?tema=144>
34. Villalobos Rojas, J. (2012). *Universidad de Talca*. Obtenido de Introducción al mezclado: <http://es.scribd.com/doc/97145207/Tipos-de-Mezcladores>
35. Wildi, T. (2007). *Máquinas Eléctricas y Sistemas de Potencia*. México: Pearson Educación.

ANEXOS

ANEXO 1

MANUAL DE USUARIO

1. INTRODUCCION

En el presente manual se describe el manejo y mantenimiento de la máquina mezcladora de alimento balanceado para la elaboración de bloques multinutricionales.

Se recomienda leer este manual antes de encender y operar la máquina, el correcto manejo de la misma garantiza su fiabilidad al momento de realizar el proceso de mezclado.

2. PARTES

- 1) Panel de control
- 2) Recipiente de mezclado
- 3) Paletas
- 4) Eje motriz
- 5) Sistema de reducción
- 6) Sistema de descarga
- 7) Motor
- 8) Estructura

3. TRANSPORTE

El transporte de la mezcladora debe ser cuidadoso, para ello se recomienda sujetar toda la estructura; sus partes sueltas, no deben ir pegadas entre si. Se debe colocar la máquina a una distancia moderada y protegerla con cartones por posibles golpes y rayados. Además se debe cubrir la maquina de lluvias, para evitar corrosión en las partes que no son de acero inoxidable.

4. LOCALIZACIÓN DE CONTROLES



Panel de control

1. S1: Control On/Off.
2. S2: Control Star/Stop.
3. S3: Cambio de giro.
4. Potenciómetro para variar la velocidad.
5. Indica que la máquina tiene alimentación eléctrica.
6. Indica que el motor está detenido.
7. Indica que el motor está en marcha.
8. Paro de emergencia.

5. PUESTA EN MARCHA

5.1 VERIFICACIÓN

Inicialmente se realiza un listado de los accesorios y partes de la mezcladora.

- Energía eléctrica: Es necesario una instalación trifásica de 220V/60Hz para poner en marcha la máquina.
- Chequeo del giro del motor y de las paletas: Debe de girar en sentido antihorario para el mezclado y en sentido horario para la descarga.
- Sujeción del motor: Verificar los tornillos que sujetan al motor y los tornillos que se utilizan para tensionar las correas.
- Sistema de reducción: Verificar la tensión de las correas, engrase de la cadena, y chumaceras.
- Arranque: Para el primer arranque se recomienda encender la máquina en vacío para verificar que no haya sonidos extraños.
- Panel de control: Verificar el panel de control, el variador de velocidad, disyuntor y contactor.

5.2 ARRANQUE

Encender el motor en VACIO y dejarlo correr por aproximadamente 30 segundos.

- Cargar los ingredientes de la mezcla con el motor en marcha. EVITAR encender el motor para luego cargar los ingredientes.
- Se debe cargar los ingredientes empezado por los que tienen partículas pequeñas. La melaza se debe cargar en proporciones pequeñas.
- Realizar el proceso de mezclado por un lapso de 20 a 25 minutos o el tiempo necesario para la homogeneización de la mezcla.
- Una vez obtenida la homogeneización de la mezcla se debe apagar el motor para proceder a descargar la mezcla mediante el sistema de descarga por volteo. Es necesario cambiar de giro del motor con el selector S3 para descargar los restos de la mezcla.

- Para volver a cargar un nuevo Bach de mezcla se debe encender primero el motor y volver a repetir el proceso indicado.

6. PARADA

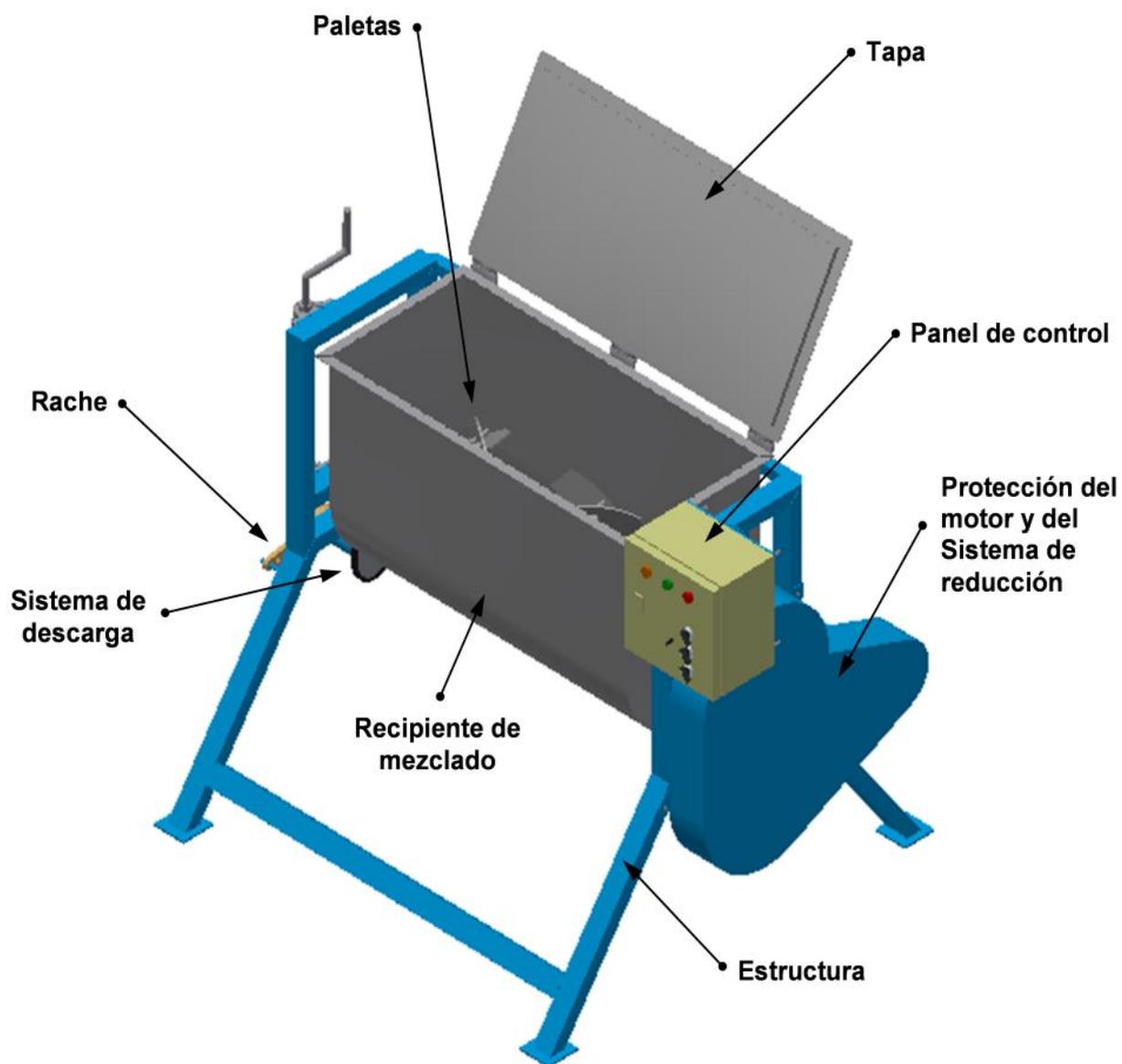
1. Concluido el cronograma de producción del día se debe descargar toda la mezcla de la máquina.
2. Apagar el motor.
3. Limpiar las paletas y el recipiente de la mezcladora.
4. Bajar la llave principal de la energía eléctrica.

7. PRECAUCIONES

1. Durante la operación de mezclado NUNCA se debe de introducir la mano por la parte superior de la mezcladora ya que las paletas en movimiento podrían lesionar la mano.
2. Es recomendable desconectar la energía eléctrica antes de la limpieza de la mezcladora.

8. PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA MEZCLADORA

- Revisar mensualmente y si es necesario engrasar la cadena.
- Limpiar el motor semanalmente.
- Revisar la tensión de las correas después de cada 60 horas de trabajo.
- Revisar la polea motriz, alineamiento con la polea conducida.
- Limpiar y engrasar las chumaceras cada 100 horas de trabajo.
- Revisar las piezas internas y externas mensualmente, los pernos de las chumaceras, la cadena, etc. Reemplazar, reparar, o lo que sea necesario.



ANEXO 2

Catálogos

- 2.1 Catálogo de planchas inoxidables**
- 2.2 Catálogo de ejes de acero inoxidable**
- 2.3 Catálogo del motores weg**
- 2.4 Catálogo de cadenas de rodillos**
- 2.5 Catálogo de piñones**
- 2.6 Catálogo del variador de frecuencia**
- 2.7 Catálogo de ejes acero AISI 4340**
- 2.8 Catálogo de correas**
- 2.9 Catálogo de rodamientos**
- 2.10 Catálogo de soporte para rodamiento tipo silleta**
- 2.11 Catálogo de soporte para rodamiento tipo brida**
- 2.12 Catálogo de planchas ASTM 36.**
- 2.13 Catálogo de tubo estructural ASTM A-500.**

2.1 Catálogo de planchas inoxidables.



PLANCHAS

PLANCHAS INOXIDABLES

Especificaciones Generales

Norma	304, 316, 430
Espesores	Desde 0.40mm hasta 15.00mm
Rollos	X 1220mm
Planchas	4 x 8 pies
	Largos y calidades especiales bajo pedido

Tipo de estructura	Tipo de Composición	Descripción de acuerdo a JIS*	Descripción de acuerdo a AISI**	Descripción de acuerdo a DIN***	COMPOSICION QUIMICA %					
					C	Si max	Mn	P max	S max	Ni
Austenite	17 Cr-5Ni-7Mn	SUS 201	201		0,15 max	1,00	5,50 ~ 7,50	0,06	0,030	3,50 ~ 5,5
	18 Cr-6Ni-10Mn	SUS 202	202		0,15 max	1,00	7,50 ~ 10,00	0,06	0,030	4,00 ~ 6,00
	17Cr-7Ni	SUS 301	301	4310	0,15 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	6,00 ~ 8,00
	18Cr-8Ni-highC	SUS 302	302	4300	0,15 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	8,00 ~ 10,00
	18Cr-8Ni	SUS 304	304	4301	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	8,00 ~ 10,50
	18Cr-8Ni-extra-low-C	SUS 304 L	304L	4306	0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00
	18Cr-12Ni	SUS 305	305	3955	0,12 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,50 ~ 13,00
	23Cr-12Ni	SUS 309 S	309 S	4845	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	12,00 ~ 15,00
	25Cr-20Ni	SUS 310 S	310 S		0,08 max	1,50	2,00 - max	0,04	0,030	19,00 ~ 22,00
	18Cr-12Ni-2.5Mo	SUS 316	316	4401	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,00 ~ 14,00
	18Cr-12Ni-7.5Mo-extra-low-C	SUS 316 L	316 L	4404	0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	12,00 ~ 15,00
	18Cr-12Ni-2Mo-2Cu	SUS 316 J1		4505	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,00 ~ 14,00
	18Cr-13Ni-3.5Mo	SUS 317	317	4402	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	18,00 ~ 15,00
	18Cr-13Ni-3.5Mo-extra-low-C	SUS 317 L	317 L		0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	11,00 ~ 15,00
	18Cr-8Ni-Ti	SUS 321	321	4541	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00
18Cr-9Ni-Nb	SUS 347	347	4550	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00	
Ferrite	13Cr-Al	SUS 405	405	4002	0,08 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	16Cr	SUS 429	429	4009	0,12 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
	18Cr	SUS 430	430	4016	0,12 max	0,75	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	18Cr-Mo	SUS 434	434	4113	0,12 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
Martensite	13Cr-low Si	SUS 403	403	4024	0,15 max	0,50	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	13Cr	SUS 410	410	4000	0,15 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	13Cr-high C	SUS 420 J2	420	4021	0,26 ~ 0,40	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
	18Cr-high C	SUS 440 A	440 A		0,60 ~ 0,75	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
Endurecido por precipitación	17Cr-7Ni-1Al	SUS 631	631		0,09 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	6,50 ~ 7,75

