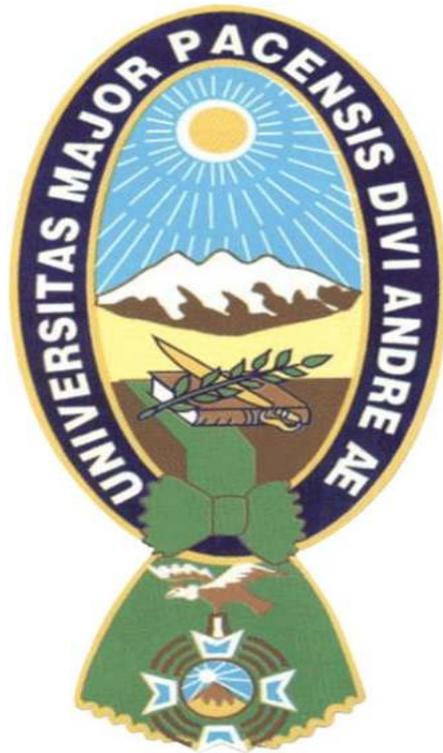


UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELECTROMECAÁNICA



PROYECTO DE GRADO:

**“DISEÑO DE UNA MÁQUINA MEZCLADORA Y REVOCADORA
DE MORTERO PARA LA CONSTRUCTORA AEDIFICAREM S.R.L.”**

Autor: Inder Adalid Ñuflo Flores

Para optar el título de

Ingeniero Electromecánico

Asesor: Ing. José Antonio Siñani Vilte

LA PAZ – BOLIVIA

2024



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERIA**



LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA MEZCLADORA Y REVOCADORA
DE MORTERO PARA
LA CONSTRUCTORA AEDIFICAREM S.R.L.**

**Presentado Por
Inder Adalid Ñuflo Flores**

Revisado y Presentado ante el Tribunal Grado Académico

APROBADO:

**Ing. José Antonio Siñani Vilte
Asesor de Proyecto de grado**

Dedicatoria

El proyecto está dedicado a mi familia, más que todo a mis amados padres, quienes con su guía, comprensión y amor siempre me brindaron su tiempo y esfuerzo, a Dios y el destino que me permitió conocer el campo de la Ingeniería.

A mis amados padres Inder Máximo Ñuflo Sarmiento y Julia Flores Yapu, pese que están lejos de casa son mi luz y que siempre me apoyaron para la culminación de los estudios de mi carrera. Y a mi tía Andrea Flores que siempre guía mi camino.

Agradecimientos

Primeramente, debo agradecer a la carrera de Ingeniería Mecánica y Electromecánica y a quienes la conforman, por acogerme durante estos años cuya educación formó mi persona como profesional.

Agradezco al Ing. José Siñani mi asesor por haberme guiado en la elaboración del proyecto. A mis estimados docentes que siempre me brindaron sus enseñanzas, conocimientos y sus consejos: Ing. Grover Borja, Ing. Lucio Mamani e Ing. Edwin Flores.

Y a todas las amistades que forme de las distintas carreras de la Facultad de Ingeniería que siempre me brindaron una sincera amistad en todo momento para salir adelante.

Proyecto de Grado sustentado ante el cuerpo docente de la carrera de Ingeniería Mecánica y Electromecánica de la Facultad de Ingeniería en la Universidad Mayor de San Andrés, como requisito necesario para la obtención del grado de:

Ingeniero Electromecánico

Los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo pertenecen a la Universidad Mayor de San Andrés, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Inder Adalid Ñuflo Flores

Tutor:

Ing. Jose Antonio Siñani Vilte

Tribunal Examinador:

Ing. Hernán Grover Borja Omonte

Ing. Lucio Mamani Choque

Ing. Edwin Luis Flores Menacho

Coordinador del Programa:

MSc. Ing. Edgar Tapia Terrazas

La Paz, Bolivia

Mayo 2023

ÍNDICE DE CONTENIDO

Dedicatoria.....	III
Agradecimientos.....	IV
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	PÁGINA
RESUMEN.....	9x
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
ASPECTOS GENERALES.....	1
1.1 Introducción	1
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 Justificación	4
1.4.1 Justificación técnica.....	4
1.4.2 Justificación Económica.....	4
1.4.3 Justificación Social	5
1.5 Límites y alcances	5
1.5.1 Límites.....	5
1.5.1.1 Espacio de montaje y alcance de proyectado	6
1.5.1.2 Suministro de Energía	6
1.5.1.3 Cálculo y simulación	7
1.5.2 Alcances.....	7
1.6 Alternativas de solución	7
1.6.1 Alternativas de máquinas mezcladoras de mortero.....	8
1.6.1.1 Mezcladoras de eje inclinado, de cuba basculante	8
1.6.1.2 Mezcladoras de eje horizontal	9
1.6.1.3 Mezcladoras planetarias de eje vertical	10
1.6.1.4 Diseño de la mezcladora móvil automática	10
1.6.2 Clasificación de máquinas de mortero proyectado.....	11
1.6.2.1 Proyección con bombeo peristáltico.....	11
1.6.2.2 Proyección mediante tornillo sin fin y bomba B.C.P.	12
1.6.2.3 Proyectado mediante aire comprimido.....	13
1.7 Antecedentes.....	13
1.7.1 Antecedentes de la forma de trabajo en la Constructora.....	13
1.7.2 Antecedentes de máquinas Similares.....	14
1.7.2.1 Antecedentes Máquina V2 UTIFORM.....	14

1.7.2.2	Antecedente Máquina S5 EV/EVTM	14
1.7.3	Antecedentes de otros proyectos	15
1.8	Elección de la mejor alternativa de Solución	16
CAPÍTULO II FUNDAMENTO TEÓRICO		18
2.1	Bases Teóricas	18
2.1.1	Mortero Proyectado	18
2.1.2	Requerimientos del mortero Proyectado	18
2.1.2.1	Cemento	18
2.1.2.2	Agregados	19
2.1.2.3	Agua	21
2.1.2.4	Aditivos Químicos	21
2.1.3	Dosificación en la preparación de Morteros	22
2.1.3.1	Dosificación en peso	23
2.1.3.2	Dosificación en volumen	24
2.1.3.3	Cuantificación de la preparación de Morteros según norma	24
2.2	Relación de desperdicios y pérdidas de mortero	25
2.2.1	Pérdidas en revoque por lanzamiento a Chorro	25
2.2.1.1	Error de flujo másico	26
2.2.2	Pérdidas de mortero en un revoque manual	26
2.3	Bombeo por Cavidades progresivas	27
2.3.1	Diámetros y excentricidad	28
2.3.2	Cavidades	28
2.3.3	Estator	29
2.3.4	Geometría de rotor	29
2.4	Posibles fallas en el bombeo	30
2.5	Sensor de peso	31
2.6	Microcontrolador PIC 16F876A	32
2.6.1.1	Microprocesador	32
2.6.1.2	Periféricos	33
2.6.1.3	Memoria	33
2.7	Módulo HX711	34
CAPÍTULO III INGENIERÍA DEL PROYECTO		35
3.1	Introducción	35
3.1.1	Requerimientos del proyecto	35
3.1.1.1	Espesor del mortero para revoque de muros	35
3.1.1.2	Requerimiento del volumen de mortero	35
3.1.2	Requerimiento en peso y volumen de la mezcla	36
3.1.3	Requerimiento de tiempo y velocidad de la mezcla	37

3.1.3.1	Tiempo de mezcla	37
3.1.4	Velocidad.....	38
3.1.5	Producción de la mezcla.....	38
3.2	Diagrama global y descripción del sistema	39
3.3	Sistemas y subsistemas	40
3.3.1	Sistema Mezclatorio	40
3.3.1.1	Subsistema de descarga	41
3.3.2	Sistema de Pesaje.....	42
3.3.2.1	Sistema de Pesaje – Primer alternativa	42
3.3.2.2	Sistema de Pesaje – Segunda alternativa.....	42
3.3.3	Sistema de transporte y bombeo	43
3.3.3.1	Subsistema de almacenamiento	43
3.3.3.2	Subsistema de transporte	44
3.3.4	Sistema de transmisión - accionamiento.....	44
3.3.5	Sistema de control eléctrico	45
3.3.6	Sistema estructural de soporte	46
3.4	Parámetros y dimensionamiento del diseño mecánico.....	47
3.4.1	Dimensionamiento adoptado del tanque mezclatorio	47
3.4.2	Cálculo de carga a vencer sobre paletas mezcladoras	48
3.4.3	Diseño de las paletas dispuestas en un solo sentido	50
3.4.4	Diseño del eje de transmisión	50
3.4.5	Análisis de Cargas y esfuerzos en el sistema mezclatorio	55
3.4.5.1	Simulación de cargas en el sistema mezclatorio.....	55
3.4.5.2	Simulación de esfuerzos, factor de seguridad en el Eje	57
3.4.6	Diseño del recipiente contenedor.....	58
3.4.7	Cálculo Diámetro de Recipiente.....	58
3.4.8	Cálculo de espesor para la placa del recipiente	59
3.4.9	Análisis de Cargas y esfuerzos en el sistema mezclatorio	61
3.4.9.1	Simulación de cargas presentes en el sistema mezclatorio	61
3.4.9.2	Simulación de reacciones del Eje rotor	62
3.4.9.3	Simulación Esfuerzos y factor de seguridad del Eje rotor	63
3.4.10	Diseño de la estructura.....	64
3.4.10.1	Dimensionamiento y cálculo de la estructura perfil cuadrado.....	65
3.4.10.1.1	Esfuerzo en la viga A-B a flexión	67
3.4.10.1.2	Cálculo de altura - centroide y	68
3.4.10.1.3	Esfuerzo combinado Von Mises de la viga A-B punto 1:.....	69
3.4.10.1.4	Factor de seguridad en el punto 1 de la viga AB.....	69
3.4.10.1.5	Esfuerzo combinado Von Mises de la viga A-B en el pto. 2:	70

3.4.10.1.6	Factor de seguridad punto 2, viga AB	70
3.4.10.2	Análisis del pandeo sobre la estructura	71
3.4.10.2.1	Relación de esbeltez efectiva para soportes.....	72
3.4.10.2.2	Carga crítica	73
3.4.10.3	Análisis de Cargas y esfuerzos.....	74
3.4.10.3.1	Simulación de cargas presentes en toda la parte Estructural.....	74
3.4.10.3.2	Simulación del Esfuerzo y factor de seguridad en Estructura	76
3.4.11	Dimensionamiento de Sistema Traslacional	77
3.4.11.1	Cálculo del cojinete M y N	78
3.4.11.2	Carga dinámica	79
3.4.11.3	Selección de los pernos para la parte de traslación	81
3.4.12	Dimensionamiento para la tolva.....	83
3.4.12.1	Cargas de llenado en las paredes.	84
3.4.12.2	Análisis de Cargas y esfuerzos.....	87
3.4.12.2.1	Simulación de cargas presentes en la Tolva.....	87
3.4.12.2.2	Simulación del Esfuerzo y factor de seguridad en la Tolva	89
3.4.13	Diseño de la placa base de la tolva.....	90
3.4.13.1	Cordón de soldadura en la placa	90
3.4.13.2	Diseño de apoyos de la placa rectangular	93
3.4.13.3	Factor de seguridad en pernos anclados al perfil C	95
3.4.13.4	Análisis de Cargas y esfuerzos de la placa rectangular	95
3.4.13.4.1	Simulación de cargas en la placa soldada a la tolva.....	96
3.4.13.4.2	Esfuerzo y factor de seguridad en la placa de sujeción	96
3.4.14	Diseño de Tornillo helicoidal	97
3.4.14.1	Parámetros de operación:.....	98
3.4.14.2	Cálculo de la capacidad de Tornillo transportador	99
3.4.14.2.1	Cálculo de la capacidad de diseño	99
3.4.14.2.2	Cálculo de la capacidad requerida.....	100
3.4.14.2.3	Velocidad del Transportador.....	100
3.4.14.3	Diámetro mínimo de Helicoidal - tamaño de agregados.....	100
3.4.14.4	Cálculo de la potencia y torque requerido	102
3.4.14.4.1	Potencia para mover el transportador vacío	102
3.4.14.4.2	Potencia para mover el material	103
3.4.14.4.3	Potencia Total.....	104
3.4.14.4.4	Calculo del torque para accionamiento del Tornillo Helicoidal	105
3.4.14.5	Cálculo de Esfuerzos en el Tornillo de Transporte.....	105
3.4.14.5.1	Carga axial debido a la transportación del tornillo.....	105
3.4.14.5.2	Transmisión de cargas- momentos en Tornillo transportador	108

3.4.14.5.3	Factor de seguridad alternante en Tornillo transportador.....	110
3.4.14.6	Análisis de Cargas y Esfuerzos	111
3.4.14.6.1	Simulación de cargas presentes en el Tornillo transportador.....	111
3.4.14.6.2	Esfuerzo y factor de seguridad en Tornillo transportador.....	112
3.4.15	Operación de la BCP	113
3.4.15.1	Cálculo de caudal suministrado sobre la bomba	113
3.4.15.2	Cálculo de presión sobre la bomba.....	114
3.4.15.3	Cálculos comparación bomba BCP fabricante Moyno	115
3.4.15.4	Puntos de máxima interferencia máxima entre la bomba y elastómero	116
3.4.15.5	Cálculo de la presión sobre la bomba (TDH).	117
3.4.15.5.1	Presión de entrada	117
3.4.15.5.2	Presión de nivel	117
3.4.15.5.3	Presión total	118
3.4.16	Cálculo de potencia consumida.	118
3.4.16.1	Potencia hidráulica:	118
3.4.16.2	Potencia consumida:	118
3.4.17	Cálculo del torque resistivo de la bomba	118
3.4.18	Diseño estático de la bomba de cavidad progresiva	119
3.4.18.1	Diseño dinámico del rotor de la Bomba	123
3.4.18.2	Factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga	124
3.4.18.2.1	Determinación de factor de superficie.....	125
3.4.18.2.2	Determinación de factor de tamaño	125
3.4.18.2.3	Determinación del factor de Confiabilidad.....	125
3.4.18.2.4	Determinación del factor de temperatura	126
3.4.18.2.5	Factor de concentración de esfuerzos y sensibilidad	126
3.4.18.2.6	Determinación de efectos diversos	127
3.4.18.1	Análisis de Cargas y Esfuerzos	128
3.4.18.1.1	Simulación de Cargas en Bomba de cavidad progresiva	129
3.4.18.1.2	Simulación Esfuerzo y factor de seguridad en bomba B.C.P.	129
3.4.19	Diseño de soporte intermedio para anclaje de tornillo helicoidal	131
3.4.19.1	Dimensiones del buje y el acoplamiento	131
3.4.19.1.1	Tensión cortante (en el acople)	131
3.4.19.1.2	Tensión de aplastamiento (sección proyectada del pasador).....	132
3.4.19.1.3	Tensión cortante (en el acople del tornillo helicoidal).....	132
3.4.20	Dimensionamiento de articulaciones de la bomba	132
3.4.20.1	Dimensionamiento de articulaciones para ajuste de la bomba.....	133
3.4.20.2	Análisis de cargas y esfuerzos en articulaciones de B.C.P.	134
3.4.20.2.1	Simulación de cargas en articulaciones y argolla de sujeción.....	134

3.4.20.2.2	Fuerzas de reacción	134
3.4.20.2.3	Tensiones presentes en las articulaciones de sujeción.....	135
3.4.21	Diseño de pasadores superiores e inferiores de la estructura.....	136
3.4.22	Diseño de cubiertas	137
3.5	Análisis hidráulico	137
3.5.1	Altura y alcance de la proyección de mortero	137
3.5.1.1	Pérdidas en la manguera.....	139
3.5.2	Cálculos para la pistola de dispersión.....	139
3.5.3	Consumo de aire en la boquilla.....	140
3.5.4	Velocidad de proyección del mortero.	142
3.5.5	Dimensionamiento de la manguera.....	143
3.6	Parámetros y dimensionamiento del sistema de Pesaje	143
3.6.1	Conexión y características de la celda de Carga	143
3.6.2	Semiconductor HX711 para básculas de peso.	145
3.6.2.1	Librería <HX711.h>	145
3.6.3	Selección del microcontrolador PIC16F876A.....	145
3.6.4	Sensibilidad en la conexión Celda a HX711.....	146
3.6.5	Calibración del sistema de pesaje	147
3.6.5.1	Curva de calibración para la celda de carga	148
3.6.5.2	Asignación de los pines Del control y la conexión física.....	148
3.6.6	Diagrama de flujo del proceso de mezcla	150
3.6.7	Diseño del código a grabar en el Microcontrolador	150
3.6.7.1	Lectura de salida, entrada y selección de Ganancia	152
3.6.7.2	Lectura de datos negativos.....	152
3.6.7.1	Función tarar	152
3.6.7.2	Cálculo del offset	155
3.6.8	Simulación de Pesaje en Proteus interfaz Mikro CPro	156
3.6.9	Elaboración de la placa de circuito impreso	157
3.7	Análisis de potencia y especificación de Motores trifásicos.....	159
3.7.1	Potencia demandada para el Motor N°1	159
3.7.1.1	Potencia necesaria para mover eje y paletas mezcladoras.....	159
3.7.1.2	Potencia necesaria para mover la mezcla.....	159
3.7.1.3	Potencia total para sistema mezclatorio.....	160
3.7.2	Potencia demandada para el Motor N°2	161
3.7.3	Especificación del Reductor de velocidad 1	162
3.7.3.1	Cálculo de la reducción en la mezcladora.....	162
3.7.4	Especificación Reductor de velocidad 2.....	163
3.7.5	Especificación Motoreductor 1	164

3.8	Análisis energético.....	164
3.8.1	Diseño del Subsistema de potencia y control.....	164
3.8.1.1	Influencia de la potencia en altura y ambiente	164
3.8.2	Especificación del conductor para la alimentación del motor	165
3.8.2.1	Dimensionamiento necesario de corriente	165
3.8.2.2	Cálculo del Nro. de cable de alimentación	166
3.8.3	Elementos de protección	166
3.8.3.1	Dimensionamiento de relé termomagnético.....	167
3.8.3.2	Dimensionamiento de contactores electromagnéticos	167
3.8.3.3	Dimensionamiento de Fusibles	167
3.8.3.4	Dimensionamiento de Relés térmicos.....	168
3.8.4	Cables	168
3.8.5	Caída de tensión.....	169
3.8.6	Circuitos de maniobra y diagrama Unifilar.....	170
3.9	Balance de materiales	172
3.10	Especificación de Planos	173
CAPÍTULO IV		175
PROCESO DE MANUFACTURA.....		175
4.1	Parámetros del proceso de Manufactura	175
4.1.1	Metodología de fabricación.....	175
4.1.2	Tiempos de fabricación.....	175
4.1.2.1	Tiempo necesario para trabajos de taladrado	176
4.1.2.2	Tiempo necesario para trabajos de soldadura	176
4.1.2.3	Tiempo necesario para trabajos de amolar	176
4.1.2.4	Tiempo de torneado.....	177
4.1.2.5	Tiempo necesario para trabajos de doblado	177
4.1.3	Hojas de proceso y costo.....	177
4.1.3.1	Información presente en las hojas de proceso.....	177
4.2	Proceso de montaje	177
4.2.1	Montaje de los sistemas y elementos	177
4.2.1.1	Montaje fase 1 – Sistema Mezclatorio	178
4.2.1.2	Montaje fase 2 – Sistema de pesaje	181
4.2.1.3	Montaje fase 3 – Sistema de traslación	183
4.2.1.4	Montaje fase 4 – Sistema de almacenamiento.....	185
4.2.1.5	Montaje fase 5 – Sistema de Transporte	187
4.2.1.6	Montaje fase 6 – Sistema de bombeo.....	189
4.3	Operación y mantenimiento	191
4.3.1	Indicaciones de ambiente de trabajo.....	191

4.3.2	Indicaciones de mantenimiento preventivo	191
4.3.3	Indicaciones previas de operación	192
4.3.3.1	Transporte de la mezcla:	193
4.3.4	Indicaciones de mantenimiento.....	193
4.3.4.1	Cambio de las hojas de desgaste de la mezcladora	194
4.3.4.2	Lubricación de reductores.....	194
4.3.4.3	Mantenimiento preventivo.....	194
4.3.4.4	Mantenimiento correctivo.....	194
CAPÍTULO V COSTOS.....		195
5.1	Costo de materiales	195
5.2	Costo de insumos	197
5.3	Costo de elementos especificados.....	198
5.4	Costo de Máquinas y Herramientas	200
5.5	Costo de mano de obra	201
5.6	Costo total de fabricación de piezas	202
5.7	Otros Costos.....	203
5.8	Resumen de Costos	204
5.9	Precio de venta.....	205
CAPÍTULO VI		207
EVALUACIÓN.....		207
6.1	Evaluación Técnica.....	207
6.1.1	Cuadro comparativo con modelos existentes.....	208
6.1.2	Cuadro de requerimientos con modelos existentes.....	209
6.1.3	Evaluación técnica:.....	210
6.2	Evaluación Económica.....	211
6.3	Conclusiones	212
6.4	Recomendaciones	212
6.4.1	Recomendaciones de operación del equipo	212
6.4.2	Recomendaciones de mantenimiento	214
BIBLIOGRAFÍA y REFERENCIAS		215

DISEÑO DE UNA MÁQUINA MEZCLADORA Y REVOCADORA DE MORTERO PARA LA CONSTRUCTORA AEDIFICAREM S.R.L.

RESUMEN

El proyecto se enfoca en el diseño de una máquina mezcladora y proyectadora de mortero para la empresa constructora AEDIFICAREM S.R.L. El diseño incorpora aspectos mecánicos, eléctricos y electrónicos, basados en conceptos de física, diseño mecánico, diseño eléctrico y programación para su automatización. Se respalda con cálculos, gráficos y ecuaciones que explican el proceso físico. El diseño mecánico de la máquina incluye un sistema de mezclado, pesaje, transporte, estructura y sistema de bombeo para la proyección de mortero. La máquina tiene la capacidad de mezclar y proyectar mortero con un caudal de $15,39 [lts/min]$ y un alcance vertical de $19,5 [mts]$ de altura. Se realizan análisis y simulaciones para verificar que los componentes clave resistan las fuerzas y momentos dentro de los límites de seguridad. Dado que el proceso de elaboración de mortero en la empresa muestra variabilidad en las proporciones, se ha implementado un control de pesaje basado en un microcontrolador PIC16F876A y un convertidor de peso HX711. Este sistema permite la calibración de celdas de carga y proporciona mediciones precisas del peso en kilogramos. La programación lógica cableada controla el funcionamiento de los motores para el proceso de mezclado y transporte. El sistema eléctrico cumple con las normas de seguridad NB777. El prototipo de la mezcladora es mediano y portátil, con una capacidad de mezcla de $0,075 [m^3]$. Los operarios dosifican el peso del mortero antes de su suministro. La fabricación del conjunto mecánico se puede realizar con los recursos humanos y tecnológicos disponibles en La Paz. El mantenimiento es sencillo y puede ser llevado a cabo por personal mecánico especializado. Además, se presta atención a evitar la contaminación y derrames ambientales. Este proyecto incorpora elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos. La máquina es portátil y adecuada para su uso en la construcción, con un enfoque en la precisión y la seguridad en su funcionamiento.

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

ASPECTOS GENERALES

1.1 Introducción

En la actualidad, el éxito en la contratación y ejecución de diferentes obras se basa en el rendimiento de las mezclas finales, el costo del producto terminado y la calidad de los trabajos. Esto ayuda a evitar pérdidas innecesarias al final del proceso. El rendimiento y el costo están estrechamente relacionados, ya que un mayor rendimiento reduce el costo o, a su vez, un mayor volumen de obra ocasiona una disminución en el costo unitario. En el área de la construcción, se encuentra una variedad de materia prima; el enfoque principal de la máquina propuesta es la producción del mortero utilizado para la mampostería y el revestimiento de paredes, dependiendo del tipo de obra que se vaya a realizar.

Se plantea el diseño y la posible construcción de una máquina que mezcle las correctas proporciones de cemento portland IP40, áridos, agua, y aditivos para la elaboración del mortero, con el objetivo de evitar el desperdicio de recursos. Esto se debe a la necesidad de disminuir los tiempos de planificación en la industria de la construcción, especialmente en el proceso de enlucido con mortero, presentado a la constructora AEDIFICAREM S.R.L.

El capítulo uno hace una descripción de la temática del problema, haciendo referencia la materia prima que interviene en la elaboración de mortero, con algunas normas internacionales, debido a que en el ámbito nacional no existe una normativa fija para la producción de mortero. En la constructora, existen técnicas que se fueron perfeccionando en base a la experiencia, la prueba y error, por lo cual se deben cumplir y especificar los pesos unitarios con los cuales la constructora AEDIFICAREM S.R.L. puede realizar la mezcla.

El proyecto abarca las propiedades, conceptos y aplicaciones del mortero proyectado para el recubrimiento superficial de muros.

En el segundo capítulo, se presentan las características de las mezcladoras y revocadoras existentes en el mundo, así como la elaboración correcta de diferentes tipos de mortero. La dosificación del mortero, se basa en la experiencia y los manuales investigados; además de datos del control de calidad adquiridos en la constructora AEDIFICAREM S.R.L.

La mezcla manual de mortero presenta dificultades y falta de control en los pesos por unidad de volumen. En el capítulo tres se desarrolla el método de investigación basado en otros diseños, la memoria de cálculos, los requerimientos, los sistemas que componen la máquina y elementos mecánicos de la máquina mezcladora.

Con el propósito de visualizar el tema de cálculos numéricos y resistencia de la máquina, se empleó para ello los programas de Solid Works 2019, Matlab, Cadesimu, Easy Eda, Micro Cpro y Proteus, que brindan el apoyo al dibujo tridimensional y los planos. El cuarto capítulo describe el diagrama de procesos de fabricación de la maquina mezcladora y revocadora de mortero, así como los tiempos requeridos para la manufactura y ensamblaje.

En el capítulo cinco, se entrega un análisis detallado de los costos totales del proceso de fabricación de la máquina, considerando los materiales, mano de obra y otros aspectos como el costo del diseño propuesto.

El sexto capítulo presenta una comparación técnica y económica de la máquina mezcladora-revocadora con marcas importadas internacionalmente, estableciendo que el costo de la máquina es rentable a largo plazo.

Se aborda las consideraciones para el mantenimiento de la máquina, las conclusiones y recomendaciones posibles para mejoras en proyectos futuros, también se elabora un manual de uso adecuado de la máquina y se incluyen planos de detalle y catálogos de los elementos mecánicos y elementos de control de la máquina mezcladora – revocadora.

En resumen, este proyecto propone un diseño que relaciona una máquina mezcladora y revocadora, que soluciona los problemas actuales en las construcciones y logra alcanzar la capacidad de caudal requerido, posibilitando el revestimiento de variedad de obras en construcción.

1.2 Planteamiento del problema

La industria de la construcción está en crecimiento; sin embargo, en las obras finas como en las obras gruesas, no existe un estándar normativo para dosificación de mortero que cumpla con los requisitos de control de calidad como la plasticidad, adhesión y proporciones de agua y cemento. La dosificación imprecisa de cemento, arena, agua y aditivos resulta en mezclas inadecuadas y revoques de baja calidad.

La demanda de tiempo requerido para realizar la mezcla y el revocado de paredes, una pared de $10,5 [m^2]$ requiere de las habilidades del trabajador y varía entre 5 a 6 horas, resultando en un aumento en el tiempo de trabajo y los costos laborales.

Esto genera gastos significativos al contratar mano de obra adicional o al retrasar los plazos de entrega, algo común en proyectos de construcción que involucran paredes de concreto.

Para la obtención de mortero, se busca optimizar el caudal y el transporte de los materiales necesarios, como el cemento, arena, agua se realiza manualmente con carretillas y baldes. En algunos casos, las paredes quedan sin el recubrimiento de mortero debido a la falta de tiempo. Por tanto, es importante considerar no solo que las paredes queden recubiertas con la mezcla sino el tiempo de ejecución del recubrimiento de las paredes; ya que ambos influyen en el costo total de la obra.

La mezcla y el revestimiento manuales resultan en un rendimiento del 70% debido al desperdicio de material y al tiempo adicional requerido. La alta viscosidad del mortero compuesto por cemento, arena, agua y aditivos provoca pérdida de materia prima al adherirse al recipiente, lo que subraya la importancia de una capacidad volumétrica adecuada. Entonces, es necesario el uso de una máquina automatizada que optimice el proceso, reduciendo el desperdicio y acelerando la ejecución.

El tiempo promedio empleado en este tipo de trabajos es de 1,5 minutos mínimo para el mezclado y aproximadamente 3 días para el recubrimiento y curado de una obra¹, por lo que se busca disminuir el tiempo de trabajo del personal de obra y facilitar el proceso. En este sentido, surge preguntarse: ¿Será posible diseñar un equipo que permita no solo realizar correctamente la dosificación en peso correcta de mortero sino también mezclar y revocar en las paredes o muros exteriores una determinada área de recubrimiento?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar una máquina que integre una mezcladora y revocadora para el recubrimiento de paredes, con la finalidad de disminuir los tiempos de trabajo, obtener revoques con una excelente plasticidad del material y adherencia a los muros entre otras exigencias que requiere la constructora AEDIFICAREM S.R.L.

1.3.2 Objetivos específicos

- Dosificar el volumen en peso de cada agregado con precisión; permitiendo su uso en distintos tipos de aplicaciones sobre la construcción.

¹ Gobierno autónomo municipal de La Paz, especificación técnica de obras civiles en Edificaciones

- Regular el pesaje de las proporciones de cemento, arena, agua y otros agregados mediante un sistema de monitoreo en escala de kilogramos para el proceso de dosificación de mortero.
- Disminuir los tiempos de preparación y revocado de mortero.
- Dimensionar todas las partes esenciales de una máquina mezcladora con una revocadora neumática para lograr un recubrimiento superficial de paredes con material de mortero que tenga una capacidad aproximada de 15,39 [litros/min] y 160 [kg] de mortero.
- Diseñar un sistema de descarga para el mortero proyectado.
- Crear una secuencia de control para los motores que realizan el proceso de revoque y mezclado del mortero.
- Seleccionar los componentes mecánicos adecuados para todos los sistemas de la máquina mezcladora y de proyección de mortero.
- Definir los parámetros correctos para la dosificación y el mezclado de mortero, incluyendo las proporciones de cemento, arena, agua y agregados.
- Realizar un análisis de la viabilidad económica, considerando los costos de diseño y construcción del equipo mezclador - revocador.

1.4 Justificación

1.4.1 Justificación técnica

La constructora AEDIFICAREM lleva a cabo el mezclado de mortero de manera manual, transportando el material en carretillas y baldes hasta el lugar donde se realiza la colocación. Posteriormente, la aplicación del recubrimiento con cemento se realiza de manera artesanal utilizando espátulas para juntas y revoques con la mano de obra calificada; sin embargo, en muchos sectores donde se realiza la obra gruesa y fina es difícil encontrar máquinas que faciliten esta ardua labor. Por lo tanto, se propone el diseño de una máquina mezcladora acoplada a una revocadora neumática especializada en mortero.

1.4.2 Justificación Económica

El diseño semiautomatizado acelera la productividad del acabado. Debido al hecho de la baja producción de concreto y mortero proyectado en planta; también reduce el desperdicio de materia prima, lo que resulta en ahorros económicos en la compra de materiales. El diseño y su posible futura implementación optimiza el

proceso de mezcla; aumentando el rendimiento y el recubrimiento, lo que lleva a una disminución en los tiempos de operación. Por ejemplo, al elaborar las mezclas con un mayor contenido de cemento, el personal a menudo no toma en cuenta las propiedades adecuadas de mortero, lo que resulta en mezclas con un exceso de cemento que es contraproducente en términos de costo.

1.4.3 Justificación Social

El proceso de recubrimiento con mortero es un trabajo arduo que requiere muchas horas para lograr un buen acabado superficial de la obra.

Por esta razón el personal está expuesto a grandes riesgos disergonómicos², debido al mezclado y proyectado en las obras, lo que aumenta probabilidad de problemas musculoesqueléticos y posibles accidentes al trabajar en muros de gran tamaño, como se muestra en la figura 1.1.

El operador también está sometido a riesgos en el momento de realizar el trabajo en muros exteriores, por este motivo es necesario contar con un subsistema alimentador de la boquilla, que garantice una menor exposición del obrero y su interacción con los equipos de protección en altura. Así mismo, el diseño contribuirá a evitar la fatiga laboral en el proceso de revocado.

Figura 1.1 Descripción del proceso de revoque



Fuente: <https://i.pinimg.com/originals/7d/f3/48/7df348ebef6f2fefcae0766e700314a5.jpg>.

1.5 Límites y alcances

1.5.1 Límites

El presente proyecto se limita al diseño 3D Solidwork, excepto la unidad de pesaje.

² Trastorno musculo esquelético debido al tipo de actividad física realizada en el trabajo.

El trabajo se basará en la ciudad de La Paz, por ende todos los costos de mano de obra, materiales y demás serán basados de esta ciudad.

Para una futura implementación en la constructora AEDIFICAREM S.R.L. se analiza la fabricación de este equipo comparando su costo con otras máquinas semejantes, así como las funciones que realizará la empresa en obras con el respectivo equipo. A continuación, se describen los límites técnicos:

Tabla 1.2 Límites técnicos

Subfunción	Características ingenieriles	Unidades	Limites
Peso de la maquina	Peso del sistema	Kilogramos [kg]	< 250
Tamaño de la maquina	Dimensionamiento	metros [m]	Largo: 1,55 Altura: 1,52 Ancho:0,75
Arranque de motor	Tiempo de arranque	Segundos [s]	< 6
Capacidad de área de enlucido	Área de enlucido cada 4 paradas	m^2/hra	$A < 42$
Operatividad	Fácil uso, ergonomía, seguridad y mantenimiento		

Fuente: Elaboración propia

1.5.1.1 Espacio de montaje y alcance de proyectado

El diseño debe instalarse en un área cercana a la superficie de recubrimiento. El radio de cobertura actualmente abarca 750mm de radio, debido a que el largo de la máquina es de aproximadamente 1550mm. El proceso de revestimiento se puede realizar en superficies o muros teniendo como límite de una altitud de 19,5 metros mediante la longitud de la manguera correspondiente.

1.5.1.2 Suministro de Energía

La mezcladora es impulsada por un motor trifásico de 2 [Hp] de cuatro polos, funcionando a 50 Hz y 1500 [rpm] en condiciones nominales.

La presión suministrada a la boquilla lanzadora de mortero proviene de un compresor de 3 [Hp], mientras que la alimentación de agua se realiza manualmente mediante la conexión de una manguera al niple de 1,5" del recipiente de mezcla. Además, se emplea una bomba de lóbulos progresivos, de una capacidad máxima de 0,192 Hp al cual se debe adicionar la potencia que demanda el tornillo transportador helicoidal con una potencia nominal³ de 0,72[Hp].

³ El cálculo de la potencia nominal de la bomba B.C.P. se muestra en el acápite 3.14.16.

1.5.1.3 Cálculo y simulación

Si bien es aceptable la simulación de los elementos en la práctica con el software Solidworks 2019, los datos después de la simulación son evaluados y validados⁴. El cálculo y simulación de los elementos a diseñar están sujetos a estas limitaciones.

1.5.2 Alcances

El proyecto ofrece una reducción significativa del esfuerzo humano al evitar movimientos repetitivos y monótonos en el proceso de revocar las paredes. Con el uso de la máquina, los trabajadores pueden lograr un caudal de producción de $0,015 \text{ m}^3/\text{mín}$ en las áreas de difícil acceso, en contraste con el método manual. Además, se logra un mayor control en el espesor del revestimiento. El sistema de pesaje contribuye a mejorar la calidad del mortero al garantizar un flujo constante de material en la pared, lo que proporciona fluidez y uniformidad en el trabajo. La idea de integrar una máquina de mezcla y revoque es específicamente para aplicaciones de proyección de mortero, lo que resuelve los desafíos asociados con el revestimiento de muros en función de las necesidades específicas de cada tipo de aplicación de mortero.

1.6 Alternativas de solución

La dinámica de funcionamiento en cualquier tipo de mezcladora en este caso mortero puede resumirse en el siguiente esquema:

Figura 1.2 Representación de funcionamiento



Fuente: Elaboración propia

⁴ Las validaciones de los resultados se realizan por medio de ecuaciones identificadas en el acápite Glosario de fórmulas técnicas.

La alimentación con materias primas que en elaboración del mortero son: cemento IP40, arena fina, cal, agua y aditivos requieren la transformación de la energía eléctrica en energía mecánica, generalmente a través de un movimiento rotacional.

La energía mecánica se utiliza para el arrastre de la materia prima mediante un tornillo sinfín, y la mezcla se realiza utilizando barras tipo brazos o paletas diseñadas para tal efecto. Con el fin de lograr una sincronía en el proceso, el control debe tener una secuencia bien precisa. La importancia de la programación de este control es comparable a la lógica cableada de la máquina mezcladora de mortero. Posteriormente, el mortero se proyecta como parte esencial del revoque.

1.6.1 Alternativas de máquinas mezcladoras de mortero

Las mezcladoras se clasifican en función de la posición del eje de rotación en el cuerpo que lo contiene, tal es el caso de:

- Mezcladoras de eje inclinado, de cuba basculante.
- Mezcladoras de eje horizontal.
- Mezcladoras planetarias
- Diseño de una mezcladora de eje vertical

1.6.1.1 Mezcladoras de eje inclinado, de cuba basculante

La figura 1.3, muestra una mezcladora de eje inclinado o tambor basculante, este tipo de mezcladoras pueden ajustar las inclinaciones del eje para cada etapa del trabajo, ya sea durante el llenado, el amasado, o la descarga.

Figura 1.3 Mezcladora de tambor basculante



Fuente: https://static.ferramentaskennedy.com.br/storage/385/betoneira-400l-linha-1-traco-painel-mono-csm_1_1586961949.jpg

La operación se facilita mediante un volante, que hace pivotar el tambor alrededor de un eje horizontal mediante un sistema de piñones dentados. El tambor realiza un

movimiento de rotación alrededor de su eje, con una inclinación de 15° a 20° que define su capacidad y la calidad del concreto.

Las mezcladoras basculantes son adecuadas para volúmenes pequeños de concreto, especialmente para mezclas plásticas o con agregado grueso de tamaño considerable. La descarga de este tipo de mezcladoras es buena, ya que el concreto es trabajable por ser liberado sin segregación.

1.6.1.2 Mezcladoras de eje horizontal

La figura 1.4 ilustra una mezcladora de eje horizontal, estas se caracterizan por su tambor de forma cilindro-cónica, que gira alrededor de un eje horizontal y cuenta con una o dos paletas, también llamadas espas, que giran alrededor de un eje no coincidente con el eje del tambor. Mayormente, están equipadas de dos aperturas: una para cargar el material y la otra para descargar el concreto.

Figura 1.4 Mezcladora de eje horizontal



Fuente: Trompo mezclador JZ de HAMAC MACHINERY Perú

Existen modelos en que el tambor es fijo y posee un eje con espas que giran alrededor del eje del tambor. El movimiento relativo entre las paletas y el concreto es constante, y todo el material se mezcla en el fondo del recipiente. Las mezcladoras de eje horizontal se distinguen por la forma en que se realiza la descarga. Dado que el eje de la mezcladora permanece fijo horizontalmente, la descarga se efectúa de dos maneras:

- Invirtiendo el sentido de la rotación del tambor
- Insertando una canaleta de salida al tambor

Las mezcladoras de eje horizontal están provistas con tolvas cargadoras, y se debe tener cuidado al inicio de cada carga, para que no quede material en la tolva.

Además, se debe evitar la segregación durante la descarga de mortero y asegurar que no queden agregados gruesos al interior de la mezcladora.

1.6.1.3 Mezcladoras planetarias de eje vertical

La figura. 1.5 muestra una mezcladora planetaria. Estas mezcladoras poseen gran potencia y son adecuadas para la proyección de hormigón, y toda variedad de concretos. Su bastidor posee una estructura robusta de acero soldado. Las placas inferiores, las paletas de mezclado y el rascador son piezas cambiables, que debido al desgaste son fabricados con acero al níquel Ni hard de larga durabilidad.

Cuentan con dos compuertas de servicio, una en la cubierta de la mezcladora y otra de servicio lateral para facilitar el mantenimiento y la limpieza. Proporcionan una mezcla homogénea, en un corto lapso tiempo, pero al tener más accesorios, mecanismos, su peso y un consumo de energía, es más costosa.

Figura 1.5 Mezcladora planetaria Menegotti



Fuente: Fotografía planta TECNOPOR

1.6.1.4 Diseño de la mezcladora móvil automática

El modelo propuesto adopta las ventajas de una mezcladora de tipo planetaria y de eje vertical. Es importante recalcar que el diseño ocupa un espacio aproximadamente $2,5 [m^2]$ de territorio.

El diseño que se plantea, se muestra en la figura 1.6, pertenece al tipo de una mezcladora móvil automática con un tanque para una capacidad de $0,093 [m^3]$ de mortero proyectado.

Figura 1.6 Mezcladora móvil automática



Fuente: Elaboración propia, solidworks 2019

1.6.2 Clasificación de máquinas de mortero proyectado

La proyección del material mezclado se clasifica en el tipo de aporte que se le proporciona a la boquilla:

- Proyección con bombeo peristáltico.
- Proyección mediante tornillo sin fin.
- Proyección mediante aire comprimido
- Proyección manual (no se describe por la simpleza de su ejecución)

1.6.2.1 Proyección con bombeo peristáltico

La figura 1.7 refleja una bomba peristáltica de manguera para el bombeo de concreto, posee una construcción simple y su funcionamiento es sencillo. El medio que se bombea no entra en contacto con ninguna de sus partes móviles ya que está contenido dentro de una manguera robusta y resistente. Esta posee una capa interior, de dos a seis capas de refuerzo y una capa exterior.

Su funcionamiento es un rotor que recorre toda la longitud de la manguera y la comprime. Este movimiento obliga que el contenido de la manguera, situado frente

al rotor se desplaza hacia adelante a lo largo de la manguera mediante un movimiento peristáltico de desplazamiento positivo.

Al inicio de la acción compresora del rotor, la elasticidad natural de la goma obliga que la manguera se abra y recupere su perfil redondo, lo que crea una presión de succión que recarga la bomba.

Figura 1.7 Proyectado por bombeo peristáltico

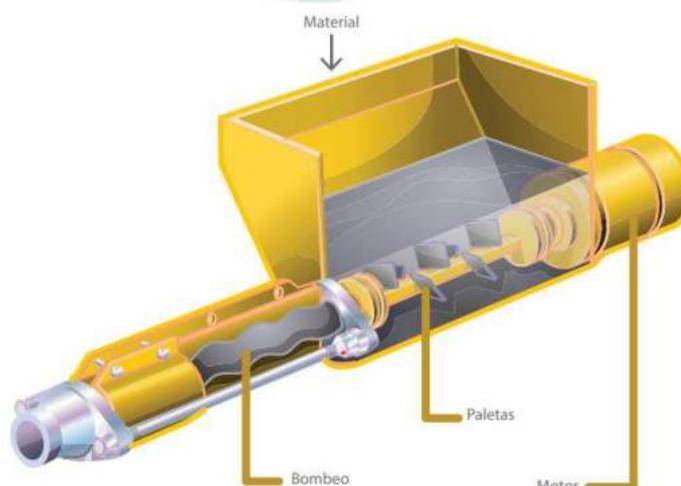


Fuente: 2da edición Guía chilena del Hormigón Proyectado

1.6.2.2 Proyección mediante tornillo sin fin y bomba B.C.P.

Este equipo se utiliza para la mezcla, bombeo, proyección e inyección de variedad de tipos de morteros como los tradicionales, premezclados, aislantes, cementos especiales y morteros autonivelantes. En la tolva se encuentra un tornillo sin fin que gira y empuja la mezcla de mortero hacia una manguera. Una bomba de tornillo sinfín ofrece la máxima eficiencia y flexibilidad, adecuada para cualquier trabajo específicos, en varios sectores de la construcción como ser constructores, revocadores, decoradores, pavimentadoras y especialistas.

Figura 1.8 Proyectado para vía húmeda mediante tornillo sin fin



Fuente: 2da edición Guía chilena del Hormigón Proyectado

Las ventajas de tener una bomba de cavidad progresiva son las siguientes.

Figura 1.9 Proyectoado para vía húmeda mediante tornillo sin fin

	Ventajas	Desventajas
BOMBEO DE CAVIDADES PROGRESIVAS	Bajas inversiones para pozos someros y bajos gastos	Se requiere una unidad de workover para el mantenimiento del equipo de subsuelo
	Buena eficiencia energética	Su vida útil es corta por los problemas con el elastómero
	Bajos costos capitales y de operación	Gasto de producción limitada
	Excelente eficiencia hidráulica (50% al 70%)	Disminuye su eficiencia cuando trabaja con gas
	Fácil de instalar y operar	Baja tolerancia a altas temperaturas
	Ofrece mayor resistencia que cualquier otro sistema al operar con altos contenidos de arena y alta RGA	Problemas de desgaste TP/varillas cuando se aplica a pozos desviados
	Aumenta su eficiencia a medida que aumenta la viscosidad del fluido	No es compatible con CO ₂ , ni demás fluidos de tipo ácido
	No posee válvulas internas ni trampas de gas	Difícil detección de fallas en subsuelo

Fuente: Shootcrete Guía chilena de hormigón proyectado

1.6.2.3 Proyectoado mediante aire comprimido

Se utiliza únicamente con aire comprimido que brinda la presión necesaria y lanzar la mezcla de mortero. Posee una tolva donde el operario recarga la mezcla una vez que se ha proyectado completamente la cantidad recolectada.

1.7 Antecedentes

1.7.1 Antecedentes de la forma de trabajo en la Constructora

En los acabados de obra fina sobre las zonas superficiales tanto en las paredes exteriores como interiores, se pasa por alto la supervisión de la dosificación adecuada para el revestimiento. En la mayoría de los casos, el personal recurre al método manual de mezclado, que en la mayoría resulta en un recubrimiento impreciso y deficiente.

El procedimiento actual que se realiza en AEDIFICAREM es el siguiente:

- Preparación de las herramientas necesarias, como espátula o paleta, artesa, regla o boquillera, baldes, plomada, llana de madera y materias primas: concreto, arena y agua.
- Se lanza el mortero con fuerza contra el muro, realizando los movimientos necesarios para distribuir la mezcla.
- Se unta el mortero suavemente, inclinando la espátula y presionando el muro abajo hacia arriba, desde el extremo inferior hasta el tope superior.

Figura 2.1 Revoques en paredes y tumbados (oficial, 2010)



Fuente: <https://eloficial.ec/enlucidos-en-paredes-y-tumbados/>

- Una vez que los puntos maestros se cubren con la mezcla, se mueve la regla o boquillera lateralmente, con el fin de evitar la formación de huecos.
- Finalmente se toma la llana de madera y se perfecciona el recubrimiento.

1.7.2 Antecedentes de máquinas Similares.

1.7.2.1 Antecedentes Máquina V2 UTIFORM

Otro antecedente es el manual de la máquina V2 de la empresa UTIFORM que cuenta con un sistema neumático-hidráulico, y su mezcla depende de la mano de obra. Este equipo de gran magnitud tiene una presión de 40 bares, que permite elevar una altura de transporte de 500 [m] y una distancia de 100 [m].

Figura 2.2 Mezcladora de concreto y revocadora de pared marca V2 de UTIFORM



Fuente: [http://www.utiform-rus.ru/assets/files/V2%20\[Esp\].pdf](http://www.utiform-rus.ru/assets/files/V2%20[Esp].pdf)

1.7.2.2 Antecedente Máquina S5 EV/EVTM

Esta marca consta de una bomba helicoidal universal para aplicaciones estándares y especiales empleado en recubrimientos finos.

Figura 2.3 Mezcladora de concreto y revocadora de pared marca S5 E/7EVTM

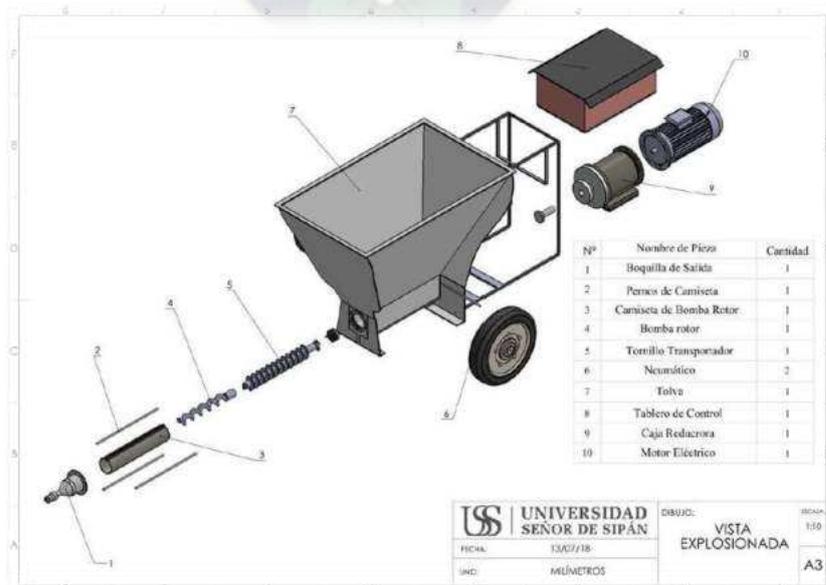


Fuente: Catálogo Revocadoras S5

1.7.3 Antecedentes de otros proyectos

Se rescató el diseño de una maquina revocadora neumática de paredes con una capacidad de $30[m^2/hra]$ para la empresa Campo Verde SAC, Lambayeque. En dicho proyecto, se observó que un operario tarda entre diez y quince horas promedio en enlucir una pared de aproximadamente $30[m^2]$ utilizando el método manual. Además, se requerían dos operarios para cubrir un área diaria promedio de $10[m^2]$ al día. En la propuesta de diseño, se ha optado por una mezcladora tipo paletas y tornillo transportador en lugar de una mezcladora horizontal. Asimismo, se planea utilizar un revocador con boquilla a presión.

Figura 2.4 Antecedente de la universidad señor de Sipán



Fuente: <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/4948>

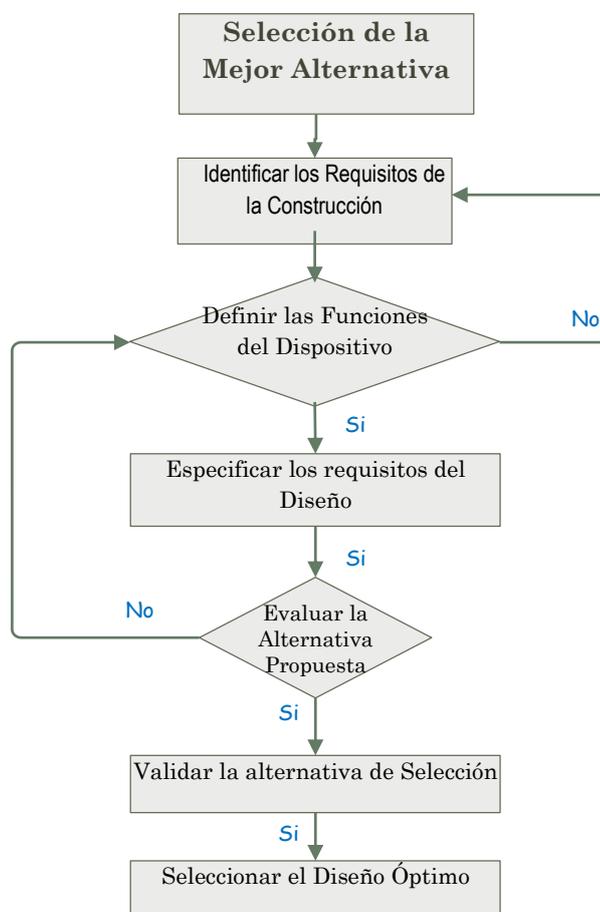
Con estos cambios, se espera mejorar el proceso y aumentar la eficiencia en la aplicación del revestimiento en las paredes. La capacidad de potencia del bombeo

es un estimado de 2[Hp] para una proyección de 0,90 [m^3/hra] en una superficie de 30[m^2], y una presión de trabajo de 2,50 [MPa].

1.8 Elección de la mejor alternativa de Solución

En cuanto a la selección de la mejor alternativa de solución, en la figura 1.10, se presenta un flujograma que permite evaluar un conjunto de opciones para solucionar el proceso de preparación de mortero proyectado. Considerando los conceptos de funcionamiento, las facilidades de operación y requisitos de mantenimiento.

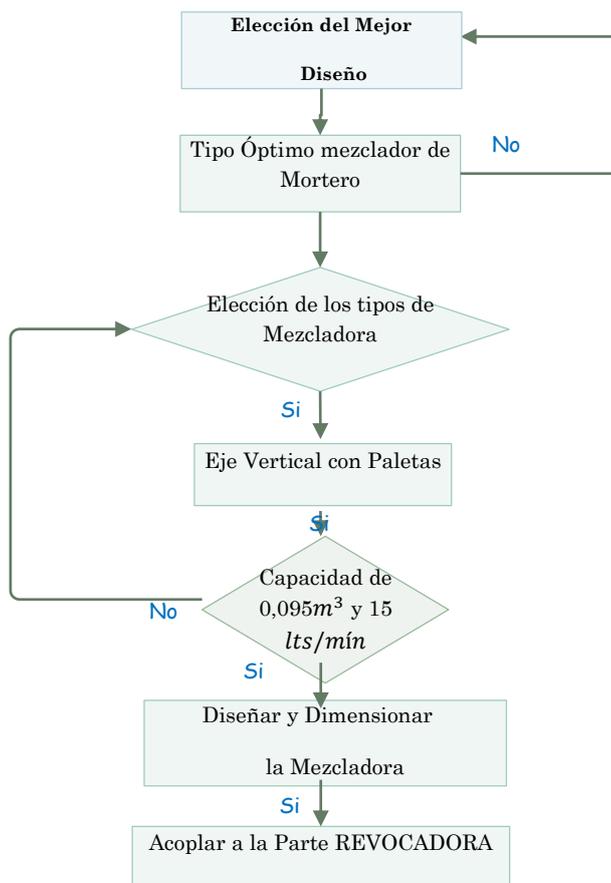
Figura 1.10 Criterios para Seleccionar la Alternativa óptima



Fuente: Elaboración propia. EDRAW MAX

Respondiendo a los criterios de la fig. 1.10 respectivamente en cada círculo, se logra identificar la mejor alternativa, y el resultado se muestra en la fig. 1.11.

Figura 1.11 Elección de la mejor alternativa.



Fuente: Elaboración propia EDRAW MAX

Como resultado, se determina que la alternativa más óptima consiste en diseñar una mezcladora de eje vertical con una capacidad de $0,093 [m^3]$ la cual llevará a cabo la proyección vía húmeda utilizando un tornillo sin fin y una bomba de cavidad progresiva, logrando una producción proyectada de $0,015 [m^3/min]$.

CAPÍTULO II FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 Bases Teóricas

2.1.1 Mortero Proyectado

El mortero proyectado, es un material de construcción empleado desde reparaciones de concreto, minería, túneles, estabilización de taludes; hasta reparación de diseños artísticos de edificios. Una máquina de mortero proyectado tiene varias ventajas: aplicación a cualquier altura ya que el concreto se adhiere y sostiene su propio peso, se puede aplicar sobre superficies irregulares uniformizándolas. Además, posee buena adherencia, debido al espesor de capa.

El mortero proyectado es un método de construcción rápido, flexible y económico, pero requiere un alto grado de mecanización. Puede lograr revestimiento con rápida capacidad de soporte a cargas, sin formaletas o tiempos de espera prolongados

Tabla 2.1 Aplicaciones del Mortero

Revestimiento protector de muros exteriores e interiores	Revestimiento de túneles y cámaras subterráneas	Estabilización de excavaciones en tunelería, minería y construcción subterránea
Estabilización de taludes	Reparación y reforzamiento de concreto, mejorar capas de desgaste	Trabajos de sello de filtraciones
Restauración de edificios históricos o modernos	Estructuras portantes livianas	Aplicaciones artísticas

Fuente: "Introducción a la tecnología básica de Concreto Proyectado" Jurgen Hofler, Jurg Schlumpf

2.1.2 Requerimientos del mortero Proyectado

En el presente proyecto, la máquina proyectadora de mortero realiza la mezcla en medio húmedo, antes de la salida hacia la boquilla. El mortero es un compuesto de tres materiales: cemento, agregados, agua y para mejorar ciertas propiedades potenciales se emplean aditivos, esto influye en la resistencia temprana y la durabilidad del material proyectado

2.1.2.1 Cemento

El cemento actúa como aglutinante y lubricante principal del concreto proyectado y juega un papel importante en las propiedades mecánicas una vez que el material se ha endurecido debido a su fraguado hidráulico. Sin embargo, es crucial tener en cuenta que ciertos tipos de cemento pueden no reaccionar adecuadamente al combinarse con acelerantes de fraguado o con aditivos de reacción lenta, por lo que

no es apropiado para la producción de mortero proyectado destinado al recubrimiento. En este caso, el uso del cemento portland IP40 como materia prima es recomendable, ya que empieza a fraguar y tiene una alta resistencia temprana y es adecuado para este tipo de aplicaciones.

Tabla 2.2 Efectos de las adiciones en el concreto y el mortero proyectado

Efecto del Contenido de Cemento	Tipo de aditivo	Observaciones
Hidráulico	Cementoso	Tipo y calidad influyen la manejabilidad y desarrollo de resistencias
Hidráulico latente	Escoria	Retarda el desarrollo de resistencias e incrementa la durabilidad.
Puzolánico	Microsilica Ceniza volante	Mejora la durabilidad, el comportamiento de adherencia y las propiedades mecánicas. Reduce el valor del pH del agua intersticial del concreto y por lo tanto debe ser limitada su cantidad.
Inerte	Polvo de roca (ej. filtro de caliza)	No desarrollan resistencia por ellos mismos pero ayudan con el mejoramiento de la matriz.

Fuente: "Introducción a la tecnología básica de Concreto Proyectado" Jürgen Hofler, Jürg Schlumpf

2.1.2.2 Agregados

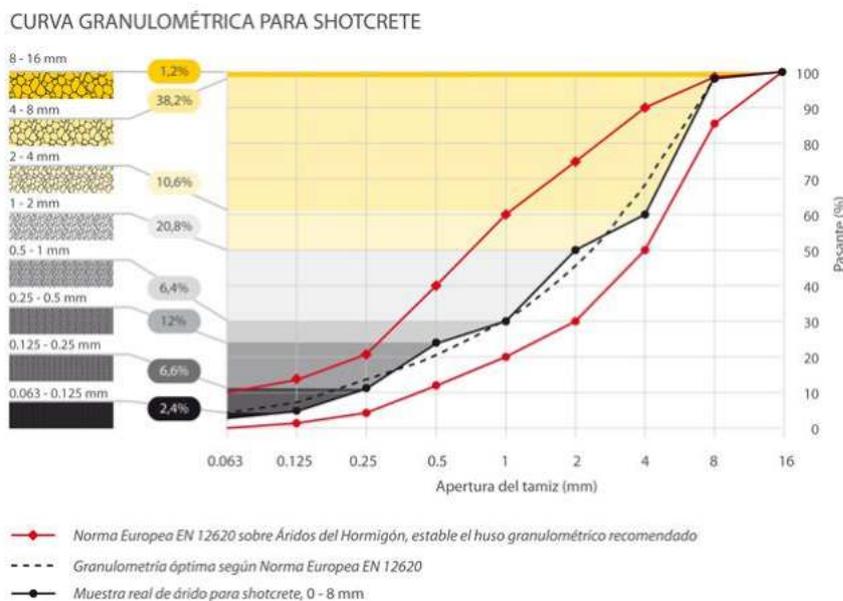
Los agregados (partículas de piedra) constituyen el esqueleto del mortero proyectado. Aproximadamente el 75% del volumen total es arena y grava. La composición geológica del agregado tiene una fuerte influencia en la manejabilidad y otras propiedades del mortero una vez endurecido. Los agregados tienen diferentes funciones:

- Determinan la cantidad de agua y es el de menor costo en la mezcla.
- Afecta la homogeneidad de la mezcla de el mortero proyectado.
- Brinda propiedades mecánicas (resistencia a la tensión, a la flexión y resistencia a compresión)
- Influye en la manejabilidad de la mezcla (formas de las partículas y finos)
- Alta influencia en la durabilidad requerida (porosidad y pureza)

En cuanto a la tecnología del concreto, las curvas de granulometría que contienen agregados de tamaño máximo de partícula de 16 [mm] son adecuadas, pero en términos del proceso global de aplicación de concreto proyectado el tamaño de las

partículas hasta 8 [mm] ofrece ventajas. Las curvas de granulometría para las aplicaciones seca y húmeda de concreto proyectado son mostradas a continuación.

Figura 2.1 Distribución de tamaño de partículas de componentes individuales.



Fuente: <https://bestsupportunderground.com/curva-granulometrica-para-shotcrete/>

Por estas razones debe dársele una alta importancia, lamentablemente no siempre se cumple. Si el contenido de finos < 0.125 mm. cambia en un pequeño porcentaje, una mezcla que es extremadamente manejable puede fácilmente convertirse en una que es imposible de bombear, o si el porcentaje de componentes blandos en el agregado es demasiado alto su resistencia al congelamiento puede ser totalmente destruida.

La norma ACI 506 R define tres granulometrías diferentes para su aplicación en el concreto lanzado o mortero proyectado:

Tabla 2.3 Límites granulométricos para combinación de agregados ACI 506 R – 90

Malla o Tamiz		Porcentaje que pasa en peso por malla individual		
		Graduación N° 1	Graduación N° 2	Graduación N° 3
3/4 "	(19 mm)			100
1/2 "	(12 mm)		100	80 – 95
3/8 "	(10 mm)	100	90 – 100	70 – 90
N° 4	(4,75 mm)	95 – 100	70 – 85	50 – 70
N° 8	(2,4 mm)	80 – 100	50 – 70	35 – 55
N° 16	(1,2 mm)	50 – 85	35 – 55	20 – 40
N° 30	(600 μm)	25 – 60	20 – 35	10 – 30
N° 50	(300 μm)	10 – 30	8 – 20	5 – 17
N° 100	(150 μm)	2 – 10	2 – 10	2 – 10

Fuente: ACI 506 R – 90

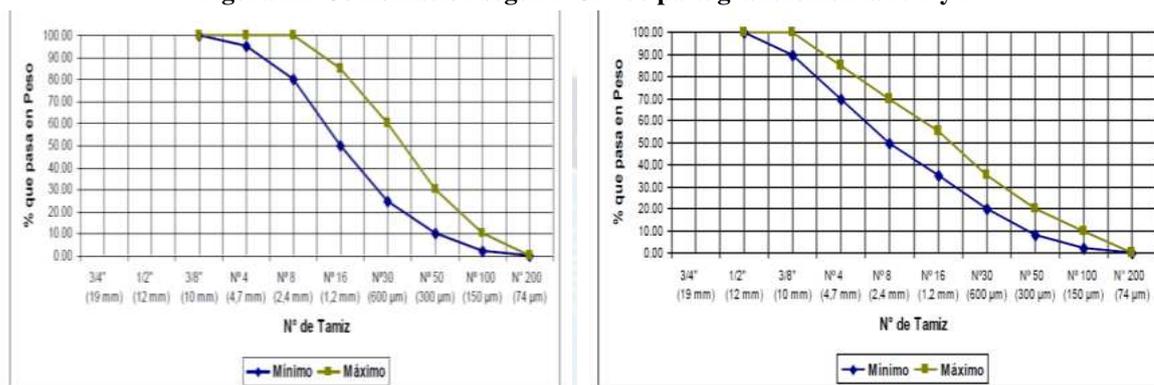
La granulometría 1, es agregado fino (arena), sus empleos son:

- Trabajos de reparación de concreto con espesores menores a 5 mm,

- Recubrimiento final sobre capas de concreto lanzado con agregado grueso.

Existen agregado grueso, de peso normal y peso ligero, para nuestro interés en particular se debe cumplir los requerimientos de la norma ASTM C 330. Limitan la resistencia del concreto, puesto que los agregados débiles no pueden constituir concreto resistente, sus propiedades, afectan tanto la durabilidad como el comportamiento del concreto recién mezclado, ya endurecido, así como en las proporciones de la mezcla.

Figura 2.2 Combinación según ACI 506 para granulometría N°1 y 2



Fuente: Norma ACI 506 Diseño de mezcla y propuesta de metodología para el control de calidad concreto lanzado universidad el salvador

La granulometría 2, Se lo emplea en protección, para evitar la corrosión de las fibras metálicas en ambientes agresivos. Para acabados pueden utilizarse arenas más finas que las recomendadas en la granulometría 1, aunque habrá que considerar que el uso de agregados finos genera mayor contracción por secado, mientras que los agregados más gruesos tienden a producir una mayor cantidad de rebote. Según las especificaciones para agregados en morteros de Revestimiento ASTM C 897 se prefiere que el tamaño de árido no sea mayor a 4 [mm] (4.75 mm).

2.1.2.3 Agua

El agua va dentro del concreto proyectado como agua añadida durante su producción y como humedad inherente en el agregado. La consistencia, es decir la plasticidad de la mezcla es regulada con agua y los aditivos. El agua de mezclado no debe contener ningún componente que retarde o acelere la hidratación como ser aceite y grasa, azúcares, sales, cloruros ó sulfatos. El agua potable siempre es adecuada para la producción de concreto proyectado.

2.1.2.4 Aditivos Químicos

La proporción de aditivo debe ser la recomendada por el fabricante, se debe probar su compatibilidad, el almacenamiento de los aditivos debe ser especificado por el

proveedor, se recomienda que sea en un espacio cerrado en un rango de temperatura de 5°C a 25°C, debiendo llevar un control de su fecha de vencimiento.

Tabla 2.4 Importancia de los Aditivos, por Sergio García y Carrasco, 2015

Aditivo reductor de agua	Según la guía para concreto proyectado, permite reducir el contenido de agua en una mezcla, sin afectar la consistencia para mejorar la trabajabilidad sin cambiar el contenido de agua, y reducir la proporción A/C de la mezcla.
Aditivo Superplastificantes	Mejoran significativamente su trabajabilidad, bombeabilidad y resistencia final, al ser de mayor proporción permite mayor reducción de la relación agua/cemento, por lo cual generalmente se usa solo en el lanzado vía húmeda en dosis pequeñas que oscila de 0.5% a 2% del peso del cemento, teniendo en cuenta las especificaciones detalladas por el fabricante.
Controlador de hidratación Aditivo estabilizador	La mezcla que es trasladada por largas distancias requiere tener un comportamiento plástico por un número de horas o incluso días, por lo cual necesita aditivos especiales para mantener su trabajabilidad en este tiempo. La hidratación del cemento reduce su resistencia final, al hidratarse el silicato de calcio esta forma cristales lo cual inicia la reacción para su fraguado, para evitar esto se adiciona un controlador de hidratación o estabilizador, el cual recubre el cemento y detiene temporalmente el proceso de hidratación
Aditivos acelerantes de fraguado y de endurecimiento	Los acelerantes de concreto se utilizan para reducir el tiempo de fraguado y acelerar el desarrollo de la resistencia en las primeras etapas (1-7 días). Estos productos, como el cloruro de calcio o silicato de calcio, son útiles cuando se necesita resistencia inicial alta para desencofrar o poner en servicio rápidamente una estructura. En climas fríos, ayudan a elevar el calor de hidratación para evitar tiempos de fraguado prolongados, mientras que en climas cálidos, pueden causar una rápida evolución del calor de hidratación y grietas por contracción. Es importante no exceder el 2% del peso del cemento en la dosis de acelerante, ya que un exceso puede llevar a problemas como endurecimiento rápido, mayor contracción, riesgo de corrosión y pérdida de resistencia.
Retardador/superplastificante	Tiene efectos combinados como superplastificante (efecto principal) y retardador (efecto adicional)

Fuente: Guía de hormigón proyectado Sergio García y Carrasco, 2015

2.1.3 Dosificación en la preparación de Morteros

La dosificación de morteros es un tema bastante amplio, lo siguiente son unas indicaciones referidas al contexto paceño.

Una vez determinadas las proporciones que se utilizarán en el mortero a preparar, la dosificación se realiza utilizando la siguiente ecuación básica:

$$V_T = \frac{P_c}{\rho_c} + \frac{P_{ca}}{\rho_{ca}} + \frac{P_{ar}}{\rho_{ar}} + \frac{P_{ag}}{\rho_{ag}} \quad (2.1)^5$$

Donde: V_T : Volúmen total a mezclar

P_{ca} : Peso de la cal

P_c : Peso del cemento

P_{ar} : Peso de la arena fina

⁵Jorge Echazú Cortez, *Ensayos de materiales de Construcción*

P_{ag} : Peso del agua

ρ_c : Densidad del cemento

ρ_{ca} : Densidad del cal

ρ_{ar} : Densidad de la arena

ρ_{ag} : Densidad del agua

Esta ecuación asume que el contenido de aire en la mezcla es despreciable y se aplica sin modificaciones cuando la arena está seca. En caso de usar arena húmeda se debe corregir la dosificación en función del contenido de humedad y la absorción.

La dosificación con datos de partida se expresa de la siguiente manera:

Cemento: Cal/arena = 1:0,25:3,5 (la proporción de arena es en función del peso del cemento)

Relación: agua/aglomerante (cemento + cal):0,67

Densidad del cemento = 2,87 Densidad de la arena = 2,65 Densidad de la cal = 2,3

Entonces metodología de dosificación es: *Volúmen total = 0,075 metro cúbico de mortero*

$$75 = \frac{P_c}{2,87} + \frac{0,25 P_c}{2,3} + \frac{3,5 P_c}{2,65} + \frac{0,67(1,25P_c)}{1} \quad (2.2)$$

La ecuación tiene resultados:

P_{cem} : 28,6 [kg]

P_{ca} : 7,15 [kg]

P_{ar} : 100,1 [kg]

P_{agua} : 23,9 [kg]

Si la arena estuviera húmeda con 5% de humedad y una absorción de 1,5%, entonces tendríamos que corregir las cantidades calculadas de la siguiente manera: la cantidad de agua que entra con la arena es de: $100,1 \times (0,05 - 0,015) = 3,5$ litros

Por lo tanto, las capacidades corregidas de los materiales son:

Cantidad de arena: $100,1 * 1,05 = 105,1$ kg

Cantidad de agua: $23,9 - 3,5 = 20,4$ litros

Como se puede apreciar, la anterior ecuación nos proporciona las cantidades de materiales en peso.

2.1.3.1 Dosificación en peso

Se requiere la transformación de la dosificación obtenida de peso para poder conseguirlo debemos realizar la transformación en volumen utilizando los pesos unitarios o densidades de los materiales de la siguiente manera:

peso unitario en el cemento = 0,93 kg/dm³

peso unitario de la cal = 0,570 kg/dm³

peso unitario de la arena = 1,650 kg/dm³

El peso del cemento se divide entre el peso unitario resultando en la cantidad de litros de cemento a colocar, lo mismo para el caso de la arena y el caso de la cal:

2.1.3.2 Dosificación en volumen

$$\text{Volúmen del cemento}^6 = \frac{28,6 \text{ kg}}{0,93 \text{ kg/dm}^3} = 30,8 \text{ lts} = \frac{28,6 \text{ kg}}{930 \text{ kg/m}^3} = 0,0308 \text{ m}^3$$

$$\text{Volúmen de la cal} = \frac{7,15 \text{ [kg]}}{0,570 \text{ kg/dm}^3} = 12,5 \text{ lts} = \frac{7,15 \text{ [kg]}}{570 \text{ kg/m}^3} = 0,0125 \text{ m}^3$$

$$\text{Volúmen de la arena} = \frac{100,1}{1,650 \text{ kg/dm}^3} = 60,6 \text{ lts} = \frac{100,1}{1650 \text{ kg/m}^3} = 0,0606 \text{ m}^3$$

Se debe hacer notar que, en vista de la gran incertidumbre que encierran los valores de estos pesos unitarios de los materiales es mejor evitar hacer dosificación en volumen y es mejor utilizarlas en peso.

Figura 2.3 Preparación de mortero



Fuente: <https://docplayer.es/7267404-Morteros-de-revestimiento>

2.1.3.3 Cuantificación de la preparación de Morteros según norma

Tabla 2.5 Diseño de mezcla para concreto proyectado de alto desempeño

COMPONENTE	DESIGNACIÓN	PRODUCTO	CONTENIDO
Cementante	CEM I 42,5 ó CEM I 52,5		430 kg/m ³
	CEM III/A 32,5 ó		
	CEM II/A-D 52,5		
	Humo de sílice	SikaFume®	
Agregado	Arena 0/4 mm	Redondeada / triturada	60 %
	Grava 4/ 8 mm		40 %
Contenido de agua	A/C	0,46	211 l/m ³
Aditivos para el concreto proyectado	Superplastificante	Sika®ViscoCrete®	1.20 %
	Retardante	Sika®Tard	0.30 %
	Ayudante de bombeo	Sika®Pump	0.50 %
	Acelerante	Sigunit®-L-AF	3.00% a 6.00 %

Fuente: Manual SIKA para Hormigón proyectado

⁶ Jorge Echazú Cortez, *Ensayos de materiales de Construcción*, pág 93

2.2 Relación de desperdicios y pérdidas de mortero

2.2.1 Pérdidas en revoque por lanzamiento a Chorro

Tabla 2.6 Resultado mediciones realizadas Estudio

Pruebas	Caudal con manguera (m^3/hra)				Caudal sin manguera (m^3/hra)
	Con Aire		Sin Aire		Altura (0m)
	Altura (0m)	Altura (1m)	Altura (0m)	Altura (1m)	
1	0,48	0,39	0,26	0,19	0,58
2	0,52	0,42	0,30	0,18	0,56
3	0,46	0,39	0,31	0,18	0,58
Promedio	0,486	0,393	0,290	0,183	0,573

Fuente: Diseño y construcción de un prototipo de máquina revocadora, Anthony Quinga y Miguel Calvopiña

Según Anthony Quinga y Miguel Calvopiña en un estudio “Diseño y construcción de un prototipo de máquina revocadora”, se notó que, al utilizar un tornillo sin conectar la manguera a 415 rpm, se logró un promedio de $0,5754 [m^3/h]$, mientras que el valor calculado previamente era de $0,5702 [m^3/h]$, lo que representa un error del 1%. En condiciones normales, es decir, con el tornillo funcionando a 415 rpm, suministro de aire para el bombeo y a una altura de 0 metros, se obtuvo un caudal de $0,4848 [m^3/h]$. Esto sugiere que existe una pérdida volumétrica interna del 16%, pero no se observan pérdidas volumétricas externas.

$$\dot{m} = \rho_{mor} \cdot Q \quad (2.3)^7$$

$$\dot{m} = 2140 \frac{kg}{m^3} \cdot 15,39 \frac{lbs}{min} \cdot \frac{m^3}{1000lbs} \cdot \frac{min}{60s} \quad \dot{m} = 0,54 \frac{kg}{s}$$

Para encontrar el error de flujo másico logaritmizamos y aplicamos la derivada:

$$\ln(\dot{m}) = \ln \rho_{mor} + \ln Q \quad \frac{1}{\dot{m}} d\dot{m} = d(Ctte) + \frac{1}{Q} dQ$$

$$\frac{E_{\dot{m}}}{\dot{m}} = \frac{E_Q}{Q} \quad E_{\dot{m}} = \dot{m} \frac{E_Q}{Q}$$

Para el caudal de referencia, el t de tablas para 2 grados de libertad y $\alpha/2 = 0,025$

$$S_Q = \sqrt{\frac{\sum Q_i^2 - \frac{(\sum Q_i)^2}{n}}{n-1}} = 0,0305$$

$$E_Q = t_{0,025, \nu=2} \frac{0,0208}{\sqrt{3}} \quad E_Q = 4,303 \frac{0,0305}{\sqrt{3}} = 0,0758$$

El valor verdadero de caudal y su error absoluto es: $0,486 \pm 0,084 [m^3/s]$

⁷ Teoría de errores, Alvarez y Huayta (las ecuaciones son parte del texto referenciado)

2.2.1.1 Error de flujo másico

$$E_{\dot{m}} = 0,54 \cdot \frac{0,0758}{0,486} \quad E_{\dot{m}} = 0,0842$$

A continuación, la siguiente tabla muestra los caudales de salida con sus respectivas pérdidas para todos los casos de referencia, y la diferencia entre los valores de salida y entrada representan los desperdicios.

Tabla 2.7 Desperdicios e intervalos de confianza en los caudales de salida/ entrada

Pruebas	Caudal con manguera (m^3/hra)				Caudal sin manguera (m^3/hra)
	Con Aire		Sin Aire		Altura (0m)
	Altura (0m)	Altura (19m)	Altura (0m)	Altura (19m)	
1	0,48	0,39	0,26	0,19	0,58
2	0,52	0,42	0,30	0,18	0,56
3	0,46	0,39	0,31	0,18	0,58
Promedio	0,486	0,393	0,290	0,18	0,573
Valor verdadero	0,486±0,084	0,393±0,062	0,290±0,065	0,183±0,014	0,573 ±0,028
Desperdicio	19,1%	19,1%	36,8%	36,8%	1%

Fuente: Elaboración propia en base a tabla

2.2.2 Pérdidas de mortero en un revoque manual

En un estudio realizado por Soibelman en 1993 titulado "Material de desperdicio en la industria de la construcción: Incidencia y Control", se investigaron cinco proyectos de construcción, que variaban en altura y superficie. El objetivo del estudio era determinar las tasas de pérdida de los materiales más comunes en la construcción, analizar las causas de las pérdidas y recomendar para la gestión de proyectos futuros. La metodología incluye la selección de los materiales más influyentes en el costo total de la obra, mientras que aquellos con menos impacto se analizaron de manera más general, incluyendo tabiques, bloques cerámicos, concreto hecho en obra, concreto premezclado, acero, cemento, arena y mortero.

Figura 2.4 Índice de porcentaje de pérdidas

Material	Índice de pérdidas (%)					Media
	A	B	C	D	E	
Acero	18.8	27.3	23.0	7.9	18.3	19.1
Cemento	86.1	45.2	36.5	109.8	135.4	82.6
Concreto	5.7	17.2	-	15.9	-	12.9
Arena	24.6	29.7	-	133.3	43.8	57.9
Mortero	103.0	87.5	40.4	152.1	85.0	93.6
Ladrillo hueco	-	8.2	93.3	33.6	107.3	60.6
Ladrillo macizo	43.5	15.2	-	47.2	109.9	54.0

Fuente: Soibelman, L.(2000). Material de desperdicio en la industria de la construcción I.

Según los datos recopilados por el investigador Lucio Soibelman, se concluye que el mortero puede tener pérdidas de hasta un 93% en comparación con lo

presupuestado, mientras que el concreto puede tener pérdidas de hasta un 12.9% en las obras estudiadas (A, B, C, D, E).

En la tabla, se presentan los resultados del análisis que evalúa el impacto de estas pérdidas en el costo final de la construcción de la estructura. El costo teórico se calcula como el promedio de los porcentajes teóricos de las 5 obras evaluadas.

Figura 2.5 Estimación del costo del desperdicio de materiales en porcentaje

Insumo	Costo Teórico (%)	Costo real (%)				
		A	B	C	D	E
Acero	4.3	5.1	5.5	5.3	4.7	5.2
Cemento	5.2	9.3	7.6	7.0	13.2	1.2
Concreto	5.4	6.0	6.0	6.3	5.4	6.7
Arena	0.9	1.2	1.2	1.1	2.0	1.3
Mortero	0.7	1.4	0.7	1.0	1.2	1.2
Ladrillos huecos	2.3	3.2	3.2	3.1	2.9	4.7
Ladrillo macizos	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.5
Resto de materiales + Mano de obra	80.9	80.9	80.9	82.9	80.9	8.9
TOTAL	100.0	107.4	105.4	105.4	110.6	111.6
COSTO DE LAS PERDIDAS		7.4	5.4	5.4	10.6	11.6

Fuente: Soibelman, L. (2000). *Material de desperdicio en la industria de la construcción I: Incidencia y control.*

A medida que la altura de un edificio aumenta, se observa un aumento gradual en el porcentaje de desperdicio, según varios autores y encuestas. Este aumento se vuelve significativo, lo que indica que la complejidad de los proyectos también crece en ese punto debido al mayor uso de recursos, como se demostró en el estudio de Soibelman. El estudio revela una significativa discrepancia entre la planificación de materiales en diferentes obras y su uso real en el campo, llegando a un desperdicio que puede ser hasta ocho veces el costo previsto. También pone de manifiesto la falta de atención y conocimiento sobre la influencia del desperdicio en el presupuesto de proyectos, así como la contribución de prácticas administrativas deficientes y comunicación insuficiente entre el personal del proyecto, más que la mano de obra no calificada, al alto porcentaje de desperdicio de materiales.

2.3 Bombeo por Cavidades progresivas

Estas bombas de lodos o de cavidad progresiva⁸ presentan desplazamiento positivo, para la impulsión del mortero, se emplea un rotor preferiblemente de acero helicoidal y un estator de elastómero sintético pegado internamente a un tubo de acero, el estator está sujeto a la salida del contenedor.

⁸ F. Ciulla remarca que las BCPs tienen una mejor eficiencia, respecto a otro tipo de bombas mecánicas BM, bombeo hidráulico BH, levantamiento artificial, y revocadoras de concreto.

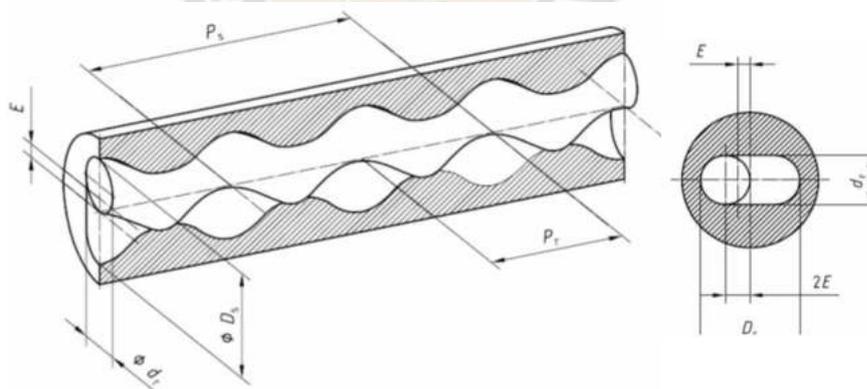
A la vez el rotor está conectado al eje helicoidal que suministra el mortero para posteriormente bombear hasta la manguera de salida.

La rotación está dada por el accionamiento de un motor, que permite el movimiento giratorio externo del rotor dentro del estator fijo, el cual suministra 12 bares de presión y aproximadamente 15 *lts/min* de caudal. Se escogió una bomba de lodos, porque presenta la mejor eficiencia en sistemas de levantamiento artificiales, esto para poder impulsar gran contenido de arena, la cual presenta el mortero, también la facilidad con la que transporta fluidos altamente viscosos, además no solo posee resistencia a la abrasión, sino que suministra un flujo constante de mortero.

2.3.1 Diámetros y excentricidad

Para el diseño se muestra la sección más delgada del rotor helicoidal simple (diámetro menor) se simboliza como D , además interviene la excentricidad que es la distancia entre el eje central del rotor y el eje central del estator, este es un parámetro importante porque a mayores valores de excentricidad, se tiene vibraciones en la bomba, debido a ese efecto del desbalance del rotor.

Figura 2.6 Parámetros geométricos Bomba B.C.P.



Fuente: *Bombeo de Cavidades Progresivas, Marcelo Hirschfeldt*

La longitud de paso está definida como la distancia lineal que separa dos crestas consecutivas de rotor separados por 180° de rotación.

$$P_s = 2 P_r \quad (2.4)^9$$

Donde: P_s : Paso del estator P_r : Paso del rotor

2.3.2 Cavidades

Las cavidades son volúmenes espirales y cerrados entre los espacios vacíos del rotor y el estator, cada cavidad se mueve en forma espiral alrededor del eje del

⁹ Francesco Ciulla (2003), *Principios fundamentales para diseño con bombas de cavidad Progresiva*

estator, progresando desde la entrada del mortero hasta la salida de la bomba. La longitud de la cavidad es igual a la longitud del paso del estator.

$$C = L_r \left(\frac{H_s}{P_r} - 1 \right) \quad (2.5)$$

Donde: L_r : Número de lóbulos del rotor H_s : Longitud del estator

El diámetro final del rotor depende del posible hinchamiento que puede sufrir el elastómero del estator, debido a efectos de la presión o reacciones químicas. El espesor del recubrimiento depende de la cantidad de elementos abrasivos. Por esta razón el rotor es fabricado con acero al carbón de alta resistencia (1040, 4120), no se utiliza acero inoxidable porque es dos veces y media más costoso que el primero.

Por cada lóbulo que se tiene incrementa la capacidad de levantamiento, en la bomba, por otro lado, si se presentan muchos lóbulos el torque de fricción será mayor, debido que existen más puntos de contacto entre rotor y estator, por lo que se trabaja con menores velocidades.

Entonces por cada ciclo de revolución tendremos dos cavidades de fluido.

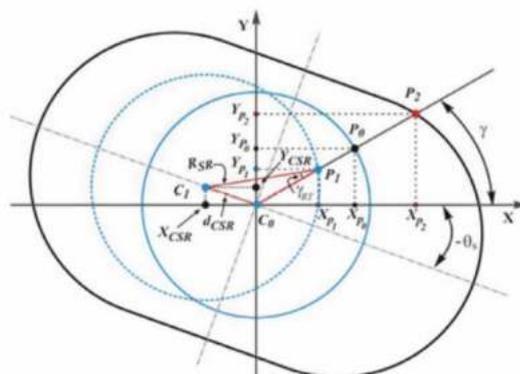
2.3.3 Estator

Consiste en un tubo de acero con un elastómero pegado internamente. Los elastómeros son torneados como hélices de dos o más lóbulos, primero se tornea externamente una pieza de metal según la geometría helicoidal, alineándola concéntricamente con el tubo de acero, para aplicarle en su interior una capa de adhesivo que permita la unión metal elastómero, para sellar el espacio entre el tubo se usan tapones herméticos en ambos extremos.

2.3.4 Geometría de rotor

Las coordenadas de posición del rotor y puntos de máximo contacto son:

Figura 2.7 Coordenadas en el espacio sobre la malla de la Bomba B.C.P.



Fuente: Simulacao computacional da interacao fluido estrutura em bomba e cavidades progressivas, Rairam Cunha de Almeida

2.4 Posibles fallas en el bombeo

Tabla 2.8 Desperdicios e intervalos de confianza en los caudales de salida/ entrada

Rotor dañado por abrasión		
Identificación de la falla	La eficiencia volumétrica de la bomba presenta una disminución significativa con respecto a la eficiencia inicial sin que esto sea atribuible a condiciones de operación o características particulares de producción. El ajuste por interferencia entre rotor y estator ha sido reducido debido a la operación bajo estas condiciones	
Causas más comunes	Alta velocidad de operación. Desgaste normal por tiempo de operación. Ajuste por interferencia entre rotor y estator incorrecto. Presencia de fluidos abrasivos	
Soluciones	Utilizar una bomba con mayor capacidad volumétrica para operar a menor velocidad. Asegurarse de que el ajuste por interferencia sea el apropiado para la aplicación. Asegurarse de que el elastómero sea apropiado.	
Rotor dañado por desgaste general (Golpe de ariete)		
Identificación de la falla	Se observa marcas o rayas sobre las partes gruesas (diámetro mayor) de la superficie del rotor con orientación perpendicular al eje de rotación de la bomba.	
Causas más comunes	Presión excesiva por etapa Consecuencias de operación normal y desgaste.	
Posibles soluciones	Incrementar el número de tapas de la bomba. Efecto será acelerado a medida que aumente el contenido de componentes abrasivos producidos y se opere a mayores velocidades.	
Rotor dañado por agrietamiento. (Cavitación)		
Identificación de la falla	La superficie del rotor está severamente agrietada.	
Causas más comunes	Calor excesivo debido a interferencia entre el rotor y estator. Calor excesivo debido a bajo flujo a través de la bomba. Calor excesivo debido a elevadas temperaturas de operación.	
Soluciones	Realizar limpieza exhaustiva del fondo y las paredes. Asegurarse que el ajuste por interferencia entre rotor y estator es el adecuado. Asegurarse que existe suficiente nivel de fluidos. Puede ser consecuencia de operación normal del equipo. Este agrietamiento típicamente no afecta el comportamiento operativo de la vida.	
Rotor dañado por desgaste general (Golpe de ariete)		
Identificación de la falla	La superficie del rotor se presenta excesivamente pulida y brillante.	
Causas más comunes	Desgaste normal por operación. Operación a altas velocidades. Ajuste por interferencia entre el rotor y estator correcto.	

Posibles soluciones	Producción de fluidos abrasivos.	
	Utilizar bombas con mayor capacidad volumétrica para operar a menores velocidades Asegurarse de que el ajuste por interferencia utilizado sea el apropiado para la aplicación.	

Fuente: Bombeo de Cavity Progresiva, análisis de fallas, Nelvy Chacin, 2003

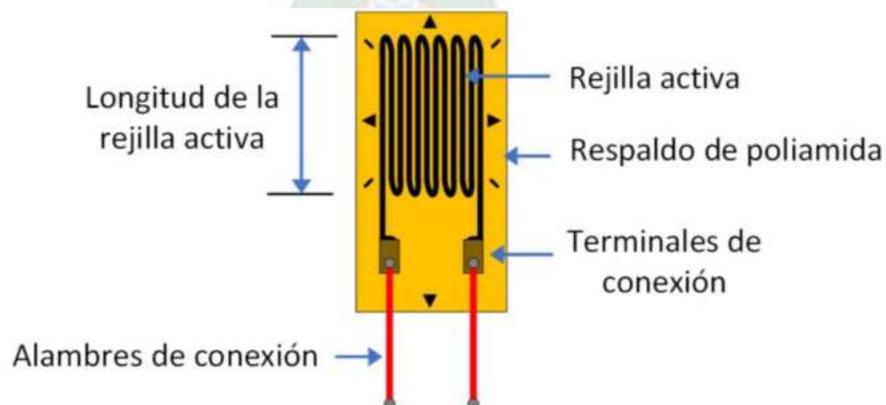
2.5 Sensor de peso

Para medir el peso, la fuerza en el transductor utilizado es la galga extensiométrica que convierte un desplazamiento mecánico en un cambio de resistencia. La galga está conformada por un alambre de diámetro muy fino o grabado en una lámina delgada (como se muestra en la Figura 2.8) que va incrustado en diferentes materiales que al deformarse por esfuerzos aplicados la galga que sufre un aumento de longitud en sus conductores y simultáneamente decrece el diámetro, lo cual afecta su resistencia ya que del diámetro depende la resistencia.

La sensibilidad S_A de la aleación metálica utilizada como conductor se define como el cambio de resistencia por unidad de resistencia inicial dividida por la deformación aplicada, (sensores de tipo resistivo)

$$S_A = \frac{dR/R}{\epsilon_c} = 1 + 2\nu + \frac{d\rho/\rho}{\epsilon_c} \quad (2.6)^{10}$$

Figura 2.8 Galga extensométrica



Fuente: Instrumentación y control de banco de pruebas de fatiga en aspas, Yucatan,

La ecuación 2.6 muestra que la sensibilidad a la deformación de cualquier aleación es debida a dos factores:

¹⁰ UNAM, 2016, *Manual de prácticas del laboratorio de análisis experimental de esfuerzos*

2.6.1.2 Periféricos

Son módulos electrónicos digitales que permiten controlar distintas funciones de los puertos. Pueden cumplir con funciones adicionales o secundarias, como el procesamiento de señal analógica a digital. Dichas funciones se pueden configurar mediante registros de propósito específico.

-*VREF+ y VREF-* (*Pines 4 y 5*): Estos pines se utilizan para conectar las referencias de voltaje para el módulo ADC. Pueden ser útiles para establecer la referencia de voltaje para las conversiones analógicas, lo que afecta la precisión de las mediciones de peso.

-*ANx (Pines de Entrada Analógica)*: El PIC16F786A tiene varios pines (AN0 a AN9) que pueden configurarse como entradas analógicas para conectar sensores de carga o cualquier otro dispositivo analógico. Estos pines se pueden configurar para conectar directamente a celdas de carga o amplificadores de señal de carga.

-*CCP (Comparador/PWM/Pulso-Captura)*: Estos pines (por ejemplo, CCP1 y CCP2) tienen múltiples funciones, como generación de señales PWM (útiles para controlar actuadores en sistemas de pesaje) o para capturar pulsos de tiempo, lo que podría ser relevante para medir el tiempo entre eventos en tu aplicación.

-*Pines GPIO (Pines de Entrada/Salida de Propósito General)*: Los pines GPIO pueden ser utilizados para conectar y controlar diversos componentes externos, como botones, LEDs, displays y más. Pueden ser útiles para indicar estados, activar alarmas o interactuar con el usuario.

-*Pines de Comunicación Serial*: Si deseas comunicarte con otros dispositivos, puedes usar los pines de comunicación serial como TX (transmisión) y RX (recepción) para establecer una conexión serial (UART).

-*Pines de Temporización*: Los pines relacionados con temporizadores y contadores (por ejemplo, T0CKI) pueden ser usados para medir intervalos de tiempo o generar señales de control.

-*Pines de Alimentación y Tierra*: Estos pines son esenciales para alimentar el microcontrolador y establecer una referencia de tierra.

2.6.1.3 Memoria

La memoria se divide en 2 partes memoria flash y memoria RAM, El PIC16F786A tiene una memoria flash con una capacidad típica de 14,336 palabras de programa. Cada palabra de programa es de 14 bits. Por lo tanto, la capacidad total de memoria

flash es aproximadamente 200,704 bits (25,088 bytes). En cuanto a la memoria RAM, el PIC16F786A dispone de 768 bytes de memoria RAM para almacenar datos durante la ejecución del programa. Esta memoria RAM se utiliza para variables temporales, registros y almacenamiento de datos en tiempo de ejecución.

2.7 Módulo HX711

El módulo HX711 es un circuito de acondicionamiento y conversión de señal diseñado analógico - digital de precisión de 24 bits (ADC); diseñado para básculas de pesaje y aplicaciones de control industrial para interactuar directamente con un sensor de puente. Permite leer el peso en la celda de manera sencilla. Es compatible con las celdas de carga de 5 kg, 20 kg y 50 kg. Utilizado en sistemas de medición automatizada, procesos industriales, industria médica. El chip HX711 posee internamente la electrónica para la lectura del puente de Wheatstone formado por la celda de carga y también un conversor ADC de 24 bits.

Tabla 2.9 Módulo HX711 y especificaciones

 <p>Rojo: Voltaje de excitación +, E+, VCC Negro: Voltaje de excitación -, E-, GND Verde: Amplificador -, Señal -, A- Blanco: Amplificador +, Señal +, A+ Se comunica con el microcontrolador por medio de un protocolo de tipo serial mediante 2 pines (Clock y Data).</p>	<p>Voltaje de Operación: 2,7-5V DC</p> <ul style="list-style-type: none"> • Consumo de corriente: menor a 10mA • Voltaje de entrada diferencial: $\pm 40\text{mV}$ • Resolución conversión A/D: 24 bit • Frecuencia de lectura: 80 Hz • Dimensiones: 38mm*21mm*10mm • Dos canales de entrada diferencial seleccionables • PGA activo de bajo ruido en el chip con ganancia seleccionable de 32, 64 y 128 • Regulador de la fuente de alimentación en el chip para celdas de carga y fuente de alimentación analógica AD
---	--

Fuente: Página web Sawers.com

Interfaz Analógica-Digital (ADC): El PIC16F786A tiene un módulo ADC incorporado que puede convertir las señales analógicas de los sensores de carga en valores digitales que el microcontrolador puede entender y procesar. Deberás configurar el ADC correctamente para garantizar mediciones precisas.

Procesamiento y Visualización: Después de la conversión ADC y la calibración, el PIC16F786A puede procesar los datos para mostrarlos en una pantalla LCD, LED o incluso enviarlos a una computadora u otro dispositivo para su análisis. Puedes implementar algoritmos de filtrado y promediado para obtener mediciones más estables.

CAPÍTULO III INGENIERÍA DEL PROYECTO

3.1 Introducción

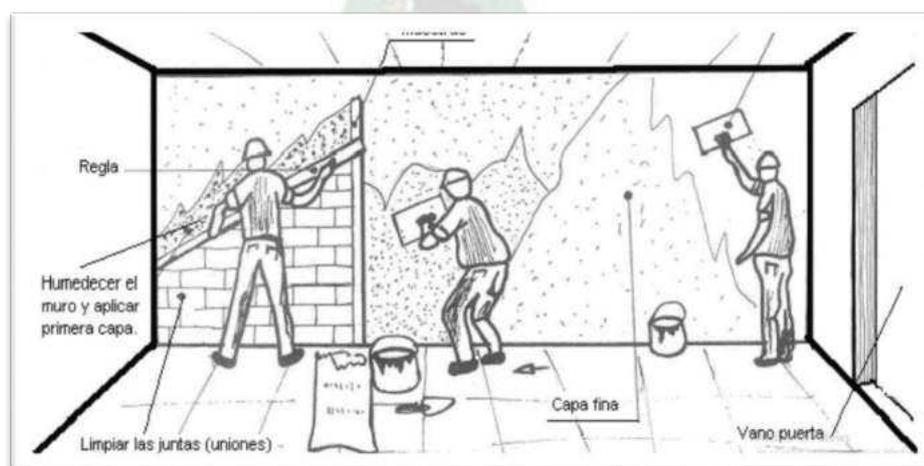
En éste capítulo se responde la viabilidad del presente proyecto, analizando la materia prima, los equipos de instrumentación, además se crean los sistemas, subsistemas, se especifican los componentes electrónicos, se dimensionan los elementos de la parte estructural, creando planos de construcción hasta lograr el balance de materiales. Una vez establecidos los fundamentos del problema, se procede a realizar los cálculos preliminares para el diseño de los elementos y la especificación de los componentes. Durante este proceso, se incorporan las características y capacidades necesarias en los elementos.

3.1.1 Requerimientos del proyecto

3.1.1.1 Espesor del mortero para revoque de muros

“Antes de revocar los muros con estuco, para el revoque interior primero se deben limpiar e igualar las juntas del muro, luego se deben obtener las líneas maestras cada 1,5 a 2 [m] y de 1,5 a 2 [cm] de espesor” nos especifica (Kinn J., Urquizo C., y González J, manual construcción La Paz, 2007, pág. 134). El mismo manual nos dice “Preparar el mortero en proporción 1: 4 y colocar líneas maestras a distancias no mayores a 2 [m] y de 1,5 [cm] de espesor”; esta recomendación para revoques exteriores de mortero sobre ladrillo.

Figura 3.1 Preparación de mortero



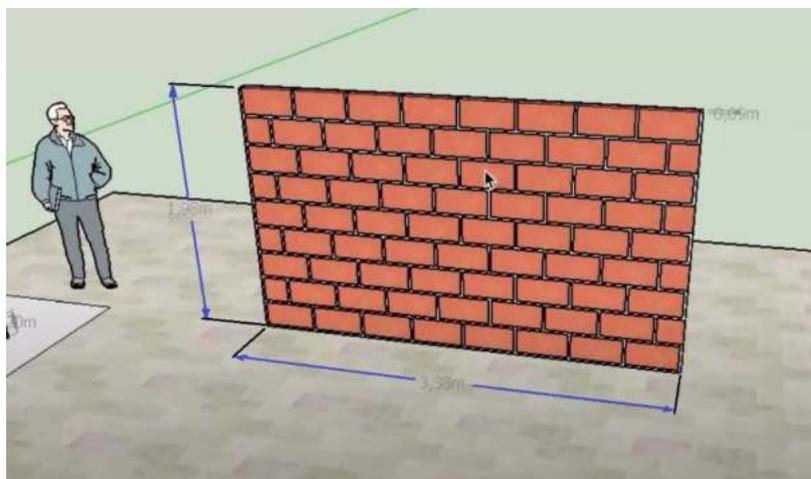
Fuente: Manual de Autoconstrucción Ministerio de obras públicas (2007, pág. 32)

3.1.1.2 Requerimiento del volumen de mortero

Para el caso supuesto que se requiera cubrir mortero sobre una superficie 5 [m²]

de superficie de revocado final con mortero, y con el espesor recomendado anteriormente, se tiene un volumen a proyectar de $0,075 [m^3]$.