JIS* Japanese Industrial Standards
 AISI** American Iron and Steel Institute
 DIN*** Deutsche Industrie Normen



DIPAC[®]
PRODUCTOS DE ACERO



PLANCHAS

COMPOSICION QUIMICA %			PROPIEDADES MECANICAS							
Cr	Mo	Otros Elementos	Pruebas Mecánicas					Pruebas de Dureza		PRUEBA DE FLEXIBILIDAD 180° radio (t, mm)
			Resistencia Mecánica min Kg/mm ²	psi	Punto de fluencia ^{T1} min kg/mm ²	psi	Elongación % min JIS N° 13 (Muestra)	Escala Rockwell B max	Escala de dureza Vickers max	
16,00 ~ 18,00		N: 0,25 max	65	93,000	25	35,800	40	100	253	
17,00 ~ 19,00		N: 0,25 max	60	85,500	25	35,800	40	95	218	
16,00 ~ 18,00			53	75,800	21	30,000	40	90	200	
17,00 ~ 19,00			53	75,800	21	30,000	40	90	200	
18,00 ~ 20,00			53	75,800	21	30,000	40	90	200	
18,00 ~ 20,00			49	69,500	18	25,500	40	90	200	
17,00 ~ 19,00			49	69,500	18	25,500	40	90	200	
22,00 ~ 24,00			53	75,800	21	30,000	40	90	200	
24,00 ~ 26,00			53	75,800	21	30,000	40	90	200	
16,00 ~ 18,00	2,00 ~ 3,00		53	75,800	21	30,000	40	90	200	
16,00 ~ 18,00	2,00 ~ 3,00		49	69,500	18	25,500	40	90	200	
17,00 ~ 19,00	1,20 ~ 2,75	Cu: 1,00 ~ 2,5	53	75,800	21	30,000	40	90	200	
18,00 ~ 20,00	3,00 ~ 4,00		53	75,800	21	30,000	40	90	200	
18,00 ~ 20,00	3,00 ~ 4,00		49	69,500	18	25,800	40	90	200	
17,00 ~ 19,00		Tr: 5 x C% min	53	75,800	21	30,000	40	90	200	
17,00 ~ 19,00		Nb + Ta: 10 x C% min	53	75,800	21	30,000	40	90	200	
11,50 ~ 16,00		Al: 0,10~0,30	42	60,000	18	25,500	20	88	200	t 8 0,5 t
14,00 ~ 16,00			46	65,800	21	30,000	22	88	200	1,0t
16,00 ~ 18,00			46	65,800	21	30,000	22	88	200	1,0t
16,00 ~ 18,00	0,75 ~ 1,25		46	65,800	21	30,000	22	88	200	1,0t
11,50 ~ 13,00			45	64,000	21	30,000	20	88	200	1,0t
11,50 ~ 13,5			45	64,000	21	30,000	20	88	200	1,0t
12,00 ~ 14,00			55	78,500	23	32,750	18	93	210	
16,00 ~ 18,00	0,75 max		60	85,500	25	35,800	15	97	230	
16,00 ~ 18,00		Al: 0,75 ~ 1,50	105	148,000	39	55,500	20	92	200	

2.2 Catálogo de ejes de acero inoxidable.



EJES

EJES ACERO INOXIDABLE

Especificaciones Generales

Material	AISI 304
Dureza HB	249-278
Límite de influencia	225 N/mm ²
Aplicaciones	INDUSTRIAS ALIMENTICIAS, CERVECERA, AZUCARERA, ALIMENTICIA, UTENSILLOS DOMESTICOS INDUSTRIA DEL CUERO FARMACEUTICA, DENTAL, ETC...



DIMENSIONES

DIAMETRO	LONGITUD
3/16"	6m.
1/4"	6m.
5/16"	6m.
3/8"	6m.
1/2"	6m.
5/8"	6m.
3/4"	6m.
1"	6m.
1-1/4"	6m.
1-1/2"	6m.
2"	6m.
2-1/2"	6m.
3"	6m.
3-1/2"	6m.
4"	6m.
5"	6m.
6"	6m.

PROPIEDADES QUÍMICAS

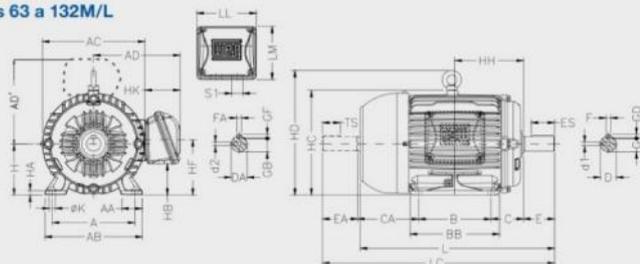
%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Ni	%Cr
0 - 0,08	0 - 1	0 - 2	0 - 0,045	0 - 0,03	8 - 10.5	18 - 20

2.3 Catálogo del motores weg.

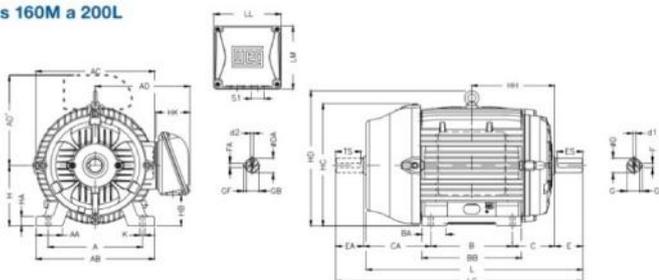
	Nr.: 001				
	Fecha: 04-ENE-2013				
HOJA DE DATOS Motor trifásico de inducción - Rotor de jaula					
Cliente	: Diego Manyá				
Línea del producto	: W22 Carcasa de Hierro Gris - Premium Efficiency - IE3				
Carcasa	: 100L				
Potencia	: 3 HP				
Frecuencia	: 60 Hz				
Polos	: 4				
Rotación nominal	: 1725				
Deslizamiento	: 3,33 %				
Voltaje nominal	: 220/440 V				
Corriente nominal	: 8,16/4,08 A				
Corriente de arranque	: 62,0/31,0 A				
I _p /I _n	: 7,6				
Corriente en vacío	: 4,60/2,30 A				
Par nominal	: 12,1 Nm				
Par de arranque	: 380 %				
Par máxima	: 370 %				
Categoría	: N				
Clase de aislación	: F				
Elevación de temperatura	: 80 K				
Tiempo de rotor bloqueado	: 24 s (caliente)				
Factor de servicio	: 1,25				
Régimen de servicio	: S1				
Temperatura ambiente	: -20°C - +40°C				
Altitud	: 1000				
Protección	: IPW55				
Masa aproximada	: 33 kg				
Momento de inercia	: 0,00968 kgm ²				
Nivel de ruido	: 54 dB(A)				
	Delantero	Trasero	Carga	Factor de potencia	Rendimiento (%)
Rodamiento	6206 ZZ	6205 ZZ	100%	0,79	89,5
Intervalo de lubricación ---	---	---	75%	0,72	88,2
Cantidad de grasa ---	---	---	50%	0,59	86,6
Observaciones:					
Rendimiento de acuerdo con el método indirecto de IEC 60034-1:2007 con pérdidas aleatorias de la carga determinadas de las medidas.					
Ejecutante	Verificado				
Si	Si				

Datos mecánicos

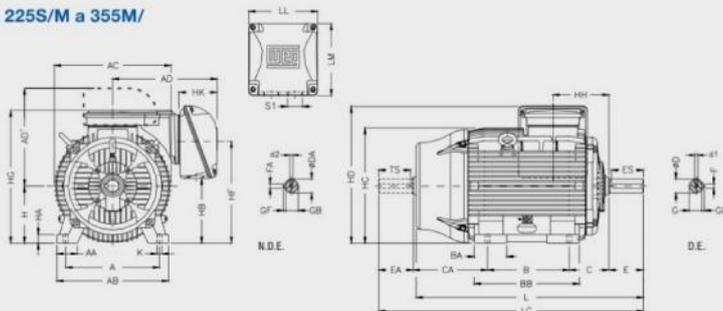
Carcasas 63 a 132M/L



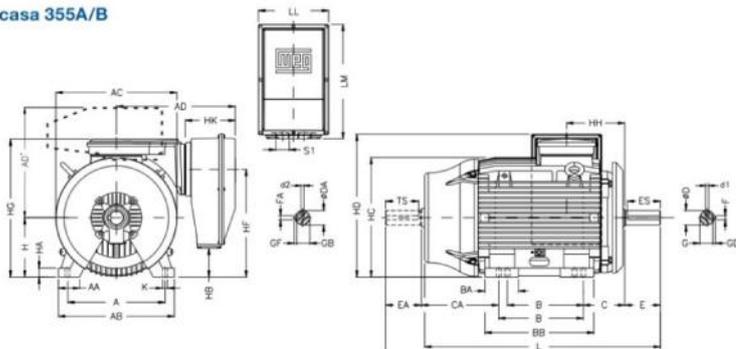
Carcasas 160M a 200L



Carcasa 225S/M a 355M/



Carcasa 355A/B

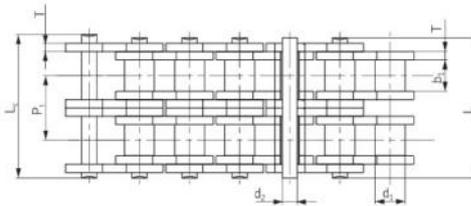
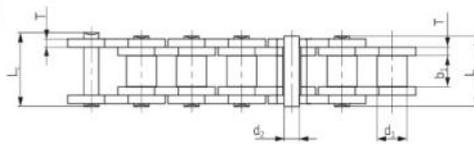
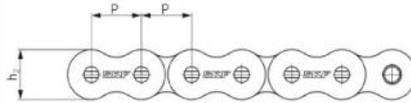


2.4 Catálogo de cadenas de rodillos.



Cadenas de rodillos

ANSI para trabajos pesados



Nº de cadena ANSI	Nº de cadena BS/ISO	Paso P	Diámetro de los rodillos		Anchura entre las placas interiores b ₁ Máx.	Diámetro del pasador		Longitud del pasador		Longitud del pasador enchavetado L ₁ Máx.	Altura de la placa interior h ₁ Máx.	Grosor de la placa T Máx.	Paso transversal Pt	Resistencia última a tracción Q Min.	Resistencia media a tracción Q ₀	Peso por metro q	Designación
			d _r Máx.	d _r Máx.		L Máx.	L Máx.										
35H-1*	-	9,525	5,08	4,77	3,58	13,3	14,3	-	9,0	1,50	-	7,9	10,8	0,41	PHC 35H-1...		
40H-1	08AH-1	12,700	7,95	7,85	3,96	18,8	19,9	-	12,00	2,03	-	14,1	19,1	0,82	PHC 40H-1...		
50H-1	10AH-1	15,875	10,16	9,40	5,08	22,1	23,4	24,4	15,09	2,42	-	22,2	30,2	1,25	PHC 50H-1...		
60H-1	12AH-1	19,050	11,91	12,57	5,94	29,2	31,0	31,6	18,00	3,25	-	31,8	42,7	1,87	PHC 60H-1...		
80H-1	16AH-1	25,400	15,88	15,75	7,92	36,2	37,7	39,4	24,00	4,00	-	56,7	71,4	3,10	PHC 80H-1...		
100H-1	20AH-1	31,750	19,05	18,90	9,53	43,6	46,9	46,9	30,00	4,80	-	88,5	112,4	4,52	PHC 100H-1...		
120H-1	24AH-1	38,100	22,23	25,22	11,10	53,5	57,5	57,5	35,70	5,60	-	127,0	160,9	6,60	PHC 120H-1...		
140H-1	28AH-1	44,450	25,40	25,22	12,70	57,6	62,2	62,2	41,00	6,40	-	172,4	217,3	8,30	PHC 140H-1...		
160H-1	32AH-1	50,800	28,58	31,55	14,27	68,2	73,0	73,0	47,80	7,20	-	226,8	285,8	10,30	PHC 160H-1...		
180H-1	36AH-1	57,150	35,71	35,48	17,46	75,9	81,6	-	53,60	8,0	-	281,0	341,8	14,83	PHC 180H-1...		
200H-1	40AH-1	63,500	39,68	37,85	19,85	86,6	93,5	93,5	60,00	9,50	-	353,8	444,5	19,16	PHC 200H-1...		
240H-1	48AH-1	76,200	47,63	47,35	23,81	109,6	115,9	-	72,30	12,70	-	510,3	622,5	30,4	PHC 240H-1...		
60H-2	12AH-2	19,050	11,91	12,57	5,94	55,3	57,1	57,7	18,00	3,25	26,11	63,6	84,5	3,71	PHC 60H-2...		
80H-2	16AH-2	25,400	15,88	15,75	7,92	68,8	70,3	72,0	24,00	4,00	32,59	113,4	145,3	6,15	PHC 80H-2...		
100H-2	20AH-2	31,750	19,05	18,90	9,53	82,7	86,0	86,0	30,00	4,80	39,09	177,0	225,9	9,03	PHC 100H-2...		
120H-2	24AH-2	38,100	22,23	25,22	11,10	102,4	106,4	106,4	35,70	5,60	48,87	254,0	322,7	13,13	PHC 120H-2...		
140H-2	28AH-2	44,450	25,40	25,22	12,70	109,8	114,4	114,4	41,00	6,40	52,20	344,8	437,7	16,60	PHC 140H-2...		
160H-2	32AH-2	50,800	28,58	31,55	14,27	130,1	134,9	134,9	47,80	7,20	61,90	453,6	571,6	20,20	PHC 160H-2...		
200H-2	40AH-2	63,500	39,68	37,85	19,85	164,9	171,8	171,8	60,00	9,50	78,31	707,6	894,9	38,11	PHC 200H-2...		
60H-3	12AH-3	19,050	11,91	12,57	5,94	81,4	83,2	83,8	18,00	3,25	26,11	95,4	113,9	5,54	PHC 60H-3...		
80H-3	16AH-3	25,400	15,88	15,75	7,92	101,4	102,9	104,6	24,00	4,00	32,59	170,1	203,5	9,42	PHC 80H-3...		
100H-3	20AH-3	31,750	19,05	18,90	9,53	121,8	125,1	125,1	30,00	4,80	39,09	265,5	314,8	12,96	PHC 100H-3...		
120H-3	24AH-3	38,100	22,23	25,22	11,10	151,2	155,2	155,2	35,70	5,60	48,87	381,0	444,7	19,64	PHC 120H-3...		
140H-3	28AH-3	44,450	25,40	25,22	12,70	162,0	166,6	166,6	41,00	6,40	52,20	517,2	598,4	24,90	PHC 140H-3...		
160H-3	32AH-3	50,800	28,58	31,55	14,27	192,0	196,8	196,8	47,80	7,20	61,90	680,4	787,3	30,10	PHC 160H-3...		
200H-3	40AH-3	63,500	39,68	37,85	19,85	243,2	250,1	250,1	60,00	9,50	78,31	1061,4	1228,2	57,06	PHC 200H-3...		

* Casquillo del pasador: d₁ indica el diámetro externo del casquillo.

Para cadenas enchavetadas añada una "C" después del número de hileras. Por ejemplo 160H-1 con un pasador enchavetado lleva la designación PHC 160H-1C...

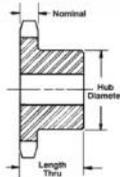
Las longitudes estándar son de 10 pies/5 m. Para completar la designación, añada la longitud de la cadena. Por ejemplo, una caja de 5 m de tipo 160H-1 sería PHC 160H-1X5MTR.

Para los eslabones, añada "C/L" para los de "unión" y "D/L" para las "medias mallas cortas" a la designación que se muestra en la tabla.

2.5 Catálogo de piñones.

SPROCKETS

BS & ANSI Sprockets Simplex Type (B) & (C) Bossed



The "C" is bossed both sides.
All sprockets made from high carbon steel and/or induction hardened producing extended wear life.

PART NUMBER EXAMPLE

BS 06B25	ANSI 50B17
06 - Pitch 6/16	50 - Pitch 5/8
B - Boss Type	B - Boss Type
25 - Teeth	17 - Teeth

No of Teeth	1/4" Pitch			3/8" Pitch			1/2" Pitch			5/8" Pitch			3/4" Pitch			1" Pitch		
	ANSI	PCD	BS	ANSI	PCD	BS	ANSI	ANSI	PCD	BS	ANSI	PCD	BS	ANSI	PCD	BS	ANSI	PCD
8		16.59	06B8	35B8	24.89	08B8	40B8	41B8	33.19	10B8	50B8	41.48	12B8	60B8	49.78	16B8	80B8	66.37
9	25B9	18.57	06B9	35B9	27.85	08B9	40B9	41B9	37.13	10B9	50B9	46.42	12B9	60B9	55.70	16B9	80B9	74.26
10	25B10	20.55	06B10	35B10	30.82	08B10	40B10	41B10	41.10	10B10	50B10	51.37	12B10	60B10	61.65	16B10	80B10	82.20
11	25B11	22.54	06B11	35B11	33.81	08B11	40B11	41B11	45.08	10B11	50B11	56.35	12B11	60B11	67.62	16B11	80B11	90.16
12	25B12	24.53	06B12	35B12	36.80	08B12	40B12	41B12	49.07	10B12	50B12	61.34	12B12	60B12	73.60	16B12	80B12	98.14
13	25B13	26.53	06B13	35B13	39.80	08B13	40B13	41B13	53.07	10B13	50B13	66.33	12B13	60B13	79.60	16B13	80B13	106.14
14	25B14	28.54	06B14	35B14	42.80	08B14	40B14	41B14	57.07	10B14	50B14	71.34	12B14	60B14	85.61	16B14	80B14	114.15
15	25B15	30.54	06B15	35B15	45.81	08B15	40B15	41B15	61.08	10B15	50B15	76.35	12B15	60B15	91.63	16B15	80B15	122.17
16	25B16	32.55	06B16	35B16	48.82	08B16	40B16	41B16	65.10	10B16	50B16	81.37	12B16	60B16	97.65	16B16	80B16	130.20
17	25B17	34.56	06B17	35B17	51.84	08B17	40B17	41B17	69.12	10B17	50B17	86.39	12B17	60B17	103.67	16B17	80B17	138.23
18	25B18	36.57	06B18	35B18	54.85	08B18	40B18	41B18	73.14	10B18	50B18	91.42	12B18	60B18	109.70	16B18	80B18	146.27
19	25B19	38.58	06B19	35B19	57.87	08B19	40B19	41B19	77.16	10B19	50B19	96.45	12B19	60B19	115.74	16B19	80B19	154.32
20	25B20	40.59	06B20	35B20	60.89	08B20	40B20	41B20	81.18	10B20	50B20	101.48	12B20	60B20	121.78	16B20	80B20	162.37
21	25B21	42.61	06B21	35B21	63.91	08B21	40B21	41B21	85.21	10B21	50B21	106.51	12B21	60B21	127.82	16B21	80B21	170.42
22	25B22	44.62	06B22	35B22	66.93	08B22	40B22	41B22	89.24	10B22	50B22	111.55	12B22	60B22	133.86	16B22	80B22	178.48
23	25B23	46.63	06B23	35B23	69.95	08B23	40B23	41B23	93.27	10B23	50B23	116.59	12B23	60B23	139.90	16B23	80B23	186.54
24	25B24	48.65	06B24	35B24	72.97	08B24	40B24	41B24	97.30	10B24	50B24	121.62	12B24	60B24	145.95	16B24	80B24	194.60
25	25B25	50.66	06B25	35B25	76.00	08B25	40B25	41B25	101.33	10B25	50B25	126.66	12B25	60B25	151.99	16B25	80B25	202.66
26	25B26	52.68	06B26	35B26	79.02	08B26	40B26	41B26	105.36	10B26	50B26	131.70	12B26	60B26	158.04	16B26	80B26	210.72
27	25B27	54.70	06B27	35B27	82.05	08B27	40B27	41B27	109.40	10B27	50B27	136.74	12B27	60B27	164.09	16B27	80B27	218.79
28	25B28	56.71	06B28	35B28	85.07	08B28	40B28	41B28	113.43	10B28	50B28	141.79	12B28	60B28	170.14	16B28	80B28	226.86
30	25B30	60.75	06B30	35B30	91.12	08B30	40B30	41B30	121.50	10B30	50B30	151.87	12B30	60B30	182.25	16B30	80B30	243.00
32	25B32	64.78	06B32	35B32	97.18	08B32	40B32	41B32	129.57	10B32	50B32	161.96	12B32	60B32	194.35	16B32	80B32	259.14
35	25B35	70.84	06B35	35B35	106.26	08B35	40B35	41B35	141.68	10B35	50B35	177.10	12B35	60B35	212.52	16B35	80B35	283.36
36	25B36	72.86	06B36	35B36	109.29	08B36	40B36	41B36	145.72	10B36	50B36	182.15	12B36	60B36	218.57	16B36	80B36	291.43
38	25B38	76.90	06B38	35B38	115.34	08B38	40B38	41B38	153.79	10B38	50B38	192.24	12B38	60B38	230.69	16B38	80B38	307.58
40	25B40	80.93	06B40	35B40	121.40	08B40	40B40	41B40	161.87	10B40	50B40	202.33	12B40	60B40	242.80	16B40	80B40	323.74
42	25B42	84.99	06B42	35B42	127.49	08B42	40B42	41B42	169.99	10B42	50B42	212.48	12B42	60B42	254.98	16B42	80B42	339.97
45	25B45	91.03	06B45	35B45	136.55	08B45	40B45	41B45	182.06	10B45	50B45	227.58	12B45	60B45	273.09	16B45	80B45	364.12
48	25B48	97.09	06B48	35B48	145.64	08B48	40B48	41B48	194.18	10B48	50B48	242.73	12B48	60B48	291.27	16B48	80B48	388.36
54	25B54	109.21	06B54	35B54	163.82	08B54	40B54	41B54	218.42	10B54	50B54	273.03	12B54	60B54	327.63	16B54	80B54	436.84
57	25B57	115.27	06B57	35B57	172.91	08B57	40B57	41B57	230.54	10B57	50B57	288.18	12B57	60B57	345.81	16B57	80B57	461.08
60	25B60	121.33	06B60	35B60	182.00	08B60	40B60	41B60	242.66	10B60	50B60	303.33	12B60	60B60	363.99	16B60	80B60	485.33
70	25B70	141.54	06B70	35B70	212.30	08B70	40B70	41B70	283.07	10B70	50B70	353.84	12B70	60B70	424.61	16B70	80B70	566.15
72	25B72	145.58	06B72	35B72	218.37	08B72	40B72	41B72	291.15	10B72	50B72	363.94	12B72	60B72	436.73	16B72	80B72	582.31
76		153.66	06B76	35B76	230.49	08B76	40B76	41B76	307.32	10B76	50B76	384.15	12B76	60B76	460.98	16B76	80B76	614.64
80		161.74	06B80	35B80	242.61	08B80	40B80	41B80	323.49	10B80	50B80	404.36	12B80	60B80	485.23	16B80	80B80	646.97
84		169.83	06B84	35B84	254.74	08B84	40B84	41B84	339.65	10B84	50B84	424.57	12B84	60B84	509.48	16B84	80B84	679.30
95		192.06	06B95	35B95	288.08	08B95	40B95	41B95	384.11	10B95	50B95	480.14	12B95	60B95	576.17	16B95	80B95	768.22
96		194.08	06B96	35B96	291.11	08B96	40B96	41B96	388.15	10B96	50B96	485.19	12B96	60B96	582.23	16B96	80B96	776.31
112		226.41	06B112	35B112	339.62	08B112	40B112	41B112	452.82	10B112	50B112	566.03	12B112	60B112	679.24	16B112	80B112	905.65
114		230.45	06B114		345.68	08B114			460.91	10B114		576.13	12B114		691.36	16B114		921.81
150		303.21	06B150		454.82	08B150			606.42	10B150		758.03	12B150		909.64	16B150		1,212.85