Figura 3.2 Superficie de revoque, volumen a enlucir con mortero



Fuente: Wall Plaster Cost Calculator.com

El cálculo para volumen de mortero que se muestra a continuación es la referencia inicial para dimensionar la tolva cilíndrica.

$$A_{superficie} = b \times h \quad (3.1)$$

$$A_{sup.} = 2,5[m] \times 2[m] \quad A_{sup.} = 5 m^2$$

Para calcular el volumen de mortero para revoque grueso, exterior a las paredes:

$$V = A_{sup} \times e \quad (3.2)$$

$$V = 5 [m^2] \times 1,5[cm] \cdot \frac{1[m]}{100 [cm]} \quad V = 0,075[m^3]$$

El tiempo de mezclado es de dos minutos, pero considerando que el operador realiza la proyección en un tiempo estimado de 3,5 minutos se tiene:

$$V = 0,075 \left[\frac{m^3}{3,5 \text{ mín}} \right] \cdot \frac{1 \text{ mín}}{60 \text{ seg}} \cdot \frac{1000l}{m^3} \quad V = 0,357 [l/s] = 21,42 [l/min]$$

3.1.2 Requerimiento en peso y volumen de la mezcla

Tabla 3.1 Proporciones de las mezclas

Material	Peso [kg]	Densidad[kg/m ³]	Volumen [m ³]	Volumen [lts]
Cemento	28,6	930	0,0308	30,8
Cal	7,15	570	0,0125	12,5
Arena	100,1	1650	0,0606	60,6
Agua	23,9	1000	0,0239	23,9
Mortero a proyectar	159,7 kg	2140 – 2500 kg/m ³	0,075 m ³	75 lts

Fuente: Elaboración propia

La tabla 3.1 de especificaciones de la materia prima está basada en el acápite 2.1.3, dosificaciones para mortero de recubrimiento, especificado en el capítulo dos, se calcula las proporciones en peso y volumen requerido, en base a este método.

Es necesario especificar que las densidades tomadas son valores de referencia extraídos del texto de materiales de construcción del Instituto de investigaciones civiles, basado en pruebas de materiales de construcción en La Paz.

Se obtiene el volumen de trabajo que representa $0,075[m^3]$ de mortero para proyectar a la superficie.

Para diseñar el sistema de pesaje, la tabla 3.1 nos solicita $159,7 [kg]$ de peso total y el peso de cada material al ser añadido se irá dosificando gradualmente. El volumen de revestimiento es de $0,075 [m^3]$, por lo cual el diseño se basa en la capacidad del volumen del tanque de contención para mezclar $159,7kg$ de mortero.

Mezclar $0,075 [m^3]$ metros cúbico de mortero para una sección de pared, es una idea que satisface al presupuesto del diseño, ya que no es demasiado grande y también demanda menos energía remover una carga de $159,7kg$, uno de los desafíos se halla en la parte de pesaje para los agregados.

3.1.3 Requerimiento de tiempo y velocidad de la mezcla

3.1.3.1 Tiempo de mezcla

Según J. Vilela Álvarez, 2007, al momento de mezclar los morteros adhesivos, se añade agua o aditivos a base de látex en el contenedor de mezcla. Al mezclar se añade cemento seco de forma gradual hasta que todo el polvo resulte mojado, y se continua mezclando sin parar durante unos minutos aproximadamente o hasta que el mortero resulte mojado uniformemente y maleable. Si se utilizan mezclas preparadas en el lugar de la obra de cemento Portland y arena, será necesario verter primero la arena, y después, una vez mojada, se añadirá el polvo de cemento.

Tabla 3.2 Tiempo y colocación de mezclas

Tiempo de Mezcla: 3min	Material	Peso (kg)
	1° Arena	100,1
	2° Agua	23,9
	3° Cemento	28,6
	4° Cal	7,15
Mortero a proyectar	159,7 kg	

Fuente: Elaboración propia

No es necesario mezclar demasiado, se detiene cuando el mortero resulte mojado y plástico, siguiendo las instrucciones de la empresa fabricante. Si se mezcla

durante demasiado tiempo, el aire puede quedar atrapado en el mortero mojado y dar lugar a una densidad reducida. De la tabla 3.2, se obtiene el tiempo mínimo de mezclado de acuerdo al volumen de trabajo, determinando 2 minutos¹¹ como tiempo máximo de mezclado.

3.1.4 Velocidad

De la figura 3.3, obtenemos la velocidad perimetral de la mezcladora.

Figura 3.3 Velocidades típicas perimetrales de la mezcladora.

Tab. 1 – Velocidades típicas del dispositivo de mezclado (velocidad perimetral)

Mezcladora de cuba anular, mezcladora planetaria	hasta 4 m/s
Mezcladora de un eje, mezcladora de doble eje	hasta 6 m/s
Mezcladora Eirich, tipo D, horizontal	hasta 25 m/s
Mezcladora Eirich, tipo R, inclinada	de 2 a 40 m/s

Fuente: http://www.andece.org/andece/images/stories/pdfs/ARTCULO_TCNICO.pdf

El diseño es una mezcladora de un eje, el cual puede rotar hasta 6m/s.

3.1.5 Producción de la mezcla

La producción neta de la parte mezcladora es $21,40 [l/min]$, pero la máquina no opera de forma continua, el proceso de trabajo implica que luego de mezclarse el mortero debe pasar a la tolva para luego ser transportada mediante el tornillo hacia la bomba, a continuación, la proyección de mortero es dirigida hacia la pared o muro y finalmente se debe esperar el proceso de revoque.

En este entendido cada parada dura 14 minutos.

$$21,40 [l/14min] \cdot \frac{1m^3}{1000l} \cdot 2140 \frac{kg}{m^3} \cdot 60 \frac{min}{hra} = 196,20 [kg/hra]$$

La producción por hora de la máquina en operación es:

$$\text{Producción por parada de la máquina} = 196,20 [kg/hra]$$

Con este dato mediante una comparación con otras máquinas industriales existentes, se puede interpolar un valor de la capacidad máxima de la máquina.

Los equipos comparados fueron dos máquinas; una de la marca SLW180J, de producción $120 [m^2/hra]$, con una capacidad de $180 [lts]$ y otra de la marca Step 120 Gr-m, de producción $4 - 20 [lts/min]$ y $120 [lts]$ de capacidad.

El volumen resultante de la operación será:

¹¹ J. Vilela Álvarez (2007), *Análisis de adherencia de revestimientos cerámicos en edificios*

$$V = \frac{\text{Capacidad}}{\rho_{\text{mortero}}} = \frac{196,2 \left[\frac{\text{kg}}{\text{hra}} \right]}{2140 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]} = 0,092 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{hra}} \right]$$

Se define como parada al proceso de mezclado para la superficie deseada y la proyección de mortero, el cual se lleva a cabo en:

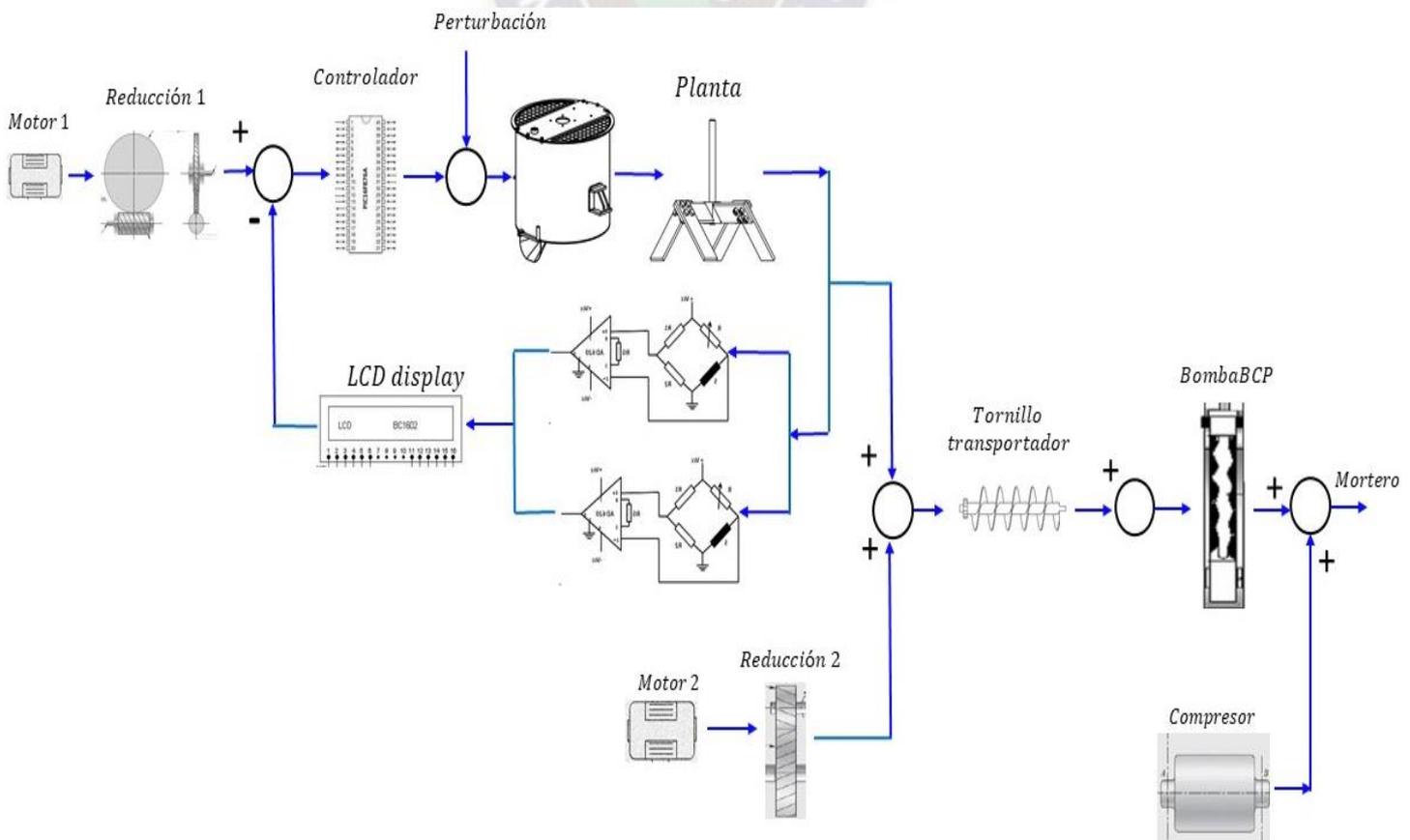
$$1 \text{ Parada} = \frac{\text{Capacidad}}{\text{Producción horaria}} = \frac{0,092 \left[\text{m}^3 \right] \cdot 2140 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]}{196,2 \text{ kg/hra}} = 1 \left[\text{hra} \right] = 60 \left[\text{min} \right]$$

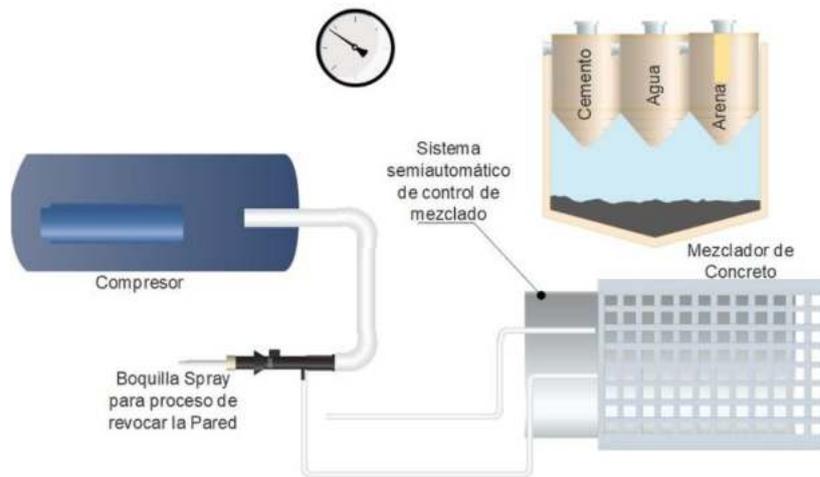
3.2 Diagrama global y descripción del sistema

Primeramente, los agregados deben pasar por un proceso de mezclado. Para este objetivo la máquina debe tener un recipiente de preferencia cilíndrico, el cual debe contener un eje de transmisión y unas paletas que se pueden soldar de forma fija en su lugar o inclinación ajustable.

Una vez que estas puedan realizar la mezcla debe existir una salida de la materia prima fresca hacia el subsistema de almacenamiento, la cual es una tolva que contiene un eje sin fin helicoidal. El subsistema de transporte consiste en un tornillo helicoidal que funciona como transportador de mortero, removiendo el material y que lo transporta hacia la bomba de cavidad progresiva, como se puede observar.

Figura 3.4 Diagrama global y de bloques del proyecto





Fuente: Elaboración propia, Edraw Max.

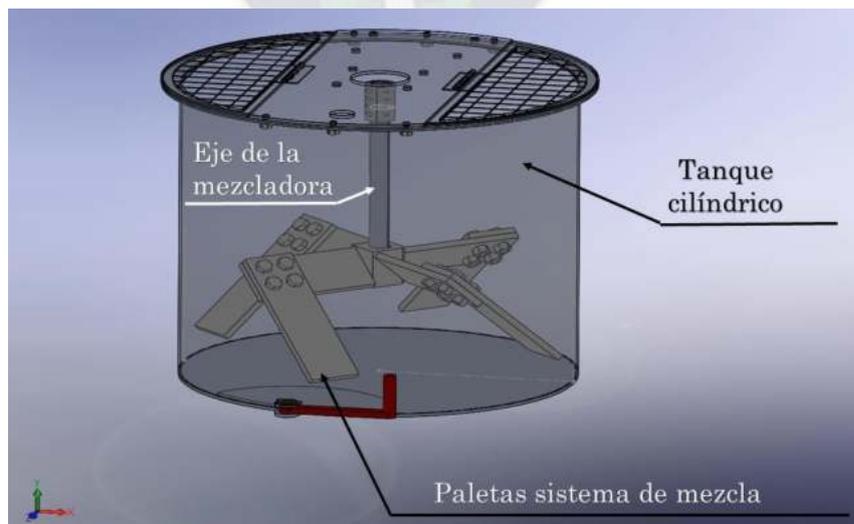
La bomba B.C.P. nos permite trasladar el fluido de un lugar a otro, aún a diferentes niveles del suelo, incrementando la presión a un determinado caudal de salida, su objetivo es distribuir nuestra mezcla que conjuntamente a una boquilla suministrada con aire comprimido permita el revoque de mortero mediante lanzado o proyección cumpliendo diversas tareas en el área de la construcción.

3.3 Sistemas y subsistemas

Para facilitar el diseño de la máquina, la misma se divide en lo siguiente:¹²

3.3.1 Sistema Mezclatorio

Figura 3.5 Mezcladora de paletas con eje simple



Fuente: Elaboración propia, Solidworks

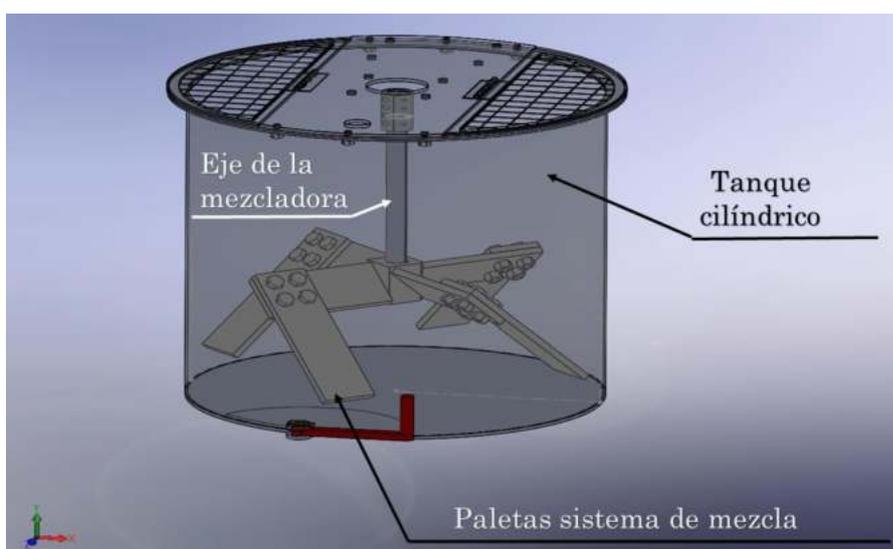
La disposición de las paletas está orientada axialmente, además está unida a un eje mediante un acople; este se encuentra fijo en la parte superior que va acoplada

¹² Diseño de un sistema de transporte y dosificación sílica amorfa para un mezclador (pág. 42)

a un primer reductor de velocidad. Para la sujeción de los brazos y palas mezcladoras se dispondrá de un bloque macizo en forma de cubo que se acopla mediante una chaveta soldada al eje de transmisión.

Los brazos de las paletas se sueldan al cubo macizo debido al esfuerzo que se presenta en esta zona, como se aprecia en la figura 3.5.

Figura 3.5 Mezcladora de paletas con eje simple

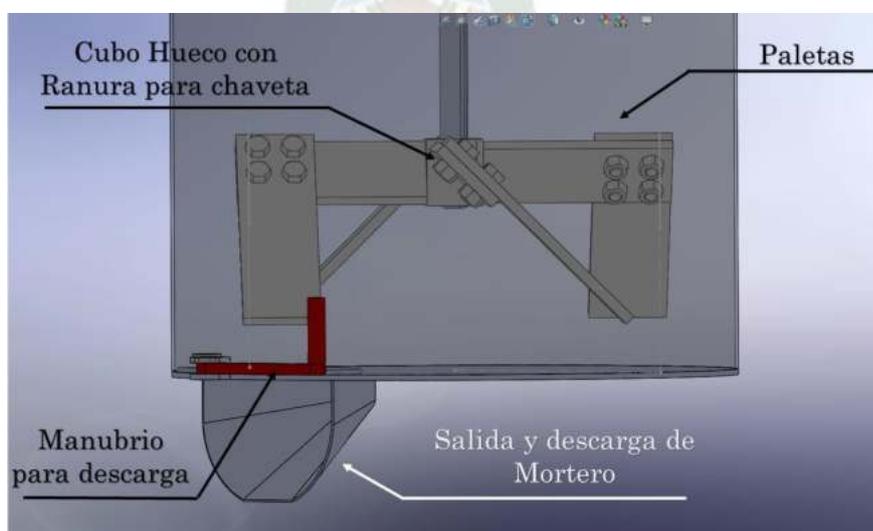


Fuente: Elaboración propia, Solidworks

3.3.1.1 Subsistema de descarga

Una vez terminada la mezcla del mortero, se diseñará un subsistema de leva circular en el fondo del tanque que permite el sellado de la tapa de descarga. Una manivela en el costado del tanque permite, al abrir la tapa del fondo, permite vaciar la mezcla de forma práctica.

Figura 3.6 Subsistema de Descarga



Fuente: Elaboración propia, Solidworks 2019

Como se dispone de una boquilla a la salida del recipiente, la misma se acciona manualmente mediante un manubrio, el cual permite la descarga del material hacia la tolva de recepción que va contener el mortero a proyectar.

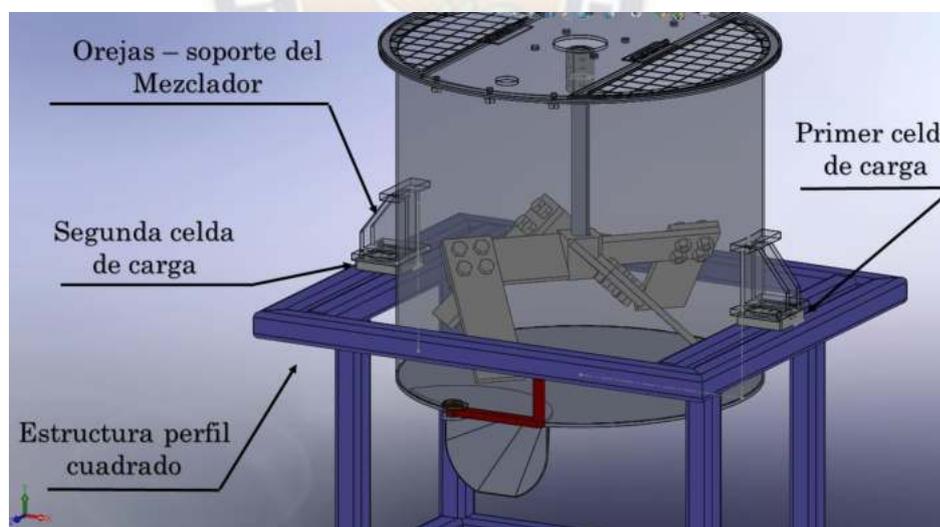
3.3.2 Sistema de Pesaje

3.3.2.1 Sistema de Pesaje – Primer alternativa

Una primer alternativa del sistema consta de dos celdas de carga tipo galgas extensiométricas¹³ o también conocidas como extensómetros; estos sensores de tipo piezoresistivo que mediante la deformación, presión o una carga, permite medir el valor de acuerdo al cambio de resistencia cuando esta es sometida a ciertos esfuerzos al estar en contacto con alguna deformación¹⁴.

Las orejas están unidas mediante soldadura al recipiente contenedor como se puede apreciar en la figura 3.7 y estas transmiten la deflexión hacia las dos celdas de carga que lo sujetan en ambos extremos. La estructura está fabricada con perfil tubular cuadrado; las celdas deben permanecer fijas al soporte y es importante mencionar que ambas deben ser anti vibraciones.

Figura 3.7 Sistema de pesaje mediante celdas de carga – Primer alternativa



Fuente: Elaboración propia, Solidworks 2019

3.3.2.2 Sistema de Pesaje – Segunda alternativa

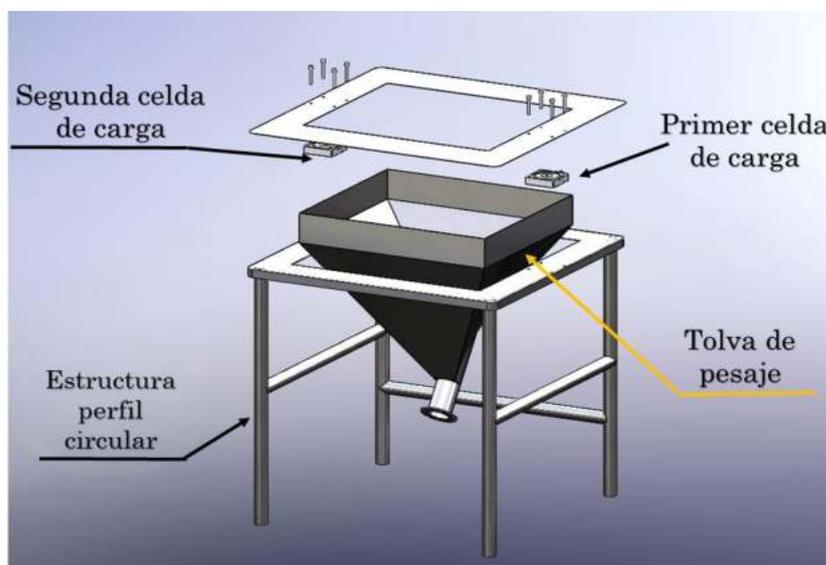
La segunda alternativa de pesaje se basa en una estructura lo suficientemente robusta y estable para sostener el peso total de la tolva y las celdas de carga. Las celdas de carga deben estar colocadas estratégicamente bajo la tolva para asegurar

¹³ Una galga extensométrica de lámina es un sensor que mide cambios relativos en la longitud de un material (deformación) como resultado de las fuerzas que se le aplican.

¹⁴ Ramírez, Jiménez & Carreño (2014), *Diseño e implementación de un sistema de entrenamiento basado en una tarjeta de desarrollo embebida, para el laboratorio de Instrumentación*

una distribución uniforme del peso del material. Es crucial que las celdas de carga estén alineadas correctamente y niveladas para garantizar mediciones precisas del peso, para ello se emplea un nivel para verificar la horizontalidad.

Figura 3.8 Sistema de pesaje mediante celdas de carga – Segunda alternativa



Fuente: Elaboración propia, Solidworks 2019

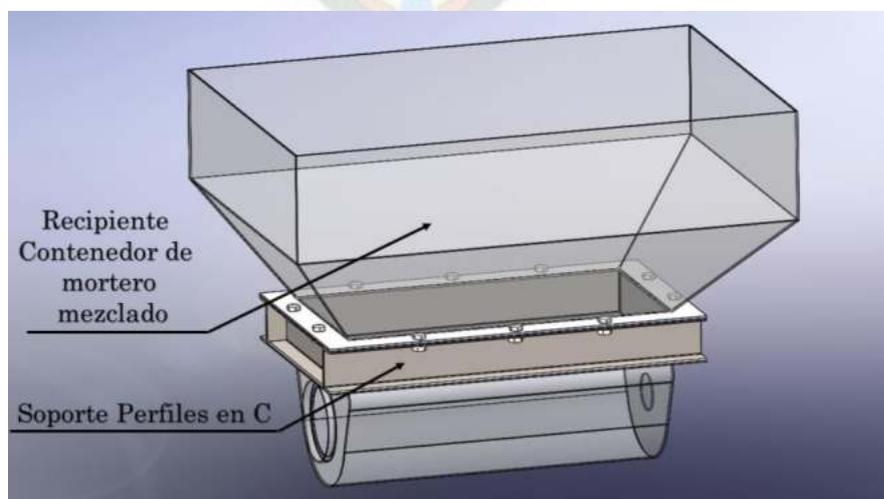
Una vez que las celdas de carga están correctamente posicionadas, coloca la tolva sobre ellas. Se asegura de que la tolva esté bien alineada con las celdas de carga para evitar tensiones innecesarias en la estructura.

3.3.3 Sistema de transporte y bombeo

3.3.3.1 Subsistema de almacenamiento

Este subsistema consiste de un recipiente plegado con láminas de acero con acabado rectangular y una estructura de soporte manufacturada con perfiles C.

Figura 3.9 Contenedor de la mezcla y de Tornillo transportador

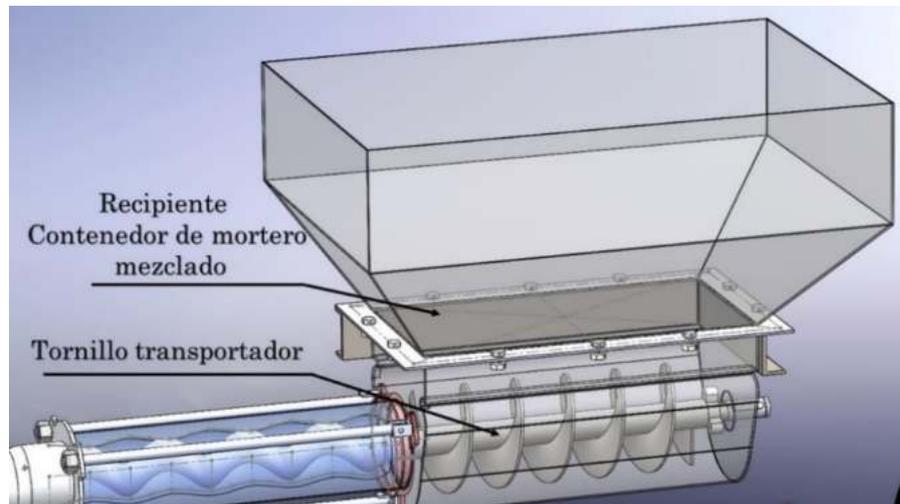


Fuente: Elaboración propia, solidworks 2019

El subsistema es realizado para la contención del tornillo transportador en la parte base del mismo y la materia prima en este caso el mortero; al estar en contacto con el producto ya mezclado, el mismo se realizará con plancha de acero inoxidable.

3.3.3.2 Subsistema de transporte

Figura 3.10 Contenedor de la mezcla y de Tornillo transportador

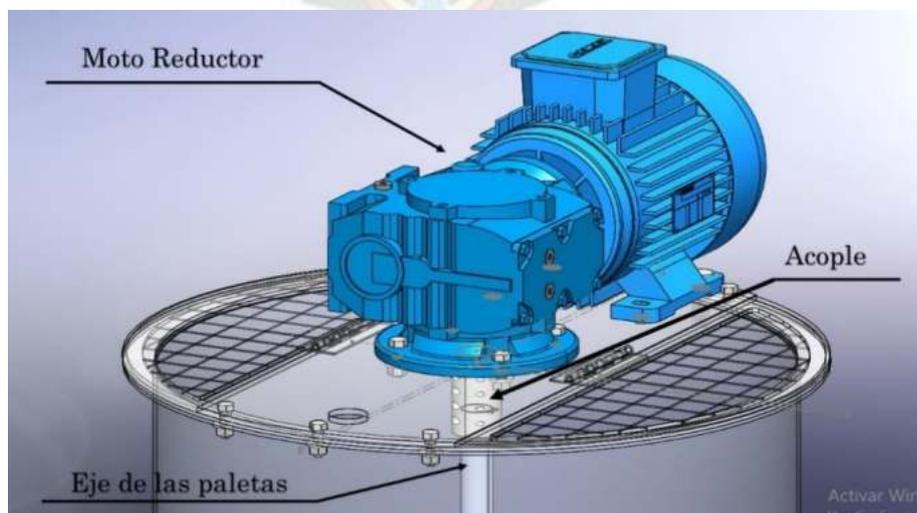


Fuente: Elaboración propia, Solidworks 2019

El transporte está comprendido por un tornillo sin fin, el mismo que se inserta en una ranura circular accionado por un motor. Los elementos se fabricarán con material de acero inoxidable. Además, el primer punto de apoyo del eje en la parte inferior descansa sobre un buje, el segundo punto de apoyo es la sujeción con la bomba de cavidad progresiva. Ambos se sitúan en la entrada al cilindro y a la salida del contenedor, para un rápido acople y desacople de la estructura central.

3.3.4 Sistema de transmisión - accionamiento

Figura 3.11 Reductor de velocidad acoplado al eje (mezclador)

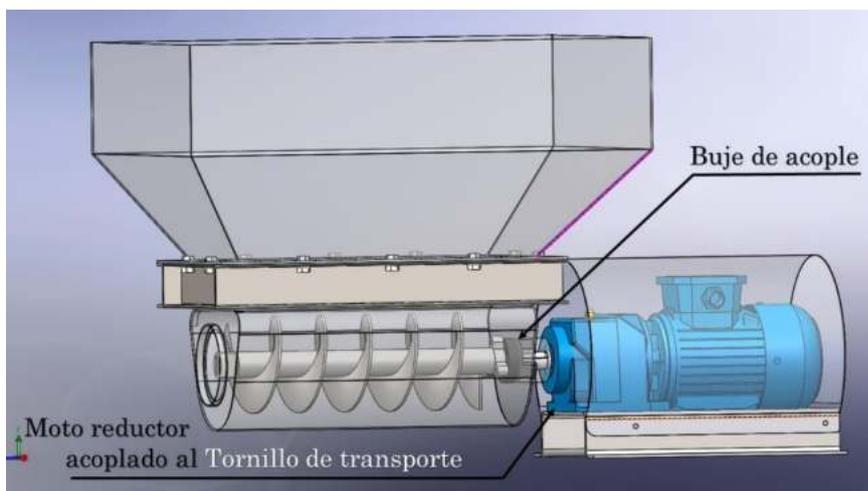


Fuente: Elaboración propia, Solidworks 2019

Este subsistema engloba a los elementos que hacen posible el accionamiento de la máquina. Para el diseño primeramente se usa un reductor de velocidad de eje hueco acoplado al primer eje que sujeta las paletas mezcladoras de mortero.

Se emplea una moto reducción, la cual en uno de los extremos se acopla directamente al eje del tornillo que va transportar el mortero hacia la bomba.

Figura 3.12 Reductor de velocidad 2 acoplado al tornillo transportador

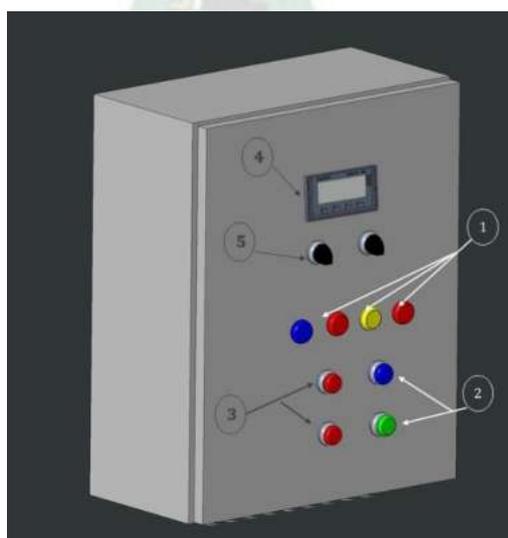


Fuente: Elaboración propia, Solidworks 2019

3.3.5 Sistema de control eléctrico

Para el arranque de motores se realiza una secuencia de lógica cableada, el botón azul permite energizar el motor de la mezcladora y el pulsador verde permite energizar el motor que acopla el tornillo helicoidal y la bomba BCP del mortero.

Figura 3.13 Tablero y botonera del circuito de control



Fuente: Elaboración propia (solidworoks, 2019)

El tablero de control cuenta con una botonera que se ubica cerca a la máquina, y se aprecia a mayor detalle en la figura 3.13. Asimismo, todo el dimensionamiento

eléctrico asociado a la parte de control y de fuerza se detallan mejor en el acápite análisis energético, la tabla 3.3 presenta los principales componentes para el energizado de motores.

Tabla 3.3 Componentes del sistema de accionamiento eléctrico

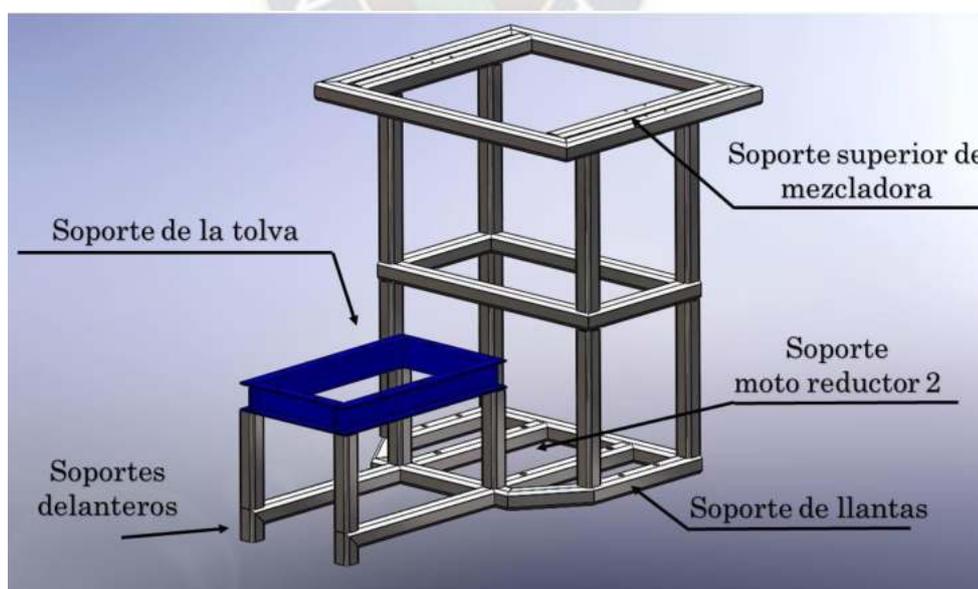
N°	Componentes	Cant.	Características
1	Indicadores luminosos	2	Amarillo ON –máquina Azul - Mezcladora Verde – Bomba y Eje sin fin
2	Pulsadores encendido de motores	2	Azul- Mezcladora Verde – Bomba y Eje sin fin
3	Pulsadores de paro	2	Rojo
4	LCD Display	1	Datos de la celda de carga
5	Pulsadores de tarar y calibración	2	Pulsador negro 1 – Tarar Pulsador negro 2 - Calibración

Fuente: Elaboración propia

3.3.6 Sistema estructural de soporte

El sistema estructural de la máquina está diseñado para poder sujetar los sistemas anteriormente mencionados, este está compuesto por perfiles tubulares cuadrados de 40x40mm, y un espesor de 2mm; para el sostenimiento de la mezcladora se sueldan dos longitudinales a cada lado de la mezcladora con dos perfiles transversales y de esta forma poder sujetar el sistema de pesaje.

Figura 3.14 Sistema estructural de la mezcladora y revocadora



Fuente: Elaboración propia (solidworks, 2019)

En la parte inferior de la estructura, se hallan los perfiles longitudinales exteriores, los cuales se anexan al sistema de traslación, y los perfiles del medio permiten sostener el moto reductor 2. Para la sujeción de la tolva de transporte se sueldan cuatro perfiles tipo C, elegidos para poder acoplarse mediante sujeciones pernadas

a la tolva. los mismos serán soldados a la estructura de perfiles cuadrados y posteriormente se pintarán con pintura anticorrosiva.

3.4 Parámetros y dimensionamiento del diseño mecánico

3.4.1 Dimensionamiento adoptado del tanque mezclatorio

La forma del contenedor se asemeja a un cilindro¹⁵, el cual tiene un volumen total

$$\text{según la siguiente fórmula: } V_T = \left(\frac{\pi}{4} \Phi_T^2\right) H_T \quad (3.3)$$

$$V_{mortero} = \left(\frac{\pi}{4} \Phi_T^2\right) H_m \quad (3.4)$$

$$E_C = \frac{V_{mortero}}{V_T} \times 100\% \quad (3.5)$$

Donde: $V_T = \text{Volumen de tanque (m}^3\text{)}$ $V_m = \text{Volumen de mortero (m}^3\text{)}$

$\Phi_T = \text{Diámetro de tanque (m)}$ $H_T = \text{Altura de tanque (m)}$

$A_T = \text{Área de tanque (m}^2\text{)}$ $H_m = \text{Altura del mortero en el tanque (m)}$

$E_C = \text{Espacio ocupado}$

En base a la tabla 3.1 de especificaciones de la materia prima, se calcula el volumen requerido de toda la materia prima. El volumen total del tanque contenedor:

$$V_T = \left(\frac{\pi}{4} 0,502^2\right) 0,473 \quad V_T = 0,0936 \text{ m}^3$$

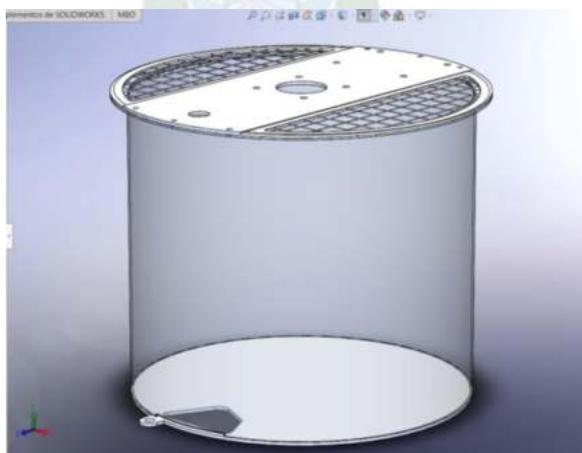
Para el volumen de mortero en el tanque:

$$V_m = \left(\frac{\pi}{4} 0,502^2\right) 0,38 \quad V_m = 0,075 \text{ m}^3$$

$$V_m = 0,075 \text{ m}^3 \cdot 2140 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right] = 160,5 \text{ Kg}$$

Entonces nuestro valor de volumen máximo de la masa de mortero es: 160,5Kg

Figura 3.15 Tanque contenedor



Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

¹⁵ Se adopta la forma geométrica de un cilindro asemejando el buen rendimiento que logra en una mezcladora planetaria.

La mezcla ocupa una capacidad en el tanque que es: $E_C = \frac{0,075}{0,0936} \times 100 = 80,1\%$.

El diseño del recipiente contenedor utilizado para el proceso de mezclado tiene un volumen total de 0,095 metros cúbicos. La materia prima, cemento, cal, arena y agua ocupan 0,075 metros cúbicos, equivale a un contenedor que puede mezclar 75 litros de mortero. Esto requiere el 80% de la capacidad total. Si se tiene 0,075 metros cúbicos que demanda la mezcla total del mortero de revestimiento, se cumple el requisito de capacidad para el proceso de mezclado.

3.4.2 Cálculo de carga a vencer sobre paletas mezcladoras

Para poder realizar el proceso de mezclado, cada paleta debe remover la columna de mortero que se encuentra encima del mismo, en nuestro caso una placa de sección rectangular con ancho de 70[mm] removerá el mortero; se empleará el criterio de la fuerza resultante sobre la paleta inclinada, la cual resulta de la suma de una componente horizontal y otra vertical.

$$F_H = \gamma \cdot h_{cg} A_{proy} \quad (3.6)$$

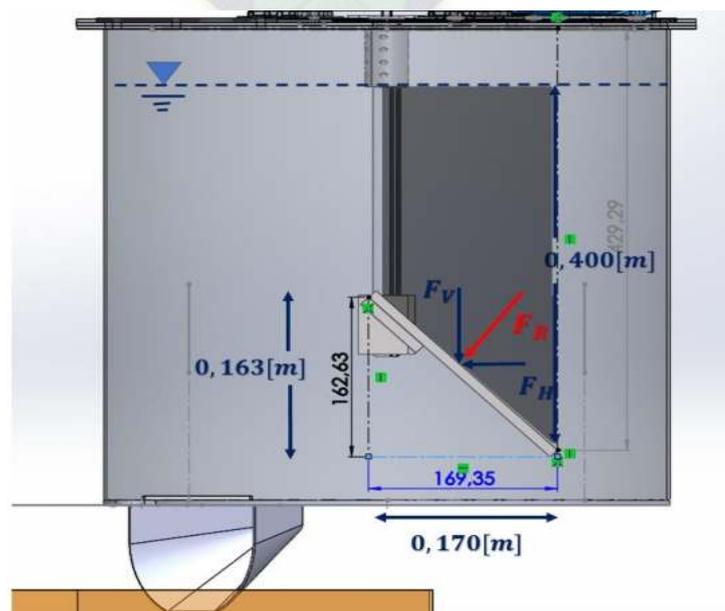
$$F_H = 2500 \left[\frac{kg}{m^3} \right] \left(0,4 - \frac{0,163}{2} \right) [m] (0,07 \cdot 0,163) [m^2] \quad F_H = 9,085 [kg_f]$$

$$F_V = \gamma \cdot V_{desp} \quad (3.7)^{16}$$

$$F_V = 2500 \left[\frac{kg}{m^3} \right] 0,07 [m] \cdot \left((0,17 \cdot 0,4) - \frac{0,163 \cdot 0,17}{2} \right) [m^2] \quad F_V = 9,475 [kg_f]$$

$$F_R = \sqrt{9,085^2 + 9,475^2} = 13,13 [kg_f]$$

Figura 3.16 Fuerza de Empuje sobre cada paleta



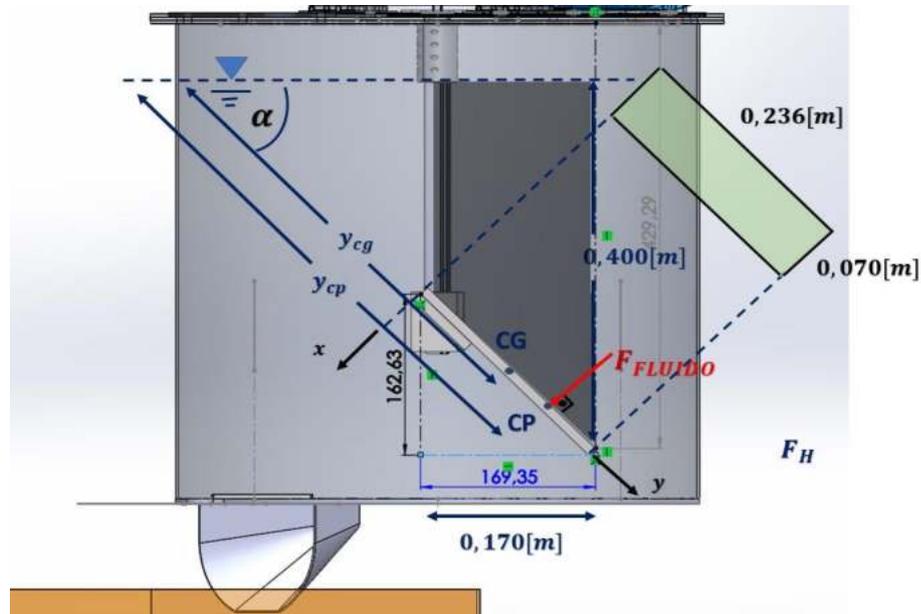
Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

¹⁶ Streeter McGraw Hill (2009), *Mecánica de los Fluidos*

$$F_R = \gamma \cdot h_{cg} A_{proy2} \quad (3.8)^{17}$$

$$F_R = 2500 \left[\frac{kg}{m^3} \right] \left(0,4 + \frac{0,163}{2} \right) [m] \left(0,07 \cdot \sqrt{0,163^2 + 0,17^2} \right) [m^2] \quad F_R = 13,13 [kg_f]$$

Figura 3.17 Fuerza del fluido y centro de presiones



Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

$$\text{sen}(\alpha) = \frac{0,4 - \frac{0,163}{2}}{y_{cg}} \quad \text{sen}(44^\circ) = \frac{0,4 - \frac{0,163}{2}}{y_{cg}}$$

El centro de gravedad y el centro de presiones están delimitados por la ecuación:

$$y_{cg} = \frac{0,4 - \frac{0,163}{2}}{\text{sen}(44)} = 0,458 [m]$$

$$y_{cp} = y_{cg} + \frac{I}{y_{cg} \cdot A_1} \quad (3.9)$$

Donde: $I =$ Inercia de la paleta rectangular $[m]^4$

y_{cp} : Distancia desde la superficie libre del fluido hasta el centro de presión $[m]$

y_{cg} : Distancia desde la superficie libre del fluido hasta el centro de gravedad $[m]$

$$y_{cp} = 0,485 + \frac{\frac{1}{12} \cdot 0,07 \cdot (0,236)^3}{0,458 \cdot 0,07 \cdot 0,236} = 0,468 [m]$$

$$F_{fluido} = \gamma_{fluido} \cdot y_{cg} \cdot \text{sen} \alpha \cdot A_1 \quad (3.10)$$

Donde: F_{fluido} : Fuerza de fluido a mover $[kg_f]$

$$F_{fluido} = 2500 \left[\frac{kg}{m^3} \right] \cdot 0,458 [m] \cdot \text{sen} 44^\circ \cdot 0,236 [m] \cdot 0,07 [m]$$

$$F_{fluido} = 13,14 [kg_f]$$

¹⁷ Streeter McGraw Hill (2009), *Mecánica de los Fluidos*

A continuación, se empleará un factor de seguridad sobredimensionando la carga en un 50 % más de la necesaria.

$$FS_F = \frac{F_{req}}{F_{fluido}} \quad (3.11)$$

Donde: FS_F : Factor de seguridad del fluido: 1,51

F_{req} : Fuerza requerida (para calculo de esfuerzos) $[kg_f]$

F_{fluido} : Fuerza perpendicular del fluido que actúa sobre la paleta $[kg_f]$

$$F_{req} = 1,51 \cdot 13,13 = 19,84[kg_f]$$

El anterior análisis se hizo para el caso de una paleta, el diseño consta de 4 brazos mezcladores, debido a esto la fuerza total resultante, se amplifica de esta forma:

$$F_T = 4 \cdot F_R = 4 \cdot 19,84[kg_f] = 79,36[kg_f]$$

3.4.3 Diseño de las paletas dispuestas en un solo sentido

Esta disposición en mezcladores de paletas es bastante conocida y utilizada. Su costo es relativamente económico y su construcción es sencilla; es ideal para la mezcla de productos grumosos, viscosos y pastosos como es el mortero. Por la posición de las paletas, el producto es arrastrado en un solo sentido. Esto provoca que el lado posterior del recipiente se encuentre más presionado que el otro, debido al empuje axial que se genera. Para el diseño de la paleta se considera lo siguiente:

- Una viga o barra vertical
- La fuerza es distribuida y actúa sobre toda la superficie o sección de la paleta
- La fuerza actuante es la misma en todas las paletas
- El material a utilizarse es un acero inoxidable AISI 304, el cual tiene propiedades:

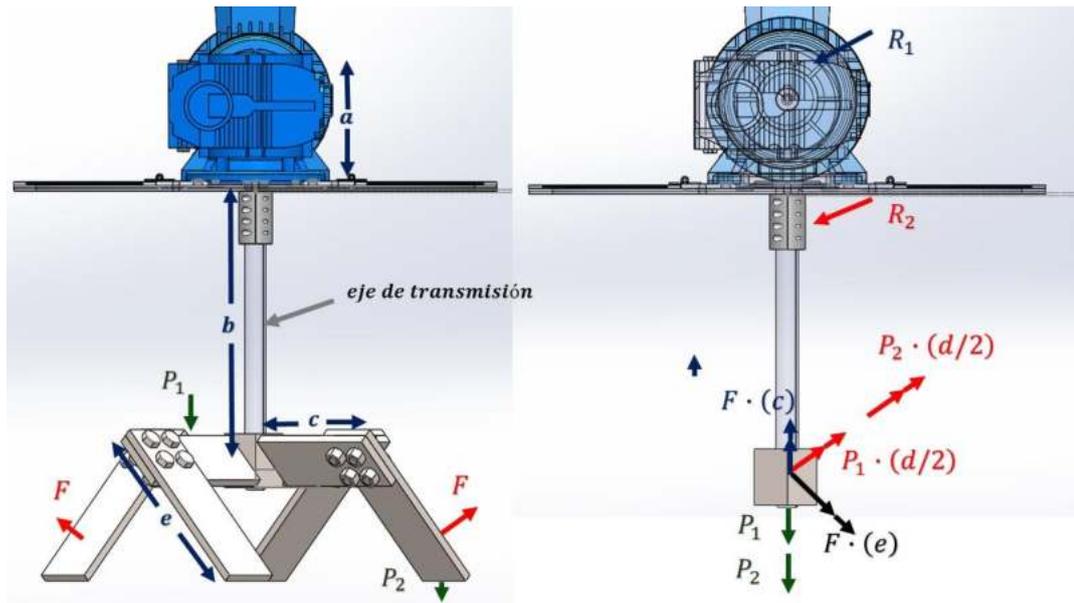
Resistencia a la tracción o esfuerzo último $S_{ult} = 54 [kg/mm^2] = 530[MPa]$, Límite de fluencia $S_y = 21 [kg/mm^2] = 206[MPa]$, Densidad de AISI304 $\rho_{AISI304} = 7900 [kg/m^3]$.