Unit of measurement for Pitch Circle Diameter (PCD) is in millimetres.



2.6 Catálogo del variador de frecuencia.



**Compact iG5,
is the best for a small and cost
effective configuration.**

Overview

Standard features

- kW / Voltage Ratings:
 - 0.5 ~ 2HP, 200-230VAC, 1phase
 - 0.5 ~ 5HP, 200-230VAC, 3phase
 - 0.5 ~ 5HP, 380-460VAC, 3phase
- Enclosure: IP00 ~ IP20
- Inverter Type: PWM with IGBT
- Control Method: Volts / Hertz with Space Vector Technology
- Built-in RS-485
- Built-in ModBus-RTU
- Built-in PID control
- Removable keypad (Able to read & write parameter)
- 150% torque at 0.5Hz
- Trip-free operation algorithm
- 8 preset speeds
- 3 jump(skip) frequencies
- 3 Multifunctional inputs
- 1 Multifunctional output
- Analog output (0~12V)
- PNP and NPN dual directional signals
- Speed search
- 3 wire operation
- 1 to 10 kHz carrier frequency
- Built-in Braking transistor
- Manual/Auto torque boost

Options

- Cable for Remote Keypad Operations(2,3 and 5 meters)
- DIN rail base for easy installation

Application

- | | |
|---------------------------|------------------------------|
| ■ Converting | ■ Commercial washing machine |
| ■ Fan | ■ Grinder |
| ■ Pump | ■ Textile machine |
| ■ Food processing machine | ■ Material handling machine |
| ■ Electric shutter | ■ Centrifuge |
| ■ Dryer | ■ Elevator door |
| ■ Running machine | ■ Tooling machine |
| ■ Overheat | |

Conformity to global standards

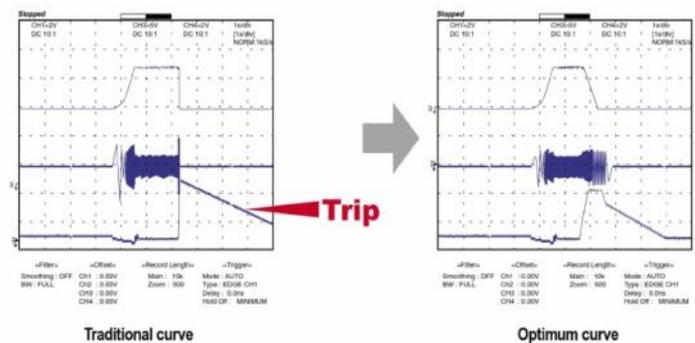
- UL and cUL listed for North America
- CE marked for Europe
- Quality process controlled by ISO9001, ISO14000




ISO9001

Optimum acceleration and deceleration

To achieve a maximum torque during the acceleration and deceleration, "trip free" function is activated. The 32-bit DSP CPU monitors the current transition during the acceleration and deceleration to program an optimum curve that is under the trip-triggering level.



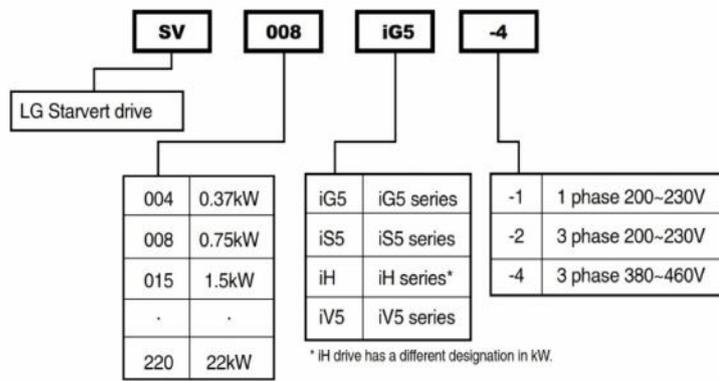
PNP and NPN switchable duals signals

The iG5 has both PNP and NPN signals in order to controlled by PLC or outside controller. Regardless the type of PLC or type of control signal, iG5 can work with positive 24Vdc and negative 24Vdc.

Inverter rating selection guide

Application motor		200~230V	200~230V	380~460V
kW	HP	1 phase	3 phase	3phase
0.37	0.5	SV004iG5-1	SV004iG5-2	SV004iG5-4
0.75	1	SV008iG5-1	SV008iG5-2	SV008iG5-4
1.5	2	SV015iG5-1	SV015iG5-2	SV015iG5-4
2.2	3		SV022iG5-2	SV022iG5-4
3.7	5		SV037iG5-2	SV037iG5-4
4.0	5.4		SV040iG5-2	SV040iG5-4

Inverter type nomenclature



Starvert iG5

Specifications 200 ~230V Class(0.5~ 5.4 HP)

Drive Type (SV __ _IG5-_)		004-1	008-1	015-1	004-2	008-2	015-2	022-2	037-2	040-2	
Motor Rating ¹⁾	[HP]	0.5	1	2	0.5	1	2	3	5	5.4	
	[kW]	0.37	0.75	1.5	0.37	0.75	1.5	2.2	3.7	4	
Output ratings	Capacity(kVA) ²⁾	1.1	1.9	3	1.1	1.9	3	4.5	6.1	6.5	
	FLA[A]	3	5	8	3	5	8	12	16	17	
	Frequency					0 ~ 400 Hz ³⁾ 200 ~ 230V ³⁾					
Input ratings	Voltage	1 phase 200 ~ 230 V(±10%)				3 phase 200 ~ 230 V(±10%)					
	Frequency	50 ~ 60 Hz (±5%)				50 ~ 60 Hz (±5%)					
Weight[kg]	Weight	1.2	1.8	2.1	1.2	1.2	1.8	2.1	2.2	2.2	
Braking torque	Braking circuit					On board					
	Average braking torque					20% (with optional external braking resistor : 100%, 150%)					
	Max. continuous braking time					15 seconds					
Cooling method	Max. duty					0 ~ 30 % ED					
	Enclosure	Forced air cooling				Natural		Forced air cooling			
						IP00					

Specifications 380 ~460V Class(0.5~ 5.4 HP)

Drive Type (SV __ _IG5-_)		004-4	008-4	015-4	022-4	037-4	040-4
Motor Rating ¹⁾	[HP]	0.5	1	2	3	5	5.4
	[kW]	0.37	0.75	1.5	2.2	3.7	4
Output ratings	Capacity(kVA) ²⁾	1.1	1.9	3	4.5	6.1	6.5
	FLA[A]	1.1	2.5	4	6	8	9
	Frequency	0 ~ 400 Hz ³⁾ 380 ~ 460V ³⁾					
Input ratings	Voltage	3 phase 380 ~ 460 V(±10%)					
	Frequency	50 ~ 60 Hz (±5%)					
Weight[kg]	Weight	1.7	1.7	1.8	2.1	2.2	2.2
Braking torque	Braking circuit	On board					
	Average braking torque	20% (with optional external braking resistor : 100%, 150%)					
	Max. continuous braking time	15 seconds					
Cooling method	Max. duty	0 ~ 30 % ED					
	Enclosure	Forced air cooling					
		IP00					

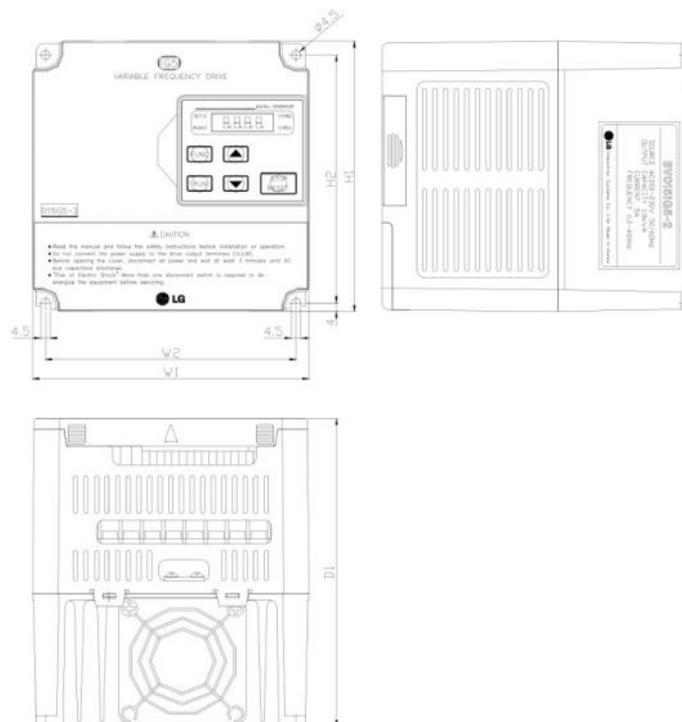
¹⁾ Indicates the maximum applicable capacity when using 4 pole LG standard motor.

²⁾ Rated capacity (3rd V^l) is based on 220V for 200V class and 440V for 400V class.

³⁾ Maximum output voltage will not be greater than the input voltage. Output voltage less than the input voltage can be set.