La densidad de mortero se determinó mediante los ensayos realizados en el Instituto de investigaciones Civiles UMSA mostrado en la tabla 3.1, $\rho_{mortero} = 2140 [kg/m^3]$.

3.4.4 Diseño del eje de transmisión

Utilizando las fórmulas del texto diseño en ingeniería mecánica de Shigley, se diseñará las paletas de la mezcladora, el eje mezclador y el acople que se utilizará. Para determinar el diámetro del eje, se toma en cuenta el material a emplearse acero AISI 304 con $S_y = 276[Mpa] = 27,6 \times 10^7 [N/m^2]$ (ver tabla A1, Anexo A). El diseño se efectuó con el criterio de la cortante máxima y un coeficiente de seguridad de 1,5. En la figura 3.18, se muestra el eje a analizar con sus respectivas cargas, pesos y momentos actuantes.

Figura 3.18 Diagrama de Cuerpo Libre Eje de transmisión con Fuerzas y Momentos Actuantes



Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

Donde: P_1 : Peso del sistema rotatorio y sus componentes $7 [Kg_f]$

P_2 : Peso propio del eje $5 [Kg_f]$

F : Fuerza necesaria para mover la mezcla de mortero $79,36 [kg_f] = 780 [N]$

Se tienen los siguientes parámetros de construcción:

$$a = 0,140 [m] \quad b = 0,295 [m] \quad c = 0,170 [m] \quad e = 0,270 [m]$$

El momento generado por las fuerzas actuantes en el sistema:

$$M_1 = F \cdot c$$

$$M_1 = 79,36 [kg_f] \cdot 9,775 [m/s^2] \cdot 0,170 [m] = 131,87 [N \cdot m]$$

$$M_s = P_1 \cdot (c/2) = 7 [Kg_f] \cdot 9,775 [m/s^2] \cdot (0,17/2) [m] = 5,81 [N \cdot m]$$

$$M_t = P_2 \cdot (c) = 5 [Kg_f] \cdot 9,775 [m/s^2] \cdot (0,17) [m] = 8,31 [N \cdot m]$$

$$M_2 = M_s + M_t \quad M_2 = 5,81 + 8,31 = 14,12 [N \cdot m]$$

$$M_3 = F \cdot e \quad M_3 = 79,36 [kg_f] \cdot 9,775 [m/s^2] \cdot 0,270 [m] = 209,45 [N \cdot m]$$

$$P_t = P_1 + P_2 \quad P_t = 7 + 5 = 12 [Kg_f] \cdot 9,775 [m/s^2] = 117,30 [N]$$

Se realiza el análisis para determinar el diámetro, con las siguientes ecuaciones:

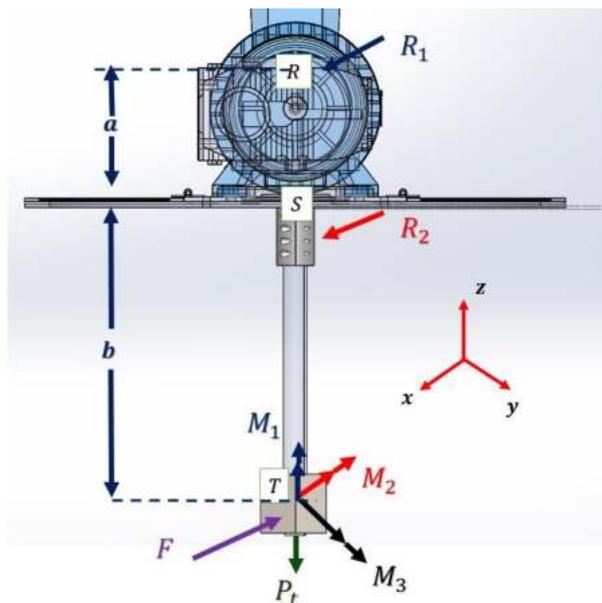
$$\sum F_x = 0 \quad R_1 + R_2 - F = 0$$

$$\sum M_R = 0 \quad R_2 \cdot a - F \cdot (a + b) + M_2 = 0$$

$$R_2 = \frac{F(a + b) + M_2 - F(a + b)}{a} = \frac{780 \cdot (0,14 + 0,295) + 14,12 - 780 \cdot (0,435)}{0,14}$$

$$R_2 = 100,85 [N]$$

Figura 3.19 Simplificación de Fuerzas y Momentos Actuantes



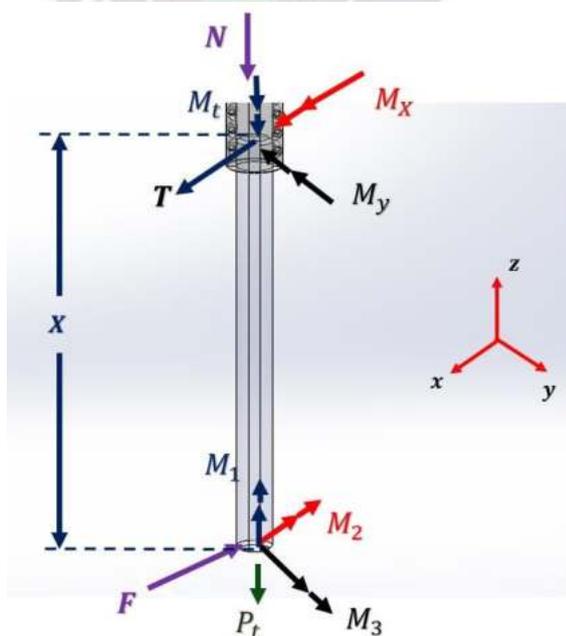
Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

$$\sum M_S = 0 \quad -R_1 \cdot a - F \cdot b + M_2 = 0$$

$$R_1 = \frac{M_2 - F \cdot (a + b)}{a} = \frac{14,12 - 780 \cdot (0,14 + 0,295)}{0,14} \quad R_1 = -2322,71[N]$$

A continuación, se aprecia el estado de tensiones de la primera sección del eje.

Figura 3.20 Tensiones Internas de la primera sección del Eje



Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

$$\sum F_x = 0 \quad T = F = 79,36[kg_f] = 780[N]$$

$$\sum F_z = 0 \quad N = P_t = 12[Kgf] = 117,3[N \cdot m]$$

$$\sum M_z = 0 \quad M_t = M_1 = 131,87[N \cdot m]$$

$$\sum M_y = 0 \quad F \cdot x - M_y + M_3 = 0$$

$$M_y = F \cdot x + M_3$$

$$\text{Cuando } x = 0 \quad M_y = M_3 = 209,45[N \cdot m]$$

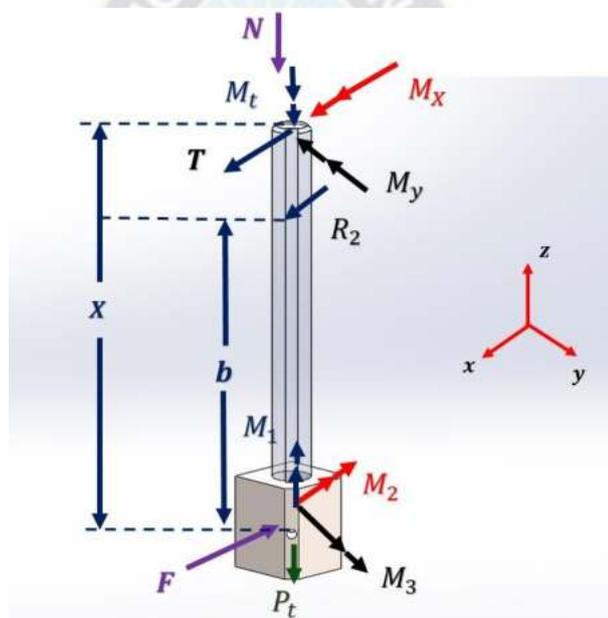
$$\text{Cuando } x = b = 0,295[m] \quad M_y = 780[N] \cdot 0,295[m] + 209,45[N \cdot m]$$

$$\sum M_x = 0 \quad M_x = M_2$$

$$M_x = 14,12[N \cdot m]$$

Se realiza el análisis y la ilustración de las tensiones internas en la segunda sección:

Figura 3.21 Tensiones Internas de la Segunda sección del Eje



Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

$$\sum F_x = 0 \quad T + R_2 - F = 0$$

$$T = F - R_2 \quad T = 780 - 100,85 = 679,2[N]$$

$$\sum F_z = 0 \quad N = P_t = 12[Kgf] = 117,3[N \cdot m]$$

$$\sum M_z = 0 \quad M_t = M_1 = 131,87[N \cdot m]$$

$$\sum M_y = 0 \quad F \cdot x - R_2 \cdot (x - b) - M_y + M_3 = 0$$

$$M_y = F \cdot x - R_2 \cdot (x - b) + M_3 = 0$$

Cuando $x = b$

$$M_y = 780[N] \cdot 0,295[m] + 209,45[N \cdot m]$$

$$M_y = 439,6[N \cdot m]$$

$$\text{Cuando } x = b + a \quad M_y = F \cdot x - R_2 \cdot (b + a - b) + M_3$$

$$M_y = 780[N] \cdot (0,14)[m] + 209,45[N \cdot m] \quad M_y = 318,6[N \cdot m]$$

$$\sum M_x = 0 \quad M_x = M_2$$

$$M_x = 14,12[N \cdot m]$$

$$M_y = F \cdot x + M_3$$

El momento resultante entre el momento en los ejes coordenados M_x y M_y

$$M = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}$$

$$M = \sqrt{14,12^2 + 318,6^2} = 318,9[N \cdot m]$$

Para hallar el diámetro del eje se aplica el criterio de tensión cortante máxima.

$$\tau_{\text{máx}} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \quad (3.12)$$

Considerando el estado de sollicitación en el plano, $\sigma_3 = 0$

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad (3.13)$$

Donde: $\sigma_y = 0$

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad (3.14)$$

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_x}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad (3.15)$$

Para el cálculo de σ_x

$$\sigma_x = \frac{M \cdot c}{I} \quad (3.16) \quad c = \frac{d}{2} \quad (3.17)$$

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} \quad (3.18)$$

$$\sigma_x = \frac{M \cdot \frac{d}{2}}{\frac{\pi \cdot d^4}{64}} \quad \sigma_x = \frac{285,2 \cdot \frac{d}{2}}{\frac{\pi d^4}{64}} = \frac{9126,4}{\pi d^3}$$

Para el cálculo del esfuerzo cortante en el plano xy:

$$\tau_{xy} = \frac{T \cdot r}{J} \quad (3.19)$$

$$r = \frac{d}{2} \quad (3.20)$$

$$J = \frac{\pi \cdot d^4}{32} \quad (3.21)$$

$$\tau_{xy} = \frac{131,87 \cdot d/2}{\frac{\pi \cdot d^4}{32}} \quad \tau_{xy} = \frac{2110}{\pi \cdot d^3}$$

Reemplazando los valores calculados en la ecuación 3.14 y 3.15 respectivamente:

$$\sigma_1 = \frac{9126,4}{2} + \sqrt{\left(\frac{9126,4}{2}\right)^2 + \frac{2110^2}{\pi \cdot d^3}} \quad \sigma_1 = \frac{3053}{d^3}$$

$$\sigma_2 = \frac{9126,4}{2} - \sqrt{\left(\frac{9126,4}{2}\right)^2 + \frac{2110^2}{\pi \cdot d^3}} \quad \sigma_2 = \frac{-148}{d^3}$$

Volviendo a la anterior ecuación 3.12:

$$\tau_{max} = \frac{S_y}{2 \cdot \eta}$$

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} = \frac{S_y}{2 \cdot \eta}$$

$$\frac{3053}{d^3} - \frac{-148}{d^3} = \frac{3201}{d^3} = \frac{S_y}{\eta}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{3201 \cdot \eta}{S_y}} = \sqrt[3]{\frac{3201 \cdot 1,5}{27,6 \times 10^7}} = 0,0259[m]$$

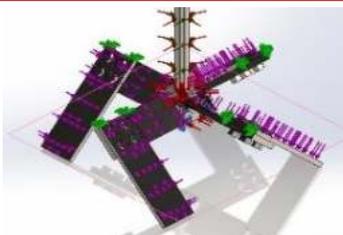
En la figura 3.17 se muestra el eje correspondiente de la máquina mezcladora, con valores normalizados.

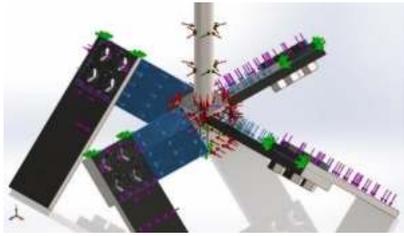
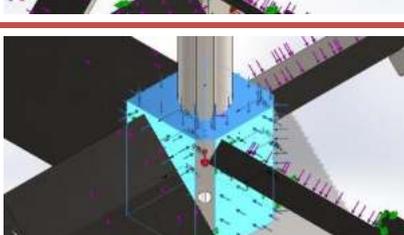
3.4.5 Análisis de Cargas y esfuerzos en el sistema mezclatorio

3.4.5.1 Simulación de cargas en el sistema mezclatorio

Con los valores previamente calculados se especifican las cargas transmitidas en la tabla inferior, según el modelaje de la tolva de almacenamiento:

Tabla 3.4 Cargas transmitidas al Eje y brazos con paletas

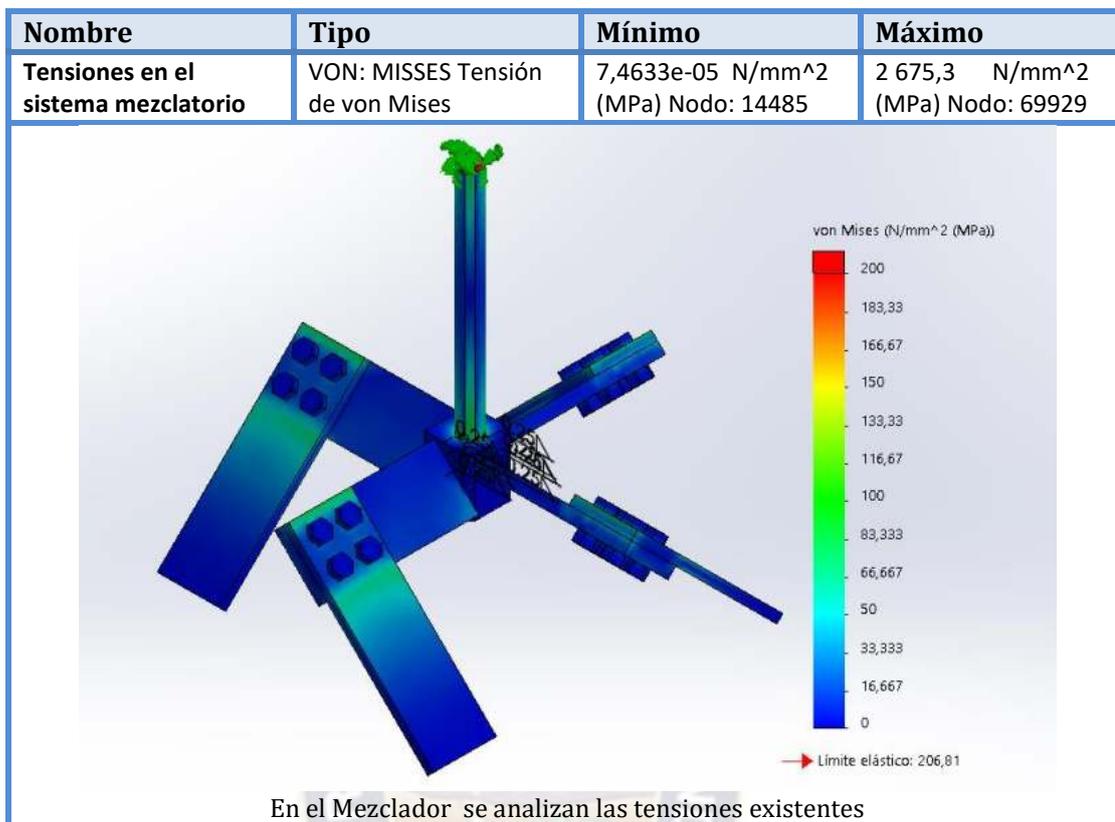
Carga	Carga sobre la mezcladora	Detalles de carga
Gravedad 1		Referencia: Plano superior Valores: 0 0 -9,775 Unidades: m/s^2

Carga	Carga sobre la mezcladora	Detalles de carga
Fuerza 1		Entidades: 4 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 2 700 N
Torsión 1		Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar momento torsor Valor: 318 N.m
Presión 1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Normal a cara seleccionada Valor: 50 000 Unidades: N/m ² Ángulo de fase: 0 Unidades: deg
Fuerza 2		Entidades: 4 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 1 700 N
Torsión 2		Entidades: 1 cara(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar momento torsor Valor: 320 N.m
Fuerza 3		Entidades: 1 vértice(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: 1 000; ---; --- N
Presión 2		Entidades: 6 cara(s) Tipo: Normal a cara seleccionada Valor: 1e+06 Unidades: N/m ² Ángulo de fase: 0 Unidades: deg

Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

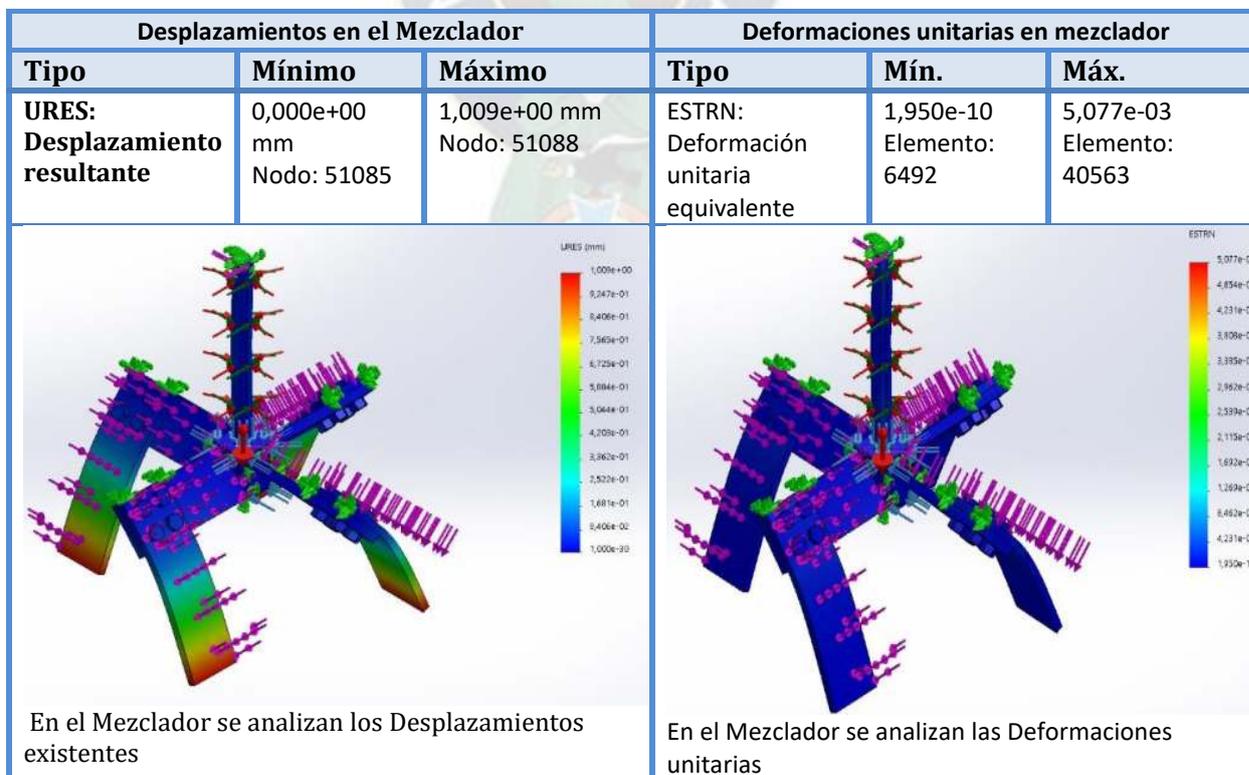
3.4.5.2 Simulación de esfuerzos, factor de seguridad en el Eje

Tabla 3.5 Esfuerzo que soporta el Eje y brazos con paletas



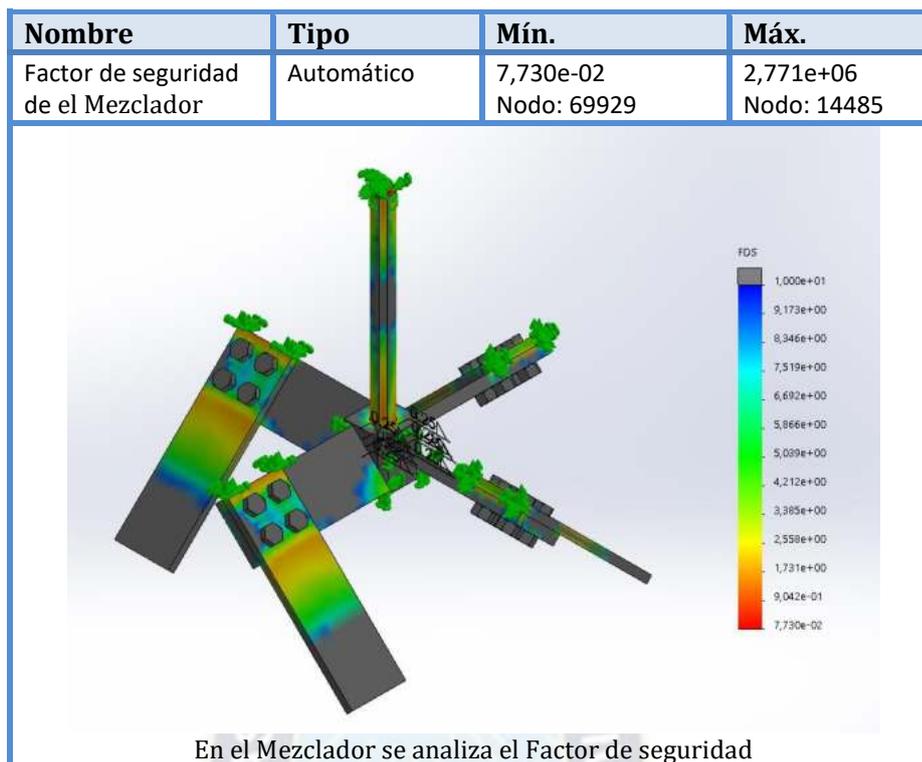
Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

Tabla 3.6 Desplazamientos en el sistema mezclatorio



Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

Tabla 3.7 Deformaciones unitarias en el sistema mezclatorio



Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

3.4.6 Diseño del recipiente contenedor

En la tolva se introduce los materiales para la mezcla y formación de la pasta de mortero, hasta alcanzar la capacidad de 159 [kg] aproximados en el display. El diseño de la carcasa para contención consiste en una manufactura simple.

El diseño depende de ciertos parámetros a tomar en cuenta. El primero de ellos es el tamaño de carga que debe manejar, en función a este parámetro dependen las dimensiones finales, la carga viene especificada según el peso del mortero. El segundo parámetro necesario es la densidad relativa promedio máxima de la carga que recibe el mezclador. Es necesario mencionar que las variables mencionadas están en referencia a la investigación realizada por ensayos del instituto de ingeniería civil de la UMSA.

El tercer parámetro considerado es el nivel hasta donde debe ser llenado el mezclador. Este es un parámetro fijo, el cual llega hasta un nivel del 80% de la altura total del mezclador; optimizando y evitando el sobrellenado de la máquina.

En la figura 3.22 se muestra el modelo de recipiente que va ser diseñado para contener la mezcla y después descargada hacia el subsistema de transporte.

3.4.7 Cálculo Diámetro de Recipiente

Para escoger el diámetro, se emplea la relación entre altura y el mismo.

$$v = m / \rho_{\text{mortero}} \quad (3.22)$$

Donde: m : Masa v : Volúmen de la carga h : Altura del recipiente [m]

ρ_{mortero} : Densidad relativa promedio de la carga D : Diámetro del recipiente en [m]

$$v = \frac{\text{Capacidad}}{\rho_{\text{mortero}}} = \frac{196,2 \left[\frac{\text{kg}}{20\text{min}} \right] \cdot 60\text{min}/\text{hra}}{2500 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]} = 0,157 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{hra}} \right]$$

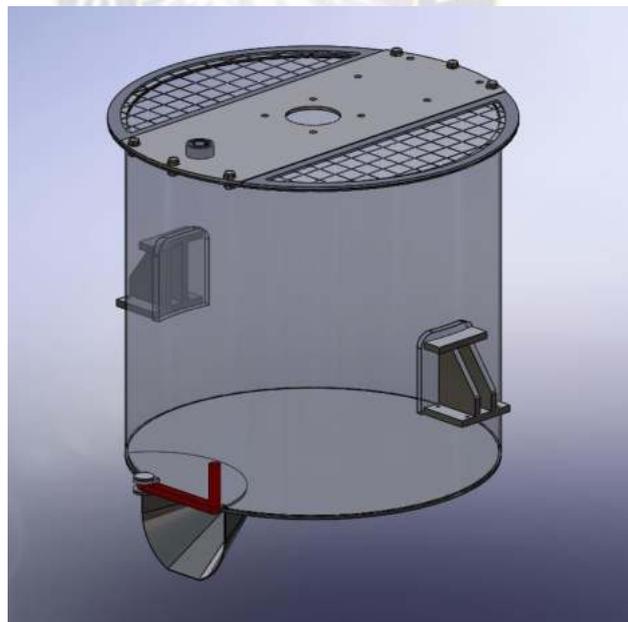
$$D = \sqrt{\frac{4v}{\pi h}} \quad (3.23)$$

3.4.8 Cálculo de espesor para la placa del recipiente

Para el cálculo del grosor de placa de la tolva o carcaza se efectúa la teoría de esfuerzos de cilindros en paredes delgadas. Esta teoría se emplea en casos donde la relación radio sobre grosor es mayor a 20, aspecto que se cumple en el diseño.

La mezcla de mortero se comporta como un fluido, el cual ejerce una presión hidrostática sobre las paredes con los parámetros físicos para el mezclador.

Figura 3.22 Parámetros del recipiente Cilíndrico de Pared delgada



Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

En las paredes existe presión interna, por lo que los tres esfuerzos que resultan son en dirección radial: $\sigma_r = 0$

El esfuerzo tangencial será¹⁸:

$$\sigma_t = \frac{p_i \cdot (d_i + t)}{2t} \quad (3.24)$$

¹⁸ Robert Mott, 4ta Ed, Diseño de elementos de máquinas, Pág 156

El esfuerzo longitudinal es:

$$\sigma_l = \frac{p_i \cdot d_i}{4 t} \quad (3.25)$$

Y la presión interna:

$$p_i = \rho \cdot g \cdot \frac{d_i}{2} \quad (3.26)$$

Donde: p_i : presión interna [kPa]

σ_t : Esfuerzo tangencial [MPa]

σ_l : Esfuerzo longitudinal [MPa] ρ : Densidad relativa promedio de la carga [kg/m^3]

g : aceleración de la gravedad [m/s^2]

d_i : Diametro interno de la carcasa [m]

$$p_i = 2500 \left[\frac{kg}{m^3} \right] \cdot 9,775 \left[\frac{m}{s^2} \right] \cdot \frac{0,5}{2} [m] = 6,10 [kPa]$$

Ahora el esfuerzo cortante máximo viene dado por la siguiente fórmula:

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{S_{sy}}{\eta} \quad (3.27)$$

Donde: S_{sy} : Resistencia de fluencia al corte

η : Factor de seguridad

$$S_{sy} = 0,5 \cdot S_{sy}$$

Para el diseño de la carcasa se toma un factor de seguridad de 3,5 debido a que la máquina debe ser suficientemente robusta para que el operador tenga el margen de seguridad necesario, al momento de realizar la mezcla:

Tabla 3.8 Factor de Diseño en Cilindros

N = 1.25 a 2.0	El diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño
N = 2.0 a 2.5	Diseño de elementos de maquina bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño.
N = 2.5 a 4.0	Diseño de estructuras estáticas o elementos de maquina bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.
N = 4.0 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

Fuente: Robert Mott, Diseño de elementos de máquinas, 4ta. ed.

Tomando consideraciones de diseño de la tabla, y del valor límite a la fluencia para una lámina de acero inoxidable(ver anexos tabla A1), la ecuación 3.27 resulta¹⁹:

¹⁹ Diseño en Ingeniería Mecánica, Shigley Joseph, 8va Ed. Mcgraw-Hill

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{S_{sy}}{\eta} = \frac{0,5 \cdot 310[MPa]}{3,5} \quad \tau_{m\acute{a}x} = 44[MPa]$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{\sigma_t - \sigma_l}{2} \quad (3.28)$$

$$2 \cdot \tau_{m\acute{a}x} = \sigma_t - \sigma_l = \frac{p_i \cdot (d_i + t)}{2t} - \frac{p_i \cdot d_i}{4t}$$

$$2 \cdot \tau_{m\acute{a}x} = \frac{p_i \cdot d_i}{4t} + \frac{p_i \cdot t}{2t} \quad 2 \cdot \tau_{m\acute{a}x} - \frac{p_i}{2} = \frac{p_i \cdot d_i}{4t}$$

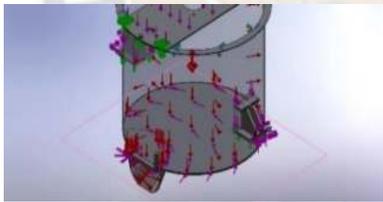
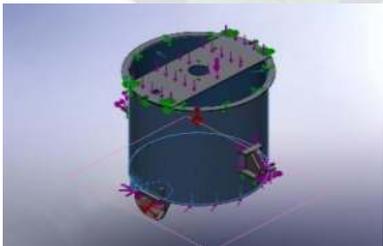
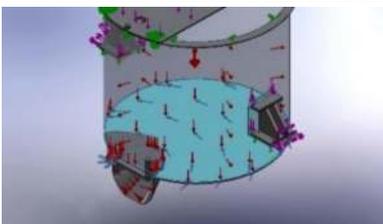
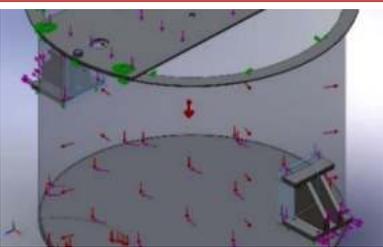
$$t = \frac{p_i \cdot d_i}{4(2 \cdot \tau_{m\acute{a}x} - p_i/2)} = \frac{p_i \cdot d_i}{2(4 \cdot \tau_{m\acute{a}x} - p_i)} = \frac{6,1[kPa] \cdot 0,5[m]}{2(4 \cdot 44 \times 10^3 - 6,1)[kPa]} = 0,0087[mm]$$

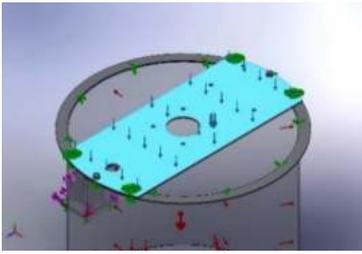
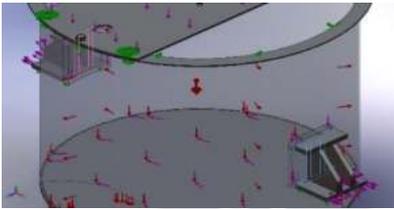
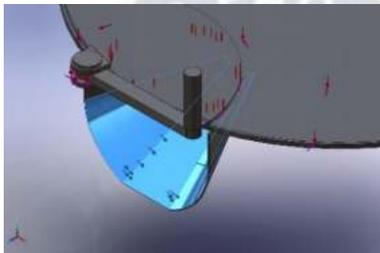
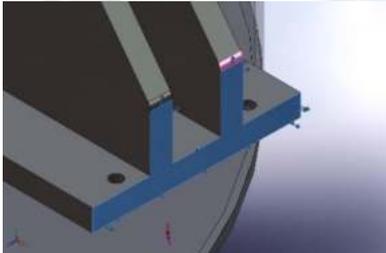
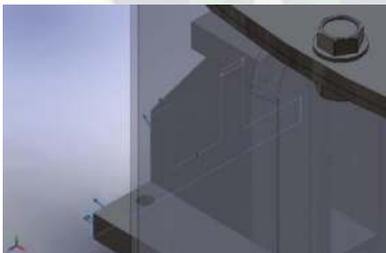
En el catálogo de planchas (anexo tabla A2), se puede apreciar que existen chapas metálicas desde 0,4[mm]. Para el diseño se escoge la placa de espesor de 3[mm], la cual es más comercial y permite dar mayor esbeltez al prototipo.

3.4.9 Análisis de Cargas y esfuerzos en el sistema mezclatorio

3.4.9.1 Simulación de cargas presentes en el sistema mezclatorio

Tabla 3.9 Cargas transmitidas sobre el Recipiente

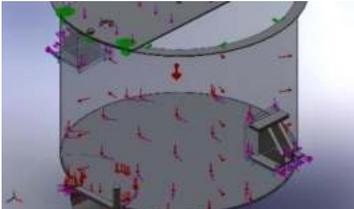
Tipo de carga	Carga sobre el recipiente	Detalles de carga
Gravedad 1		Referencia: Planta Valores: 0 0 -9,775 Unidades: m/s ²
Presión 1		Entidades: 2 cara(s), 1 plano(s) Tipo: Normal a cara seleccionada Valor: 15 100 Unidades: N/m ² Ángulo de fase: 0 deg
Torsión 1		Entidades: 1 cara(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar momento torsor Valor: 50 N.m
Fuerza 1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---; ---; 1 000 N

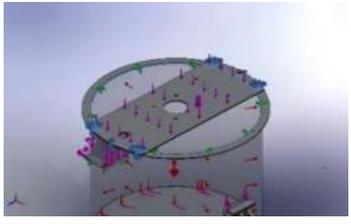
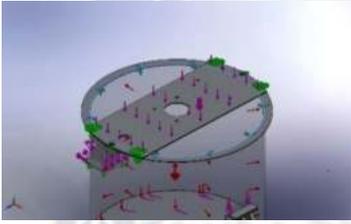
Tipo de carga	Carga sobre el recipiente	Detalles de carga
Fuerza 2		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 350 N
Fuerza 3		Entidades: 1 cara(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---; ---; 1 000 N
Presión 2		Entidades: 3 cara(s) Tipo: Normal a cara seleccionada Valor: 13 000 Unidades: N/m ² Ángulo de fase: 0 Unidades: deg
Torsión 2		Entidades: 1 cara(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar momento torsor Valor: 165 N.m
Torsión 3		Entidades: 1 cara(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar momento torsor Valor: 10 N.m

Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

3.4.9.2 Simulación de reacciones del Eje rotor

Tabla 3.10 Reacciones en el Recipiente

Sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo 1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija
Fuerzas resultantes		

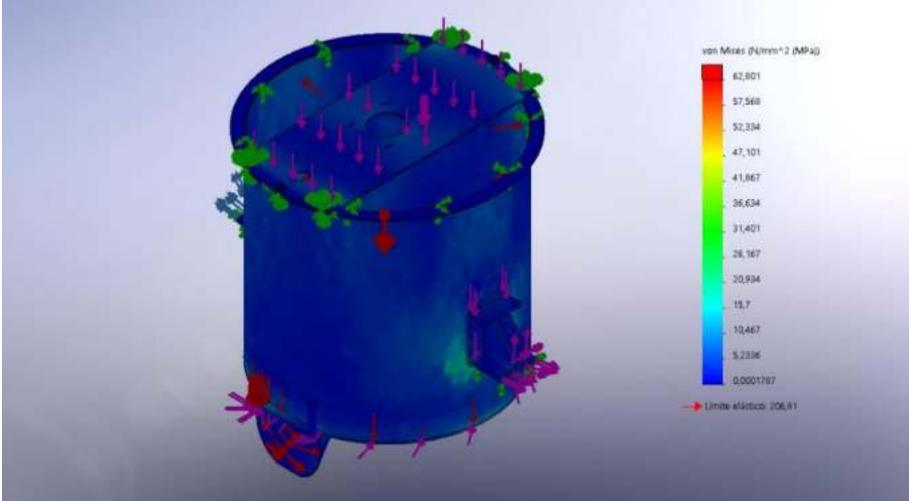
Sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción				
		Componentes	X	Y	Z	Resultante
		Fuerza de reacción(N)	-1 240,45	468,52	13,5564	1 326,05
		Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0
Fijo 2		Entidades: 7 arista(s), 4 cara(s) Tipo: Geometría fija				
Fuerzas resultantes						
		Componentes	X	Y	Z	Resultante
		Fuerza de reacción(N)	127,446	2 005,75	-34,2563	2 010,09
		Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0
Fijo-4		Entidades: 1 arista(s) Tipo: Geometría fija				
Fuerzas resultantes						
		Componentes	X	Y	Z	Resultante
		Fuerza de reacción(N)	714,569	-2 488,28	18,5872	2 588,92
		Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

3.4.9.3 Simulación Esfuerzos y factor de seguridad del Eje rotor

Tabla 3.11 Esfuerzos que soporta el Recipiente

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones en el recipiente	VON: Tensión de von Mises	0,0001787 N/mm ² (MPa) Nodo: 76205	92,801 N/mm ² (MPa) Nodo: 29838



Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

Tabla 3.12 Desplazamientos y Deformaciones unitarias posibles del Recipiente

Desplazamientos en el cilindro			Deformaciones unitarias en el cilindro		
Tipo	Mínimo	Máximo	Tipo ESTRN:	Mín.	Máx.
URES: Desplazamiento resultante	0,000e+00 mm Nodo: 279	1,750e+00 mm Nodo: 75856	Deformación unitaria equivalente	1,950e-10 Elemento: 6492	5,077e-03 Elemento: 40563
<p>En el recipiente se analizan los Desplazamientos existentes</p>			<p>En el recipiente se analizan las Deformaciones unitarias</p>		

Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

Tabla 3.13 Factor de Seguridad en el Recipiente

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad en el recipiente	Automático	1,728e+00 Nodo: 14736	1,157e+06 Nodo: 76205

Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

3.4.10 Diseño de la estructura

Para verificar que la estructura de soporte resiste a los diferentes esfuerzos que va a ser sometida la máquina en su ciclo de trabajo; se realiza un análisis y validación mecánica de la estructura por medio de Solidworks, corroborando estos datos por medio de cálculos y considerando la forma del perfil.

La estructura va a estar sometida a la mayor carga de trabajo, cuando el contenedor cilíndrico abastezca la materia prima de mortero adecuadamente. Mediante la ayuda del software se construye la estructura de la máquina y se procede a colocar todas las cargas que van a actuar sobre la estructura.

Para elegir el perfil estructural cuadrado que se va a emplear en la construcción de la máquina se tomó en cuenta la: disponibilidad de perfiles estructurales cuadrados en el mercado y facilidad de manufactura. Las cargas a considerar son:

Tabla 3.14 Cargas transmitidas por la mezcladora

Cargas	Masa (kg)
Mortero a proyectar	105,7
Motor	16
Reductor de velocidad	24
Accesorios (niple+válvula)	3,0
Recipiente+Paletas+eje+tapas	39,7
Total	188,4

Fuente: Elaboración propia

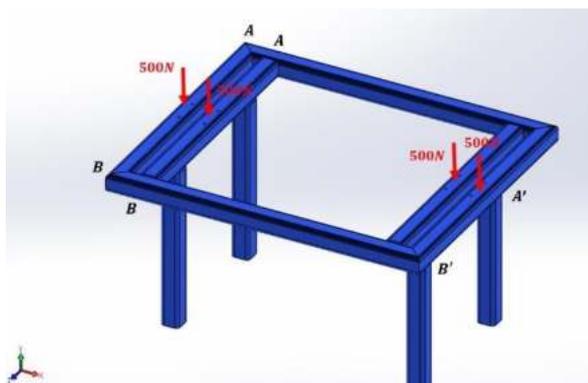
3.4.10.1 Dimensionamiento y cálculo de la estructura perfil cuadrado

Se considera que todo el sistema en movimiento pesa alrededor de 188,4, podemos decir alrededor de 2000[N] de carga, que se distribuye entre 4 miembros estructurales, aproximadamente la carga es de 500[N] en cada soporte 500 [N], es decir a las vigas A-B (ver Figura 3.23), con una carga de 500 [N] aplicada a cada una, que transformándola a una carga distribuida sobre la viga A-B de longitud 550 [mm] es de 909 [N/m].

Se considera una viga doblemente empotrada, por ser simétrica en ambos lados, se analiza el doble empotramiento de un lado, se coloca el momento y la reacción resultante en el punto B'. - Longitud entre puntos de apoyo: 350 [mm].

- $w_1 = 909 \text{ [N/m]}, P_1 = 909 \text{ [N/m]} \cdot 0,350 \text{ [m]} = 318 \text{ [N]}$

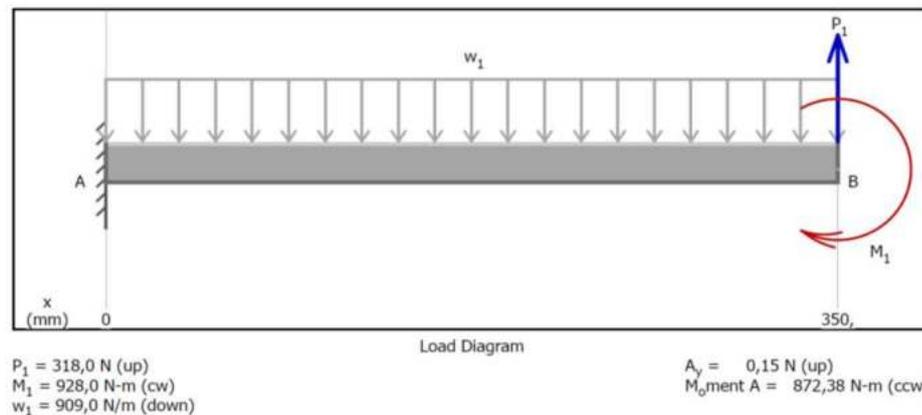
Figura 3.23 Distribución de carga en eje de viga A-B



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra gráficamente la viga AB y las cargas actuantes.

Figura 3.24 Cargas en la viga A-B



Fuente: Elaboración propia

Momentos y Fuerzas resultantes viga AB

$$M_A = M_B = \frac{wL^2}{12} \quad (3.29)$$

Donde: $M_A = M_B$: Momentos resultantes [Nm]

w : Carga distribuida [N/m] L : Longitud de la viga [m]

Entonces tenemos:

$$M_A = M_B = \frac{909 \left[\frac{\text{N}}{\text{m}} \right] \cdot (0,350\text{m})^2}{12}$$

$$M_A = 9,28 \text{ [Nm]} \quad M_B = 9,28 \text{ [Nm]}$$

La carga distribuida se transforma a una carga de 500N a 175mm del punto A

$$\uparrow \sum F_y = 0 \quad R_{Ay} + R_{By} - 500 \text{ [N]} = 0$$

$$\rightarrow \sum M_A = 0 \quad -M_A + (500\text{N}) \cdot (0,175\text{m}) - (0,350\text{m}) \cdot R_{By} + 9,28 \text{ [Nm]} = 0$$

$$R_{By} = 250 \text{ [N]} \quad R_{Ay} = 250 \text{ [N]}$$

Para hallar los diagramas de cortes y momentos con las ecuaciones encontradas, se realiza los cálculos para hallar las ecuaciones en cada tramo de corte:

Primer corte $0 \leq x \leq 0,175\text{m}$

$$\rightarrow \sum M_x = 0 \quad M_A + R_{Ay} \cdot x + w \cdot x \cdot \left(\frac{x}{2}\right) - M \cdot x = 0$$

$$9,28 + 250 \cdot x - 909 \cdot x \cdot \left(\frac{x}{2}\right) - M \cdot x = 0 \quad Mx = -454,5x^2 + 250x + 9,28$$

$$Vx = -909x^2 + 250$$

Segundo corte $0,175 \leq x \leq 0,350\text{m}$

$$\rightarrow \sum M_x = 0 \quad -M_A + R_{Ay} \cdot x - w \cdot x \left(\frac{x}{2}\right) - Mx = 0$$

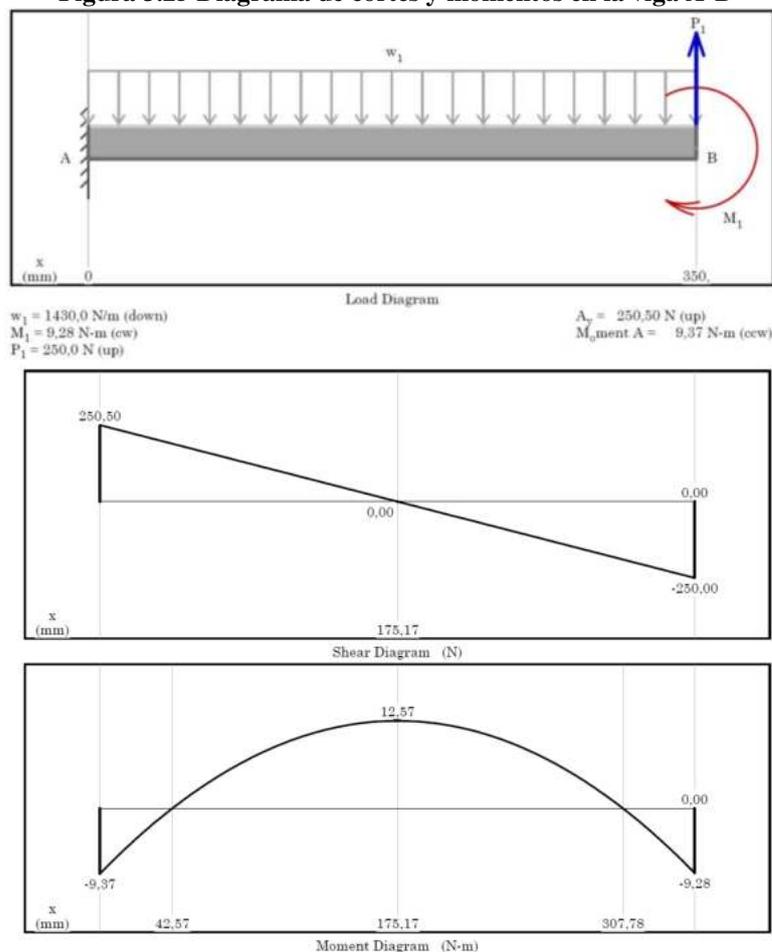
$$-9,28 + 250x - 909 \cdot x\left(\frac{x}{2}\right) - Mx = 0 \quad Mx = -454,5x^2 + 250x + 9,28$$

$$Vx = -909x^2 + 250$$

Fuerza cortante máxima: $V_{max} = 250[N]$

Momento flector máximo: $M_{max} = 9,28[Nm]$

Figura 3.25 Diagrama de cortes y momentos en la viga A-B



Fuente: Elaboración propia (Md Solids)

3.4.10.1.1 Esfuerzo en la viga A-B a flexión

3.4.10.1.1.1 Esfuerzo normal máximo por flexión, viga A-B

$$\sigma_{max} = \frac{M_{AB} \cdot c}{I} \quad (3.30)$$

Donde: $\sigma_{m\acute{a}x}$: Esfuerzo normal máximo debido a flexión en viga A – B [MPa]

M_{AB} : Momento flector máximo de la viga A – B [Nm]

c : Distancia del eje neutro de la viga a la fibra mas alejada: 20[mm]

I : Momento de inercia del perfil cuadrado respecto al eje neutro $I = 1,21[cm]^4$ anexo A4.