Control	Control method	V/F control	
	Frequency setting resolution	Digital reference : 0.01 Hz (below 100 Hz), 0.1 Hz (over 100 Hz)	Analog reference : 0.03 Hz / 50 Hz
	Frequency accuracy	Digital : 0.01% of max. output frequency	Analog : 0.1% of max. output frequency
	V/F ratio	Linear, Square pattern, User V/F	
	Overload capacity	150 % of rated current for 1 min., 200% of rated current for 0.5 sec. (characteristic is inversely proportional to time)	
Operation	Torque boost	Manual torque boost (0 ~ 15 %), Auto torque boost	
	Operation method	Keypad / terminal / communication operation	
	Frequency setting	Analog : 0 ~ 10V / 4 ~ 20 mA	Digital : keypad
	Start signal	Forward, Reverse	
	Multi-step	Up to 8 speeds can be set (use multi-function terminal)	
Input signal	Multi-step accel/decel time	0 ~ 6,000 sec, up to 8 types can be set and selected for each setting (use the multi-function terminal),	
	Emergency stop	Accel/Decel pattern : linear pattern, U pattern, S pattern, Optimum, Minimum	
	Jog	Interrupts the output of the drive	
	Emergency stop	Interrupts the output of the drive	
	Jog	Jog operation	
Output signal	Fault reset	Resets fault when protective function is active	
	Operation status	Frequency level detection, Overload alarm, stalling, overvoltage, undervoltage, drive overheating, running, stop, constant speed, speed searching	
	Fault output	Contact output (30A,30C,30B) - AC250V 1A, DC30V 1A	
	Indicator	Choose 1 from output frequency, output current, output voltage, DC voltage (Output pulse: 500Hz, Output voltage: 0 ~ 10V)	
	Operation function	DC braking, frequency limit, frequency jump, second function, slip compensation, reverse rotation prevention, auto restart, PID control	
Protective function	Drive trip	Overvoltage, undervoltage, overcurrent, drive overheating, motor over heating, input/output phase loss, input/output mis-wiring, overload protection, communication error, loss of speed command, hardware fault.	
	Inverter alarm	Stall prevention, overload alarm	
	Momentary power loss	Less than 15 msec : continuous operation, more than 15 msec : auto restart possible	
Display Keypad	Operation information	Output frequency, output current, output voltage, frequency value setting, operating speed, DC voltage	
	Trip information	Indicates the fault when the protection function activates, memorizes up to 5 faults	
Environment	Ambient temperature	-10 °C ~ 40 °C	
	Storage temperature	-20 °C ~ 65 °C	
	Ambient humidity	90 % RH max.(Non condensing)	
	Altitude . Vibration	Below 1,000 m · below 5.9m/sec ² (=0.6g)	
Application site	No corrosive gas, combustible gas, oil mist, or dust		

1.5 Dimensions



Unit: mm (inch)

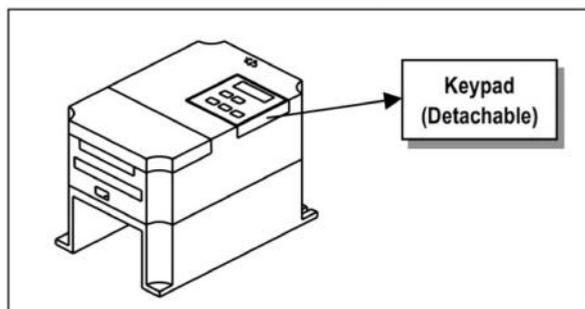
Inverter	HP	W1	W2	H1	H2	D1
SV004iG5-1	0.5	100 (3.94)	88 (3.46)	128 (5.04)	117.5 (4.63)	130.9 (5.15)
SV004iG5-2	0.5	100 (3.94)	88 (3.46)	128 (5.04)	117.5 (4.63)	130.9 (5.15)
SV008iG5-1	1	130 (5.12)	118 (4.65)	128 (5.04)	117.5 (4.63)	150.9 (5.94)
SV008iG5-2	1	100 (3.94)	88 (3.46)	128 (5.04)	117.5 (4.63)	130.9 (5.15)
SV015iG5-1	2	150 (5.90)	138 (5.43)	128 (5.04)	117.5 (4.63)	155 (6.10)
SV015iG5-2	2	130 (5.12)	118 (4.65)	128 (5.04)	117.5 (4.63)	150.9 (5.94)
SV022iG5-2	3	150 (5.90)	138 (5.43)	128 (5.04)	117.5 (4.63)	155 (6.10)
SV040iG5-2	5.4	150 (5.90)	138 (5.43)	128 (5.04)	117.5 (4.63)	155 (6.10)
SV004iG5-4	0.5	130 (5.12)	118 (4.65)	128 (5.04)	117.5 (4.63)	150.9 (5.94)
SV008iG5-4	1	130 (5.12)	118 (4.65)	128 (5.04)	117.5 (4.63)	150.9 (5.94)
SV015iG5-4	2	130 (5.12)	118 (4.65)	128 (5.04)	117.5 (4.63)	150.9 (5.94)
SV022iG5-4	3	150 (5.90)	138 (5.43)	128 (5.04)	117.5 (4.63)	155 (6.10)
SV040iG5-4	5.4	150 (5.90)	138 (5.43)	128 (5.04)	117.5 (4.63)	155 (6.10)

1.8.2 Keypad

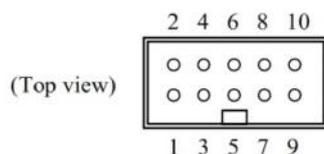
■ Wiring the Keypad

Keypad is installed before shipping for standard type models as shown below. When using an optional remote cable, install the buffer cover and connect the remote cable. If the keypad is not connected properly, the letters will not be displayed.

- ☞ **Note:** Do not connect the keypad and remote cable while the inverter power is introduced.
- ☞ **Note:** Do not touch the live part of the keypad connector. Doing this may cause personal injury or electric shock.



■ Keypad connector pin configuration (Inverter side)

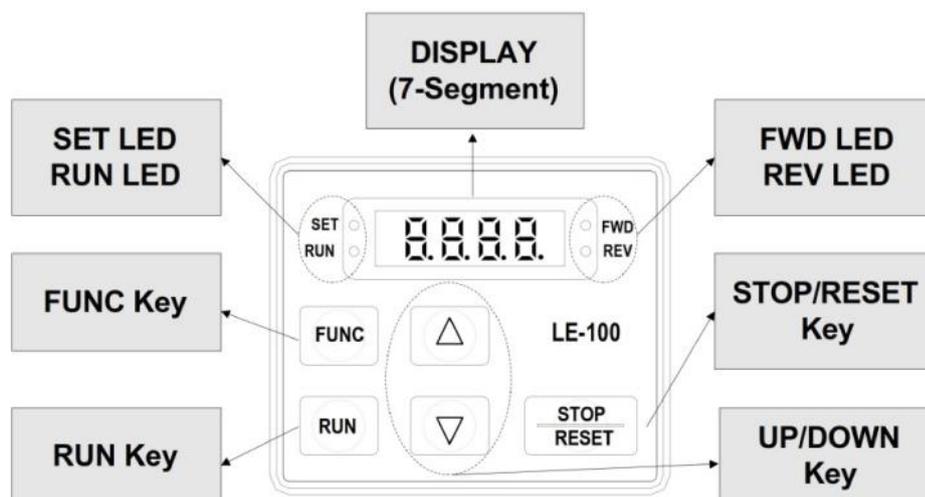


Pin No.	Pin Name	Keypad	Description
1	5V	Used	5V DC power supply (Isolated from VR, V1, I of control terminal)
2	GND	Used	5V DC power ground (Isolated from CM of control terminal)
3	RES	Used	Used for writing the flash ROM inside inverter.
4	VPP	Used	
5	LAT	Used	Latch signal for transmitting/receiving
6	TXD	Used	Transmitting signal pin
7	CLK	Used	Clock signal pin
8	RXD	Used	Receiving signal pin
9		Not used	
10		Not used	

2.1 Keypad and parameter group setting

2.1.1 Keypad description

7-Segment keypad displays up to 4 english letters and numbers, and the user can directly check various settings of the inverter. The following is an illustration of the keypad and the functions of each part.



Class	Display	Name	Description
Key	FUNC	Program key	Press to change the parameter setting.
	▲ (Up)	Up key	Press to move through codes or to increase the parameter values.
	▼ (Down)	Down key	Press to move through codes or to decrease the parameter values.
	RUN	Run key	Use to operate the inverter.
	STOP/RESET	STOP/RESET key	Press to stop during operation. Press to reset when a fault has occurred.
LED	REV	Reverse run display	Lit during reverse run.
	FWD	Forward run display	Lit during forward run.
	SET	Setting	Lit when the user is setting the parameters using the FUNC key
	RUN	Operating	Lit when in constant speed and blinks when accelerating or decelerating.

2.7 Catálogo de ejes acero AISI 1018.



EJES

EJES ACERO DE TRANSMISION

Especificaciones Generales

Material	AISI 1018
Dureza HRC	60
Límite de Influencia	235 N/mm ²
Aplicaciones	LEVAS, UNIONES, BUJES, PINES, PIVOTES, PERNOS GRADO 3



EJES DE TRANSMISION DE BAJA RESISTENCIA AL TORQUE

DIMENSIONES

DIAMETRO	LONGITUD
3/8"	6m.
1/2"	6m.
5/8"	6m.
3/4"	6m.
7/8"	6m.
1"	6m.
1-1/4"	6m.
1-1/2"	6m.
2"	6m.
2-1/2"	6m.
3"	6m.
4"	6m.
5"	6m.
6"	6m.

PROPIEDADES QUÍMICAS

%C	%Si	%Mn	%P	%S
0 - 0,20	0 - 0,25	0 - 0,70	0 - 0,04	0 - 05

2.8 Catálogo de correas.



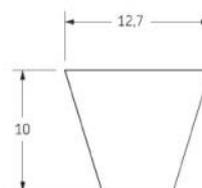
Correas trapeciales dentadas

XPA, XPB, XPC

- ▶Correas
- ▶Cadenas
- ▶Acoplamientos
- ▶Casquillos y cubos
- ▶Piñones
- ▶Poleas
- ▶Productos de mantenimiento

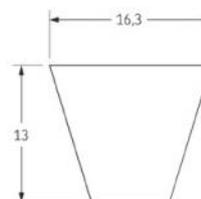
Sección XPA, dentadas

Marcaje de la correa	Longitud primitiva mm	Designación	Marcaje de la correa	Longitud primitiva mm	Designación
XPA757	757	PHG XPA757	XPA1282	1282	PHG XPA1282
XPA782	782	PHG XPA782	XPA1307	1307	PHG XPA1307
XPA800	800	PHG XPA800	XPA1320	1320	PHG XPA1320
XPA832	832	PHG XPA832	XPA1332	1332	PHG XPA1332
XPA850	850	PHG XPA850	XPA1357	1357	PHG XPA1357
XPA857	857	PHG XPA857	XPA1400	1400	PHG XPA1400
XPA882	882	PHG XPA882	XPA1482	1482	PHG XPA1482
XPA900	900	PHG XPA900	XPA1500	1500	PHG XPA1500
XPA907	907	PHG XPA907	XPA1507	1507	PHG XPA1507
XPA932	932	PHG XPA932	XPA1532	1532	PHG XPA1532
XPA950	950	PHG XPA950	XPA1582	1582	PHG XPA1582
XPA957	957	PHG XPA957	XPA1600	1600	PHG XPA1600
XPA982	982	PHG XPA982	XPA1700	1700	PHG XPA1700
XPA1000	1000	PHG XPA1000	XPA1800	1800	PHG XPA1800
XPA1007	1007	PHG XPA1007	XPA1900	1900	PHG XPA1900
XPA1030	1030	PHG XPA1030	XPA2000	2000	PHG XPA2000
XPA1060	1060	PHG XPA1060	XPA2120	2120	PHG XPA2120
XPA1082	1082	PHG XPA1082	XPA2240	2240	PHG XPA2240
XPA1107	1107	PHG XPA1107	XPA2360	2360	PHG XPA2360
XPA1120	1120	PHG XPA1120	XPA2500	2500	PHG XPA2500
XPA1157	1157	PHG XPA1157	XPA2650	2650	PHG XPA2650
XPA1180	1180	PHG XPA1180	XPA2800	2800	PHG XPA2800
XPA1207	1207	PHG XPA1207	XPA3000	3000	PHG XPA3000
XPA1232	1232	PHG XPA1232	XPA3150	3150	PHG XPA3150
XPA1250	1250	PHG XPA1250	XPA3350	3350	PHG XPA3350
XPA1257	1257	PHG XPA1257	XPA3550	3550	PHG XPA3550



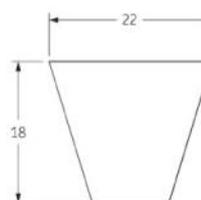
Sección XPB, dentadas

Marcaje de la correa	Longitud primitiva mm	Designación	Marcaje de la correa	Longitud primitiva mm	Designación
XPB1250	1250	PHG XPB1250	XPB2120	2120	PHG XPB2120
XPB1260	1260	PHG XPB1260	XPB2150	2150	PHG XPB2150
XPB1320	1320	PHG XPB1320	XPB2240	2240	PHG XPB2240
XPB1340	1340	PHG XPB1340	XPB2280	2280	PHG XPB2280
XPB1400	1400	PHG XPB1400	XPB2360	2360	PHG XPB2360
XPB1410	1410	PHG XPB1410	XPB2500	2500	PHG XPB2500
XPB1500	1500	PHG XPB1500	XPB2530	2530	PHG XPB2530
XPB1590	1590	PHG XPB1590	XPB2650	2650	PHG XPB2650
XPB1600	1600	PHG XPB1600	XPB2680	2680	PHG XPB2680
XPB1690	1690	PHG XPB1690	XPB2800	2800	PHG XPB2800
XPB1700	1700	PHG XPB1700	XPB3000	3000	PHG XPB3000
XPB1800	1800	PHG XPB1800	XPB3150	3150	PHG XPB3150
XPB1900	1900	PHG XPB1900	XPB3350	3350	PHG XPB3350
XPB2000	2000	PHG XPB2000	XPB3550	3550	PHG XPB3550
XPB2020	2020	PHG XPB2020	-	-	-



Sección XPC, dentadas

Marcaje de la correa	Longitud primitiva mm	Designación	Marcaje de la correa	Longitud primitiva mm	Designación
XPC2000	2000	PHG XPC2000	XPC2800	2800	PHG XPC2800
XPC2120	2120	PHG XPC2120	XPC3000	3000	PHG XPC3000
XPC2240	2240	PHG XPC2240	XPC3150	3150	PHG XPC3150
XPC2360	2360	PHG XPC2360	XPC3350	3350	PHG XPC3350
XPC2500	2500	PHG XPC2500	XPC3550	3550	PHG XPC3550
XPC2650	2650	PHG XPC2650	-	-	-

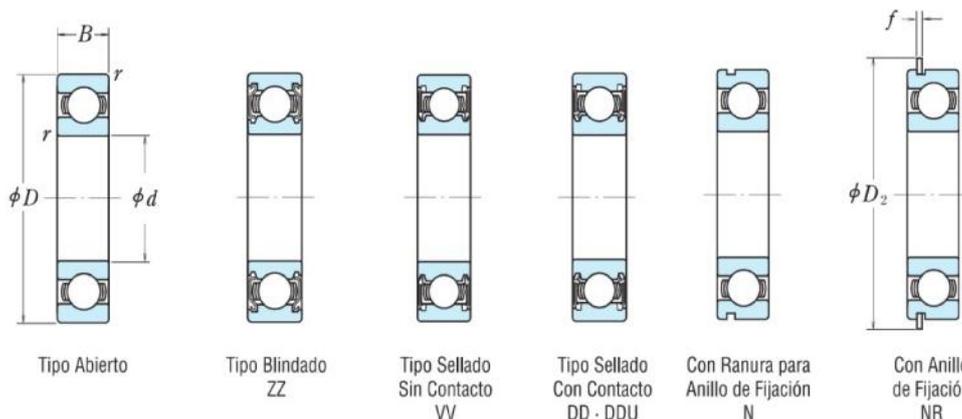


También disponemos de correas con longitudes no estándar.

2.9 Catálogo de rodamientos.

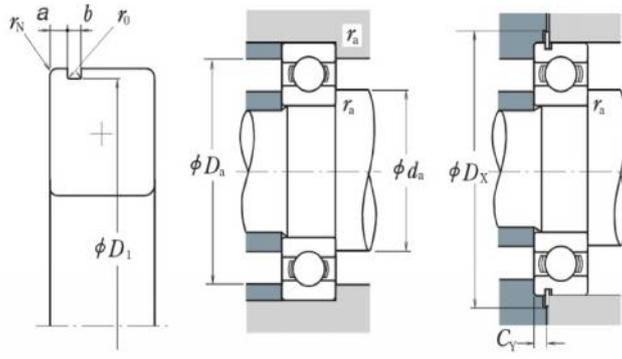
RODAMIENTOS DE BOLAS DE RANURA PROFUNDA DE UNA SOLA HILERA

Diámetro Interior 25~45 mm



Dimensiones (mm)				Índices de Carga Básica (N)				Factor		Velocidad Límite (rpm)			Números de Rodamiento		
d	D	B	r mín.	C _r	C _{0r}	(kgf)		f ₀	Grasa		Aceite	Abierto	Blindado	Sellado	
						Z	ZZ		V	VV	Abierto				Z
25	37	7	0.3	4 500	3 150	455	320	16.1	18 000	10 000	22 000	6805	ZZ	VV	DD
	42	9	0.3	7 050	4 550	715	460	15.4	16 000	10 000	19 000	6905	ZZ	VV	DDU
	47	8	0.3	8 850	5 600	905	570	15.1	15 000	—	18 000	16005	—	—	—
	47	12	0.6	10 100	5 850	1 030	595	14.5	15 000	9 500	18 000	6005	ZZ	VV	DDU
	52	15	1	14 000	7 850	1 430	800	13.9	13 000	9 000	15 000	6205	ZZ	VV	DDU
	62	17	1.1	20 600	11 200	2 100	1 150	13.2	11 000	8 000	13 000	6305	ZZ	VV	DDU
28	52	12	0.6	12 500	7 400	1 270	755	14.5	14 000	8 500	16 000	60/28	ZZ	VV	DDU
	58	16	1	16 600	9 500	1 700	970	13.9	12 000	8 000	14 000	62/28	ZZ	VV	DDU
	68	18	1.1	26 700	14 000	2 730	1 430	12.4	10 000	7 500	13 000	63/28	ZZ	VV	DDU
30	42	7	0.3	4 700	3 650	480	370	16.4	15 000	9 000	18 000	6806	ZZ	VV	DD
	47	9	0.3	7 250	5 000	740	510	15.8	14 000	8 500	17 000	6906	ZZ	VV	DDU
	55	9	0.3	11 200	7 350	1 150	750	15.2	13 000	—	15 000	16006	—	—	—
	55	13	1	13 200	8 300	1 350	845	14.7	13 000	8 000	15 000	6006	ZZ	VV	DDU
	62	16	1	19 500	11 300	1 980	1 150	13.8	11 000	7 500	13 000	6206	ZZ	VV	DDU
32	72	19	1.1	26 700	15 000	2 720	1 530	13.3	9 500	6 700	12 000	6306	ZZ	VV	DDU
	58	13	1	15 100	9 150	1 530	935	14.5	12 000	7 500	14 000	60/32	ZZ	VV	DDU
	65	17	1	20 700	11 600	2 120	1 190	13.6	10 000	7 100	12 000	62/32	ZZ	VV	DDU
35	75	20	1.1	29 900	17 000	3 050	1 730	13.2	9 000	6 300	11 000	63/32	ZZ	VV	DDU
	47	7	0.3	4 900	4 100	500	420	16.7	14 000	7 500	16 000	6807	ZZ	VV	DD
	55	10	0.6	10 600	7 250	1 080	740	15.5	12 000	7 500	15 000	6907	ZZ	VV	DDU
	62	9	0.3	11 700	8 200	1 190	835	15.6	11 000	—	13 000	16007	—	—	—
	62	14	1	16 000	10 300	1 630	1 050	14.8	11 000	6 700	13 000	6007	ZZ	VV	DDU
40	72	17	1.1	25 700	15 300	2 620	1 560	13.8	9 500	6 300	11 000	6207	ZZ	VV	DDU
	80	21	1.5	33 500	19 200	3 400	1 960	13.2	8 500	6 000	10 000	6307	ZZ	VV	DDU
	52	7	0.3	6 350	5 550	650	565	17.0	12 000	6 700	14 000	6808	ZZ	VV	DD
45	62	12	0.6	13 700	10 000	1 390	1 020	15.7	11 000	6 300	13 000	6908	ZZ	VV	DDU
	68	9	0.3	12 600	9 650	1 290	985	16.0	10 000	—	12 000	16008	—	—	—
	68	15	1	16 800	11 500	1 710	1 180	15.3	10 000	6 000	12 000	6008	ZZ	VV	DDU
	80	18	1.1	29 100	17 900	2 970	1 820	14.0	8 500	5 600	10 000	6208	ZZ	VV	DDU
	90	23	1.5	40 500	24 000	4 150	2 450	13.2	7 500	5 300	9 000	6308	ZZ	VV	DDU
	58	7	0.3	6 600	6 150	670	625	17.2	11 000	6 000	13 000	6809	ZZ	VV	DD
45	68	12	0.6	14 100	10 900	1 440	1 110	15.9	9 500	5 600	12 000	6909	ZZ	VV	DDU
	75	10	0.6	14 900	11 400	1 520	1 160	15.9	9 000	—	11 000	16009	—	—	—
	75	16	1	20 900	15 200	2 140	1 550	15.3	9 000	5 300	11 000	6009	ZZ	VV	DDU
	85	19	1.1	31 500	20 400	3 200	2 080	14.4	7 500	5 300	9 000	6209	ZZ	VV	DDU
	100	25	1.5	53 000	32 000	5 400	3 250	13.1	6 700	4 800	8 000	6309	ZZ	VV	DDU

Notas (1) Para tolerancias dimensionales de las ranuras y de los anillos de fijación, consulte las Páginas A50 a A53..
 (2) Cuando se aplican cargas axiales pesadas, aumente d_a y disminuya D_a respecto a los valores indicados.