Entonces reemplazando en la ecuación 3.30 el esfuerzo resultante es:

$$\sigma_{max} = \frac{9,28[Nm] \cdot (0,020m)}{1,21 \times 10^{-8}[m]^4} \quad \sigma_{max} = 15,33[MPa]$$

3.4.10.1.1.2 Esfuerzo cortante máximo debido a flexión de la viga A-B

$$\tau_{max} = \frac{V \cdot Q}{I \cdot t} \quad (3.31)$$

τ_{max} : Esfuerzo cortante máximo debido a flexión de la viga A – B [MPa]

V: Fuerza cortante máxima de la viga AB [N]

Q: Primer momento de inercia respecto al eje centroidal del área de la sección transversal de esa parte, en lado opuesto del eje, al lado donde se calculara el esfuerzo cortante[mm]³

I: Momento de inercia de la sección transversal de la viga = 1,21[cm]⁴ ver anexo A4

t: Espesor del perfil en el lugar donde se va calcular el esfuerzo cortante = 3,0[mm]

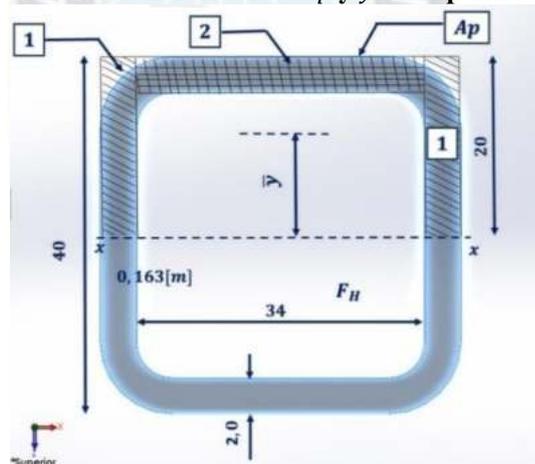
Para calcular el valor de Q se aplica la siguiente ecuación:

$$Q = A_p \cdot \bar{y} \quad (3.32)^{20}$$

Donde: \bar{y} : Distancia del eje neutro de la sección al centroide del área A_p [mm]

A_p : Parte del área de la sección de arriba donde se va calcular el esfuerzo[mm²]

Figura 3.26 Sección transversal A_p y \bar{y} en el perfil cuadrado



Fuente: Elaboración propia (Md Solids)

3.4.10.1.2 Cálculo de altura - centroide \bar{y}

Tabla 3.15 Sumatoria de áreas, de $A\bar{y}$, sección transversal, viga A-B

Sección	A	\bar{y}_1	$A\bar{y}$
1	$2 \cdot 20 = 40,0[mm^2]$	10[mm]	$600[mm^3]$
1	$2 \cdot 20 = 40,0[mm^2]$	10[mm]	$600[mm^3]$
2	$2 \cdot 34 = 68,0[mm^2]$	$34/2 + 2/2 = 18,0[mm]$	$1224[mm^3]$
Sumatoria	$148,0[mm^2]$	38,0[mm]	$2424[mm^3]$

Fuente: Elaboración propia

$$\bar{y} = \frac{\sum(A\bar{y}_1)}{\sum A} \quad (3.33)$$

²⁰ Diseño de elemento de máquina, Mott

$$\bar{y} = \frac{2424\text{mm}^2}{148,0\text{mm}^2} = 16,37[\text{mm}]$$

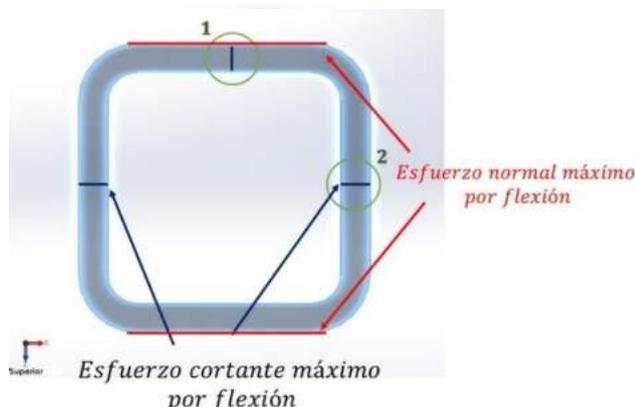
Reemplazando en ecuación 3.32: $Q = 188[\text{mm}^2] \cdot 16,37[\text{mm}] = 3077,6[\text{mm}^3]$

Obteniendo Q se calcula el esfuerzo cortante máximo por flexión:

$$\tau_{max} = \frac{250\text{N} \cdot (2,424 \times 10^{-6}\text{m}^3)}{(1,21 \times 10^{-8}\text{m}^4) \cdot (2 \times 10^{-3}\text{m})} = 25,04[\text{MPa}]$$

Los esfuerzos no se concentran en un sitio, así se realiza un análisis de esfuerzos en 2 puntos de la sección transversal para ver el punto más crítico de la viga.

Figura 3.27 Concentración de esfuerzos en el punto 1 y 2 de la viga A-B



Fuente: Elaboración propia

3.4.10.1.3 Esfuerzo combinado Von Mises de la viga A-B punto 1:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad (3.34)$$

Donde: σ' : Esfuerzo combinado de Von Mises, punto 1 en viga A – B [MPa]

σ_x : Esfuerzo normal en el eje x viga A – B [MPa]

τ_{xy} : Esfuerzo cortante en el eje xy, viga AB [MPa]

Consecuentemente: $\sigma_x = \sigma_{m\acute{a}x} = 15,33[\text{MPa}]$, $\tau_{xy} = 0$

$$\sigma' = \sqrt{(15,33\text{MPa})^2 + 3(25)^2} \quad \sigma' = 45,93\text{MPa}$$

3.4.10.1.4 Factor de seguridad en el punto 1 de la viga AB

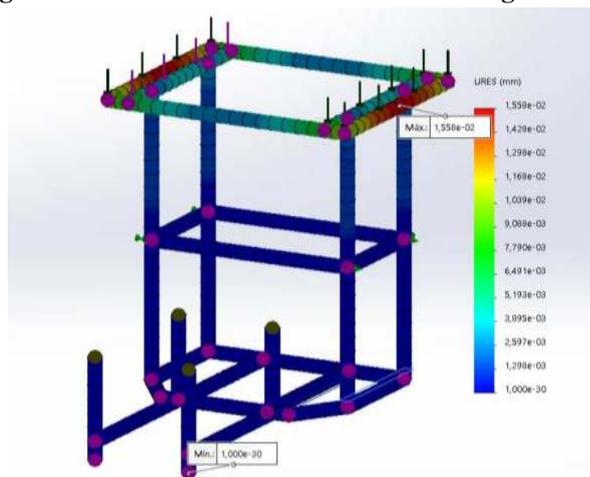
$$FS_1 = \frac{S_y}{\sigma'} \quad (3.35)$$

Donde: FS_1 : Factor de seguridad, punto 1 viga AB S_y : Resistencia la fluencia [MPa]

σ' : Esfuerzo combinado de Von Mises, punto 1 viga AB [MPa]

$$FS_1 = \frac{269\text{MPa}}{45,93\text{MPa}} \quad FS_1 = 5,85$$

Figura 3.28 Deformaciones solicitadas con carga actuante



Fuente: Elaboración propia, Solidworks 2019

3.4.10.1.5 Esfuerzo combinado Von Mises de la viga A-B en el pto. 2:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad (3.36)$$

Donde: σ' : Esfuerzo combinado de Von Mises, punto 2 en viga AB [MPa]

σ_x : Esf. normal en el eje x viga AB [MPa] τ_{xy} : Esf. cortante en el eje xy, viga AB [MPa]

Consecuentemente: $\sigma_x = 0$ $\tau_{xy} = 4,28$ [MPa]

$$\sigma' = \sqrt{(0)^2 + 3(25,04[MPa])^2} \quad \sigma' = 43,3MPa$$

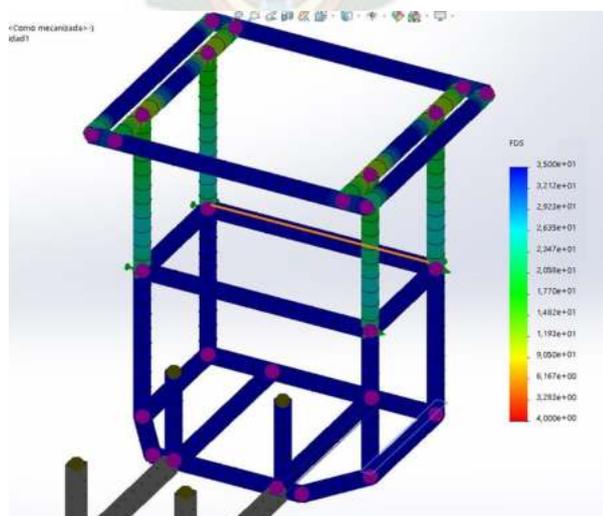
3.4.10.1.6 Factor de seguridad punto 2, viga AB

$$FS_2 = \frac{S_y}{\sigma'} \quad (3.37)$$

Donde: FS_2 : Factor de seguridad, punto 2 viga AB S_y : Resistencia la fluencia [MPa]

σ' : Esfuerzo combinado de Von Mises, punto 1 viga AB [MPa]

Figura 3.29 Simulación factor de seguridad de la estructura



Fuente: Elaboración propia, Solidworks 2019

$$FS_2 = \frac{269MPa}{43,37MPa} \quad FS_2 = 6,2$$

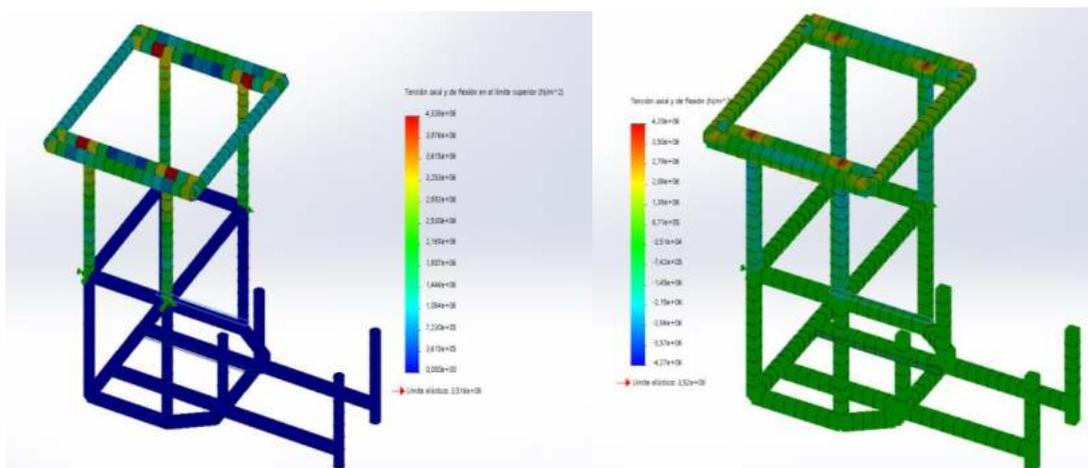
Los datos obtenidos en solidworks son los siguientes:

Tabla 3.16 Esfuerzos y factores de seguridad calculados y simulados, viga A-B

Dato	Esfuerzo	Factor de seguridad
Cálculo	15,33[MPa]	5,85
Software	15[MPa]	5,9

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.30 Tensión axial y de flexión en parte crítica de la estructura

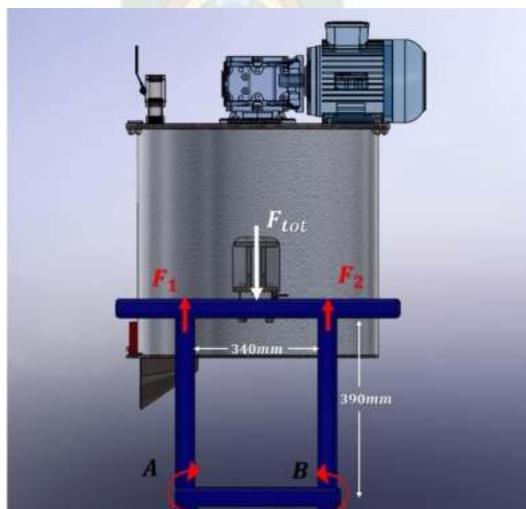


Fuente: Elaboración propia, Solidworks 2019

Existe una diferencia tolerable entre los datos simulados y los calculados, además de presentar un factor de seguridad que es aceptable y óptimo.

3.4.10.2 Análisis del pandeo sobre la estructura

Figura 3.31 Fuerzas que actúa sobre la estructura



Fuente: Elaboración propia, Solidworks 2019

Dónde: F_{tot} : Es la carga total del sistema mezclatorio aprox: 188,4 Kg

F_{a1} : Fuerza de reacción que se opone a la fuerza axial producida por la columna izquierda.

F_{a2} : Fuerza de reacción que se le opone a la fuerza axial producida por la columna derecha

La distancia entre columnas es de 340 mm y la altura de cada columna es de 390mm. Luego se realiza el análisis para determinar si existe pandeo sobre la estructura, en base a estática:

$$\begin{aligned} \sum F_x &= 0 & F_{a1} + F_{a2} - F_{tot} &= 0 \\ \sum M_A &= 0 & -188,4 \cdot 170 + F_{a2} \cdot (340) + M_B &= 0 \\ & & -32028 + F_{a2} \cdot (340) - M_B &= 0 \quad (3.38) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_B &= 0 & +188,4 \cdot 170 - F_{a1} \cdot (340) - M_A &= 0 \\ & & 32028 - F_{a1} \cdot (340) - M_A &= 0 \quad (3.39) \end{aligned}$$

Restando las ecuaciones 3.38 y 3.39 se obtiene:

$$-64056 + (F_{a2} - F_{a1}) \cdot (340) + M_B + M_A = 0$$

Se puede apreciar que la figura presenta simetría, entonces $M_A = M_B$ y $F_{a1} = F_{a2}$

$$2 \cdot M_B = -64056$$

$$M_B = -32028 [kg \cdot mm] \quad M_B = -314 [Nm]$$

3.4.10.2.1 Relación de esbeltez efectiva para soportes.

El esfuerzo crítico de la estructura se define de la siguiente ecuación

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K \cdot L}{r}\right)^2} \quad (3.40)^{21}$$

Donde: σ_{cr} : Esfuerzo crítico, normal promedio en la columna antes de que se pandee [Pa].

E : Módulo de elasticidad del material [Pa]. L Longitud de la columna sin soporte [m].

r Radio de giro más pequeño de la columna [m]. K Factor de longitud efectiva.

La relación geométrica L/r en la ecuación 3.40 se conoce como la relación de esbeltez y es una medida de la flexibilidad de la columna, que sirve para clasificar las columnas como largas, intermedia o cortas.

El radio de giro se define de la siguiente ecuación: $r = \sqrt{\frac{I}{A}}$ (3.41)

Donde: I : Menor momento de inercia del área de la sección transversal [m^4]

A : Área de la sección transversal de la columna [m^2]

Mediante la ecuación 3.41, se obtiene la relación de esbeltez para el soporte

²¹ Hibbeler, R. C. (2011). *Mecánica de material*. México: Pearson Educación, 8° edición, p. 663.

superior de la estructura, para el primer cálculo, no se emplea la longitud efectiva, entonces para el acero ASTM A500 el módulo de elasticidad es 200 [GPa] y el esfuerzo a la fluencia de 269 [MPa] (de anexos, tabla A.3).

$$\left(\frac{L}{r}\right)^2 = \frac{\pi^2 E}{\sigma_{cr}} \quad (3.42)$$

$$\frac{L}{r} = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{\sigma_{cr}}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 200 \times 10^9}{269 \times 10^6}} = 85,6$$

Si $(L/r) < 85,6$, el esfuerzo de la columna excede el punto de cedencia antes de que pueda ocurrir el pandeo, la fórmula de Euler no es válida.

El radio de giro más pequeño se calcula mediante la ecuación 3.42.

$$r = \sqrt{\frac{7,07 \text{ cm}^4}{3,03 \text{ cm}^2}} = 1,527 [\text{cm}] = 15,3 \text{ mm}$$

$$15,3 < 85,6$$

Por lo tanto, la fórmula de Euler no es válida. Es necesario implicar el factor k, es decir la relación de esbeltez efectiva se define mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{k \cdot L}{r} \leq 200 \quad (3.43)$$

Dónde: el valor de K = 0,5 para ambos extremos fijos²² por soldadura, Reemplazando los valores numéricos en la ecuación 3.43.

$$\frac{k \cdot L}{r} \leq 200$$

$$\frac{0,5 \cdot 320 \text{ mm}}{15,3 \text{ mm}} \leq 200 \quad 10,5 \leq 200$$

Se considera el caso más desfavorable K = 2, para un extremo fijo y el otro libre.

$$\frac{2 \cdot 320 \text{ mm}}{15,3 \text{ mm}} \leq 200 \quad 41,8 \leq 200$$

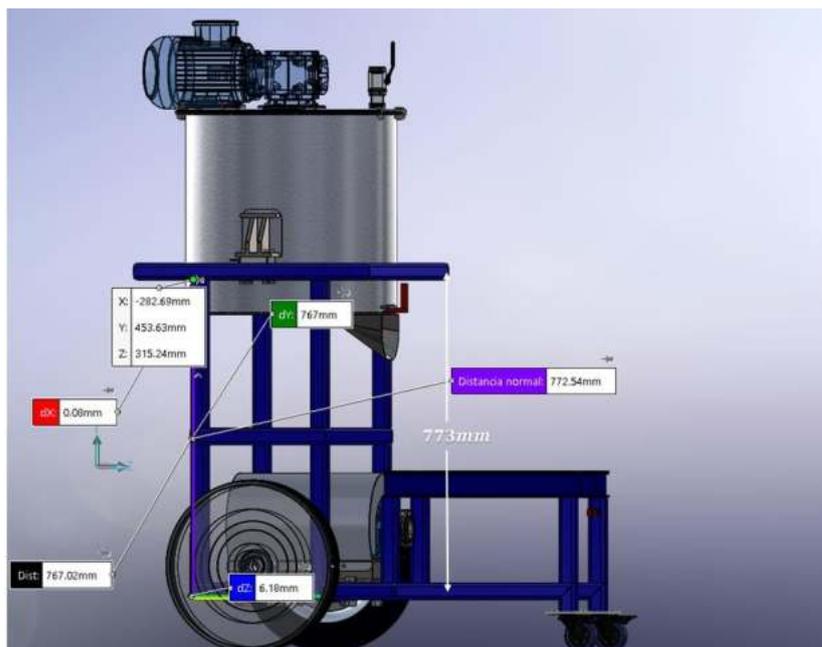
Ambos valores calculados cumplen con lo requerido.

3.4.10.2.2 Carga crítica

La fórmula de Euler, permite determinar la carga crítica que soportará la columna. Visualizando el caso más desfavorable que es considerar la columna de extremo a extremo se tiene el gráfico 3.32 en la parte superior, con la longitud crítica de diseño. La carga crítica que soportan las 4 columnas será:

²² Hibbeler, R. C. (2011). *Mecánica de material*. México: Pearson Educación, 8° edición, p. 667.

Figura 3.32 Longitud total de pandeo



Fuente: Elaboración propia,. Solidworks 2019

$$4 \frac{P_{Cr}}{A} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K \cdot L}{r}\right)^2} \quad (3.44)^{23}$$

$$P_{Cr} = \frac{\pi^2 \cdot 200 \times 10^9 \text{ Pa} \cdot 3,03 \times 10^{-4} \text{ m}^2}{4 \left(\frac{2 \cdot 0,773}{15,27 \times 10^{-3}}\right)^2}$$

$$P_{Cr} = 14587 [N] \quad P_{Cr} = 1491,5 [kg]$$

La mayor carga resultante como son los agregados sumado a los elementos del mezclador (188.4 Kg) están por debajo de la carga crítica que existirá sobre la columna; lo cual indica que es factible construir con este perfil (material y espesor).

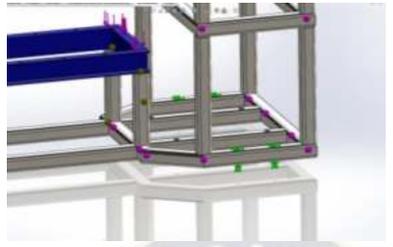
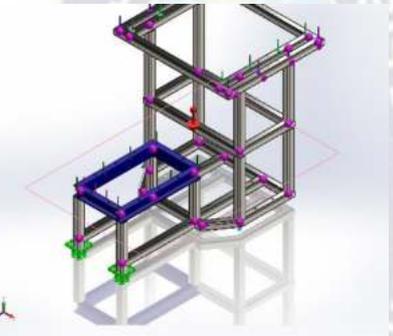
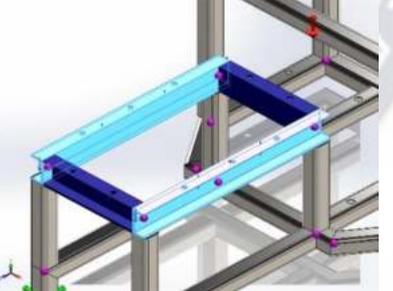
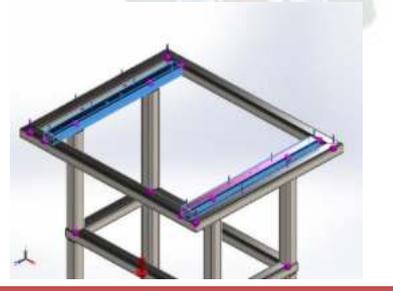
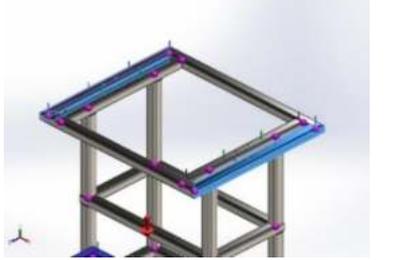
3.4.10.3 Análisis de Cargas y esfuerzos

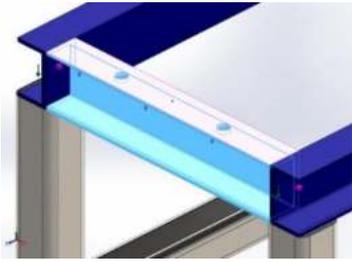
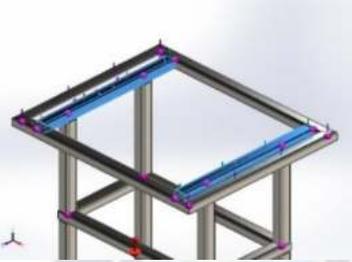
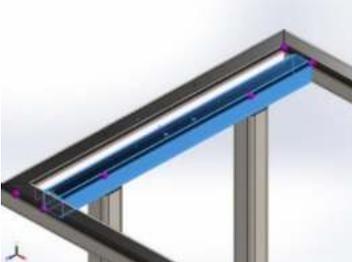
3.4.10.3.1 Simulación de cargas presentes en toda la parte Estructural

Tabla 3.17 Cargas y sujeciones presentes en la estructura

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo 1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija

²³ Hibbeler, R. C. (2011). *Mecánica de material*. México: Pearson Educación, 8° edición, p. 663.

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	3,99311	4 534,47	-489,888	4 560,86
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	1e-33
Fijo 2		Tipo: Geometría fija		
Nombre de carga	Carga sobre la Estructura	Detalles de carga		
Gravedad 1		Referencia: Planta Valores: 0 0 -9,775 Unidades: m/s^2		
Fuerza 1		Entidades: 2 Viga(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---; ---; 7 500 N/m Momentos: ---; ---; --- N·m/m		
Fuerza 2		Entidades: 2 Viga(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---; ---; 3 000 N/m Momentos: ---; ---; --- N·m/m		
Fuerza-3		Entidades: 2 Viga(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---; ---; 1 100 N/m Momentos: ---; ---; --- N·m/m		

Nombre de carga	Carga sobre la Estructura	Detalles de carga
Fuerza-4		Entidades: 1 Viga(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---; ---; 4 500 N/m Momentos: ---; ---; --- N·m/m
Fuerza 5		Entidades: 2 Viga(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---; ---; -.500 N/m Momentos: 1; ---; 100 N·m/m
Fuerza 6		Entidades: 1 Viga(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---; ---; 500 N/m Momentos: 1; ---; 100 N·m/m

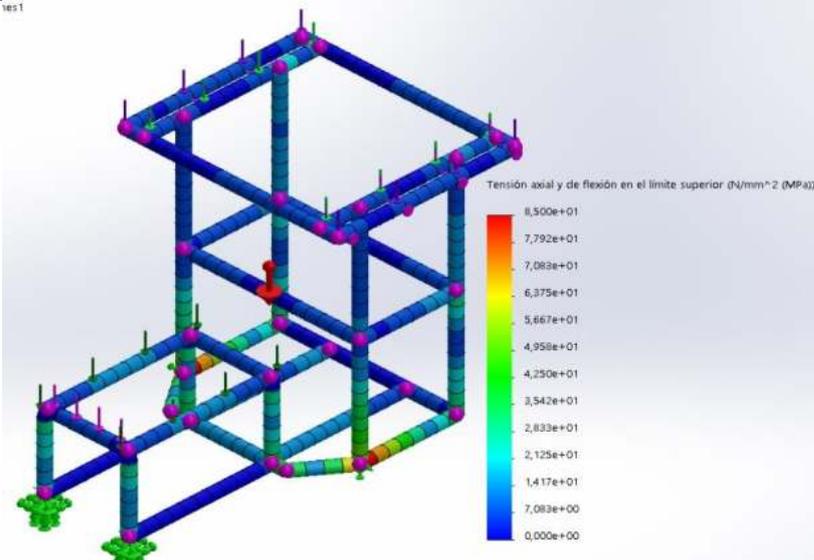
Fuente: Elaboración propia, Solidworks 2019

3.4.10.3.2 Simulación del Esfuerzo y factor de seguridad en Estructura

Para toda la estructura soldada se especifican los esfuerzos existentes:

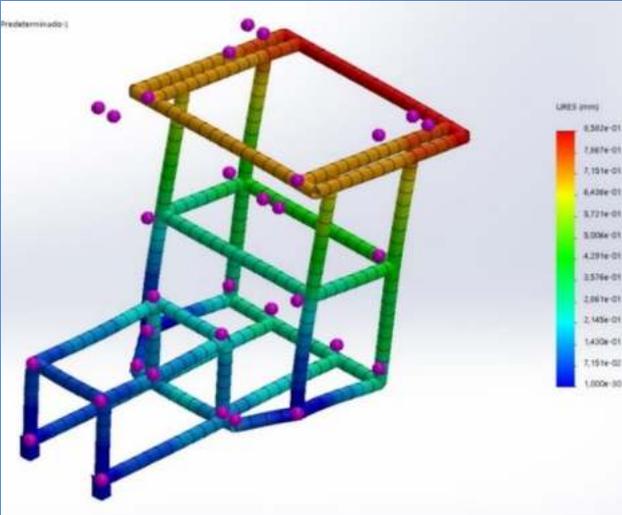
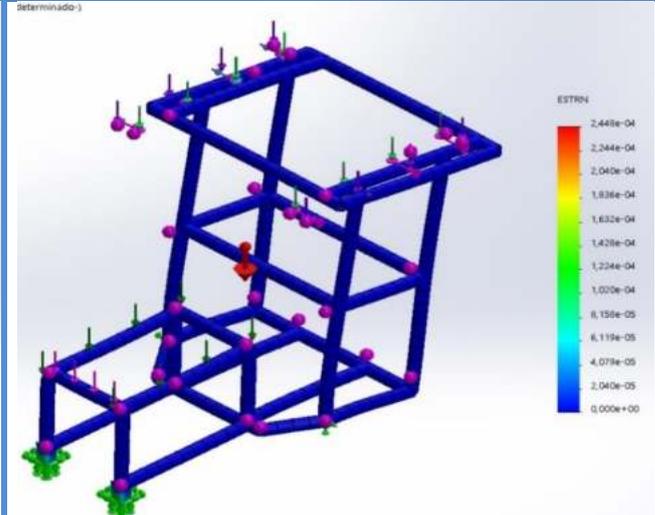
Tabla 3.18 Esfuerzos sobre la estructura

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones de la estructura	Tensión axial y de flexión en el límite superior	0,000e+00 N/mm ² (MPa) Elemento: 3202	8,867e+01 N/mm ² (MPa) Elemento: 2943



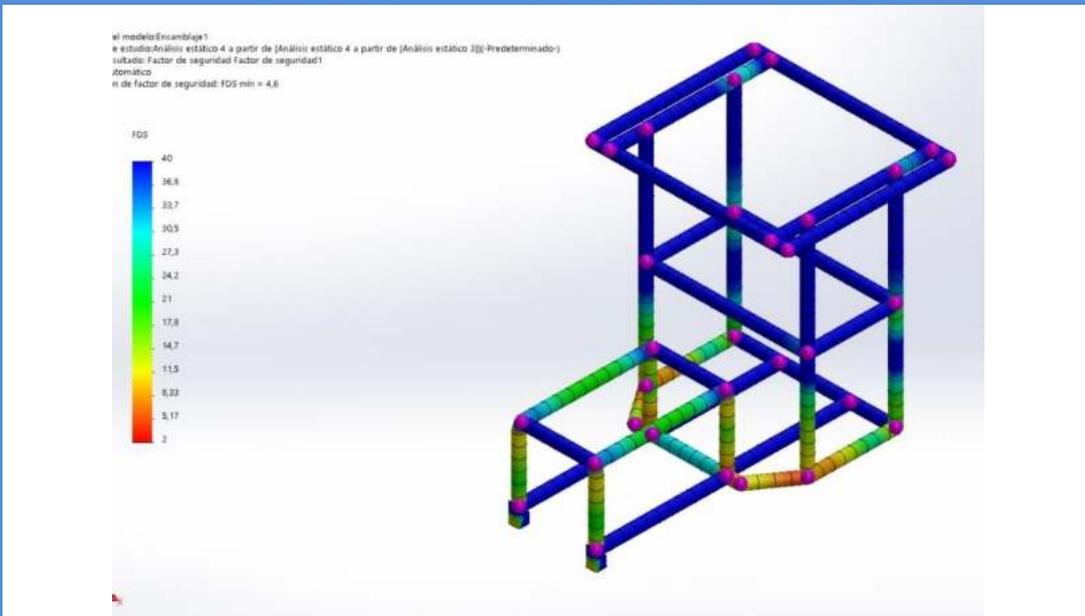
Fuente: Elaboración propia, Solidworks 2019

Tabla 3.19 Desplazamientos y deformaciones de la estructura

Desplazamientos en la estructura			Deformaciones unitarias en la estructura		
Tipo	Mínimo	Máximo	Tipo ESTRN:	Mín.	Máx.
URES: Desplazamiento resultante	0,000e+00 mm Nodo: 13	8,582e-01 mm Nodo: 6234	Deformación unitaria equivalente	0,000e+00 Elemento: 2841	2,448e-04 Elemento: 1837
 <p>En la estructura se analizan los Desplazamientos</p>			 <p>En la soldadura se analizan las Deformaciones unitarias</p>		

Fuente: Elaboración propia, Solidworks 2019

Tabla 3.20 Factor de seguridad de la estructura

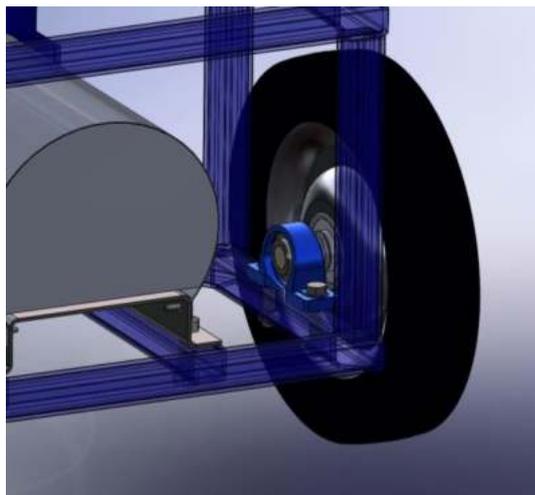
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad de la estructura	Automático	4,59 Nodo: 3024	1,15e+03 Nodo: 5828
			

Fuente: Elaboración propia, Solidworks 2019

3.4.11 Dimensionamiento de Sistema Traslacional

El sistema de traslación utiliza dos cojinetes para una correcta sujeción en el ensamble de la máquina, de los cuales, el cojinete A y B, recibirán la carga axial.

Figura 3.33 Disposición de los cojinetes vistos desde atrás



Fuente: Elaboración propia. Solidworks 2019

3.4.11.1 Cálculo del cojinete M y N

La carga transmitida total del equipo está alrededor de $300 [kg] = 3000 [N]$, para obtener la carga dinámica del cojinete se utilizan las ecuaciones:

$$X_D = \frac{L_D \cdot N_D \cdot 60}{1 \times 10^6} \quad (3.45)^{24}$$

Donde: L_D : Vida útil en horas $N_D = n$: Revoluciones por minuto

Para estimar la vida en horas de un cojinete se asume un servicio intermitente.

Figura 3.34 Recomendaciones de vida de cojinetes para máquinas

Tipo de aplicación	Vida, kh
Instrumentos y aparatos de uso poco frecuente	Hasta 0.5
Motores de aeronaves	0.5-2
Máquinas de operación corta o intermitente, donde la interrupción del servicio resulta de poca importancia	4-8
Máquinas de servicio intermitente donde una operación confiable es de gran importancia	8-14
Máquinas para servicio de 8 h, que no siempre se usan completamente	14-20
Máquinas para servicio de 8 h, que se utilizan plenamente	20-30
Máquinas para servicio continuo las 24 h	50-60
Máquinas para un servicio continuo de 24 h, donde la confiabilidad es de suma importancia	100-200

Fuente: Diseño en ingeniería mecánica, Joseph Shigley

La traslación se realiza en distintas posiciones del lugar de construcción, a razón de $0,3 \text{ m/seg}$ aprox., la operación es de importancia moderada, la vida estimada será:

$$L_D = 8kh \quad v_{máq} = w_D \cdot r$$

Donde: $v_{máq}$: Velocidad estimada de la máquina w_D : Velocidad angular de la rueda

²⁴ R. Budynas y K. Nisbett, Shigley's Mechanical Engineering Desing, Décima ed., New York: McGraw Hill, 2015

$$w_D = \frac{0,3 \text{ m/seg}}{0,4 \text{ m}} \quad w_D = \frac{0,3 \text{ m/seg}}{0,4 \text{ m}} = 0,75 \text{ rad/seg}$$

$$X_D = \frac{8000h \cdot \left(0,75 \text{ rad/seg} \cdot \frac{1 \text{ rev}}{2\pi} \cdot \frac{60s}{1 \text{ min}}\right) \cdot 60}{1 \times 10^6} = 3,36$$

3.4.11.2 Carga dinámica

Para trasladar la máquina revocadora se presentan condiciones de cargas en cada movimiento, La carga dinámica se define de la siguiente manera:

$$C_{10} = F_D \cdot a_f \cdot \left[\frac{X_D}{X_o + (\theta - X_o) \cdot (1 - R_D)^{1/b}} \right]^{1/a} \quad (3.46)$$

Donde: C_{10} : Carga dinámica

$F_D = F_t$: Fuerza requerida

R_D : confiabilidad

a_f : Factor de carga

Los parámetros Weibull están definidos como: $X_o = 0,02$

$$\theta - X_o = 4,439 \quad b = 1,483 \quad a = 3$$

El factor de carga se obtiene de la siguiente figura:

Figura 3.35 Recomendaciones de vida de cojinetes para máquinas

Tipo de aplicación	Factor de carga
Engranajes de precisión	1.0-1.1
Engranajes comerciales	1.1-1.3
Aplicaciones con sellos deficientes en los cojinetes	1.2
Maquinaria sin impactos	1.0-1.2
Maquinaria con impactos ligeros	1.2-1.5
Maquinaria con impactos moderados	1.5-3.0

Fuente: Diseño en ingeniería mecánica, Joseph Shigley

La parte de traslación sufre de vez en cuando impactos ligeros, con la manguera otros objetos al momento de la traslación $a_f = 2,0$.

$$C_{10} = 1500N \cdot 2 \cdot \left[\frac{3,36}{0,02 + (4,439) \cdot (1 - 0,9)^{1/1,483}} \right]^{1/3} \quad C_{10} = 4555,4[N]$$

Con la carga dinámica obtenida se procede a seleccionar el cojinete, el mismo que debe soportar dicha carga y a su vez posea un diámetro interno adecuado al eje de transmisión del agitador.

Con el valor de la carga dinámica se seleccionó el cojinete UC205, el cual se ajusta a una barra de una pulgada de diámetro mostrado en la tabla, que posee las siguientes características y dimensiones.

Tabla 3.21 Medidas principales y datos de rendimiento

	d	25 mm	Diámetro del agujero
	D _{SP}	52 mm	Diámetro exterior
	B	34,1 mm	Anchura
	C _r	14 900 N	Capacidad de carga dinámica, radial
	C _{0r}	7 800 N	Capacidad de carga estática, radial
	C _{ur}	335 N	Límite de carga por fatiga, radial
	≈m	200 g	Peso

Fuente: Página web Schaeffler

$$C_{10} = 4555,4[N] < 7800[N]$$

El cojinete X soporta la carga axial de 150 [kg], que es la mitad de la carga total mencionada anteriormente, la fuerza axial del eje es: $F_a=1500 [N]$

Por lo que, se requiere calcular la segunda carga dinámica a través de la ecuación:

$$F_e = X \cdot V \cdot F_R + Y \cdot F_a \quad (3.47)$$

Donde: F_e : Fuerza equivalente [N]

$F_R = F_t$: Fuerza requerida [N]

V: valor dependiente del giro del anillo del cojinete = 1

Los coeficientes X, Y están establecidos en la figura, mediante la siguiente relación:

$$\frac{F_a}{C_0} = \frac{1500 N}{7800 N} = 0,192$$

Figura 3.36 Factores de carga radial equivalente para cojinetes de bolas

F_a/C_0	e	$F_a/(VF_r) \leq e$		$F_a/(VF_r) > e$	
		X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂
0.014*	0.19	1.00	0	0.56	2.30
0.021	0.21	1.00	0	0.56	2.15
0.028	0.22	1.00	0	0.56	1.99
0.042	0.24	1.00	0	0.56	1.85
0.056	0.26	1.00	0	0.56	1.71
0.070	0.27	1.00	0	0.56	1.63
0.084	0.28	1.00	0	0.56	1.55
0.110	0.30	1.00	0	0.56	1.45
0.17	0.34	1.00	0	0.56	1.31
0.28	0.38	1.00	0	0.56	1.15
0.42	0.42	1.00	0	0.56	1.04
0.56	0.44	1.00	0	0.56	1.00

*Útilice 0.014 si $F_a/C_0 < 0.014$.

Fuente: Diseño en ingeniería mecánica, Joseph Shigley

La relación obtenida permite hallar el coeficiente e, de la tabla anterior: $e = 0,38$

$$\frac{F_a}{V \cdot F_R} = \frac{1500 N}{1,0 \cdot 4555 N} = 0,33$$

$$\frac{F_a}{V \cdot F_R} < e \quad 0,33 < 0,38$$

La anterior relación permite suponer valores a los coeficientes y después el procedimiento nos permite calcular la carga dinámica.

$$X = X_1 = 1 \quad Y = Y_1 = 0$$

Con la segunda carga dinámica obtenida se comprueba que el cojinete seleccionado es adecuado, y reemplazando los coeficientes calculados se obtiene la fuerza equivalente de la siguiente manera:

$$F_e = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 4555 + 0 \cdot 1500 = 4555 [N]$$

Finalmente, la fuerza equivalente se obtiene de la segunda carga dinámica, considerando el reemplazo de la fuerza F_D por la fuerza equivalente F_e

$$C_{102} = 4555N \cdot 2 \cdot \left[\frac{3,36}{0,02 + (4,439) \cdot (1 - 0,9)^{1/1,483}} \right]^{1/3} \quad C_{102} = 13833[N]$$

Con la segunda carga dinámica obtenida se compara la carga dinámica radial que sugiere el fabricante en la tabla, y se aprecia que el cojinete seleccionado es adecuado, de la siguiente manera:

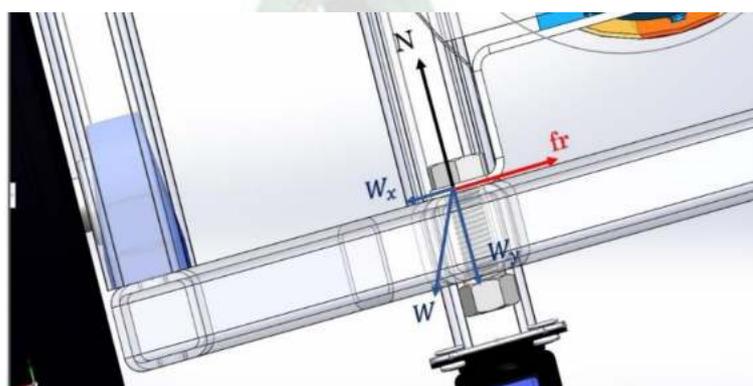
$$C_{10} = 13833[N] < 14900[N]$$

Por lo tanto, el cojinete UC205 es adecuado para aplicar en los puntos m y n.

3.4.11.3 Selección de los pernos para la parte de traslación

El caso más crítico para la plancha de la plataforma posterior será cuando la normal tome la magnitud de una inclinación con ángulo de $\alpha = 15^\circ$, (ver figura 3.36).

Figura 3.37 Carga sobre la plancha para la plataforma



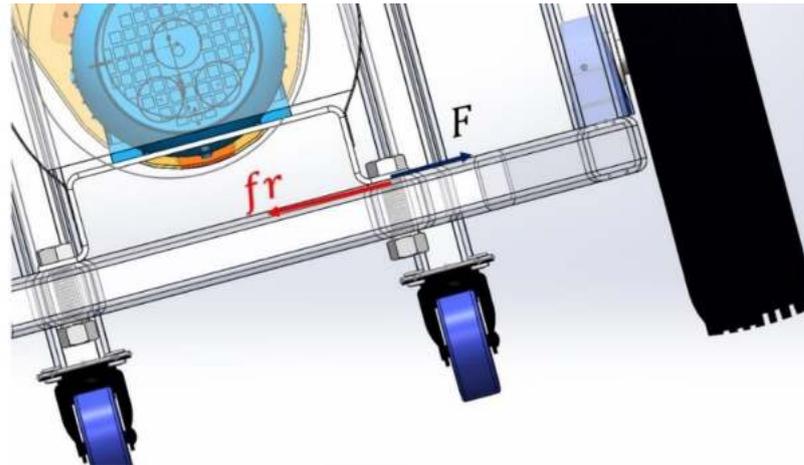
Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

$$\uparrow \sum F_y = 0 \quad N - W \cdot \cos(\alpha) = 0$$

$$N = 700 \cdot \cos(20^\circ) = 657,7[N]$$

La fuerza de fricción se convierte en una fuerza que empuja la plancha de la plataforma como se muestra en la figura 3.38.

Figura 3.38 Fuerza sobre los pernos de la plancha para la base de sujeción de motor



Fuente: Elaboración propia

$$\rightarrow \sum F_x = 0 \quad F - fr = 0$$

La fuerza de fricción se define como: $fr = \mu \cdot N$ (3.48)

Donde: fr : Fuerza de fricción [N].

μ : coeficiente de fricción entre los materiales N : Fuerza normal [N].

El coeficiente de que se utilizará será $\mu = 0,74$, valor que se escogió por tratarse de una plancha de acero sobre acero ver anexo A, tabla .

$$F = \mu \cdot N = 0,74 \cdot 2100 = 1155,0[N]$$

La base sujeta mediante cuatro pernos, la fuerza cortante para cada una es:

$$F_t = \frac{1155}{4} = 288,75[N]$$

Se utiliza el perno $M8 \times DIN 9,33$ mostrado en el anexo A6, tabla A6.

El área transversal de una circunferencia, se define por la siguiente ecuación:

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \quad (3.49)$$

Donde: A : área de la sujeción pernada [m^2] D : diámetro de la sujeción pernada [m].

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot 8^2 = 50,26[mm^2] \quad A = \frac{\pi}{4} 5,026 \times 10^{-5}[m^2]$$

El esfuerzo cortante se define por la siguiente ecuación:

$$\tau = \frac{V}{A} \quad (3.50)^{25}$$

Donde: τ : Esfuerzo cortante [Pa] V : Fuerza cortante interna [N]

A : área de la sección transversal [m^2]

²⁵ Hibbeler, R. C. (2011). *Mecánica de material*. México: Pearson Educación, pág 32

$$\tau = \frac{1155}{5,026 \times 10^{-5}} = 22,9 [Mpa]$$

En el anexo de la tabla A7, la resistencia mínima de prueba para cada perno será 310[Mpa], el esfuerzo cortante del perno diseñado es mucho menor al de tablas:

$$22,9 [Mpa] < 310 [Mpa]$$

Como se cumple lo requerido anteriormente. la tabla A7, también proporciona la resistencia mínima a la fluencia para cada perno de clase 4.8 es 340[Mpa].

La resistencia a la fluencia cortante, esta descrita por la ecuación:

$$S_{sy} = 0,577 \cdot S_y \quad (3.51)^{26}$$

Donde: S_{sy} : Resistencia a la fluencia cortante [Pa]

S_y : Resistencia mínima a la fluencia [Pa]

Reemplazando los valores numéricos en la ecuación 3.51:

$$S_{sy} = 0,577 \cdot 340 = 196,18 [Mpa]$$

El factor de seguridad del perno, del perno se define por la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{S_{sy}}{\tau} \quad (3.52)^{27}$$

Donde: η : Factor de seguridad de perno

$$\eta = \frac{196,18}{22,9} = 8,5$$

El diámetro de la broca para el agujero será de 10[mm], (ver anexo A8, tabla A8).

3.4.12 Dimensionamiento para la tolva

Para una capacidad de 15 [m^2/hra] se debe tomar en cuenta el volumen que la máquina debe disponer para el almacenamiento, es así que, si se considera un espesor de 15 [mm] de revocado como se sugiere en el espesor de revoques, para la capa revocada se obtiene un volumen de almacenamiento mínimo de 0,285 [m^3] para el diseño ideal de la tolva.

Se conoce que en el proceso de revocado existe un desperdicio al realizar una superficie totalmente plana a 15 [mm] de espesor, por este motivo, se considera las pérdidas de material con un factor aproximado de 1,7 debido a que parte del material se queda en el tubo del tornillo y en las paredes de la manguera, además se considera el desperdicio en la propia aplicación del mortero en la superficie de la pared, el volumen neto para revocar es de 0.075 [m^3]. El volumen del prototipo se

²⁶ Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2011). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley.*, 11° edición, pág 252

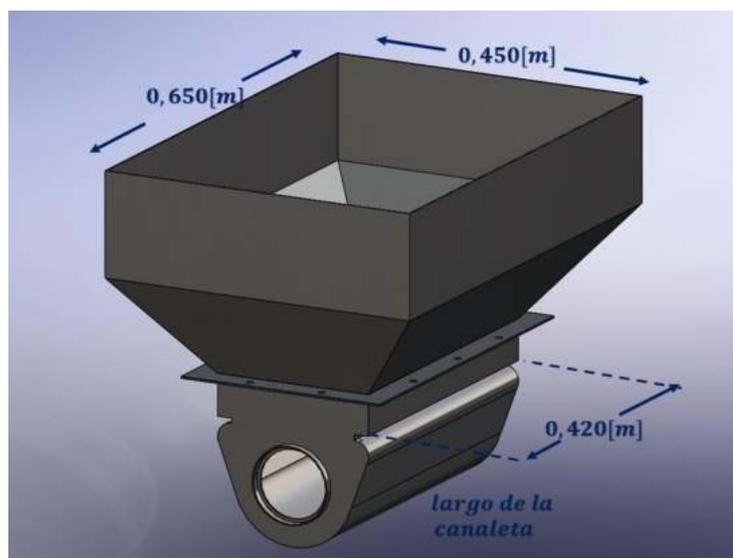
²⁷ Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2011). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley.*, 11° edición, pág. 252

diseño de $0.304 \text{ [m}^3\text{]}$ cuyo bosquejo se muestra en la figura 3.39.

3.4.12.1 Cargas de llenado en las paredes.

El coeficiente de fricción μ_f para el mortero es de 0,37 (según Kasimzade) y la presión horizontal será máxima durante el vaciado²⁸, por ese motivo la relación entre presión horizontal y vertical λ_f para el llenado y vaciado son 0,5 y 1,0.

Figura 3.39 Dimensiones de tolva de almacenaje



Fuente: Elaboración propia, Solidworks 2019

La tolva tendrá que llenarse aproximadamente 2 veces para cumplir la capacidad establecida anteriormente.

Un método de aproximación es la relación A/U para la sección del diseño, el cual representa el diámetro hidráulico, como se muestra en la figura 3.38, es:

$$\frac{A}{U} = \frac{b}{2 \cdot \left(1 + \frac{b}{a}\right)} \quad (3.53)^{29}$$

Donde: b : largo de la tolva de almacenaje[m]

a : ancho de la tolva de almacenaje[m]

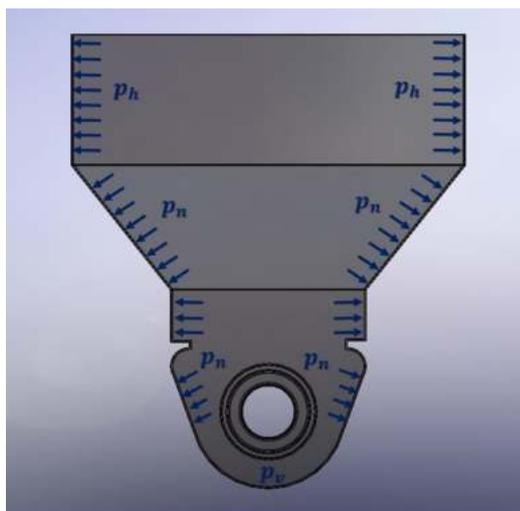
$$\frac{A}{U} = \frac{0,65}{2 \cdot \left(1 + \frac{0,65}{0,45}\right)} = 0,132$$

Para conocer el espesor de la placa de la tolva se calcula la presión resultante en las paredes de la tolva. Con el fin de analizar si la placa sufre deformación debido a dicha presión. Las diferentes presiones que se presentan en el llenado y durante vaciado de una tolva se pueden apreciar en la figura 3.40.