Carga Dinámica Equivalente

$$P = XF_r + YF_a$$

$\frac{f_0 F_a}{C_{0r}}$	e	$\frac{F_a}{F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{F_r} > e$	
		X	Y	X	Y
0.172	0.19	1	0	0.56	2.30
0.345	0.22	1	0	0.56	1.99
0.689	0.26	1	0	0.56	1.71
1.03	0.28	1	0	0.56	1.55
1.38	0.30	1	0	0.56	1.45
2.07	0.34	1	0	0.56	1.31
3.45	0.38	1	0	0.56	1.15
5.17	0.42	1	0	0.56	1.04
6.89	0.44	1	0	0.56	1.00

Carga Estática Equivalente

$$\frac{F_a}{F_r} > 0.8, P_0 = 0.6F_r + 0.5F_a$$

$$\frac{F_a}{F_r} \leq 0.8, P_0 = F_r$$

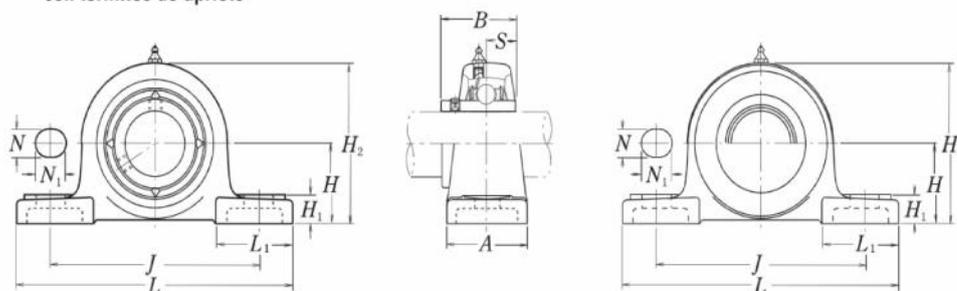
Con Ranura para Anillo de Fijación	Con Anillo de Fijación	Dimensiones de la Ranura del Anillo (1) (mm)					Dimensiones del anillo (1) (mm)		Dimensiones de Tope y Chafalán (mm)					Masa (Kg.) aprox.	
		a máx.	b mín.	D ₁ máx.	r ₀ máx.	r _N mín.	D ₂ máx.	f máx.	d _a (2) mín.	D _a (2) máx.	r _a máx.	D _s mín.	C _Y máx.		
N	NR	1.3	0.95	35.7	0.25	0.3	39.8	0.85	27	27	35	0.3	40.5	1.8	0.021
N	NR	1.7	0.95	40.7	0.25	0.3	44.8	0.85	27	28.5	40	0.3	45.5	2.3	0.042
—	—	—	—	—	—	—	—	—	27	—	45	0.3	—	—	0.059
N	NR	2.06	1.35	44.6	0.4	0.5	52.7	1.12	29	30	43	0.6	53.5	2.9	0.079
N	NR	2.46	1.35	49.73	0.4	0.5	57.9	1.12	30	32	47	1	58.5	3.3	0.129
N	NR	3.28	1.9	59.61	0.6	0.5	67.7	1.7	31.5	36	55.5	1	68.5	4.6	0.235
N	NR	2.06	1.35	49.73	0.4	0.5	57.9	1.12	32	34	48	0.6	58.5	2.9	0.096
N	NR	2.46	1.35	55.6	0.4	0.5	63.7	1.12	33	35.5	53	1	64.5	3.3	0.175
N	NR	3.28	1.9	64.82	0.6	0.5	74.6	1.7	34.5	38	61.5	1	76	4.6	0.287
N	NR	1.3	0.95	40.7	0.25	0.3	44.8	0.85	32	32	40	0.3	45.5	1.8	0.024
N	NR	1.7	0.95	45.7	0.25	0.3	49.8	0.85	32	34	45	0.3	50.5	2.3	0.052
—	—	—	—	—	—	—	—	—	32	—	53	0.3	—	—	0.087
N	NR	2.08	1.35	52.6	0.4	0.5	60.7	1.12	35	36.5	50	1	61.5	2.9	0.116
N	NR	3.28	1.9	59.61	0.6	0.5	67.7	1.7	35	38.5	57	1	68.5	4.6	0.199
N	NR	3.28	1.9	68.81	0.6	0.5	78.6	1.7	36.5	42.5	65.5	1	80	4.6	0.345
N	NR	2.08	1.35	55.6	0.4	0.5	63.7	1.12	37	38.5	53	1	64.5	2.9	0.122
N	NR	3.28	1.9	62.6	0.6	0.5	70.7	1.7	37	40	60	1	71.5	4.6	0.225
N	NR	3.28	1.9	71.83	0.6	0.5	81.6	1.7	38.5	44.5	68.5	1	83	4.6	0.389
N	NR	1.3	0.95	45.7	0.25	0.3	49.8	0.85	37	37	45	0.3	50.5	1.8	0.027
N	NR	1.7	0.95	53.7	0.25	0.5	57.8	0.85	39	39	51	0.6	58.5	2.3	0.075
—	—	—	—	—	—	—	—	—	37	—	60	0.3	—	—	0.107
N	NR	2.08	1.9	59.61	0.6	0.5	67.7	1.7	40	41.5	57	1	68.5	3.4	0.151
N	NR	3.28	1.9	68.81	0.6	0.5	78.6	1.7	41.5	44.5	65.5	1	80	4.6	0.284
N	NR	3.28	1.9	76.81	0.6	0.5	86.6	1.7	43	47	72	1.5	88	4.6	0.464
N	NR	1.3	0.95	50.7	0.25	0.3	54.8	0.85	42	42	50	0.3	55.5	1.8	0.031
N	NR	1.7	0.95	60.7	0.25	0.5	64.8	0.85	44	46	58	0.6	65.5	2.3	0.112
—	—	—	—	—	—	—	—	—	42	—	66	0.3	—	—	0.13
N	NR	2.49	1.9	64.82	0.6	0.5	74.6	1.7	45	47.5	63	1	76	3.8	0.19
N	NR	3.28	1.9	76.81	0.6	0.5	86.6	1.7	46.5	50.5	73.5	1	88	4.6	0.366
N	NR	3.28	2.7	86.79	0.6	0.5	96.5	2.46	48	53	82	1.5	98	5.4	0.636
N	NR	1.3	0.95	56.7	0.25	0.3	60.8	0.85	47	47.5	56	0.3	61.5	1.8	0.038
N	NR	1.7	0.95	66.7	0.25	0.5	70.8	0.85	49	50	64	0.6	72	2.3	0.126
—	—	—	—	—	—	—	—	—	49	—	71	0.6	—	—	0.167
N	NR	2.49	1.9	71.83	0.6	0.5	81.6	1.7	50	53.5	70	1	83	3.8	0.241
N	NR	3.28	1.9	81.81	0.6	0.5	91.6	1.7	51.5	55.5	78.5	1	93	4.6	0.42
N	NR	3.28	2.7	96.8	0.6	0.5	106.5	2.46	53	61.5	92	1.5	108	5.4	0.829

Observaciones

1. La serie dimensional 7 (rodamientos de sección extra fina) también están disponibles, contacte a NSK.
2. Cuando use rodamientos con anillos exteriores rotatorios, contacte con NSK si son sellados, blindados, o si tiene anillos de fijación.

2.10 Catálogo de soporte para rodamiento tipo sileta.

UCP2

Soportes tipo sileta
con tornillos de apriete

Tipo de cubierta anti polvo de acero estampado
Extremo abierto Z-UCP...D1
Extremo cerrado ZM-UCP...D1

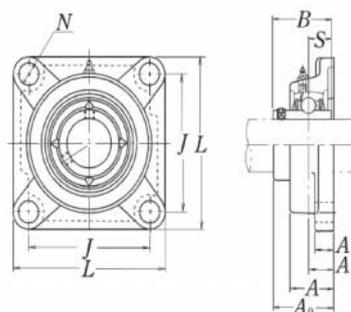
Diám. Eje mm pulgadas	Designación soporte (1)	Dimensiones nominales											Tamaño tornillo mm pulgadas	Número de rodamiento
		H	L	J	A	N	N ₁	H ₁	H ₂	L ₁	B	S		
12 1/2	UCP201D1 UCP201-008D1	30.2 1 ³ / ₁₆	127 5	95 3 ³ / ₄	38 1 ¹ / ₂	13 1/2	16 5/8	14 9/16	62 2 ⁷ / ₁₆	42 1 ² / ₃₂	31 1.2205	12.7 0.500	M10 3/8	UC201D1 UC201-008D1
15 9/16 5/8	UCP202D1 UCP202-009D1 UCP202-010D1	30.2 1 ³ / ₁₆	127 5	95 3 ³ / ₄	38 1 ¹ / ₂	13 1/2	16 5/8	14 9/16	62 2 ⁷ / ₁₆	42 1 ² / ₃₂	31 1.2205	12.7 0.500	M10 3/8	UC202D1 UC202-009D1 UC202-010D1
17 1 ¹ / ₁₆	UCP203D1 UCP203-011D1	30.2 1 ³ / ₁₆	127 5	95 3 ³ / ₄	38 1 ¹ / ₂	13 1/2	16 5/8	14 9/16	62 2 ⁷ / ₁₆	42 1 ² / ₃₂	31 1.2205	12.7 0.500	M10 3/8	UC203D1 UC203-011D1
20 3/4	UCP204D1 UCP204-012D1	33.3 1 ⁵ / ₁₆	127 5	95 3 ³ / ₄	38 1 ¹ / ₂	13 1/2	16 5/8	14 9/16	65 2 ⁹ / ₁₆	42 1 ² / ₃₂	31 1.2205	12.7 0.500	M10 3/8	UC204D1 UC204-012D1
25 1 ³ / ₁₆ 7/8 1 ⁵ / ₁₆	UCP205D1 UCP205-013D1 UCP205-014D1 UCP205-015D1	36.5 1 ⁷ / ₁₆	140 5 ¹ / ₂	105 4 ¹ / ₈	38 1 ¹ / ₂	13 1/2	16 5/8	15 1 ⁹ / ₃₂	71 2 ²⁵ / ₃₂	42 1 ² / ₃₂	34.1 1.3425	14.3 0.563	M10 3/8	UC205D1 UC205-013D1 UC205-014D1 UC205-015D1
1 30 1 ¹ / ₁₆ 1 ¹ / ₈ 1 ³ / ₁₆ 1 ¹ / ₄	UCP206D1 UCP206-101D1 UCP206-102D1 UCP206-103D1 UCP206-104D1	42.9 1 ¹¹ / ₁₆	165 6 ¹ / ₂	121 4 ³ / ₄	48 1 ⁷ / ₈	17 2 ¹ / ₃₂	20 2 ⁵ / ₃₂	17 2 ¹ / ₃₂	83 3 ⁹ / ₃₂	54 2 ¹ / ₈	38.1 1.5000	15.9 0.626	M14 1/2	UC206D1 UC206-101D1 UC206-102D1 UC206-103D1 UC206-104D1
35 1 ¹ / ₄ 1 ⁵ / ₁₆ 1 ³ / ₈ 1 ⁷ / ₁₆	UCP207D1 UCP207-104D1 UCP207-105D1 UCP207-106D1 UCP207-107D1	47.6 1 ⁷ / ₈	167 6 ⁹ / ₁₆	127 5	48 1 ⁷ / ₈	17 2 ¹ / ₃₂	20 2 ⁵ / ₃₂	18 2 ³ / ₃₂	93 3 ²¹ / ₃₂	54 2 ¹ / ₈	42.9 1.6890	17.5 0.689	M14 1/2	UC207D1 UC207-104D1 UC207-105D1 UC207-106D1 UC207-107D1
40 1 ¹ / ₂ 1 ⁹ / ₁₆	UCP208D1 UCP208-108D1 UCP208-109D1	49.2 1 ¹⁵ / ₁₆	184 7 ¹ / ₄	137 5 ¹³ / ₃₂	54 2 ¹ / ₈	17 2 ¹ / ₃₂	20 2 ⁵ / ₃₂	18 2 ³ / ₃₂	98 3 ²⁷ / ₃₂	52 2 ¹ / ₁₆	49.2 1.9370	19 0.748	M14 1/2	UC208D1 UC208-108D1 UC208-109D1
45 1 ⁵ / ₈ 1 ¹¹ / ₁₆ 1 ³ / ₄	UCP209D1 UCP209-110D1 UCP209-111D1 UCP209-112D1	54 2 ¹ / ₈	190 7 ¹⁵ / ₃₂	146 5 ³ / ₄	54 2 ¹ / ₈	17 2 ¹ / ₃₂	20 2 ⁵ / ₃₂	20 2 ⁵ / ₃₂	106 4 ³ / ₁₆	60 2 ³ / ₈	49.2 1.9370	19 0.748	M14 1/2	UC209D1 UC209-110D1 UC209-111D1 UC209-112D1

Nota (1) Estas designaciones de soporte indican que son de tipo relubricable. Si se necesita el tipo sin mantenimiento, seleccione los tipos sin el sufijo "D1".

2.11 Catálogo de soporte para rodamiento tipo brida.

UCF2

Soportes tipo brida cuadrada
con tornillos de apriete



Diám. Eje mm pulgadas	Designación soporte ⁽¹⁾	Dimensiones nominales									Tamaño tornillo mm pulgadas	Número de rodamiento
		mm pulgadas										
		L	J	A ₂	A ₁	A	N	A ₀	B	S		
12	UCF201D1	86	64	15	11	25.5	12	33.3	31	12.7	M10	UC201D1
1/2	UCF201-008D1	33/8	233/64	19/32	7/16	1	15/32	15/16	1.2205	0.500	3/8	UC201-008D1
15	UCF202D1	86	64	15	11	25.5	12	33.3	31	12.7	M10	UC202D1
9/16	UCF202-009D1	33/8	233/64	19/32	7/16	1	15/32	15/16	1.2205	0.500	3/8	UC202-009D1
5/8	UCF202-010D1	33/8	233/64	19/32	7/16	1	15/32	15/16	1.2205	0.500	3/8	UC202-010D1
17	UCF203D1	86	64	15	11	25.5	12	33.3	31	12.7	M10	UC203D1
11/16	UCF203-011D1	33/8	233/64	19/32	7/16	1	15/32	15/16	1.2205	0.500	3/8	UC203-011D1
20	UCF204D1	86	64	15	11	25.5	12	33.3	31	12.7	M10	UC204D1
3/4	UCF204-012D1	33/8	233/64	19/32	7/16	1	15/32	15/16	1.2205	0.500	3/8	UC204-012D1
25	UCF205D1	95	70	16	13	27	12	35.8	34.1	14.3	M10	UC205D1
13/16	UCF205-013D1	33/8	233/64	19/32	7/16	1	15/32	15/16	1.2205	0.500	3/8	UC205-013D1
7/8	UCF205-014D1	33/8	233/64	19/32	7/16	1	15/32	15/16	1.2205	0.500	3/8	UC205-014D1
15/16	UCF205-015D1	33/8	233/64	19/32	7/16	1	15/32	15/16	1.2205	0.500	3/8	UC205-015D1
1	UCF205-100D1	33/4	23/4	5/8	1/2	11/16	15/32	113/32	1.3425	0.563	3/8	UC205-100D1
30	UCF206D1	108	83	18	13	31	12	40.2	38.1	15.9	M10	UC206D1
11/16	UCF206-101D1	108	83	18	13	31	12	40.2	38.1	15.9	M10	UC206-101D1
11/8	UCF206-102D1	41/4	317/64	45/64	1/2	17/32	15/32	137/64	1.5000	0.626	3/8	UC206-102D1
13/16	UCF206-103D1	41/4	317/64	45/64	1/2	17/32	15/32	137/64	1.5000	0.626	3/8	UC206-103D1
11/4	UCF206-104D1	41/4	317/64	45/64	1/2	17/32	15/32	137/64	1.5000	0.626	3/8	UC206-104D1
35	UCF207D1	117	92	19	15	34	14	44.4	42.9	17.5	M12	UC207D1
11/4	UCF207-104D1	117	92	19	15	34	14	44.4	42.9	17.5	M12	UC207-104D1
15/16	UCF207-105D1	419/32	35/8	3/4	19/32	111/32	35/64	13/4	1.6890	0.689	7/16	UC207-105D1
13/8	UCF207-106D1	419/32	35/8	3/4	19/32	111/32	35/64	13/4	1.6890	0.689	7/16	UC207-106D1
17/16	UCF207-107D1	419/32	35/8	3/4	19/32	111/32	35/64	13/4	1.6890	0.689	7/16	UC207-107D1
40	UCF208D1	130	102	21	15	36	16	51.2	49.2	19	M14	UC208D1
11/2	UCF208-108D1	51/8	41/64	53/64	19/32	113/32	5/8	21/64	1.9370	0.748	1/2	UC208-108D1
19/16	UCF208-109D1	51/8	41/64	53/64	19/32	113/32	5/8	21/64	1.9370	0.748	1/2	UC208-109D1
45	UCF209D1	137	105	22	16	38	16	52.2	49.2	19	M14	UC209D1
15/8	UCF209-110D1	513/32	49/64	55/64	5/8	11/2	5/8	21/16	1.9370	0.748	1/2	UC209-110D1
111/16	UCF209-111D1	513/32	49/64	55/64	5/8	11/2	5/8	21/16	1.9370	0.748	1/2	UC209-111D1
13/4	UCF209-112D1	513/32	49/64	55/64	5/8	11/2	5/8	21/16	1.9370	0.748	1/2	UC209-112D1

Nota ⁽¹⁾ Estas designaciones de soporte indican el tipo relubricable. Si se necesita el tipo sin mantenimiento, selección los tipos sin el sufijo "D1".

2.12 Catálogo de planchas ASTM 36.



PLANCHAS LAMINADAS AL CALIENTE

Especificaciones Generales

Norma	Ver tabla
Espesores	1.20mm a 100.00mm
Rollos	Ancho 1000mm, 1220mm, 1500mm, 1800mm
Planchas	4 x 8 pies y a medida



PLANCHAS

Calidad Comercial

NORMA	COMPOSICION QUIMICA							PROPIEDADES MECANICAS				NORMA EQUIVALENTE
	% C	%MN	%P	%S	%SI	%AL	%CU	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Alargamiento %	Doblado 180°		
JIS G3131 SPHC	0,08 0,13	0,3 0,6	0,02 max	0,025 max	0,05 max	0,02 0,08	0,2 max	270 min	29 min	0= Oe	SAE 1010 ASTM A-569	
SAE 1008	0,03 0,1	0,25 0,5	0,02 max	0,025 max	0,04 max	0,02 0,08	0,2 max				JIS G3132 SPHT1	
SAE 1012	0,1 0,15	0,3 0,6	0,02 max	0,025 max	0,03 max	0,02 0,08	0,2 max				ASTM A-635 ASTM A-570 GRADO 33	

Calidad Estructural

NORMA	COMPOSICION QUIMICA							PROPIEDADES MECANICAS					NORMA EQUIVALENTE
	% C	%MN	%P	%S	%SI	%CU	OTROS	Fluencia (Mpa)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Alargamiento %	Doblado 180°		
ASTM A-588M GRADO A	0,19 max	0,8 1,25	0,04 max	0,05 max	0,3 0,6	0,25 0,40	Ni 0,15-0,35 Cr 0,40-0,65 V 0,02-0,10	345 min	485 min	18 min			
ASTM A-283 GRADO C	0,12 0,18	0,3 0,6	0,025 max	0,03 max	0,04 max	0,2 max		205 min	380 516 max	25 min	0=1,5e	SAE 1015	
JIS G-3101 SS41 M	0,17 0,23	0,3 0,6	0,025 max	0,025 max	0,04 max	0,25 max		250 min	400 min 550 max	21 min		SAE 1020 ASTM A-36 ASTM A-570 GRADO 36	
A 36	0,25 0,29	0,80 1,2	0,04 max	0,05 max	0,4 max	0,20 max		250 min	400 min 550 max	20 min			
A570-GR50	0,25	1,35 max	0,035 max	0,04 max				340 min	450 min 550 max	17 min	1-1/2e		

2.13 Catálogo de tubo estructural ASTM A-500.



TUBO ESTRUCTURAL RECTANGULAR

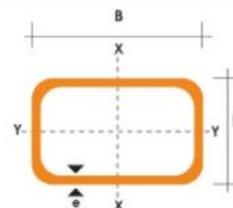
Especificaciones Generales

Norma	ASTM A-500
Recubrimiento	Negro o galvanizado
Largo normal	6.00m
Otros largos	Previa Consulta
Dimensiones	Desde 12.00mm x 25.00mm a 40.00mm x 80.00mm
Espesor	Desde 2.00mm a 3.00mm



RECTANGULAR

DIMENSIONES				AREA	EJES X-X			EJES Y-Y		
A mm	B mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm	I cm ⁴	W cm ³	i cm
20	40	1,2	1,09	1,32	2,61	1,30	1,12	0,88	0,88	0,83
20	40	1,5	1,35	1,65	3,26	1,63	1,40	1,09	1,09	0,81
20	40	2,0	1,78	2,14	4,04	2,02	1,37	1,33	1,33	0,79
25	50	1,5	1,71	2,10	6,39	2,56	1,74	2,19	1,75	1,02
25	50	2,0	2,25	2,74	8,37	3,35	1,75	2,80	2,24	1,01
25	50	3,0	3,30	4,14	12,56	5,02	1,74	3,99	3,19	0,99
30	50	1,5	1,88	2,25	7,27	2,91	1,80	3,32	2,21	1,21
30	50	2,0	2,41	2,94	9,52	3,81	1,80	4,28	2,85	1,21
30	50	3,0	3,30	4,21	12,78	5,11	1,74	5,66	3,77	1,16
30	70	2,0	3,03	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	3,0	4,48	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	60	1,5	2,29	2,91	14,90	4,97	2,26	7,94	3,97	1,65
40	60	2,0	3,03	3,74	18,08	6,13	2,22	9,81	4,90	1,62
40	60	3,0	4,48	5,41	25,31	8,44	2,16	13,37	6,69	1,57
30	70	1,5	2,34	2,91	18,08	5,17	2,49	4,76	3,17	1,28
30	70	2,0	2,93	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	3,0	4,25	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	80	1,5	2,76	3,74	31,75	7,94	2,91	10,77	5,39	1,70
40	80	2,0	3,66	4,54	37,32	9,33	2,87	12,70	6,35	1,67
40	80	3,0	5,42	6,61	52,16	13,04	2,81	17,49	8,75	1,63
50	100	2,0	4,52	5,74	74,94	14,99	3,61	25,65	10,26	2,11
50	100	3,0	6,71	8,41	106,34	21,27	3,56	35,97	14,39	2,07
50	150	2,0	6,17	7,74	207,45	27,66	5,18	37,17	14,87	2,19
50	150	3,0	9,17	11,41	298,35	39,78	5,11	52,54	21,02	2,15



ANEXO 3

**Valores de a y b para determinar el factor de modificación de la
condición superficial
(Shigley, 2008, pág. 280)**

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{UT} kpsi	S_{UT} MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

De C. J. Noll y C. Lipson, "Allowable Working Stresses", en *Society for Experimental Stress Analysis*, vol. 3. núm. 2, 1946, p. 29. Reproducida por O. J. Horgler (ed.), *Metals Engineering Design ASME Handbook*, McGraw-Hill, Nueva York. Copyright © 1953 por The McGraw-Hill Companies, Inc. Reproducido con autorización.

ANEXO 4
Factores de confiabilidad
(Shigley, 2008, pág. 285)

Confiabilidad, %	Variación de transformación z_α	Factor de confiabilidad k_e
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

ANEXO 5

Planos