²⁸ J. Ravenet, menciona que la presión horizontal es máxima en el vaciado

²⁹ Silos, teoría, investigación y construcción autor: J. Ravenet,

Figura 3.40 Presiones actuantes sobre tolva de almacenaje



Fuente: Elaboración propia,. Solidworks 2019

La presión máxima horizontal se determina aplicando la ecuación 3.54, y considerando el tamaño de la tolva inicial.

$$P_{hmax} = \frac{\gamma \cdot A}{\mu_f \cdot U} = \frac{\rho \cdot g \cdot A}{\mu_f \cdot U} \quad (3.54)$$

Donde: A/U : diámetro hidráulico μ_f : coeficiente de fricción

$$P_{hmax} = \frac{2500[kg/m^3] \cdot 9,775[m/s^2]}{0,37} \cdot 0,132 \quad P_{hmax} = 8,72[kPa]$$

La presión máxima vertical, ocasionada por el rozamiento en las paredes durante el llenado del mortero.

$$P_{vmax} = \frac{\gamma \cdot A}{\lambda_f \cdot \mu_f \cdot U} = \frac{\rho \cdot g \cdot A}{\lambda_f \cdot \mu_f \cdot U} \quad (3.55)$$

$$P_{vmax} = \frac{2500[kg/m^3] \cdot 9,775[m/s^2]}{0,5 \cdot 0,37} \cdot 0,132 \quad P_{vmax} = 17,43[kPa]$$

La presión de tracción ocasionada por el rozamiento en las paredes durante el llenado del mortero.

$$P_{wmax} = \frac{\gamma \cdot A}{U} \quad (3.56)$$

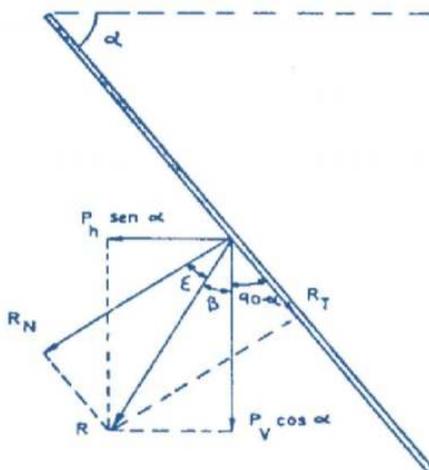
$$P_{wmax} = 2500[kg/m^3] \cdot 9,775[m/s^2] \cdot 0,132 \quad P_{wmax} = 3,225[kPa]$$

La presión de vaciado es igual a la presión del llenado para silos que tienen una capacidad menor a 100 toneladas³⁰. La fuerza resultante se calcula con la ecuación:

$$R = \sqrt{P_{vmax}^2 \cos^2 \alpha + P_{hmax}^2 \sin^2 \alpha} \quad (3.57)$$

³⁰ Norma europea EN 1991-4, "Eurocode 1 : Action on structures," EN 1994-4, 2011

Figura 3.41 Forma de proceder para cálculo de la pared de la tolva



Fuente: Construcción de silos J. Ravenet

De esta fuerza resultante se descompone la fuerza perpendicular a la pared de la tolva, está descrita en la ecuación que viene:

$$R_n = R \cos(\varepsilon) \quad (3.58)$$

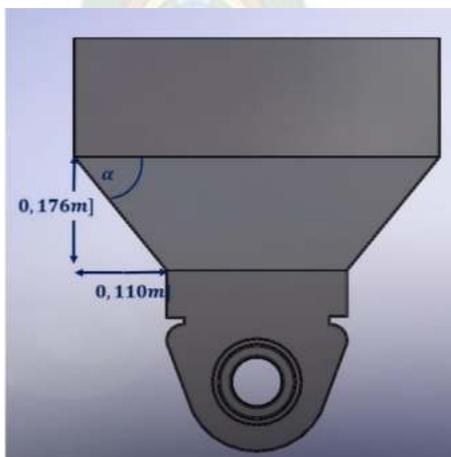
$$R_t = R \sin(\varepsilon) \quad (3.59)$$

Se puede apreciar mediante los ángulos de la tolva que:

$$\beta = \frac{P_{hmax} \cdot \sin(\alpha)}{P_{vmax} \cdot \cos(\alpha)} \quad (3.60)$$

Dónde: $\varepsilon = \alpha - \beta$, el ángulo de inclinación de ángulo de inclinación α es de 60 grados, ya que en una tolva con los grados de inclinación anteriormente mencionados presenta una menor deformación elástica de 4mm a comparación con una tolva de 45 grados con una deformación de 6.9mm³¹.

Figura 3.42 Inclinación de la pared de la tolva



Fuente: Elaboración propia, Solidworks 2019

³¹ C. Bayona and N. Wilmer, "Estimación de esfuerzos inducidos durante el llenado y vaciado de cilos metálicos para almacenamiento de cemento".

Calculando fuerza que produce el esfuerzo de tracción en la pared de la tolva:

$$\beta = \arctang \left[\frac{8,72 \cdot \text{sen}(60)}{17,43 \cdot \text{cos}(60)} \right] = 40,9$$

$$\varepsilon = 60 - 40,9 = 19,1^\circ$$

Reemplazando en la ecuación 3.57, la fuerza resultante

$$R = \sqrt{17,43^2 \text{cos}^2 60 + 8,72^2 \text{sen}^2 60} = 11,53 [\text{kPa}]$$

$$R_n = 11,53 \text{cos}(19,1^\circ) = 10,89 [\text{kPa}]$$

$$R_t = 11,53 \text{sen}(19,1^\circ) = 3,77 [\text{kPa}]$$

Finalmente, el espesor de la chapa metálica de acero inoxidable se calcula mediante la ecuación descrita:

$$e^2 = \frac{6 \cdot R_n \cdot l^2 \cdot 100}{12 \cdot 100 \cdot \sigma_{adm}} [\text{m}^2] \quad (3.61)^{32}$$

Donde: e : Espesor de la chapa metálica R_n : Presión al fondo de la tolva

l : Longitud entre refuerzos horizontales σ_{adm} : Esfuerzo admisible del material acero

El esfuerzo admisible se calcula del siguiente modo:

$$\sigma_{adm} = \frac{S_y}{\eta} \quad (3.62)$$

El factor de seguridad para chapas que soportan flexión de un lado de la tolva tiene un factor de 1.5, (según J. Ravenet), y el esfuerzo de fluencia para un material de acero inoxidable es de 310 MPa.

$$\sigma_{adm} = \frac{310 \text{MPa}}{1,5} = 206,6 [\text{MPa}]$$

Las longitudes de los canales inferiores de la tolva son de 420mm. El espesor será::

$$e = \sqrt{\frac{6 \cdot 10,89 [\text{kPa}] \cdot (0,40 [\text{m}])^2 \cdot 100}{12 \cdot 100 \cdot 197,4 [\text{MPa}]} [\text{m}^2]}$$

$$e = 2,05 \times 10^{-3} [\text{m}] = 2,0 [\text{mm}]$$

De esta manera para el diseño se especifica que la tolva está fabricada con planchas de acero inoxidable con espesor de 2mm en sus paredes.

3.4.12.2 Análisis de Cargas y esfuerzos

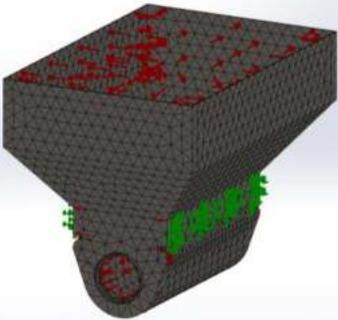
3.4.12.2.1 Simulación de cargas presentes en la Tolva

Con los valores previamente calculados se especifican las cargas transmitidas en

³² J. Ravenet, *Teoría e investigación de Silos en la construcción*

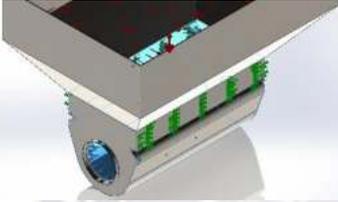
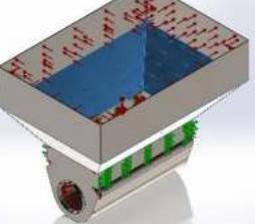
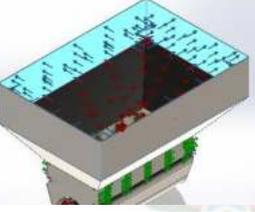
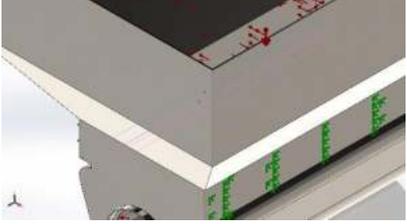
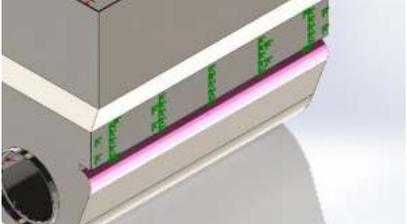
la tabla inferior, según el modelaje de la tolva de almacenamiento.

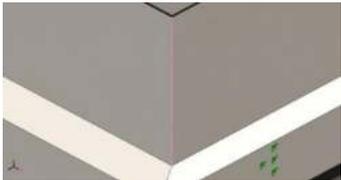
Tabla 3.22 Peso y volúmen de la tolva de almacenamiento

Tolva de almacenamiento	Propiedades volumétricas
	<p>Masa:15,7866 kg Volumen:0,00197332 m³ Densidad:8.000 kg/m³ Peso:154,708 N</p>

Fuente: Elaboración propia, Solidworks 2019

Tabla 3.23 Cargas transmitidas a la Tolva de transporte

Carga	Cargas sobre la tolva	Detalles de carga
Presión horizontal y vertical 1		<p>Entidades: 7 cara(s) Tipo: Normal a cara seleccionada Valor: 59 270 Unidades: N/m² Ángulo de fase: 0 deg</p>
Presión horizontal y vertical 5		<p>Entidades: 4 cara(s) Tipo: Normal a cara seleccionada Valor: 10 270 Unidades: N/m² Ángulo de fase: 0 Unidades: deg</p>
Presión horizontal y vertical 6		<p>Entidades: 4 cara(s) Tipo: Normal a cara seleccionada Valor: 2 770 Unidades: N/m² Ángulo de fase: 0 deg</p>
Momento flector es esquina lateral 1		<p>Entidades: 1 cara(s) Referencia: Cara < 1 > Tipo: Aplicar momento torsor Valor: 1 000 N.m</p>
Momento flector es esquina lateral 2		<p>Entidades: 1 cara(s) Referencia: Cara < 1 > Tipo: Aplicar momento torsor Valor: -1 000 N.m</p>

Carga	Cargas sobre la tolva	Detalles de carga
Gravedad 1		Referencia: Arista < 1 > Valores: 0 0 -9,775 Unidades: m/s ²

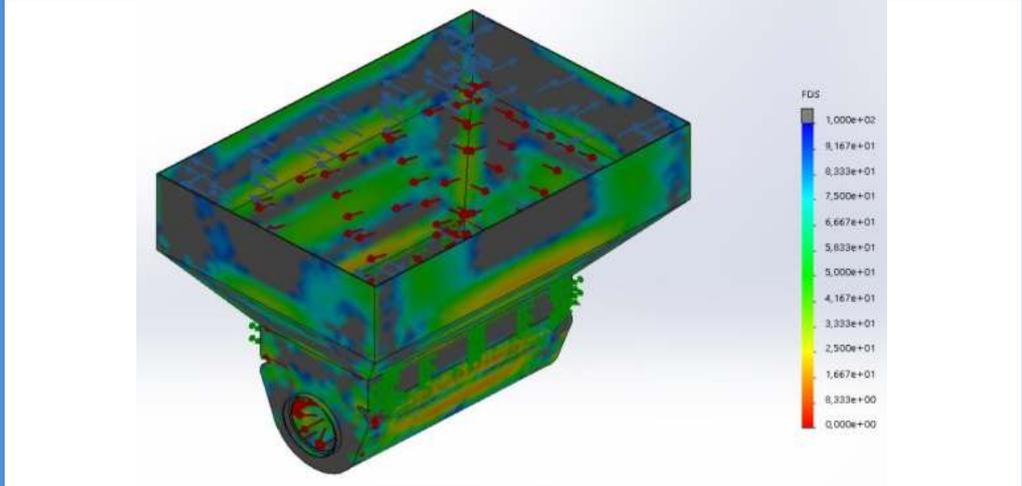
Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

3.4.12.2 Simulación del Esfuerzo y factor de seguridad en la Tolva

Con los valores previamente calculados se especifican los esfuerzos existentes en la tabla inferior, según el modelaje propuesto para la tolva de almacenaje:

Tabla 3.24 Factor de seguridad la Tolva de transporte

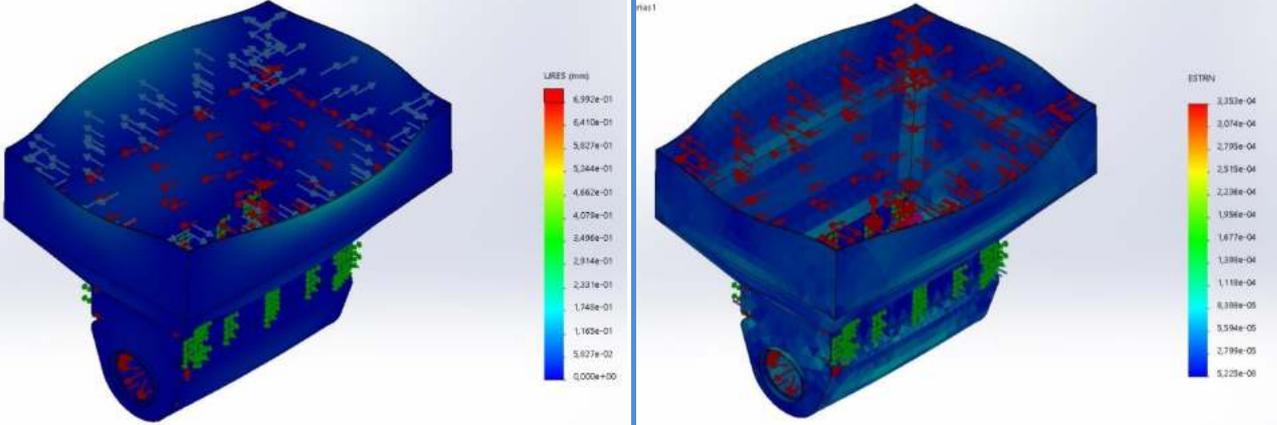
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad de la tolva	Automático	8,726e+00 Nodo: 15804	1,242e+04 Nodo: 15941



Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

Tabla 3.25 Desplazamientos y deformaciones de la Tolva de transporte

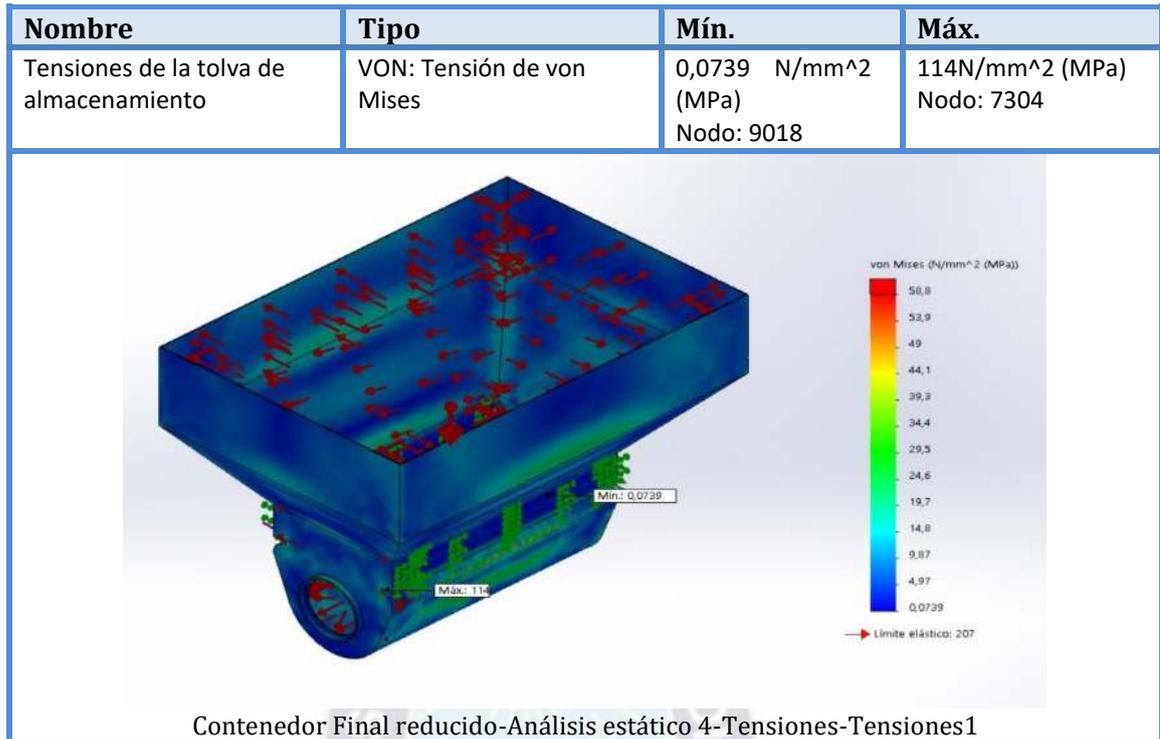
Desplazamientos en la tolva			Deformaciones unitarias en tolva		
Tipo URES:	Mínimo	Máximo	Tipo ESTRN:	Mín.	Máx.
Desplazamiento resultante	4,010e-08 Elemento: 3438	7,998e-05 Elemento: 937	Deformación unitaria equiv.	5,225e-08 Elemento: 3438	3,353e-04 Elemento: 2470



En la estructura se analizan los Desplazamientos

En la soldadura se analizan las Deformaciones unitarias

Tabla 3.26 Esfuerzos en la Tolva de transporte



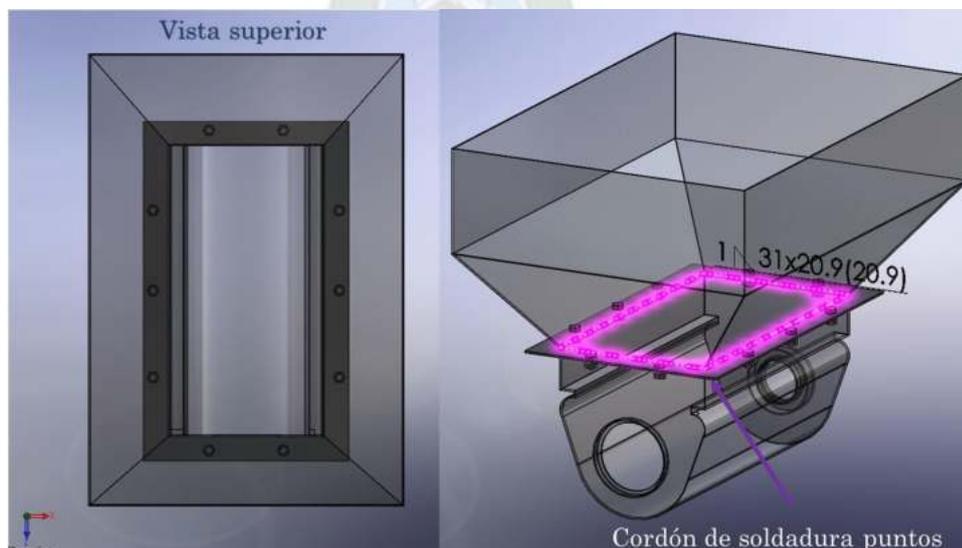
Fuente: Elaboración propia (*solidworks 2019*)

3.4.13 Diseño de la placa base de la tolva

3.4.13.1 Cordón de soldadura en la placa

La placa lateral de la tolva presenta un cordón de soldadura para el punto crítico del sistema de almacenaje, según el análisis estático y de resistencia de la estructura, luego se define este cordón para las demás uniones alrededor del sistema, el diseño deberá ser capaz de soportar cualquier condición a la que pueda ser expuesto.

Figura 3.43 Cordón de soldadura alrededor de la placa de soporte



Fuente: Elaboración propia, *Solidworks 2019*

La unión crítica es la mostrada en la figura 3.43, dicha unión está expuesta a esfuerzos debidos a la fuerza cortante V_c y al momento flector M (son esfuerzos cortantes y esfuerzos de flexión, respectivamente); se emplea el método para considerar la soldadura como una línea, en el cual las fuerza por pulgada de soldadura se debe a los esfuerzos (V_c y M)

$$F_{f1} = \frac{V_c}{A_w} \quad (3.63)^{33}$$

$$F_{f2} = \frac{M}{S_w} \quad (3.64)$$

Donde: F_{f1} : Cortante vertical directo A_w : Área de sección del perfil de soldadura

S_w : Factor geométrico del cordón debido a la flexión F_{f2} : Flexión

Estos parámetros dependen de la ubicación del cordón de soldadura y del tipo de perfil (ver Anexo A11), para la situación en estudio se emplea el caso número 3:

$$A_w = 2 b \quad (3.65)$$

$$S_w = b \cdot d \quad (3.66)$$

Donde d equivale al espesor de la placa base de 3 [mm] y b corresponde a la longitud del cordón de soldadura sobre la placa 420 [mm]. Entonces:

$$A_w = 2 \cdot 420\text{mm} = 840[\text{mm}] \frac{1\text{pulg}}{25,4\text{mm}} = 33,1[\text{pulg}]$$

$$S_w = 420\text{mm} \cdot 3\text{mm} \frac{1\text{pulg}^2}{(25,4\text{mm})^2} = 1,95[\text{pulg}^2]$$

La fuerza resultante V_R por cortante para este cordón será la ecuación (3.67) y la ecuación (3.68) muestra la fuerza resultante debida a la flexión M_R :

$$V_R = \sqrt{V_{cy}^2 + V_{cx}^2} \quad (3.67)$$

$$M_R = \sqrt{M_{cy}^2 + M_{cx}^2} \quad (3.68)$$

Ahora se halla la fuerza por pulgada de soldadura, haciendo uso de la ecuación (3.63) para la fuerza debida al cortante y de la ecuación (3.64) para la fuerza ocasionada por flexión, los valores de V_c y M , La unión de soldadura, está sometida a un cortante descompuesto en dos coordenadas una es Y y la otra x ; también a un momento flector con dos componentes uno respecto a Y y otro respecto a X . los valores de V_c y M se toman de la tabla a continuación:

³³ Robert Mott, diseño de elementos mecánicos, 2006, pág. 785

Tabla 3.27 Cargas transmitidas por la tolva de almacenamiento

Cargas	Masa (kg)
Mortero a proyectar	159,7
Tolva de almacenamiento	11,8
Tornillo transportador	3,5
Otros (argolla, articulaciones y bomba)	10,0
Total	185,0

Fuente: Elaboración propia

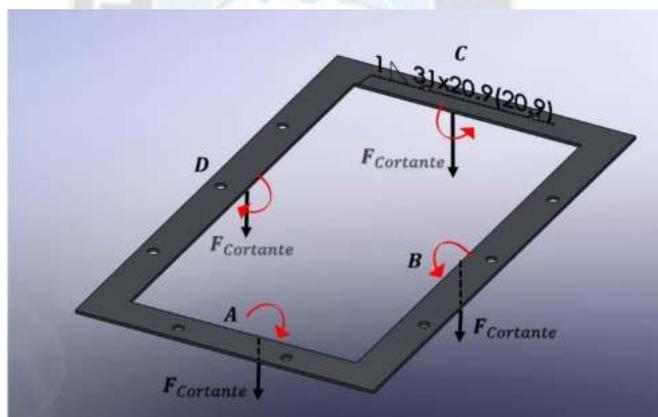
Considerando que la tolva de recepción está con mortero se suman las cargas que van a producir una fuerza cortante en el eje y de este modo se tiene unos 199 kg en el eje x no se presenta alguna fuerza cortante,

$$V_{By} = 185[kg] \cdot 9,78[m/s^2] = 1809[N]$$

$$V_R = \sqrt{V_{By}^2 + V_{Bx}^2} = \sqrt{(1809)^2 + (0)^2} = 1809N = 406,6[lbf]$$

El momento producido por la fuerza cortante actúa en el interior de la placa

Figura 3.44 Fuerzas y momentos flectores sobre la placa de soporte



Fuente: Elaboración propia

$$M_{Bx} = 185,0[kg] \cdot 9,78[m/s^2] \cdot ancho = 1809,3[N] \cdot 35 \times 10^{-3}[m] = 63,33[Nm]$$

$$M_{Bx} = 560,5[lb \cdot pulg]$$

$$M_R = \sqrt{M_{By}^2 + M_{Bx}^2} = \sqrt{(0)^2 + (560,5)^2} = 560,5[lb_f \cdot pulg]$$

Ahora con 3.63 y 3.64 y los resultados, se encuentra los siguiente:

$$F_1 = \frac{406,6}{33} = 12,32[lbf/pulg] \quad F_2 = \frac{560,5}{1,95} = 287,4[lbf/pulg]$$

La fuerza resultante F_R para el cordón de soldadura será

$$F_R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{(12,32)^2 + (287,4)^2} = 287,6[lbf/pulg]$$

La longitud del cateto w del cordón de soldadura es equivalente a la fuerza resultante por unidad de longitud dividida entre la resistencia última del electrodo a emplear, el cual es un E7010, tomado del catálogo mostrado en el anexo A.12.

$$w = \frac{287,6 \left[\frac{\text{lb}f}{\text{pulg}} \right]}{11200 \left[\frac{\text{lb}f}{\text{pulg}} \right] \cdot \text{pulg de lado}} = 0,0256 \text{ pulg} \quad w = 0,650 [\text{mm}]$$

3.4.13.2 Diseño de apoyos de la placa rectangular

Los apoyos son las láminas tipo placa cuadrada, soldadas a la mitad de la tolva y las cuales están sujetas mediante tornillos al perfil tipo C, dicho sistema debe ser capaz de mantener la estructura fija en todo momento.

Para encontrar un área de perno desconociendo la tracción inicial el diseño consistirá en escoger un diámetro adecuado. Faired propone la ecuación empírica:

$$A_t = \left(\frac{6 \cdot F_e}{S_y \cdot \text{pulg}^{-1}} \right)^{2/3} \quad (3.69)^{34} \quad \text{para } d < 3/4 \text{ pulg}$$

Donde: A_t : Área de esfuerzo a tracción del tornillo

F_e : Fuerza externa que debe resistir cada tornillo

S_y : Esfuerzo de fluencia del tornillo escogido

En el diseño de la placa para determinar el diámetro de los orificios y la longitud de los tornillos de sujeción. Para encontrar la sujeción adecuada se debe suponer que la fuerza ejercida en la columna se distribuye en una parte de la placa, luego se encuentra un área transversal aproximada usando la ecuación (3.69).

Esta ecuación es aplicable para diámetros menores a 0,750 [pulg].

La fuerza externa F_e que debe resistir cada tornillo se define como la fuerza total externa aplicada en el apoyo F_{et} , dividida entre el número de tornillos:

$$F_e = \frac{F_{et}}{n_t} \quad (3.70)$$

Donde: F_{et} : Fuerza externa ejercida en el apoyo

n_t : Número de tornillos (mínimo se pueden usar cuatro tornillos por lado)

Ahora se escoge de la tabla 3.28 del libro de diseño de elementos de máquinas de Vanegas un tornillo métrico clase 4.6, es el de menor resistencia a la fluencia de $S_y = 240 \text{ MPa}$. Se debe apreciar que el máximo número de pernos en la fila B es 3.

$$F_e = \frac{1809 [\text{N}]}{3} = 603,0 [\text{N}]$$

³⁴ Diseño de elementos de máquina Vanegas Useche, 2018

Usando la ecuación (3.69), se obtiene un área transversal de tornillo.

$$A_t = \left(\frac{6 \cdot 603}{240 \times 10^6 \cdot \frac{1}{25,4 \times 10^{-3}}} \right)^{2/3} = 52,73 \times 10^{-6} [m^2] = 52,73 [mm^2]$$

Tabla 3.28 Elección diámetro nominal de pernos en la placa

Diámetro mayor (nominal) d[mm]	Rosca basta			Rosca fina		
	Paso p (mm)	Diámetro Menor d_r (mm)	Área de esfuerzo a tracción A_t (mm ²)	Paso p (mm)	Diámetro Menor d_r (mm)	Área de esfuerzo a tracción A_t (mm ²)
8,0	1,25	6,47	36,61	1,00	6,77	39,17
10,0	1,25	8,16	54,99	1,25	8,47	61,20
12,0	1,50	9,85	84,27	1,25	10,47	92,07
14,0	2,00	11,55	115,4	1,50	12,16	124,55

Fuente: Diseño de elementos de máquinas de Vanegas Useche, 2018

$$A_t = \frac{\pi}{4} D_p^2 \quad D_p = \sqrt{\frac{4 A_t}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 52,73 [mm^2]}{\pi}} = 8,19 [mm]$$

El A_t aproximada es 52,73 [mm²], por encima de este el valor se tiene 54,99 [mm²], corresponde a un diámetro D_p de 10[mm], su nominal más cercano de (3 / 8 [pulg]) según la tabla extraída del anexo A14; el D_p calculado de 8,19 [mm] es menor es válido, pero el de 3/8 pulgada es más comercial. Ahora se debe comprobar que los pernos tengan mayor resistencia que la que deben soportar mediante la ecuación:

$$T_u = \frac{M_x}{2 \cdot z} + \frac{M_z}{2 \cdot X} - \frac{P_u}{n} \quad (3.71)$$

Donde: T_u : Fuerza que deben soportar los pernos M_x : Momento flector en el eje x
 M_z : Momento flector en el eje z P_u : Carga de compresión total ejercida en un tornillo
 Z : distancia paralela al eje z, desde la soldadura hasta perno más lejano
 X : distancia paralela al eje z, desde la soldadura hasta perno más lejano

Los valores de M_x , M_z y F_{et} , son 68,19 Nm, para ambos ejes debido a la simetría de la placa y 1946 N (extraídos de la simulación estática del sistema estructural), los valores de prueba son $X = 165mm$ y $z = 330mm$. Ahora se encuentra T_u , empleando la ecuación (3.71):

$$M_{Bx} = M_{Bz} = 185,0 [kg] \cdot 9,78 [m/s^2] \cdot \text{ancho de placa} = 1809,3 [N] \cdot 35 \times 10^{-3} [m]$$

$$M_{Bz} = 63,33 [Nm] = 560,5 [lb \cdot \text{pulg}]$$

$$T_u = \frac{M_x}{2 \cdot 0,33m} + \frac{M_z}{2 \cdot 0,165m} - \frac{P_u}{10}$$

$$T_u = \frac{63,33}{2 \cdot 0,33m} + \frac{63,33}{2 \cdot 0,165m} - \frac{1809,3}{10} \quad T_u = 106,93$$

El símbolo negativo del resultado en T_u indica la dirección de la fuerza, lo que significa que el perno está sometido a un esfuerzo axial de tensión. La fuerza cortante resultante en un perno V_{pR} , va ser generada por las componentes V_{cz} (fuerza en el apoyo paralela al eje z) y V_{cx} (fuerza en el apoyo paralela al eje X), de la fuerza resultante en el apoyo, ambos tienen valor de 603 N, respectivamente (valores extraídos de la simulación estática del modelo geométrico inicial) y se tiene:

$$V_{pR} = \sqrt{V_{cy}^2 + V_{cx}^2} = \sqrt{(603,0)^2 + (603,0)^2} = 852,77[lbf]$$

$$852,77[lbf] \frac{0,4536kgf}{lbf} \cdot 9,775[m/s^2] = 3781[N]$$

Los valores de T_u y V_{pR} encontrados para los pernos anteriormente son los mínimos que estos deben soportar; ahora se procede a encontrar el valor de tracción que soporta uno de los pernos seleccionados T_p ,

$$T_p = \phi_t \cdot 0,75 \cdot A_t \cdot S_u \quad (3.72)$$

Donde: ϕ_t : Coeficiente de tracción para pernos equivalente a 0,75

S_u : Resistencia última a la tracción del perno seleccionado, diámetro de 14 mm y es tipo milimétrico clase 4.6 (anexo A13, tabla A13)

Ahora la fuerza cortante que resiste el perno elegido V_{pp} está dada por la ecuación:

$$V_{pp} = \phi_t \cdot 0,4 \cdot A_t \cdot S_u \quad (3.73)$$

$$V_{pp} = 0,75 \cdot 0,4 \cdot 52,73 \times 10^{-6} [m^2] \cdot 400 \times 10^6 = 6327,60 [N]$$

$$6327,6 [N] > 3781 [N]$$

3.4.13.3 Factor de seguridad en pernos anclados al perfil C

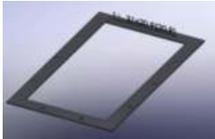
En la parte de planos se aprecia el diámetro escogido de 10,08 mm, su factor es:

$$FS = \frac{6327,6 [N]}{3781 [N]} = 1,67$$

El perno seleccionado cumple tanto en tracción como en cortante, lo que quiere decir que se puede usar para la función que se necesita.

3.4.13.4 Análisis de Cargas y esfuerzos de la placa rectangular

Tabla 3.29 Peso y volumen de la tolva de la placa

Tratado como	Propiedades volumétricas
	Masa:1,16433 kg Volumen:0,000145541 m ³ Densidad:8.000 kg/m ³ Peso:11,4104 N

Fuente: Elaboración propia, Solidworks 2019

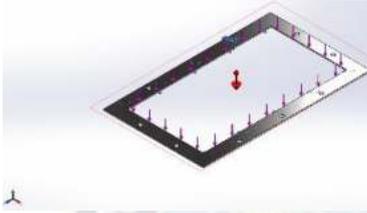
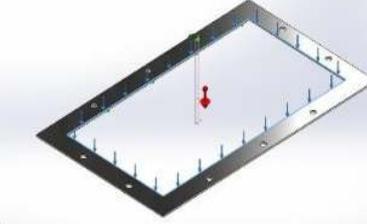
3.4.13.4.1 Simulación de cargas en la placa soldada a la tolva

Con los valores previamente establecidos la carga de 1809,3 [N] se especificará linealmente distribuida, es decir: a lo largo de todo el perímetro interno de 1,2 [m].

$$V_{xy} = \frac{1809,3[N]}{2 \cdot 0,42m + 2 \cdot 0,22} = 1413,5[N/m]$$

Entonces las cargas transmitidas, según el modelo de la tolva de almacenamiento.

Tabla 3.30 Cargas transmitidas a la Placa rectangular

Nombre de carga	Carga sobre la Placa soldada a la Tolva	Detalles de carga
Gravedad de La Paz		Referencia: Planta Valores: 0 0 -9,775 Unidades: m/s ²
Fuerza-linealmente distribuida		Entidades: 4 arista(s) Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---; ---; -10 000 N/m

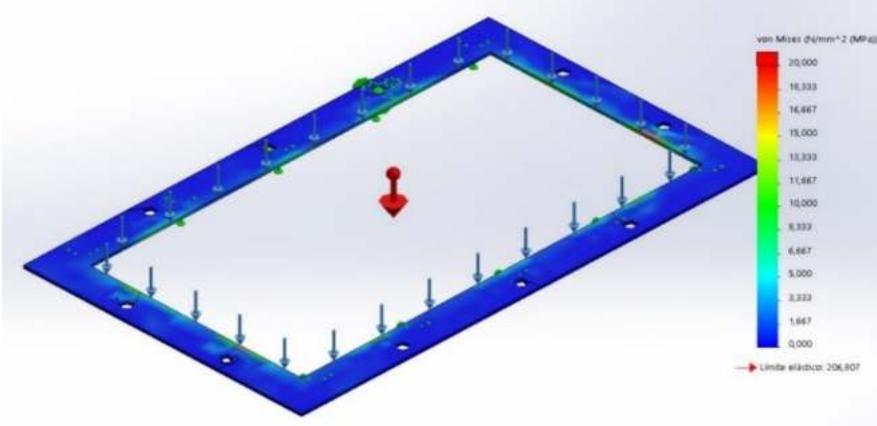
Fuente: Elaboración propia, Solidworks 2019

3.4.13.4.2 Esfuerzo y factor de seguridad en la placa de sujeción

Con los valores previamente calculados se especifican los esfuerzos existentes en la tabla inferior, según el modelaje propuesto para la placa son:

Tabla 3.31 Esfuerzos presentes en la Placa soporte

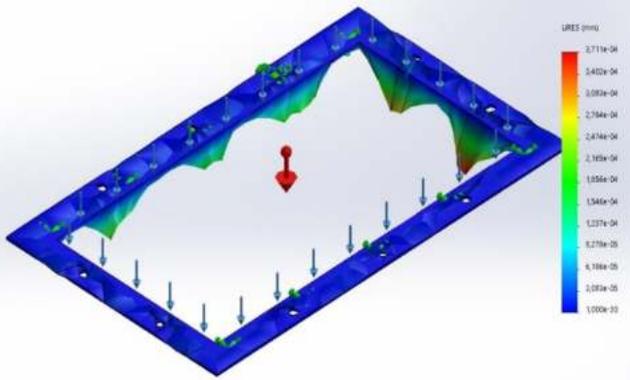
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones sobre la placa	VON: Tensión de von Mises	0,001 N/mm ² (MPa) Nodo: 120	18,963 N/mm ² (MPa) Nodo: 94



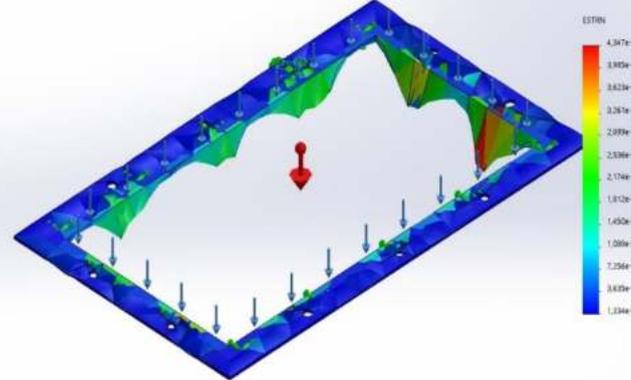
Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

Tabla 3.32 Desplazamientos y deformaciones unitarias posibles en la Placa soporte

Desplazamientos en la placa			Deformaciones unitarias en la placa		
Tipo URES:	Mínimo	Máximo	Tipo ESTRN:	Mín.	Máx.
Desplazamiento resultante	0,000e+00 mm Nodo: 9	3,711e-04 mm Nodo: 94	Deformación unitaria equiv.	1,334e-08 Elemento: 524	4,347e-05 Elemento: 393



En la soldadura de la placa se analizan los Desplazamientos

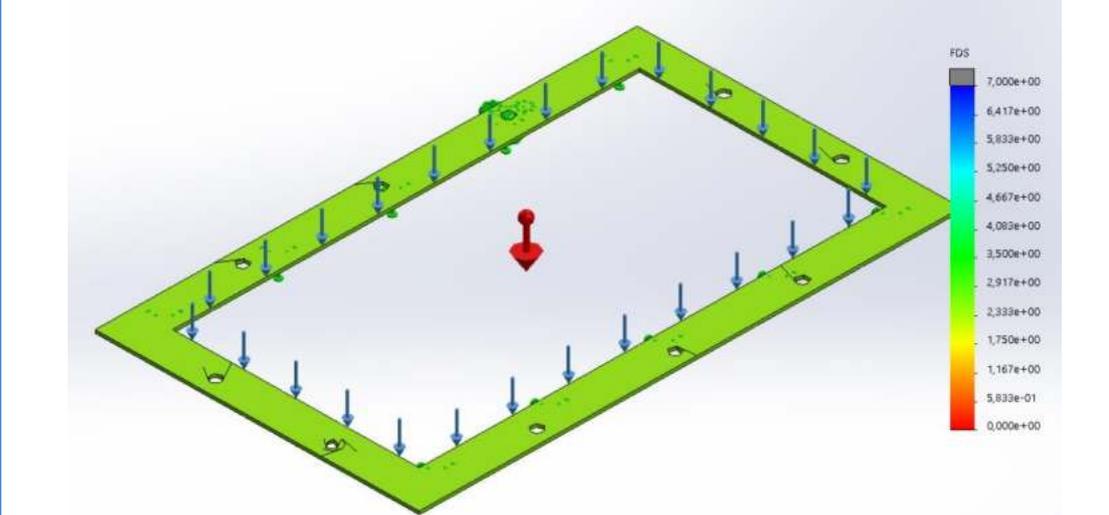


En la soldadura de la placa se analizan las Deformaciones unitarias

Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

Tabla 3.33 Factor de seguridad de la placa

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad sobre la placa	Automático	3,000e+00 Nodo: 1	3,000e+00 Nodo: 1



Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

3.4.14 Diseño de Tornillo helicoidal

Un tornillo transportador puede transportar variedad de materiales, como ser el transporte de cemento mojado. La altura de material sobre la entrada, las condiciones de compresión del material y la fricción para un canal lleno son factores que no pueden ser tabulados con precisión. Los siguientes cálculos están para servir solo como aproximación, variando las características del material manipulado y las condiciones de operación del mismo, incidiendo por completo en el ajuste.

Según el manual de diseño para transportadores helicoidales de Martin, se procede

Tabla 3.34 Procedimiento para diseñar tornillo Helicoidal

PROCEDIMIENTO DE DISEÑO PARA TRANSPORTADORES HELICOIDALES		
PASO 1	Establezca los Factores Conocidos	1. Material a Transportar. 2. Tamaño máximo de partícula. 3. Volumen en porcentaje de tamaños de partícula. 4. Capacidad requerida en pies cúbicos por hora. 5. Capacidad requerida en libras por hora. 6. Distancia a la que se debe transportar el material. 7. Cualquier otro factor adicional que pueda afectar el transportador o su operación.
PASO 2	Clasificación de Material	Clasifique el material de acuerdo al sistema mostrado en la Tabla 1-1. Si el material está incluido en la Tabla 1-2, utilice la clasificación que se muestra en la Tabla 1-2.
PASO 3	Determine la Capacidad de Diseño	Determine la capacidad de diseño de acuerdo a lo descrito en las páginas H-16 a H-18.
PASO 4	Determine el Diámetro y la Velocidad	Utilizando la capacidad requerida en pies cúbicos por hora, la clasificación del material y el porcentaje de carga de artesa indicado en la Tabla 1-2 determine el diámetro y la velocidad en la Tabla 1-6.
PASO 5	Revise el Diámetro Mínimo del Helicoidal por Limitaciones en el Tamaño de Partículas	Utilizando el diámetro conocido del helicoidal y el porcentaje de tamaño de partícula, revise el diámetro mínimo del helicoidal en la Tabla 1-7.
PASO 6	Determine el Tipo de Buje	En la Tabla 1-2 determine el grupo de buje para colgante adecuado para el material a transportar. Localice este grupo en la Tabla 1-1 para conocer el tipo de buje recomendado.
PASO 7	Determine la Potencia	En la Tabla 1-2 determine el Factor del Material, "Fm" del producto a transportar. Para calcular la potencia utilice las fórmulas indicadas en la página H-23.
PASO 8	Revise la Capacidad Torsional y/o de Potencia de los Componentes de los Transportadores	Utilice la Potencia Requerida calculada en el paso 7, consulte las tablas de las páginas H-26 y H-27 para conocer la capacidad de los componentes estándar del transportador, tubo, ejes y pernos de acoplamiento.
PASO 9	Seleccione los Componentes	Seleccione los componentes básicos en las Tablas 1-8, 1-9 y 1-10 de acuerdo con la Serie de Componentes para el material a transportar indicado en la Tabla 1-2. Seleccione el resto de los componentes en catálogo.
PASO 10	Arreglo de los Transportadores	Consulte las páginas H-39 y H-40 para ver los arreglos típicos de los transportadores.

Fuente: Manual de diseño para Transportadores Helicoidales autor Martin

3.4.14.1 Parámetros de operación:

Se establecen los parámetros de operación.

Tabla 3.35 Longitud del tornillo y temperatura de operación

Datos preliminares:		
Flujo alimentación:	12	tm/hra.
Longitud:	0,4	m
Temperatura ambiente	15	°C
Temperatura de trabajo:	20	°C
Inclinación:	0	°

Fuente: Manual de diseño para Transportadores Helicoidales autor Martin

Luego, se clasifica el material de acuerdo al sistema mostrado en la parte de anexos A.15, tabla A15.

Tabla 3.36 Clasificación del Material

Clase	Características de Material	Código
Tamaño	Granular: 1/2" y menor (malla 6" a 1/2")	C1/2
Fluidez	Fluido Promedio	3
Abrasividad	Abrasividad Extrema	7
Misceláneos	Pegajoso — Adhesión	0

Fuente: Manuel de diseño para Transportadores Helicoidales autor Martin

Se selecciona el material y detalle según tablas A1 en la parte de anexos A.16 las propiedades del material a ser usado.

Tabla 3.37 Características del Material

Material	Densidad (lb/pie3)	Factor Material (fm)	Carga de Canoa	Carga de Canoa	Grupo Componente
Mortero, mojado	150	3	30B	E-46T	3

Fuente: Manuel de diseño para Transportadores Helicoidales autor Martin

Otras características importantes del manual de Martin y según la tabla de anexo A.17 de propiedades de material lo siguientes valores a usar

Tabla 3.38 Propiedades del Material

Densidad a usar según tabla:	133 lb/pie3	Tamaño (min)	Tamaño (Max)
Tamaño:	C1/2	0.132"	0.5"
Factor de material:	3		
Carga de Canoa:	95-100%		
Grupo Componentes	3		

Fuente: Manuel de diseño para Transportadores Helicoidales autor Martin

3.4.14.2 Cálculo de la capacidad de Tornillo transportador

3.4.14.2.1 Cálculo de la capacidad de diseño

Se selecciona el factor CF1, según tabla A18, extraída de la parte de anexos

Tabla 3.39 Factor de capacidad paso helicoidal

CF1 = Paso de Helicoidal	Descripción	CF1
Medio	Paso = 1/2 Diámetro del Helicoidal	2

Fuente: Manuel de diseño para Transportadores Helicoidales autor Martin

Se selecciona el factor CF2, según tabla A19 extraída de la parte de anexos

Tabla 3.40 Factor de capacidad tipo de helicoide

CF2 =Tipo de Helicoidal	CF2
Helicoidal Estandar	1,00

Fuente: Manuel de diseño para Transportadores Helicoidales autor Martin

Se selecciona el factor CF3, según tabla A20, extraída de la parte de anexos

Tabla 3.41 Características del Material

CF3 = Uso de paletas Mezcladoras	CF3
Cuatro o más hélices	1,32

Fuente: Manual de diseño para Transportadores Helicoidales autor Martin

3.4.14.2.2 Cálculo de la capacidad requerida

$$C_{req} = \frac{C_m}{\rho_{apar}} \quad (3.74)$$

Donde: C_m : Capacidad másica $\left[\frac{pie^3}{hra} \right]$

$$C_{req} = \frac{C_m}{\rho_{apar}} = 198,9 \left[\frac{pie^3}{hra} \right]$$

Calculo de la capacidad equivalente será:

$$C_{equiv} = C_{req}(C_{F1})(C_{F2})(C_{F3})(C_{F4}) \quad (3.75)$$

$$C_{equiv} = 525 \left[\frac{pie^3}{hra} \right]$$

Tabla 3.42 Diámetro para transportar helicoides horizontales

Carga de Canoa	Seleccionar con X	Ø Helicoide (Pulg)	A 1 RPM	A Máx. RPM	Máx. RPM
		4	0	0	0
	95-100°	6	4,7	1415	300
		9	17,6	4832	275
		10	42	10760	255

Fuente: Manual de Martin, Tabla anexos A21

3.4.14.2.3 Velocidad del Transportador

Por la disposición de las hélices las revoluciones por minuto del tornillo helicoidal giran en sentido antihorario, según el manual de Martin codificada en la tabla A21 de anexos para un eje con diámetro no mayor a 6 pulgadas es de:

$$N = \frac{\text{Capacidad Requerida en pies cúbicos por hora}}{\text{Pies cúbicos por hora a 1 rpm}} \quad (3.76)$$

$$N = \frac{525}{4,7} = 111,7 \approx 112 \text{ rpm.}$$

Entonces el manual recomienda que no se debe sobrepasar esta velocidad de 112 rpm., la cual es la velocidad máxima recomendada.

3.4.14.3 Diámetro mínimo de Helicoidal - tamaño de agregados

Tabla 3.43 Tamaño de las partículas

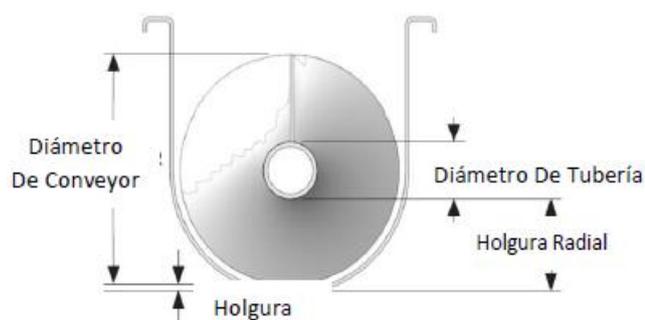
Clase 1:	Es una mezcla de partículas grandes y finas en donde no más del 10% son partículas con un tamaño máximo de la mitad del máximo; y 90 % son partículas menores a la mitad del tamaño máximo.
-----------------	---

Clase 2:	Es una mezcla de partículas grandes y finas en donde no más del 25% son partículas con un tamaño máximo de la mitad del máximo; y 75 % son partículas menores a la mitad del tamaño máximo.
Clase 3:	Es una mezcla de únicamente partículas grandes en donde el 95% son partículas con un tamaño máximo de la mitad del máximo; y 5% o menos son partículas menores a una décima parte del tamaño máximo.

Fuente: Manual de diseño para Transportadores Helicoidales autor Martin

En el marco teórico se vio que el agregado con mayor tamaño en partículas de la arena era de 4,75 [mm], es así que el manual también recomienda el tamaño de partículas dependiendo al tipo de material que se tenga.

Figura 3.45 Parámetros geométricos del tornillo Helicoidal



Fuente: Manual de diseño para Transportadores Helicoidales autor Martin

En primera instancia el tornillo transportador presenta un diámetro de la hélice externa y para disminuir en peso de material se recomienda un eje hueco. Se realizará la tabla 3.49 y 3.50, extraída de la parte de anexos A.21.

Tabla 3.44 Tamaño máximo de las partículas

Material	Tamaño:	Tamaño (min)	Tamaño (Max)
	C1/2	0.132"	0.5"

Fuente: Manual para Transportadores Helicoidales de Martin

Tabla 3.45 Diámetro helicoidal vs diámetro del tubo

Seleccione (X) diámetro helicoides	Ø Helicoide (Pulg)	Tubo D.E.* (Pulg)	Separación Radial Δ (Pulg)	Clase 1	Clase 2	Clase 3
				10% Partículas Máxima (Pulg)	25% Partículas Máxima (Pulg)	95% Partículas Máxima (Pulg)
	6	2 3/8	2 1/3	1 1/4	3/4	1 1/2

Fuente: Manual de diseño para Transportadores Helicoidales autor Martin

De la anterior tabla se escoge un diámetro nominal de 1 ½ [plg] para el eje hueco, clase 3 por que el tornillo trabaja con el mortero hasta arriba del nivel.

Tabla 3.46 Características del Material

Diámetro de helicoide y tubo seleccionado (Pulg.):

Ø Helicoide: 6 Ø Ext. Tubo: 1, 1/2

Fuente: Manual para Transportadores Helicoidales de Martin

3.4.14.4 Cálculo de la potencia y torque requerido

Para el cálculo de potencia requerida, se emplea el sistema inglés, posteriormente para el diseño a realizar en solidworks se llevará las medidas al sistema métrico. Martin especifica que la potencia total es la suma de la potencia necesaria para mover el transportador en vacío y la potencia necesaria para mover el material. La potencia requerida para operar un transportador helicoidal se basa en una instalación adecuada, en una alimentación regular y uniforme del material al transportador y en otros criterios de diseño indicados en este manual³⁵.

3.4.14.4.1 Potencia para mover el transportador vacío

Una potencia requerida es la potencia necesaria para vencer la fricción (HP_f)

$$HP_f = \frac{L \cdot N \cdot F_d \cdot F_b}{1000000} \quad (3.77)$$

L : Longitud Total del transportador (ft): $0,4 \text{ m} \approx 1,31[\text{pies}]$

N : Velocidad de operación, RPM

F_d : Factor de diámetro del transportador (tabla 3.47)

F_b : Factor de soporte intermedio (Tabla 3.48)(hierro endurecido)

3.4.14.4.1.1 Factor de diámetro del transportador

De la tabla A23, extraída de la parte de anexos, se tiene que para un diámetro helicoidal de 6 pulgadas el factor de diámetro es 18.

Tabla 3.47 Factor de Diámetro del transportador

Factor del Diámetro del Transportador, Fd	
Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Factor Fd
4	12
6	18
9	31

Fuente: Manual para Transportadores Helicoidales de Martin

3.4.14.4.1.2 Factor de soporte

De la tabla A24, extraída de la parte de anexos, se tiene el factor de buje 3,4

Tabla 3.48 Factor de soporte

Factor del Buje o soporte colgante		
Tipo de Buje		Factor del Buje para Colgante Fb
S	* Hierro Endurecido	3,4

Fuente: Manual para Transportadores Helicoidales de Martin

³⁵ Fuente: Manuel de diseño para Transportadores Helicoidales autor Martin

3.4.14.4.1.3 Cálculo de la Potencia para mover el transportador vacío

Reemplazando en la ecuación (3.77)

$$HP_f = \frac{(1,31) \cdot (118) \cdot (18) \cdot (3,40)}{1000000} = 0,009HP$$

3.4.14.4.2 Potencia para mover el material

La segunda de las potencias requeridas es la potencia necesaria para mover el material dentro del transportador a la capacidad especificada (HP_m)

$$HP_m = \frac{C \cdot L \cdot W_p \cdot F_f \cdot F_m \cdot F_p}{1000000} \quad (3.78)$$

C : Capacidad Transporte $\approx 198,9[\text{pie}^3/\text{hra}]$.

W_p : Densidad de Material $\approx 133,0[\text{lb}/\text{pie}^3]$ ³⁶

F_f : Factor % carga transportador (Tabla 3.49)

F_m : Factor de material (Tabla 3.37) $\approx 3,0$

F_p : Factor de paleta (Tabla 3.50)

3.4.14.4.2.1 Factor porcentaje de carga en transportador

Simultáneamente, se especifica el factor de porcentaje de carga que transporta el tornillo, donde trabaja a plena carga y se escoge un tipo Helicoidal estándar

Tabla 3.49 Factor porcentaje de carga en transportador

Tipo de Helicoidal	Ff Factor por porcentaje de carga de transportador			
	15%	30%	45%	95%
Helicoidal Estandar	1	1	1	1
Helicoidal con Corte	1,1	1,15	1,2	1,3
Helicoidal con Corte y Doblez	N.R.*	1,5	1,7	2,2
Helicoidal de Listón	1,05	1,14	1,2	—
	*No recomendada			

Fuente: Manual para Transportadores Helicoidales de Martin

3.4.14.4.2.2 Factor de Paleta

Ahora, se especifica el factor de porcentaje de paleta, aproximando que las hélices se orientan a 45° del eje vertical, con el paso inverso y el número de paletas.

Tabla 3.50 Factor de Paleta

Factor de Paleta, F_p		
Paletas Estándar por Paso. Paletas Ajustadas a 45° Paso Invertido		
Número de Paletas por Paso	Ninguna paleta	1,00
	Una paleta	1,29

³⁶ Manuel de diseño para Transportadores Helicoidales autor Martin, (La densidad de mortero mojado es equivalente a $2140[\text{kg}/\text{m}^3]$)

Factor de Paleta — F_p	Dos Paletas	1,58
	Tres paletas	1,87
	Cuatro paletas o más	2,16

Fuente: Manual para Transportadores Helicoidales de Martin

3.4.14.4.2.3 Cálculo de la Potencia para mover el Material

Reemplazando en la ecuación (3.78)

$$HP_m = \frac{(198,9) \cdot (1,31) \cdot (133) \cdot (1,0) \cdot (3,0) \cdot (2,16)}{1000000} = 0,225Hp$$

3.4.14.4.3 Potencia Total

$$HP_{Total} = \frac{(HP_f + HP_m) \cdot F_o}{e} \quad (3.79)$$

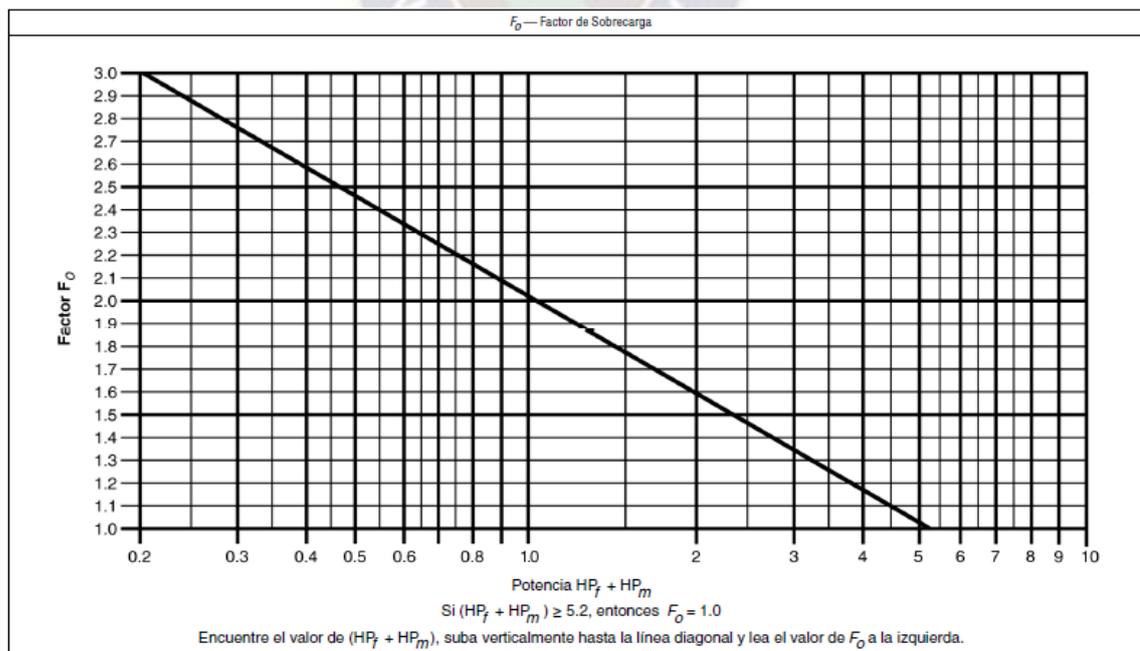
F_o : Factor de Sobrecarga (figura 3.44)

e : Eficiencia de Transmisión (Tabla 3.56) Motorreductor con Cople

3.4.14.4.3.1 Factor de sobrecarga

El manual de Martin es uno de los más completos y precisos al momento de diseñar cualquier aplicación con tornillos trasportadores helicoidales, es así que también brinda la eficiencia con distintos niveles de sobrecarga que se pueden presentar en el elemento.

Figura 3.46 Factor de Sobrecarga en Tornillos Helicoidales



Fuente: Manual para Transportadores Helicoidales de Martin

Se puede apreciar que $HP_f + HP_m = 0,234[Hp]$, en la figura se puede estimar que el factor de sobrecarga puede ser aproximadamente 2,90.

3.4.14.4.3.2 Eficiencia de Transmisión

Esta última parte implica el rendimiento que pueden proporcionar las distintas formas de máquinas o mecanismos que van acoplados al eje del tornillo sin fin. En la tabla de abajo se escogió un moto reductor con acople y reductor corona sin fin.

Tabla 3.51 Factor de eficiencia de la transmisión

Factor de Eficiencia (e) de las Transmisiones	
Transmisión para th o Montado en Eje con Transmisión de Bandas en "V"	0,88
Reductor de Engranajes Helicoidales con Transmisión de Bandas en V y Cople	0,87
Motorreductor con Cople	0,95
Motorreductor con Transmisión de Cadena	0,87
Corona Sinfín	Consulte a proveedor

Fuente: Manual para Transportadores Helicoidales de Martin

Finalmente, la potencia total debida a fricción y desplazamiento del material es

$$HP_{Total} = \frac{(HP_f + HP_m) \cdot F_o}{e}$$

$$HP_{Total} = \frac{(0,225 + 0,009) \cdot 2,90}{0,95} \quad HP_{Total} = 0,72[Hp]$$

3.4.14.4.4 Cálculo del torque para accionamiento del Tornillo Helicoidal

Para obtener el torque en [lb-pulgada], teniendo la potencia en HP.

$$Pot = \frac{Tn}{63025} \quad (3.80)$$

Pot: Potencia (hp) T: Capacidad del freno o embrague [torque](lbf plg)

n: Velocidad de rotación del tambor (rpm)

$$T = \frac{63025 Pot}{n} \quad (3.81)$$

$$T = \frac{63025 \cdot (0,72)}{55} \quad T = 825[lbf plg]$$

Este cálculo es de bastante importancia porque nos permite dimensionar el reductor que se va necesitar, en este caso el torque que debe suministrar el motor es de $T = 92,90[Nm]$.

3.4.14.5 Cálculo de Esfuerzos en el Tornillo de Transporte

3.4.14.5.1 Carga axial debido a la transportación del tornillo

Según lo planteado por F. Aguilar Parés, define que una forma sencilla de obtener la fuerza axial actuante en el tornillo se da por la ecuación:

$$F_a = \frac{4 P_{tot}}{n \cdot D} \quad (3.82)^{37}$$

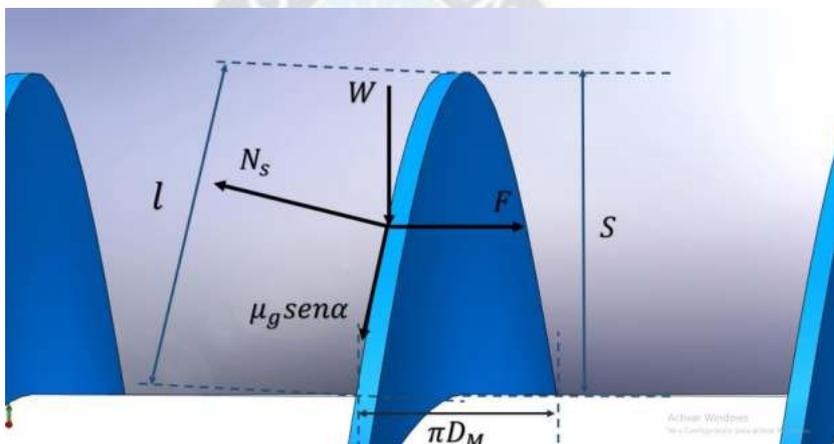
Donde: P_{tot} : Potencia total para el movimiento [Watt] $P_{tot} \approx 0,72Hp = 536,80$ [Watt]

n : Número de rpm del tornillo [rpm.] D : Diámetro externo del tornillo helicoidal [m]

A continuación, se hace un análisis de las fuerzas sobre una de las hélices tomando como referencia el texto de F. Aguilar Parés.

En la figura 3.46 se muestra un esquema de la hélice, representado por un rectángulo, de un transportador. Se representan la fuerza de empuje F_e en la dirección del eje del equipo, la normal N que ejerce el material contra la hélice, la fuerza de fricción μN_s : al moverse el material por la hélice.

Figura 3.47 Fuerzas actuantes sobre Hélice



Fuente: Elaboración propia, Solidworks

Donde: W_h : Peso del mortero y propio de la hélice que actúa sobre el filete

N_s : Normal del mortero sobre la hélice

F : Fuerza axial para vencer al peso W

μ_g : Coeficiente de rozamiento de mortero sobre la superficie

Realizando un análisis estático se puede obtener la Fuerza axial:

$$N - W_y = 0 \quad N = W_y$$

$$f_r = \mu N = \mu W \cos \alpha$$

$$W_x = W \sin \alpha \quad W_y = \mu W \cos \alpha$$

$$\sum F_H = W \sin \alpha + W \cos \alpha \cdot \mu_g$$

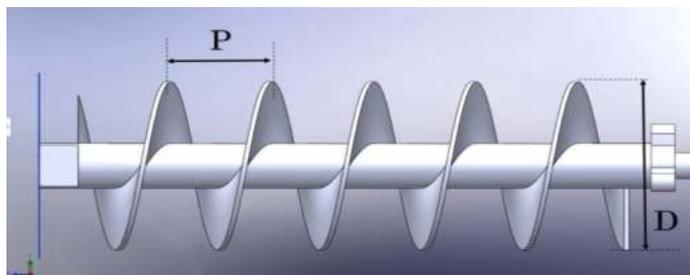
$$F_e = \frac{W \sin \alpha + W \cos \alpha \cdot \mu_g}{\cos \alpha - \mu_g \sin \alpha}$$

El parámetro geométrico del tornillo transportador está compuesto por: el diámetro

³⁷ F. Aguilar Parés, "Análisis de la fuerza axial en un transportador de sinfín," vol. 1, pp. 51–55, 1999

externo seleccionado anteriormente con valor de 6 pulgadas aproximadamente y un paso de la hélice de 75 [mm].

Figura 3.48 Fuerzas actuantes sobre Hélice



Fuente: Elaboración propia, Solidworks 2019

Más adelante se verá que la bomba debe tener la misma magnitud en rpm que el tornillo transportador, y se sugiere que sea entre una magnitud de 55 a 60 revoluciones por minuto, reemplazando en la ecuación (3.82)

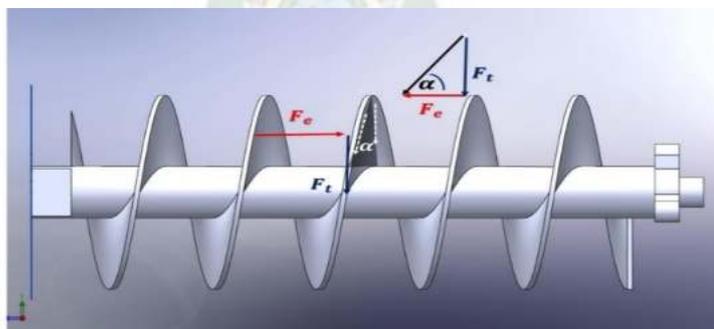
$$F_a = \frac{4 \cdot 536,8 \left[\frac{\text{Joules}}{\text{s}} \right]}{55 \left[\frac{\text{rev}}{\text{min}} \right] \cdot 0,145[\text{m}]}$$

$$F_a = 269,2 \left[\frac{\text{J} \cdot \text{min}}{\text{rev} \cdot \text{s} \cdot \text{m}} \right] \frac{60\text{s}}{1\text{min}} \cdot \frac{1\text{rev}}{2\pi} = 2570,6 \left[\frac{\text{J}}{\text{m}} \right] \quad F_a = 2571[\text{N}]$$

Esta magnitud es la fuerza que ocasiona que el material sea impulsado a través del transportador, y se concentra en las hélices para posteriormente transmitir al eje, La potencia que se ejerce sobre la hélice de un tornillo es:

La fuerza externa F_t aplicada en un punto de la hélice de forma tal que produzca un momento igual al momento resistivo del material.

Figura 3.49 Fuerza de empuje y Fuerza vertical sobre el tornillo



Fuente: Elaboración propia, Solidworks

$$F_t = F_e \cdot \tan(\alpha) \quad (3.83)$$

Donde: F_t : Fuerza vertical [N]

F_e : Fuerza de empuje axial [N]

Reemplazando los datos calculados en la ecuación (3.83)

$$F_t = 2571[N] \cdot \tan(30^\circ) = 1484[N]$$

3.4.14.5.2 Transmisión de cargas- momentos en Tornillo transportador

En el cálculo anterior se estableció una fuerza cortante, que genera un momento flector máximo en cada una de las hélices M_f y un momento torsionante máximo M_t .

$$M_f = F_t \cdot l = (1484N) \cdot (0,4m) = 593,6[Nm],$$

$$M_t = F_t \cdot r = (1484N) \cdot \left(1,5 \text{ pulg} \frac{0,0254m}{1\text{pulg}}\right) = 56,50[Nm]$$

De igual modo que para el momento flector, se considera el caso más desfavorable en que se pueda presentar una fuerza cortante.

$$V = F_t = W_{dist} \cdot l \quad (3.84)$$

Donde: V : Fuerza cortante máxima [N] l : Longitud efectiva del tornillo[m]

W : Peso muerto linealmente distribuido por metro de distancia [N/m]

$$W_{dist} = \frac{F_t}{l} = \frac{1484N}{0,4m} = 3710[N/m]$$

El cálculo del factor de seguridad de todos los elementos mecánicos que intervienen en el diseño del tornillo se estableció mediante la teoría de Vos Misses Hencky, donde la energía de deformación para esfuerzos tridimensionales se calcula de la siguiente forma:

$$\sigma^* = \frac{1}{\sqrt{2}} \left[(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6 \cdot (\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2) \right]^{1/2} \quad (3.85)^{38}$$

Donde: σ^* : Esfuerzo de von Misses Hencky

σ_x : Esfuerzo de tensión en el Eje x [Pa] σ_y : Esfuerzo de tensión en el Eje y [Pa]

σ_z : Esfuerzo de tensión en el Eje z [Pa] τ_{xy} : Esfuerzo cortante perpendicular a eje z [Pa]

τ_{yz} : Esfuerzo cortante perpendicular al eje x [Pa]

τ_{zx} : Esfuerzo cortante perpendicular al eje y [Pa]

De acuerdo a las direcciones establecidas en el eje y existe un esfuerzo generado por la flexión³⁹:

$$\sigma_y = \frac{M_f \cdot c}{I} \quad (3.86)$$

Donde: σ_y : Esfuerzo debido a flexión [Pa] M_f : Momento flector máximo [Nm]

c : Distancia máxima respecto del eje neutro [m] I : Momento de inercia [m⁴]

³⁸ Mechanical Design of machine elements and Machines 2nd edition. Collins, Busby y Staab. Pág. 228

³⁹ Diseño en Ingeniería Mecánica, Shigley Joseph, 8va Ed. Mcgraw-Hill, pág.86

El momento de inercia para una sección circular hueca está definido por⁴⁰:

$$I = \frac{\pi}{64}(D^4 - d^4) \quad (3.87)$$

Donde: I : Momento de inercia[mm⁴] D : diámetro externo de la sección circular[mm]
 d : diámetro de la sección circular hueca [mm]

$$I = \frac{\pi}{64}(D^4 - d^4) = \frac{\pi}{64}(38,1^4 - 4^4) = 103,4 \times 10^3 [\text{mm}^4]$$

$$\sigma_y = \frac{593,6 [\text{Nm}] \cdot (19,0 \text{mm})}{103,4 \times 10^3 [\text{mm}^4]} = 0,109 [\text{MPa}]$$

En la dirección normal al eje “y” existe un esfuerzo cortante, el cual es generado por el momento torsionante máximo:

$$\tau_{zx1} = \frac{T \cdot r}{J} \quad (3.88)$$

Donde: τ_{zx1} : Esfuerzo debido a torsión [Pa] T : Momento torsor [Nm]
 r : Radio hueco de la sección circular [m]

$$\tau_{zx1} = \frac{T \cdot r}{J} = \frac{M_t \cdot D/2}{\frac{\pi}{32}(D^4 - d^4)}$$

$$\tau_{zx1} = \frac{M_t \cdot d/2}{\frac{\pi}{32}(D^4 - d^4)} = \frac{16 \cdot M_t}{\pi (D^3 - d^4/D)}$$

$$\tau_{zx1} = \frac{16 \cdot M_t}{\pi (D^4/d - d^3)} = \frac{16 \cdot 56,5 [\text{Nm}]}{\pi (38,1^4/4 - 4^3)} \quad \tau_{zx1} = 0,54 [\text{MPa}]$$

El esfuerzo cortante máximo por flexión en una sección circular hueca es⁴¹:

$$\tau_{zx2} = \frac{2 \cdot V}{A} \quad (3.89)$$

Donde: τ_{zx} : Esfuerzo debido a torsión [Pa] V : fuerza cortante [N]

$$\tau_{zx2} = \frac{2 \cdot V}{\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)} = \frac{8 \cdot V}{\pi \cdot (D^2 - d^2)} = \frac{8 \cdot 3710 \text{ N/m}}{\pi \cdot (35,0^2 - 4^2)}$$

$$\tau_{zx2} = 7,81 [\text{MPa}]$$

Volviendo a la ecuación 3.85 de von Mises Hencky.

$$\sigma^* = \frac{1}{\sqrt{2}} \left[(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6 \cdot (\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2) \right]^{1/2}$$

⁴⁰ Diseño en Ingeniería Mecánica, Shigley Joseph, 8va Ed. Mcgraw-Hill, pág.1060

⁴¹ Diseño en Ingeniería Mecánica, Shigley Joseph, 8va Ed. Mcgraw-Hill, pág.95

$$\sigma^* = \frac{1}{\sqrt{2}} \left[(0 - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - 0)^2 + (0 - 0)^2 + 6 \cdot (0 + 0 + \tau_{zx}^2) \right]^{1/2}$$

$$\sigma^* = \frac{1}{\sqrt{2}} \left[(0 - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - 0)^2 + (0 - 0)^2 + 6 \cdot (\tau_{zx}^2) \right]^{1/2} = \sqrt{\sigma_y^2 + 3 \cdot \tau_{zx}^2}$$

$$\sigma^* = \sqrt{0,109^2 + 3 \cdot (0,54 + 7,81)^2} \quad \sigma^* = 14,4 [MPa]$$

El eje del tornillo transportador se maquina a partir de una barra de acero inoxidable AISI 304, la cual posee las siguientes características mecánicas:

- Resistencia limite a la tracción: 620 [MPa]
- Resistencia a la fluencia: 310 [MPa] El factor de seguridad definido para esta teoría viene dado por el catalogo ferrotodo⁴²

$$n_f = \frac{\sigma'}{S_y} \quad (3.90)$$

n_f : coeficiente de seguridad para carga alternante [adimensional]

σ' : esfuerzo de von Mises Hencky [Pa] S_y : resistencia a la fluencia mínima [Pa]

$$n_f = \frac{\sigma'}{S_y} = \frac{310 [MPa]}{14,4 [MPa]} = 21$$

Este valor pese que cumple un buen diseño no es confiable debido a que el tornillo gira y alternadamente repiten los esfuerzos.

3.4.14.5.3 Factor de seguridad alternante en Tornillo transportador

Obtenido este coeficiente de seguridad hay que considerar que el árbol se encuentra a fluencia y fatiga. Bajo una carga alternante, se rige bajo la siguiente fórmula y haciendo la consideración de la carga con la cual actúa.

Tabla 3.52 Factor de seguridad para clases de carga en Elementos

Clase	Tipo de Variación	Diagrama de Variación
I	Constante	
II	Pulsante	
III	Alternante	

Fuente: (Kurt, Manual de fórmulas técnicas, 30th Ed. Pág 131P1)

⁴² Catalogo Ferrotodo abril 2019

$$n_f = \frac{\sigma'}{3 \cdot S_y} \quad (3.91)$$

n_f : coeficiente de seguridad para carga alternante [adimensional]

σ' : esfuerzo de von Mises Hencky [Pa] S_y : resistencia a la fluencia mínima [Pa]

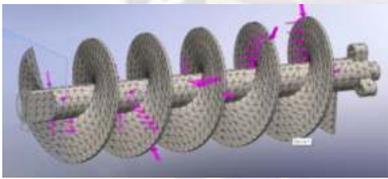
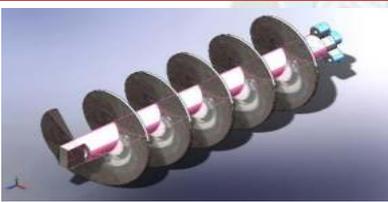
Al ser una carga alternante el coeficiente que se elige es 3.

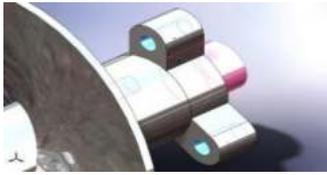
$$n_f = \frac{310[MPa]}{3 \cdot 14,4[MPa]} = 7,18$$

3.4.14.6 Análisis de Cargas y Esfuerzos

3.4.14.6.1 Simulación de cargas presentes en el Tornillo transportador

Tabla 3.53 Cargas transmitidas al Tornillo transportador

Nombre de carga	Cargas sobre tornillo transportador	Detalles de carga
Fuerza 1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 250 kgf
Fuerza 2		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 250 kgf
Torsión 1		Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar momento torsor Valor: 400 N.m
Torsión 2		Entidades: 5 cara(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar momento torsor Valor: 600 N.m
Presión 1		Entidades: 13 cara(s) Tipo: Normal a cara seleccionada Valor: 1 Unidades: kgf/cm^2 Ángulo de fase: 0 deg
Fuerza 3		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 50 kgf

Nombre de carga	Cargas sobre tornillo transportador	Detalles de carga
Torsión 3		Entidades: 3 cara(s) Referencia: Cara < 1 > Tipo: Aplicar momento torsor Valor: 5 000 kgf.cm

Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

3.4.14.6.2 Esfuerzo y factor de seguridad en Tornillo transportador

Tabla 3.54 Esfuerzos y tensiones en el Eje y el Tornillo helicoidal

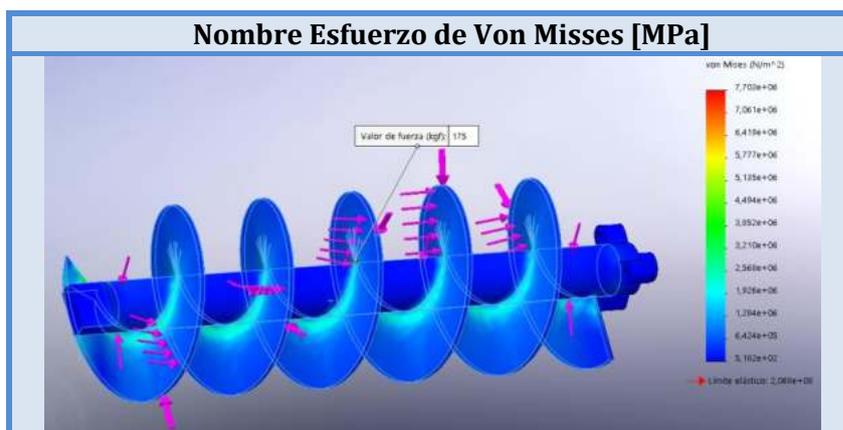


Tabla 3.55 Desplazamientos posibles del Eje Tornillo de transporte

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos tornillo helicoidal	URES: Desplazamientos resultantes	0,000e+00 mm Nodo: 9	0,000e-04 mm Nodo: 94

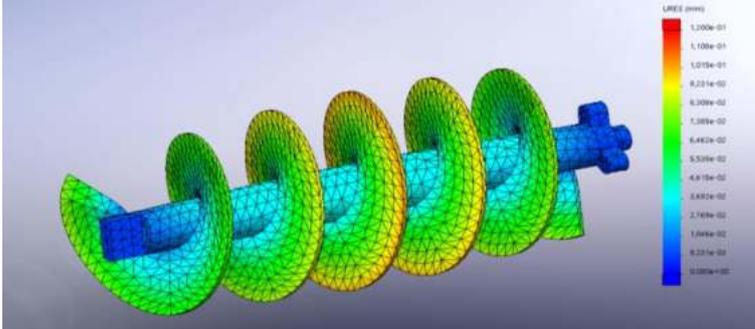
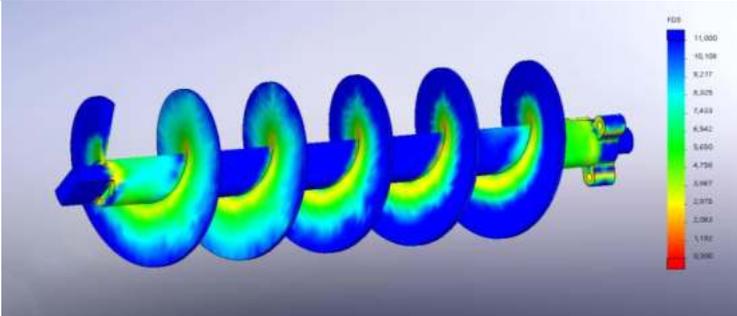


Tabla 3.56 Factor de seguridad en Tornillo de transporte

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad del tornillo transportador	Automático	3,000e+00 Nodo: 1	3,000e+00 Nodo: 1



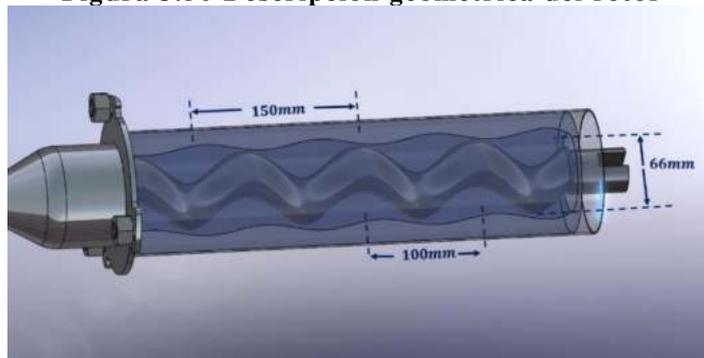
Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

Concluimos que el diseño es óptimo su factor de seguridad está dentro del límite.

3.4.15 Operación de la BCP

La longitud cada cavidad es igual al paso del estator, en cada sección transversal de la bomba el número de cavidades separadas es una más que el número de lóbulos del rotor. La figura 3.50 ilustra que hay dos cavidades separadas cada 180° de rotación en las bombas de lóbulo simple.

Figura 3.50 Descripción geométrica del rotor



Fuente: Elaboración propia, Solidworks 2019

Para la succión al inicio y la descarga a la salida de la bomba, esta debe rotar concéntricamente a la derecha, es decir en sentido de las agujas del reloj.

A medida que la bomba gira, las cavidades se mueven axialmente desde la succión hacia la descarga creando la acción de bombeo; al completar una revolución, el volumen entre el rotor y el estator, es desplazado por el paso del estator. El diseño se asemeja a la geometría de una B.C.P. de la marca Moyno.

Tabla 3.57 Parámetros geométricos de bomba progresiva fabricante MOYNO.

Denominación	Símbolo	Ecuación	Magnitud
Geometría	Lóbulo Simple	10,60	1,32
Elastómero		1,07	0,61
Excentricidad del rotor	E	$ctte$	10[mm]
Paso del rotor	P_r	$ctte$	100[mm]
Paso del estator	P_s	$2 P_r$	200[mm]
Diámetro máximo de rotor	D	$ctte$	35,4[mm]
Diámetro transversal de rotor	d	$D - 2E$	

Fuente: Elaboración propia Catalogo Moyno

3.4.15.1 Cálculo de caudal suministrado sobre la bomba

La capacidad de desplazamiento de nuestra bomba es el volumen de pasta de

mortero producido por cada rotación del rotor. La mayoría de los fabricantes especifican la capacidad de desplazamiento de la bomba en términos de volumen por día y con una velocidad de 100 a 500 rpm. Este valor de desplazamiento es:

$$V = C \cdot E \cdot D \cdot P_s \quad (3.92)$$

Donde: V : Capacidad de desplazamiento $\left(\frac{m^3}{\text{día}}/\text{rpm}\right)$

E : Excentricidad de la bomba (mm)

D : Diametro del rotor (mm)

P_s : Paso del estator (mm)

C : Constante (métrico: $5,76 \times 10^{-6}$)

$$V = 5,76 \times 10^{-3} \cdot 10 \text{ [mm]} \cdot 35,4 \text{ [mm]} \cdot 200 \text{ [mm]}$$

$$V = 5,76 \times 10^{-6} \cdot 10 \cdot 35 \cdot 200 \quad V = 0,403 \text{ [m}^3/\text{día}/\text{rpm}]$$

La tasa de flujo teórica de la bomba de cavidad progresiva es proporcional al desplazamiento y velocidad de rotación.

$$Q_{teór} = V \cdot N \quad (3.93)$$

Donde: $Q_{teór}$: Tasa de flujo teórica

V : Capacidad de desplazamiento $(m^3/\text{día}/\text{rpm})$

N : Velocidad de operación

Para la velocidad de rotación se emplea un reductor que permite disminuir la velocidad del motor entre 55 a 60 revoluciones por minuto.

$$Q_{teór} = 0,403 \text{ [m}^3/\text{día}/\text{rpm}] \cdot 55 \text{ rpm} = 22,16 \text{ [m}^3/\text{día}]$$

$$Q_{teór} = 0,403 \text{ [m}^3/\text{día}/\text{rpm}] \cdot \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} \cdot 55 \text{ rpm} \quad Q_{teór} = 0,924 \text{ [m}^3/\text{h}]$$

El caudal teórico se halla dentro del rango que establece el autor Francesco Ciulla, el caudal en bombas de lodo puede variar desde $0,02 \text{ [m}^3/\text{día}/\text{rpm}]$ hasta un poco más de $1,2 \text{ [m}^3/\text{día}/\text{rpm}]$.

Para tener una mejor estimación, el caudal que sale hacia la descarga, es decir hacia la boquilla de la manguera.

$$Q_{teór} = 0,403 \text{ [m}^3/\text{día}/\text{rpm}] \cdot \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} \cdot \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} \cdot \frac{1000 \text{ lts}}{1 \text{ m}^3} \cdot 55 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

$$Q_{teór} = 22,17 \left[\frac{m^3}{\text{día}} \right] \quad Q_{teór} = 15,39 \left[\frac{\text{lts}}{\text{min}} \right]$$

3.4.15.2 Cálculo de presión sobre la bomba

Según varios manuales para diseñar bombas de cavidad progresiva tipo tornillo helicoidal se establece que la capacidad de presión se determina por el número de etapas. Es decir 1 etapa equivale a una presión de descarga de 6 bar (87 psi), 2 etapas equivalen a una presión de descarga de 12 bar (174 psi), 4 etapas equivalen

a una presión de descarga de 24 bar (348 psi), 8 etapas equivalen a una presión de descarga de 48 bar (696 psi) y 12 etapas equivalen a una presión de descarga de 72 bar (1044 psi).

Figura 3.51 Regla de la presión para una bomba BCP



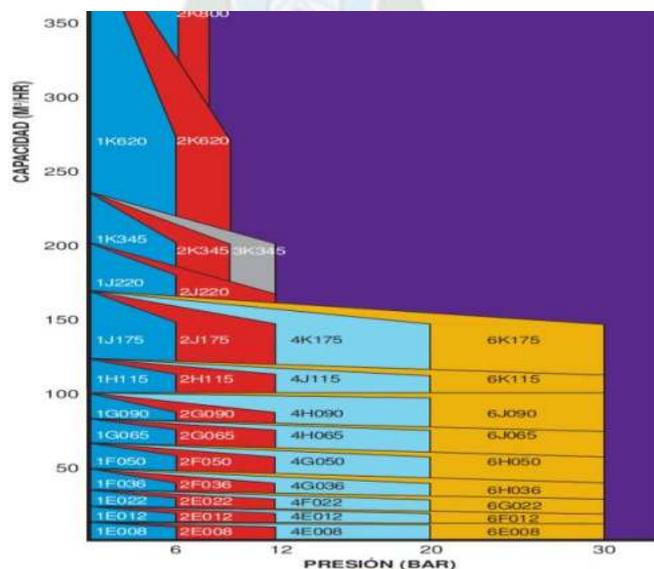
Fuente: NETZSCH do Brasil Ind. Com. Ltda.; bombas de cavidad progresiva

El diseño presenta una bomba de doble etapa por lo cual la bomba posee una presión de 12 bares.

3.4.15.3 Cálculos comparación bomba BCP fabricante Moyno

Se requiere comparar los parámetros y dimensiones de la bomba a diseñar, primero se selecciona la aplicación de la bomba, en este caso el proceso es el revoque para la proyección de mortero el cual tiene un peso específico de 2140 a 2500 $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$ (ver tabla 2.1 Dosificación de materiales), el mortero presenta una viscosidad 5000 cP

Figura 3.52 Presión bomba BCP tipo tomillo helicoidal respecto al número de etapas



Fuente: Fabricante de Bombas Moyno

Generalmente en la práctica el rango de operación de las BCP es de 40 a 350 rpm (revoluciones/min). Al girar los motores eléctricos a una velocidad nominal y fija de aproximadamente de 1800 rpm (motores de 4 polos), es necesario contar con una caja reductora de una relación de transmisión adecuada para llevar la velocidad angular del motor a velocidades más cercanas a la requerida por la bomba.

3.4.15.4 Puntos de máxima interferencia máxima entre la bomba y elastómero

```

Editor de Matlab R2016
clc; clear; close all;
bmax=1; %normlizo tmax a 1
freq=50; %Frecuecnia en hertz
T=1/freq; %Periodo de tiempo seg
w=2*pi*freq; %velocidad angular que recibe del motor
n=2; %Número de ciclos a ser ploteado
% Generación de los parámetros geompetricos de rotor
t=0:T/1200:n*T; %Tiempo para cinco ciclos de la frecuencia
seleccionada
Baa=sin(w*t).*(cos(0)+1i*sin(0)); % Interferencia punto A a lo
largo del eje aa
Bbb=sin(w*t-2*pi/3).*(cos(2*pi/3)+1i*sin(2*pi/3)); %
Interferencia punto B a lo largo del eje bb
Bcc=sin(w*t+2*pi/3).*(cos(-2*pi/3)+1i*sin(-2*pi/3)); %
Interferencia punto c a lo largo del eje cc
% Cálculo de la referencia total
Bnet=Baa+Bbb+Bcc;
% Calcular un circulo representando el diámetro del elastómero
circle=1.5*(cos(w*t)+ i*sin(w*t));
% Gráfico del circulo de referencia
figure (1)
plot(circle, 'k', 'LineWidth', 2.0);
hold on;
% Gráfico de los vectores de referencia para la posición de Rotor
Baa_ref=1.5*(cos(0)+ i*sin(0));
Bbb_ref=1.5*(cos(2*pi/3)+ i*sin(2*pi/3));
Bcc_ref=1.5*(cos(-2*pi/3)+ i*sin(-2*pi/3));
line('XData',[0 real(Baa_ref)], ...
'YData',[0 imag(Baa_ref)], ...
'Color','k','LineStyle',':','EraseMode','xor');
line('XData',[0 real(Bbb_ref)], ...
'YData',[0 imag(Bbb_ref)], ...
'Color','k','LineStyle',':','EraseMode','xor');
line('XData',[0 real(Bcc_ref)], ...
'YData',[0 imag(Bcc_ref)], ...
'Color','k','LineStyle',':','EraseMode','xor');
% Añadir puntos de intersección entre líneas radiales y áreas
transversales
text (1.6*cos(0)-0.4, 1,6*sin(0), '\bfb_{aa}');
text (1.6*cos(2*pi/3)-0.7, 1,6*sin(2*pi/3)+1, '\bfb_{bb}');
text (1.6*cos(-2*pi/3), 1,6*sin(-2*pi/3)-.4,
'\bfb_{cc}');
% Graficar las posiciones iniciales de las líneas de intersección
pico
%Lobulo Baa es negra, Lobulo Bbb es azul, y Lobulo Bcc es magenta
ii=1;
h1=line('XData',[0 real(Baa(ii))], ...
'YData',[0 imag(Baa(ii))], ...
'Color','c','EraseMode','xor', ...
'Linewidth',2.0);
hold on;
h2=line('XData',[0 real(Bbb(ii))], ...
'YData',[0 imag(Bbb(ii))], ...
'Color','b','EraseMode','xor', ...

```

```

        'Linewidth',2.0);
h3=line('XData',[0 real(Bcc(ii))], ...
        'YData',[0 imag(Bcc(ii))], ...
        'Color','m','EraseMode','xor', ...
        'Linewidth',2.0);
h4=line('XData',[0 real(Bnet(ii))], ...
        'YData',[0 imag(Bnet(ii))], ...
        'Color','k','EraseMode','xor', ...
        'Linewidth',2.0);
%Etiquetas de grafica
title('\bf rotación de Rotor de Bomba Cavidad progresiva');
xlabel('\bf Posición desplazamiento eje x (mm)');
ylabel('\bf Posición desplazamiento eje y (mm)');
axis square;
axis([-2 2 -2 2]);
% Crecimiento e interacción de los Rotor y Elastómero
for ii=2:length(t)
    set(h1,'XData',[0 real(Baa(ii))]);
    set(h1,'YData',[0 imag(Baa(ii))]);
    set(h2,'XData',[0 real(Bbb(ii))]);
    set(h2,'YData',[0 imag(Bbb(ii))]);
    set(h3,'XData',[0 real(Bcc(ii))]);
    set(h3,'YData',[0 imag(Bcc(ii))]);
    set(h4,'XData',[0 real(Bnet(ii))]);
    set(h4,'YData',[0 imag(Bnet(ii))]);
    drawnow;
end
hold off;
figure(2);
title('\bf Desplazamineto Rotor en el dominio del tiempo');
xlabel('\bf Tiempo (Seg)');
ylabel('\bf Interacción con elastómero ');
axis([0 n*T -2 2]);
hold on;
grid on;
plot(t,Baa,'c');
plot(t,Bbb,'b');
plot(t,Bcc,'m');
plot(t,Bnet,'k');
legend('Baa','Bbb','Bcc','Bnet')
clc;

```

Fuente: Elaboración propia (matlab R2016)

El gráfico de la respuesta a la simulación se muestra en la parte de Anexos.

3.4.15.5 Cálculo de la presión sobre la bomba (TDH).

Esta presión está dada por los siguientes términos:

3.4.15.5.1 Presión de entrada

La presión atmosférica a nivel de La Paz $495[mmHg] = 0,6729 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$

3.4.15.5.2 Presión de nivel

$$P_{nivel} \left[\frac{kg}{cm^2} \right] = \frac{niv(m) \cdot \rho(g/cm^3)}{10} \quad (3.94)^{43}$$

Donde: P_{nivel} : Presión de nivel $[kg/cm^2]$

niv : nivel dinámico (m)

ρ : Densidad $[g/cm^3]$

⁴³ HIRSCHFELDT, Marcelo. Manual de bombeo por cavidades progresivas. Versión 2008

La presión de nivel de la bomba B.C.P. es:

$$P_{nivel} = \frac{20m \cdot 2,50 \frac{g}{cm^3}}{10} \quad P_{nivel} = 5,00 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

3.4.15.5.3 Presión total

La presión por fricción es aquella pérdida de carga debido al rozamiento entre la tubería y la varilla en este caso la pérdida se considera despreciable debido a que la no existen estos elementos de contacto.

Para el cálculo de la presión total se deben sumar los valores de presión de entrada y la presión de nivel, como se muestra a continuación.

$$Presión\ total = P_{ent} + P_{nivel} \quad (3.95)$$

$$P_{total} = 0,6729 + 5,0 = 5,67 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

3.4.16 Cálculo de potencia consumida.

3.4.16.1 Potencia hidráulica:

$$Pot_{hid} = Q \left[\frac{m^3}{día} \right] \cdot P_{total} \left[\frac{kg}{cm^2} \right] \cdot 0,0014 \quad (3.96)$$

Donde: P_{total} : presión total hallada

$$Pot_{hid} = 22,16 \left[\frac{m^3}{día} \right] \cdot 5,67 \left[\frac{kg}{cm^2} \right] \cdot 0,0014 \quad Pot_{hid} = 0,176 [Hp]$$

3.4.16.2 Potencia consumida:

$$Pot_{cons} = \frac{Pot_{hid}}{\eta} \quad (3.97)$$

Donde: Pot_{cons} : potencia consumida

Pot_{hid} : potencia hidráulica

η : Rendimiento energético (potencia teórica/potencia suministrada)

En el caso de las bombas B.C.P. el rendimiento se considera entre 0.6 y 0.7, para el diseño de la bomba se consideró de 0,6.

$$Pot_{cons} = \frac{0,176}{0,6} \quad Pot_{cons} = 0,293 [Hp]$$

3.4.17 Cálculo del torque resistivo de la bomba

Al transmitir la rotación al rotor desde superficie a través de las varillas de bombeo, la potencia necesaria para elevar el fluido genera un torque resistivo:

$$T_{bom} = \frac{K \cdot pot2}{N} \quad (3.98)$$

Donde: T_{bom} : Torque de la bomba [$lb \cdot plg$] K : constante de pasaje de unidades

$Pot2$: potencia suministrada por la bomba [Hp] N : velocidad de operación [rpm]

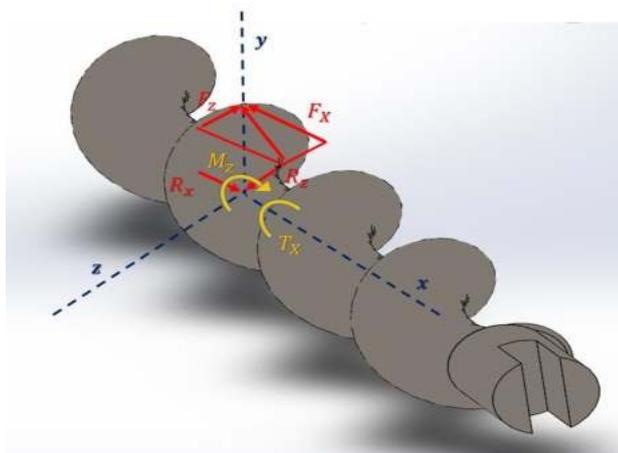
El torque requerido es hallado de la siguiente manera:

$$T_{total} = \frac{63025 * 0,293[Hp]}{55rpm} \quad T_{total} = 335,7[lb \cdot plg] = 37,92[Nm]$$

3.4.18 Diseño estático de la bomba de cavidad progresiva

Para realizar el diseño, primero se debe identificar los momentos generados por las fuerzas que actúan sobre el lóbulo de las cavidades progresivas, de tal modo es necesario graficar los diagramas de cuerpo libre sobre una sección de la cavidad, como se aprecia a continuación.

Figura 3.53 Diagrama de cuerpo libre de Fuerza y momentos sobre un lóbulo



Fuente: Elaboración propia, Solidworks 2019

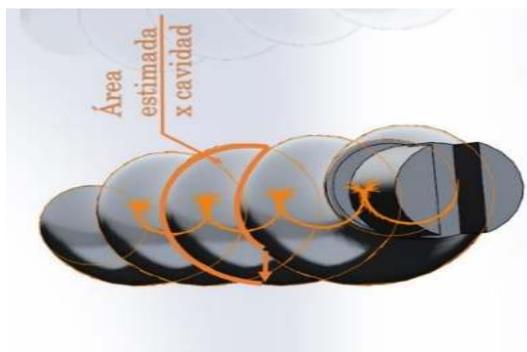
Un dato de referencia es la presión de 12 bares, que presenta la bomba de lóbulos progresivos, actuando sobre toda la superficie. Mediante solidworks el área de toda la superficie está cerca $0,066m^2$, por cada lóbulo podemos asumir cerca $0,0165m^2$, consecuentemente la fuerza normal sobre un lóbulo superior es

$$P_{sist} = \frac{F_{real}}{A_{aprox}} \quad (3.99)$$

$$F_{real} = P_{sist} \cdot A_{aprox}$$

$$F_{real} = \left(1,2 \times 10^6 \frac{N}{m^2}\right) \cdot (0,0165m^2) \quad F_{real} = 19800[N]$$

Figura 3.54 Estimación del área aproximada por cada lóbulo



Fuente: Elaboración propia, Solidworks 2019

Las componentes de la fuerza en los ejes x y z son:

$$F_x = F \cdot \cos(30) = 19800 \cos(30) = 17147[N]$$

$$F_z = F \cdot \sin(30) = 19800 \sin(30) = 9900[N]$$

El diseño tiene una inclinación de los lóbulos es de 60° respecto al eje y la distancia desde el centro del eje hasta el respectivo centro de la hélice es: $d_c = 20 [mm]$

Tabla 3.64 Propiedades físicas del Rotor

Rotor de la bomba de Cavidad progresiva	
Propiedades de masa de ROTOR STATOR 5 Configuración: Predeterminado Sistema de coordenadas: -- predeterminado --	
Densidad = 0.00 kilogramos por milímetro cúbico	
Masa = 2.15 kilogramos	
Volumen = 542555.70 milímetros cúbicos	
Área de superficie = 66275.05 milímetros cuadrados	
Centro de masa: (milímetros) X = -0.06 Y = -0.35 Z = -213.49	
Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: (kilogramos * milímetros cuadrados) Medido desde el centro de masa. Ix = (0.00, 0.02, 1.00) Px = 754.06 Iy = (0.99, 0.15, 0.00) Py = 32742.40 Iz = (-0.15, 0.99, -0.02) Pz = 32749.36	
Momentos de inercia: (kilogramos * milímetros cuadrados) Obtenidos en el centro de masa y alineados con el sistema de coordenadas de resultados. Lxx = 32742.40 Lxy = 2.34 Lxz = 72.48 Lyx = 2.34 Lyy = 32739.33 Lyz = 561.85 Lzx = 72.48 Lzy = 561.85 Lzz = 764.10	
Momentos de inercia: (kilogramos * milímetros cuadrados) Medido desde el sistema de coordenadas de salida. Ixx = 130665.91 Ixy = 2.38 Ixz = 97.84 Iyx = 2.38 Iyy = 130662.57 Iyz = 724.12 Izx = 97.84 Izy = 724.12 Izz = 764.37	

Fuente: Elaboración propia, Solidworks 2019

El momento torsionante T_x y el momento flector M_z

$$\sum M_x = 0 \quad T_x - F_z \cdot d_c = 0$$

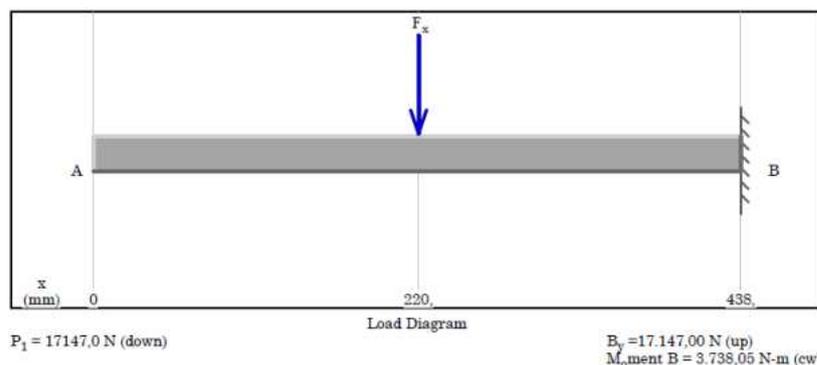
$$T_x = 9900N \cdot 20mm = 198[Nm]$$

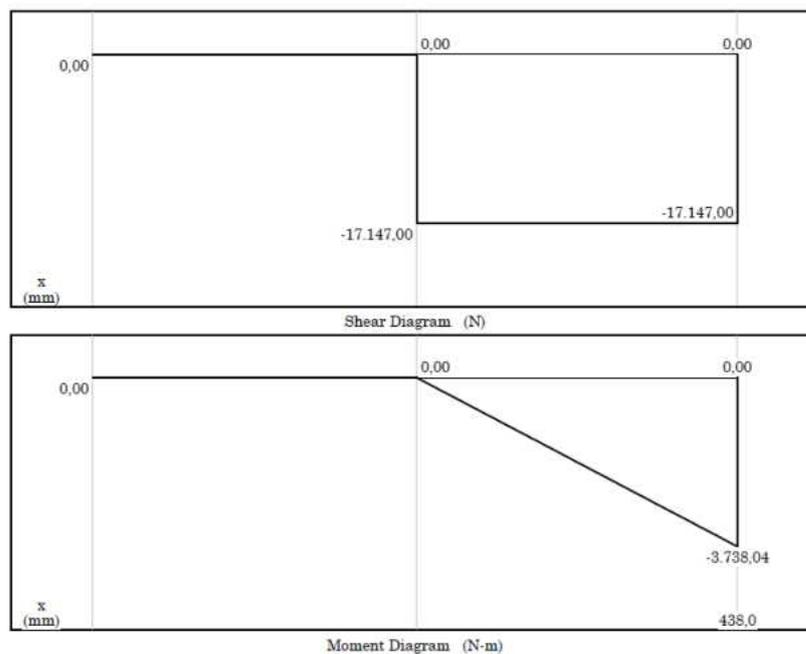
$$\sum M_x = 0 \quad M_x - F_y \cdot d_c = 0$$

$$M_x = 17147N \cdot 20mm = 343[Nm]$$

Los diagramas de fuerza cortante y momento flector para el plano xy se muestra en la figura y los diagramas correspondientes al plano yz aparecen en la figura.

Figura 3.55 Diagrama de fuerza cortante y momento flector en el plano XY





Fuente: Elaboración propia, Md Solids 4.0

La fuerza cortante máxima:

$$V_{max} = \sqrt{V_1^2 + V_2^2}$$

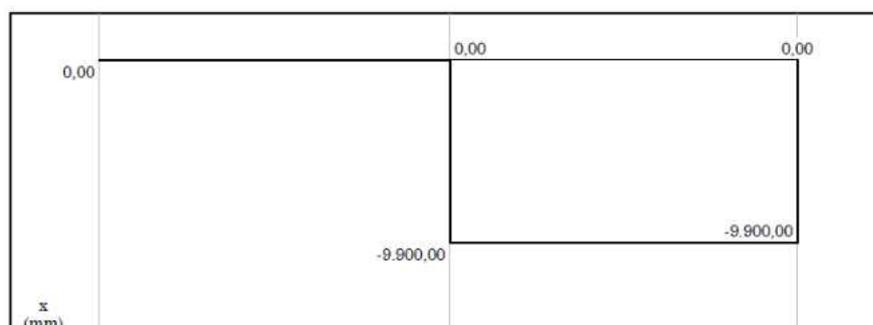
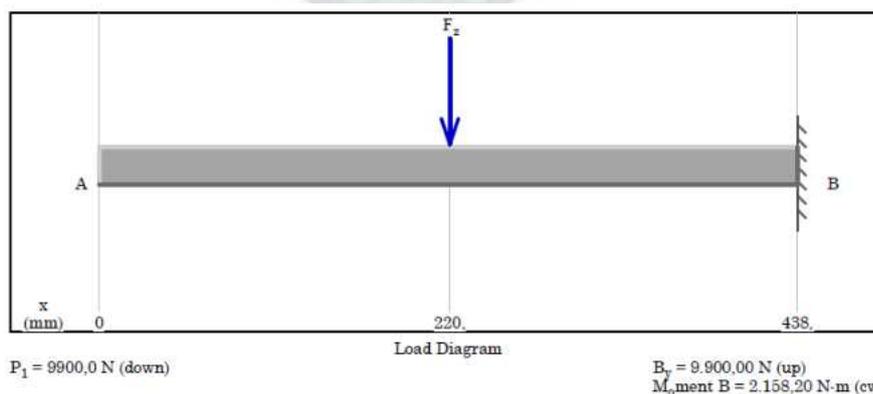
Donde: V_{max} : Fuerza cortante máxima [N]

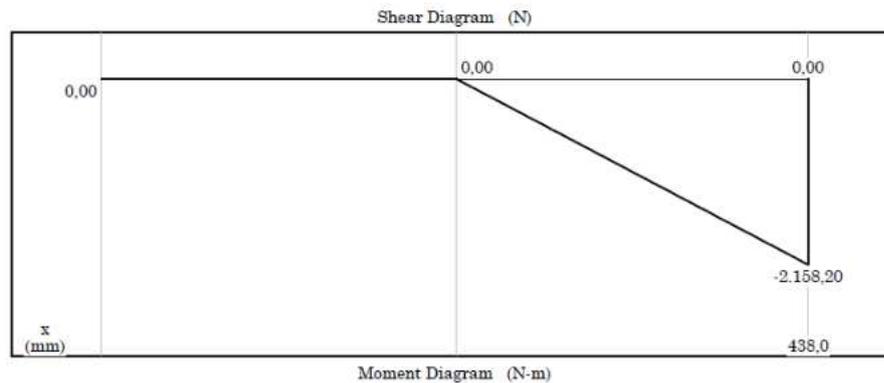
V_1 : Fuerza cortante del plano xy [N]

V_2 : Fuerza cortante máxima yz [N]

$$V_{max} = \sqrt{17147^2 + 9900^2} = 19799[N]$$

Figura 3.56 Diagrama de fuerza cortante y momento flector en el plano YZ





Fuente: Elaboración propia, Md Solids 4.0

A continuación, se obtiene el momento máximo similarmente:

$$M_{max} = \sqrt{M_z^2 + T_x^2}$$

Donde: M_{max} : Momento resultante máxima [N]

M_z : Momento flector alrededor del eje z [Nm]

T_x : Momento torsionante alrededor del eje x [Nm]

$$M_{m\acute{a}x} = \sqrt{(-3738)^2 + (-2158)^2} = 4316[Nm]$$

La sección crítica del lóbulo se da al momento de impulsar el lóbulo posterior, contra la membrana cobertora, es decir cuando interactúe con el elastómero, esas dimensiones presentan una inercia respecto a los ejes yz si lo vemos frontalmente, el cual tiene un valor de $724kg[mm]^2$, según lo calculado en solidworks.

Para el cálculo de esfuerzo normal por flexión se analiza como una viga en voladizo:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{m\acute{a}x} \cdot c}{I_{yz}}$$

El momento de inercia de la sección circular se halla de la siguiente forma:

$$I_{yz} = \frac{\pi d^4}{64}$$

Donde: $\sigma_{m\acute{a}x}$: Esfuerzo normal máximo [MPa]

$M_{m\acute{a}x}$: Momento flector máximo [Nm] c : Distancia al centro de masa de la sección

I_{yz} : Momento de inercia en el plano yz [mm]⁴ d : diametro del rotor

$$\sigma_{max} = \frac{4316[Nm] \cdot 15[mm]}{\frac{\pi(66mm)^4}{64}} = 69,5[MPa]$$

El esfuerzo cortante máximo en una sección tipo viga, se calcula como:

$$\tau_{max} = \frac{4V}{3A}$$

Donde: V : Fuerza cortante resultante máxima [N] A : Sección de cada lobulo [mm]²

$$\tau_{max} = \frac{4}{3} \frac{19800[N]}{\frac{\pi(66mm)^2}{4}} = 7,72 [MPa]$$

El rotor está sometido bajo un esfuerzo uniaxial, por tanto, el esfuerzo equivalente σ' se lo encuentra empleando la teoría de falla estática por energía de distorsión:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad (3.100)^{44}$$

$$\sigma' = \sqrt{69,5^2 + 7,72^2} = 69,9[MPa]$$

La mezcla de mortero al entrar en contacto con el elemento rotor de la bomba de cavidad progresiva, necesita ser resistente a la corrosión y debido a la complejidad de su forma se fabrica mediante fundición en arena, su material es el aluminio gris.

Las propiedades del acero son: $s_y = 310[MPa]$ y $s_{ult} = 520[MPa]$.

Entonces el factor de seguridad estático calculado es:

$$\eta_s = \frac{S_y}{\sigma'} \quad \eta_s = \frac{310MPa}{69.9MPa} \quad \eta_s = 4,4$$

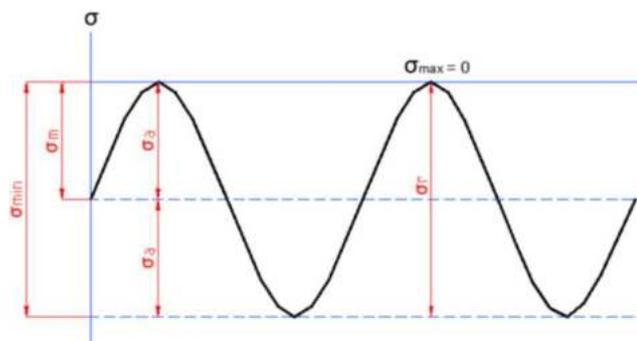
Esta magnitud proporciona un factor adicional de seguridad, con margen necesario al personal operario de poder pasar a la etapa de accionamiento de la bomba BCP⁴⁵.

3.4.18.1 Diseño dinámico del rotor de la Bomba

Cuando las hélices giran alrededor del eje es importante considerar los esfuerzos alternantes y brindar factores de seguridad confiables. Para este punto se analizan ambos lados en el rotor, se concluye que el lado crítico, es el que trabaja a compresión, ya que su factor de seguridad es menor al lado que trabaja a tracción.

El tipo de esfuerzo que actúa en la paleta es repetitivo a compresión, ver figura 3.57.

Figura 3.57 Esfuerzos alternantes sobre hélices del Transportador



Fuente: Tito Velastegui, Elementos de máquinas, 2da. Ed.

⁴⁴ Diseñode elementos de máquinas, Robert Mott, 4ta Ed.

⁴⁵ Bomba de cavidad progresiva

Los esfuerzos normales y cortantes, se dan de la siguiente forma:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} \quad (3.101)$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} \quad (3.102)$$

$$\tau_a = \frac{\tau_{max} - \tau_{min}}{2} \quad (3.103)$$

$$\tau_m = \frac{\tau_{max} + \tau_{min}}{2} \quad (3.104)$$

Donde: σ_a : Esfuerzo normal alternante [MPa] σ_m : Esfuerzo normal medio [MPa]

τ_a : Esfuerzo cortante alternante [MPa] τ_m : Esfuerzo cortante de amplitud [MPa]

El esfuerzo normal alternante empleando la ecuación 3.101:

$$\sigma_a = \frac{0 - (69,5)}{2} = 69,5 [MPa]$$

El esfuerzo normal medio utilizando la ecuación 3.102 es:

$$\sigma_m = \frac{0 + (69,5)}{2} = -69,5 [MPa]$$

El esfuerzo cortante alternante se considera nulo. $\tau_a = 0$

El esfuerzo cortante medio permanece constante y es:

$$\tau_m = \frac{\frac{4V}{3A} + 0}{2} = \frac{4V}{3A} = 7,72 [MPa]$$

Los esfuerzos de Von mises medio y alternante, para el caso de estado de esfuerzos uniaxiales se definen como:

$$\sigma_a' = \sqrt{\sigma_{xa}^2 + 3\tau_{xya}^2} \quad (3.105)$$

$$\sigma_a' = \sqrt{(69,5)^2 + 3(0)^2} = 69,5 [MPa]$$

$$\sigma_m' = \sqrt{\sigma_{xm}^2 + 3\tau_{xym}^2} \quad (3.106)$$

$$\sigma_m' = \sqrt{(-69,5)^2 + 3(7,72)^2} = 70,7 [MPa]$$

3.4.18.2 Factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga

El límite de resistencia a la fatiga de la hélice está definido por:

$$S_e = S_e' \cdot k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot k_f \quad (3.107)$$

Donde: S_e' : límite de resistencia a la fatiga de la probeta

k_a : Factor de superficie

k_b : Factor de tamaño

k_c : Factor de confiabilidad

k_d : Factor de corrección

k_e : Factor de concentración de esfuerzos k_f : Factor de efectos diversos

La relación entre el límite de resistencia a la fatiga y la resistencia última a tracción.

$$S_e' = 0,5 \cdot S_{ult} \quad (3.108)$$

Esta ecuación se cumple en caso de que : $S_{ult} < 200 [kpsi] \approx 1400[MPa]$, para nuestro caso el acero inoxidable tiene una resistencia última $S_{ult} = 568[MPa]$

$$S_e' = 0,5 \cdot 568 = 284[MPa]$$

3.4.18.2.1 Determinación de factor de superficie

El factor por acabado de superficie se obtiene de la figura 3.57:

Figura 3.58 Parámetros del factor de condición superficial de Marin

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{ult} kpsi	S_{ult} 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

Fuente: Diseño en Ingeniería Mecánica, Shigley Joseph

$$k_a = a \cdot S_{ult}^b \quad (3.109)$$

$$k_a = 4,51 \cdot (568)^{-0,265} = 0,839$$

3.4.18.2.2 Determinación de factor de tamaño

Figura 3.59 Parámetros del factor de tamaño

$k_b = \begin{cases}$	$(d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107}$	$0.11 \leq d \leq 2$ pulg
	$0.91d^{-0.157}$	$2 < d \leq 10$ pulg
	$(d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107}$	$2.79 \leq d \leq 51$ mm
	$1.51d^{-0.157}$	$51 < d \leq 254$ mm

Fuente: Diseño en Ingeniería Mecánica, Shigley Joseph

El diámetro del elemento eje es de $36mm$, por tanto se encuentra entre

$$k_b = \left(\frac{d}{7,62}\right)^b \quad (3.110)$$

$$k_b = 0,879 (d)^{-0,107} = 0,879 (36)^{-0,107} = 0,60$$

3.4.18.2.3 Determinación del factor de Confiabilidad

Los valores del factor de confiabilidad se presentan en la figura 3.60:

Figura 3.60 Parámetros del factor de Confiabilidad

Confiabilidad, %	Variación de transformación z_0	Factor de confiabilidad k_c
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

Fuente: Diseño en Ingeniería Mecánica, Shigley Joseph

Se asume una confiabilidad del 95% por tanto: $k_c = 0,897$

3.4.18.2.4 Determinación del factor de temperatura

Siempre y cuando la temperatura de funcionamiento supere los 450°C, se corrige el límite a la fatiga, en el caso la temperatura de operación está por debajo de la temperatura crítica, entonces: $k_d = 1,0$

3.4.18.2.5 Factor de concentración de esfuerzos y sensibilidad

Cuando los elementos presentan agujeros, ranura, cambio de sección, muescas u otras discontinuidades, este factor va tener influencia, su ecuación es:

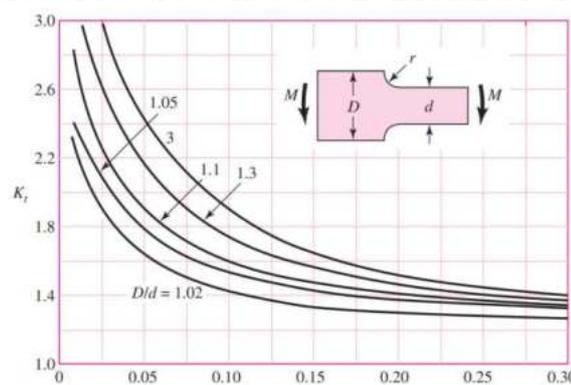
$$k_e = \frac{1}{K_f} \quad (3.111)$$

Donde: K_f : Factor de concentración de esfuerzos por fatiga

$$K_f = 1 + q(K_t - 1) \quad (3.112)$$

Además, q es el valor de sensibilidad a las ranuras y K_t es el factor de concentración de esfuerzos teórico o geométrico.

Figura 3.61 Factores teóricos de concentración del esfuerzo



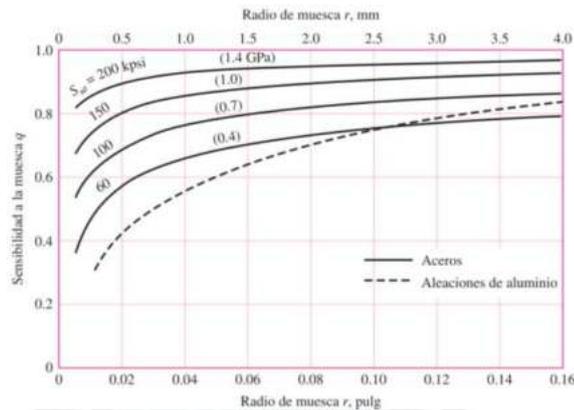
Fuente: Diseño en Ingeniería Mecánica, Shigley Joseph

La relación $D/d = 35/20 = 1,75$, ver plano de tornillo sin fin en anexos, la ranura r tiene una aproximación de 6,30 mm, de esta manera la relación r/d , resulta:

$$r/d = 6,3/20 = 0,315 \quad \text{Como consecuencia: } K_t = 1,4$$

En la siguiente figura para hallar el valor de sensibilidad a las ranuras se intersecta radio de ranura $r = 6,30\text{mm}$ y el $S_{ult} = 568[\text{MPa}]$ para aceros inoxidables.

Figura 3.62 Sensibilidad a la muesca



Fuente: Diseño en Ingeniería Mecánica, Shigley Joseph

Haciendo la intersección de valores citados anteriormente el valor de sensibilidad a la muesca es: $q = 0,83$. Entonces el factor de concentración de esfuerzos es:

$$k_e = \frac{1}{1 + 0,83(1,4 - 1)} \quad k_e = 0,75$$

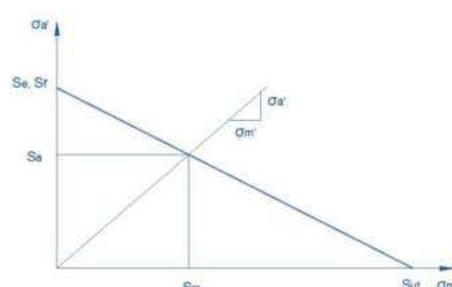
3.4.18.2.6 Determinación de efectos diversos

Efectos como la corrosión, el recubrimiento, los residuos permanentes y otros no se especifican detalladamente, debido a esto para una mejor aproximación se toma en cuenta que $k_f = 1$. Conociendo los valores de todos los factores modificativos, se procede a mostrar el cálculo de límite de resistencia a la fatiga del elemento.

$$S_e = S_e' \cdot k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot k_f = 284 \cdot 0,839 \cdot 0,60 \cdot 0,897 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 1,0 = 96,6[\text{MPa}]$$

El diagrama de la línea modificada de Goodman, permite comprender la línea de esfuerzos, para el cálculo del esfuerzo normal medio.

Figura 3.63 Línea de Goodman modificada



Fuente: Tito Velastegui, Elementos de máquinas, 2da. Ed.

$$S_m = \frac{S_e}{\left(\frac{\sigma_a'}{\sigma_m'}\right) + \left(\frac{S_e}{S_{ult}}\right)} \quad (3.113)^{46}$$

S_m : Límite de fluencia medio [MPa] σ_a' : Esfuerzo normal alternante modificado [MPa]

σ_m' : Esfuerzo normal medio modificado [MPa]

S_e : Límite de fatiga [MPa]

S_{ult} : Límite de resistencia última a la tensión [MPa]

$$S_m = \frac{96,6}{\left(\frac{69,5}{70,7}\right) + \left(\frac{93}{568}\right)} = 84,2[\text{MPa}]$$

Según la teoría de falla a la fatiga de la línea modificada de Goodman, el factor de seguridad dinámico está dado por:

$$\eta_d = \frac{S_m}{\sigma_m'} = \frac{84,2}{70,7} = 1,2$$

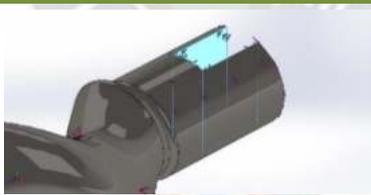
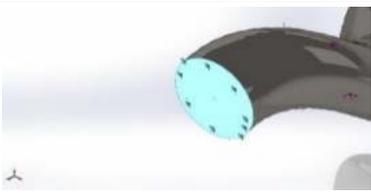
Dónde: η_d : Factor de seguridad dinámico

El valor del factor de seguridad es moderado.

3.4.18.1 Análisis de Cargas y Esfuerzos

Las reacciones presentes en el rotor de la bomba de lóbulos progresivos son:

Tabla 3.58 Reacciones y momentos en rotor de la bomba B.C.P.

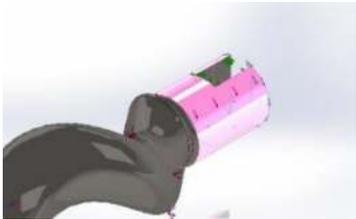
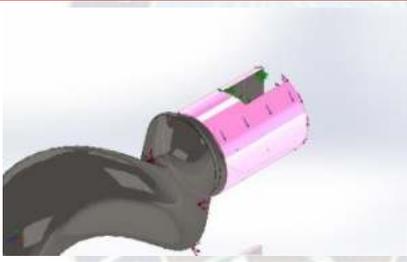
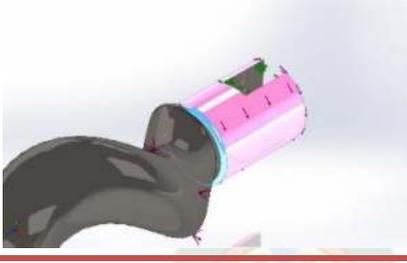
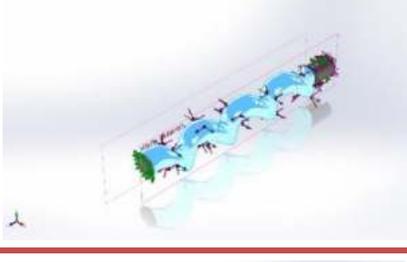
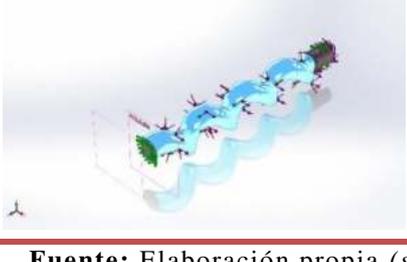
Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción			
Fijo-1		Entidades: 3 cara(s) Tipo: Geometría fija			
Fuerzas resultantes					
Componentes		X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)		-4 299,37	4 630,05	-1 516,48	6 497,82
Momento de reacción(N.m)		0	0	0	0
Fijo-2		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija			
Fuerzas resultantes					
Componentes		X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)		-2 936,68	35,0407	-4 147,36	5 081,92
Momento de reacción(N.m)		0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

⁴⁶ Tito Velastegui, Elementos de máquinas, 2da. Ed. Pág. 48

3.4.18.1.1 Simulación de Cargas en Bomba de cavidad progresiva

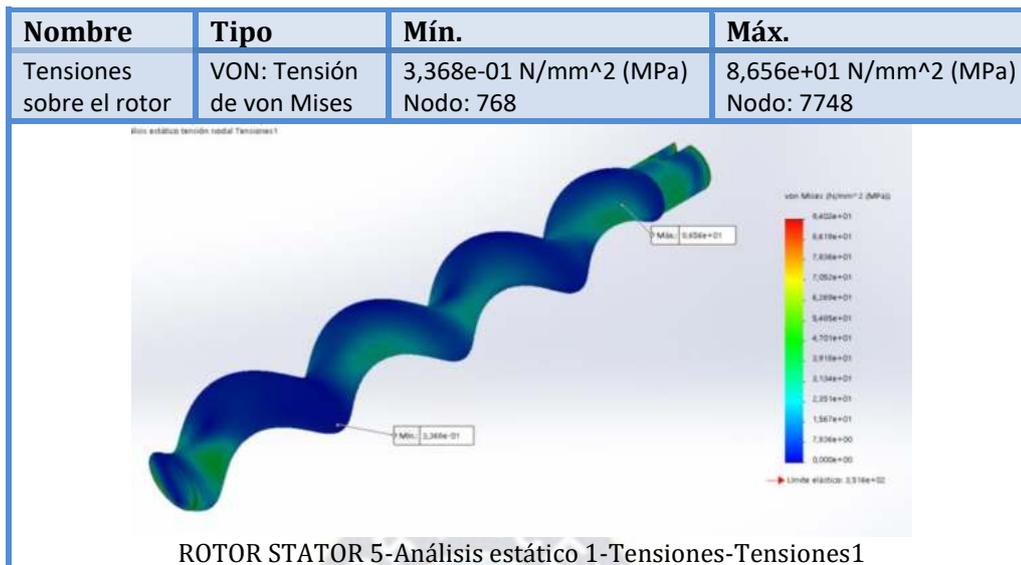
Tabla 3.59 Transmisión de cargas en rotor de la bomba B.C.P.

Nombre de carga	Cargas sobre rotor de la bomba	Detalles de carga
Torsión-1		<p>Entidades: 2 cara(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar momento torsor Valor: 100 N.m</p>
Presión-1		<p>Entidades: 1 cara(s) Tipo: Normal a cara seleccionada Valor: 1,2e+06 Unidades: N/m^2 Ángulo de fase: 0 Unidades: deg</p>
Torsión-2		<p>Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar momento torsor Valor: 10 N.m</p>
Torsión-3		<p>Entidades: 1 cara(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar momento torsor Valor: 143 N.m</p>
Fuerza-1		<p>Entidades: 1 cara(s), 1 plano(s) Referencia: Vista lateral Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---; ---; 5.500 N</p>
Fuerza-2		<p>Entidades: 1 cara(s), 1 plano(s) Referencia: Alzado Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---; ---; 5.600 N</p>

Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

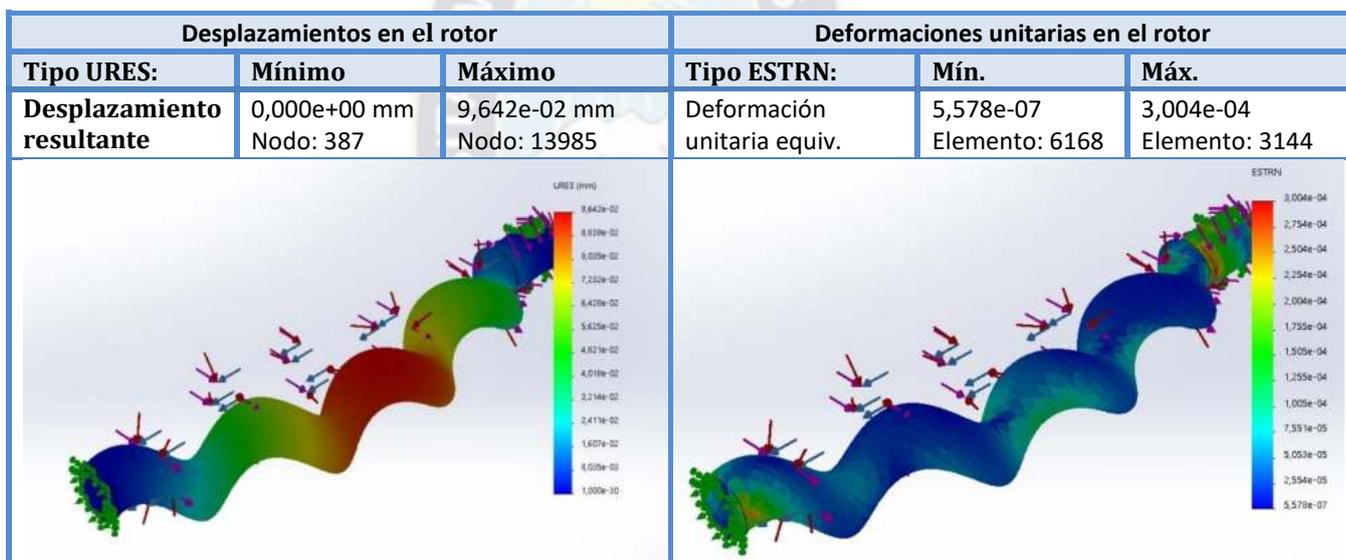
3.4.18.1.2 Simulación Esfuerzo y factor de seguridad en bomba B.C.P.

Tabla 3.60 Esfuerzos presentes en rotor de la bomba B.C.P.



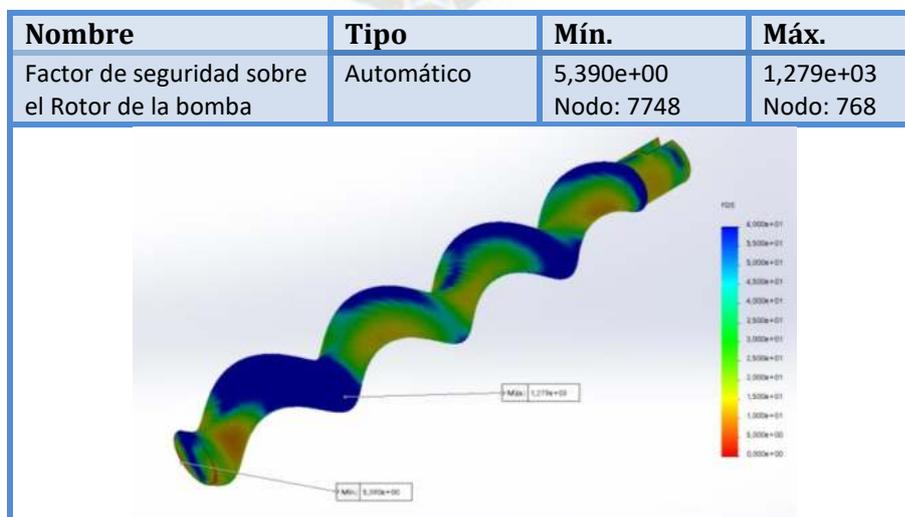
Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

Tabla 3.61 Desplazamientos, deformaciones posibles en rotor de la bomba B.C.P.



Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

Tabla 3.62 Factor de seguridad presente en la bomba B.C.P.



Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

3.4.19 Diseño de soporte intermedio para anclaje de tornillo helicoidal

Para el diseño del soporte intermedio mostrada en la figura, y con $S_y = 25.48 \frac{kg_f}{mm^2}$

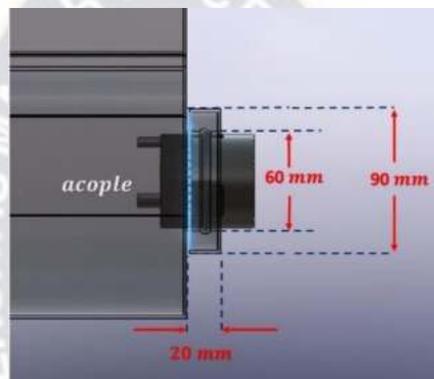
$$\sigma = \frac{S_y}{n} \quad (3.114) \qquad \tau = \frac{S_y}{2n} \quad (3.115)$$

$$\sigma = \frac{S_y}{n} = \frac{25.48}{3} = 8.5 \left[\frac{kg_f}{mm^2} \right] \qquad \tau = \frac{S_y}{2n} = \frac{25.48}{2 \times 1.8} = 7.1 \left[\frac{kg_f}{mm^2} \right]$$

3.4.19.1 Dimensiones del buje y el acoplamiento

El buje y el acoplamiento se dimensionaron con un diámetro de $60[mm] \pm 5$, para poder ensamblarse y permitir la transmisión entre el motor y el tornillo helicoidal.

Figura 3.64 dimensionamiento de buje y acople



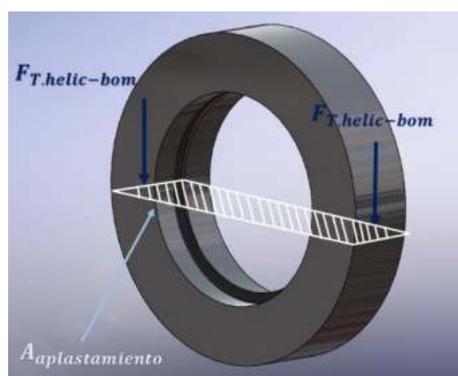
Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

El elemento está sujeto a una fuerza aplicada de tracción con magnitud de 3,5 kgf, 0,535 , 0,55 , 0,51 [kg_f] (fuerza debida al peso del tornillo helicoidal, los acoples y el rotor de cavidad progresiva), además del peso de la tolva de almacenaje que es de 26,6 [kg]; el elemento está dimensionado para soportar las siguientes tensiones:

3.4.19.1.1 Tensión cortante (en el acople)

$$\tau_{cortante} = \frac{F_{sop}}{A_{corte}} = \frac{F_{sop}}{\pi R^2} = \frac{5,1 + 26,6}{\pi \cdot 30^2} \qquad \tau_{cortante} = \frac{31,1}{\pi \times 30^2} = 0,01 \left[\frac{kg_f}{mm^2} \right]$$

Figura 3.65 Fuerza cortante sobre buje de la tolva



Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

3.4.19.1.2 Tensión de aplastamiento (sección proyectada del pasador)

$$\sigma_{Aplastamiento} = \frac{F_{sop}}{A_{Aplastamiento}} \quad (3.116) \quad \sigma_{Aplastamiento} = \frac{F_{sop}}{90 \cdot e}$$

De donde se obtiene el espesor medio del soporte:

$$e = \frac{F_{sop}}{90 \cdot \sigma_{Aplastamiento}} = \frac{31,1}{90 \times 8,5} = 0,024 [mm]$$

3.4.19.1.3 Tensión cortante (en el acople del tornillo helicoidal)

$$\tau_{cortante} = \frac{F_{sop}}{A_{corte}} = \frac{F_{sop}}{2\pi R} = \frac{10,5}{2\pi \cdot r}$$

Esfuerzo de tracción de la sección neta (sección del acople del tornillo helicoidal):

$$\sigma_{Neto} = \frac{F_{sop}}{A_{Neto}} = \frac{F_{sop}}{2A} = \frac{F_{sop}}{2 \times (20 \times 30) \times e} = \frac{F_{sop}}{29,8 \times e}$$

Luego es posible obtener el espesor que debe tener el soporte:

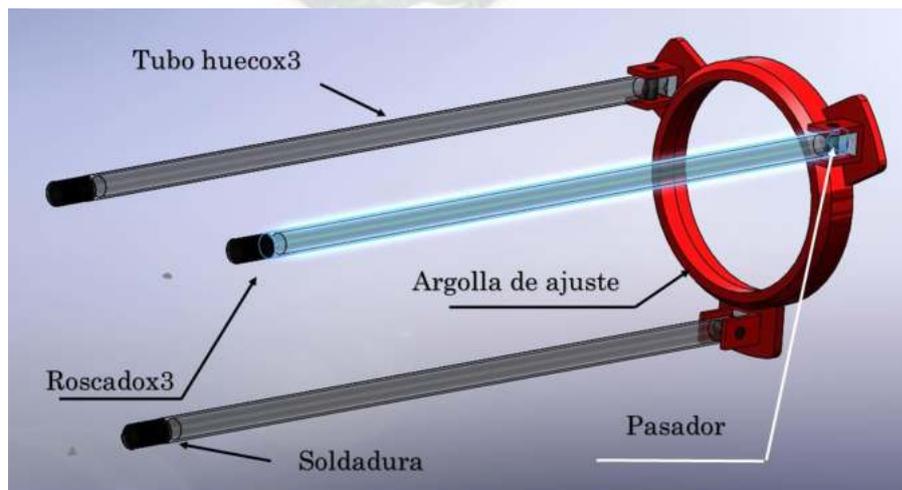
$$e = \frac{F_{sop}}{29,8 \times \sigma_{Neto}} = \frac{31,1}{29,8 \times 8,5} = 3,05 [mm]$$

Posterior a los cálculos realizados, se observa que el eje del tornillo que irá alojado en el ojo del soporte, es lo suficientemente robusto para resistir a la sollicitación.

$$\tau_{cortante} \leq \tau \quad 0,01 \left[\frac{kg_f}{mm^2} \right] \leq 7,1 \left[\frac{kg_f}{mm^2} \right]$$

3.4.20 Dimensionamiento de articulaciones de la bomba

Figura 3.66 Articulaciones soldadas a la argolla de ajuste



Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

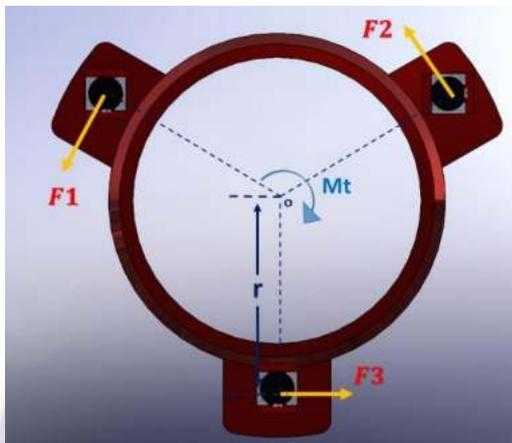
Como ya se calculó el momento torsor de una magnitud de $1429 [kg_f \cdot m]$, en la elección del eje, ahora se usará el mismo valor, para calcular el diámetro de los pernos y cuántos de ellos se necesita para resistir dicha sollicitación.

3.4.20.1 Dimensionamiento de articulaciones para ajuste de la bomba

A continuación, se realizará un análisis del diámetro a utilizar por las articulaciones de tubo hueco, en la siguiente figura se muestra el diagrama de cuerpo libre de la disposición.

$$M_t = 1071 \text{ [kg}_f \cdot \text{m]} = 1071000 \text{ [kg}_f \cdot \text{mm]}$$

Figura 3.67 DCL disposición de articulaciones y sujeciones roscadas



Fuente: Elaboración propia, solid 2019

$$r_1 = \sqrt{(67.5)^2 + (67.5)^2} = 95.46 \text{ mm} \quad (3.117)$$

$$\sum M_0 = 0 \quad F_1 r_1 + F_2 r_2 + F_3 r_3 - M_t = 0 \quad (3.118)$$

Como las fuerzas y distancias son iguales por la simetría la ecuación (3.118) se convierte en:

$$Fr + Fr + Fr = M_t \quad (3.119)$$

$$3Fr = M_t$$

Ahora despejando la fuerza:

$$F = \frac{M_t}{3r} \quad (3.120)$$

$$F = \frac{1071000}{3 \cdot 95.46} = 3739,78 \text{ kg}_f$$

Por el criterio de la cortante de la ecuación 3.27 se tiene:

$$\tau = \frac{F}{A} < \frac{S_y'}{n}$$

Para un acero A36 $S_y = 25,48 \frac{\text{kg}_f}{\text{mm}^2}$, con un factor seguro $n=2$, y ecuación 3.27:

$$S_y' = \frac{S_y}{2}$$

Ahora de las dos últimas expresiones se tiene:

$$\frac{F}{A} < \frac{S_y}{2n}$$

Además el área es:

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

Combinando las últimas ecuaciones se tiene la ecuación 3.121:

$$\frac{4F}{\pi d^2} < \frac{S_y}{2n} \quad (3.121)$$

Despejando el diámetro necesario del perno y reemplazando valores:

$$d = \sqrt{\frac{4 \times F \times 2 \times n}{\pi \times S_y}} \quad (3.122)$$

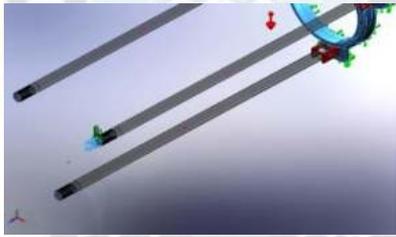
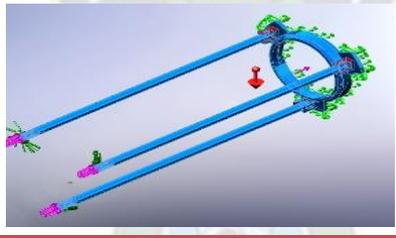
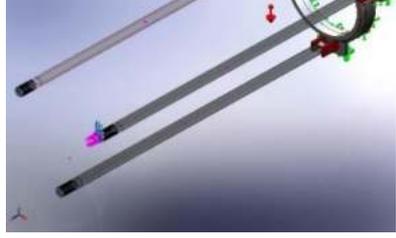
$$d = \sqrt{\frac{4 \times 3739,78 \times 2 \times 2}{\pi \times 25,48}} \quad d = 27.34 [mm]$$

El valor del diámetro normalizado es: 30 mm.

3.4.20.2 Análisis de cargas y esfuerzos en articulaciones de B.C.P.

3.4.20.2.1 Simulación de cargas en articulaciones y argolla de sujeción

Tabla 3.63 Cargas transmitidas sobre el Recipiente

Nombre de carga	Carga de las articulaciones de ajuste	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 3 cara(s), 1 Sólido(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 80 N
Gravedad-1		Referencia: Planta Valores: 0 0 -9,775 Unidades: m/s^2
Torsión-1		Entidades: 3 cara(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar momento torsor Valor: 50 N.m

Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

3.4.20.2.2 Fuerzas de reacción

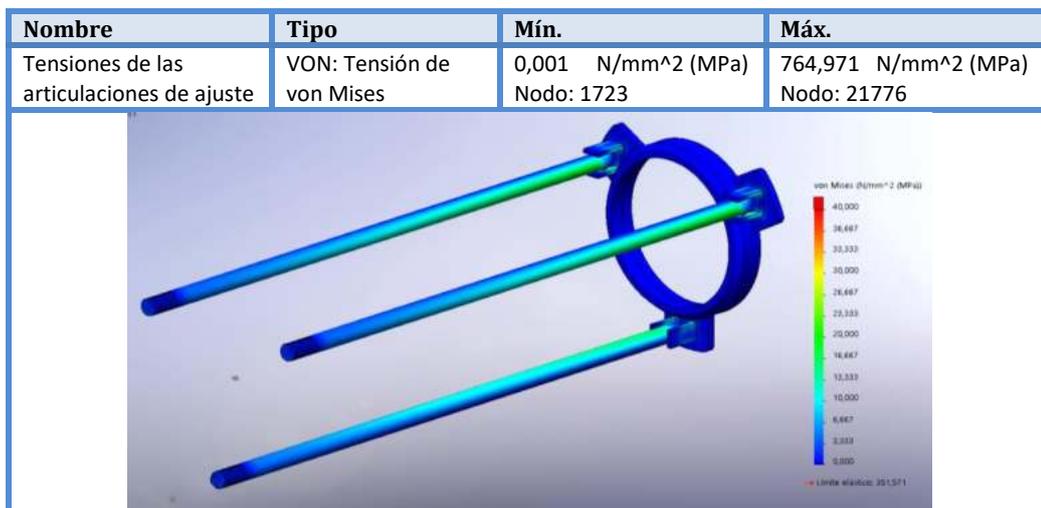
Tabla 3.64 Reacciones sobre el buje y el pasador

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	70,5495	-13,9946	239,422	249,992

Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

3.4.20.2.3 Tensiones presentes en las articulaciones de sujeción

Tabla 3.65 Tensiones en las articulaciones y argolla de sujeción



Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

Tabla 3.66 Desplazamientos de las articulaciones y argolla de sujeción

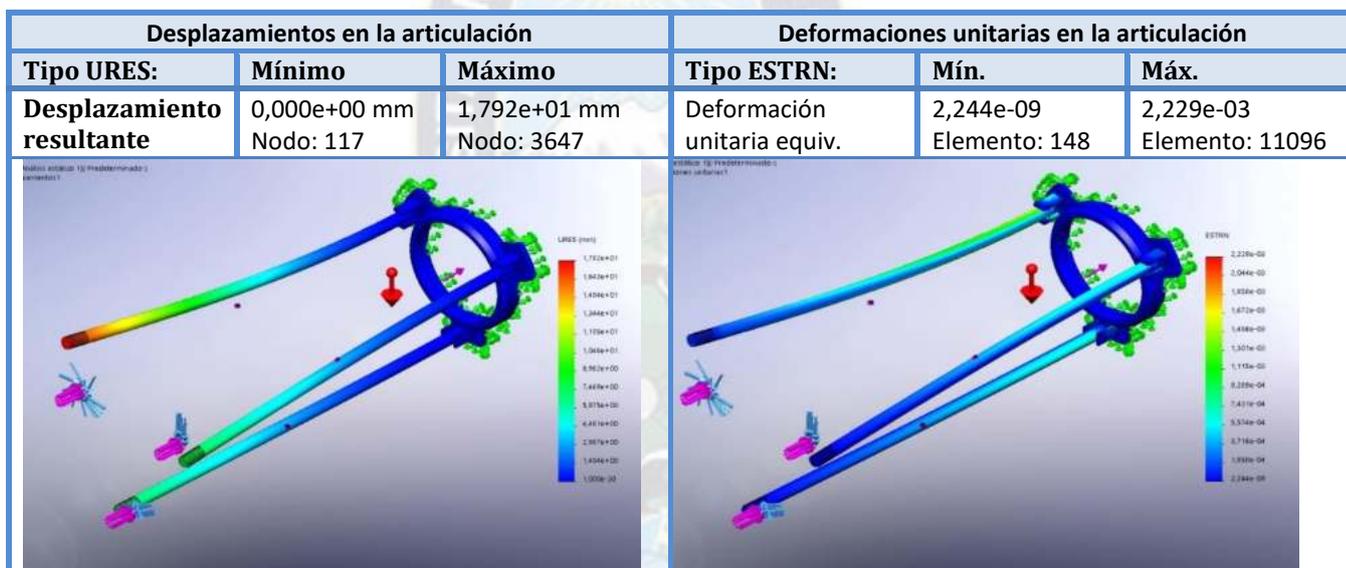
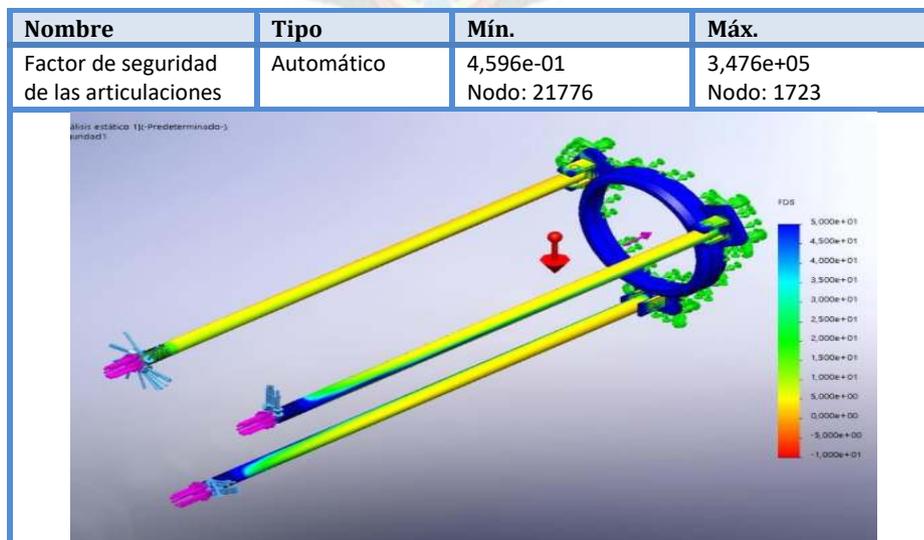


Tabla 3.67 Factor de seguridad sobre las articulaciones y argolla de sujeción



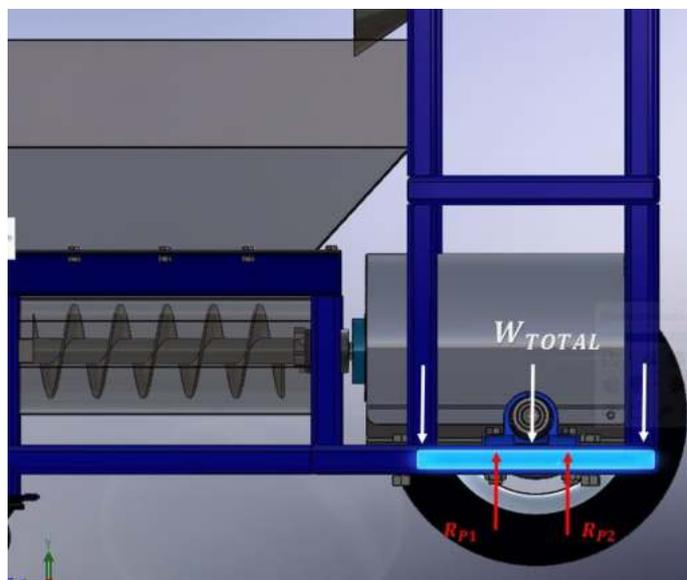
Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

3.4.21 Diseño de pasadores superiores e inferiores de la estructura

Por simetría y viendo la parte lateral de la máquina, la carga:

$$\frac{W_{total\ plataforma\ sup.\ final}}{2} = 1916\ kg_f$$

Figura 3.68 Análisis Estático Estructura Inferior



Fuente: Elaboración propia, Solidworks 2019

Por lo tanto $191,6\ [kg_f]$ se reparte equitativamente entre los dos pasadores

$$\sum F_y = 0 \quad R_{p1} = R_{p2} = W_{total} = \frac{195,0}{2} = 97,5\ kg_f$$

Por el criterio de la cortante:

$$\tau = \frac{W_{total}}{A} < \frac{S_y'}{n} \quad (3.123)$$

Para un acero A36 $S_y = 25,48\ \left[\frac{kg_f}{mm^2}\right]$, con un factor de seguridad de $n=3$

$$S_y' = \frac{S_y}{3} \quad (3.124)$$

Ahora (3.123) en (3.122) se obtiene:

$$\frac{W_{total}}{A} < \frac{S_y}{3n}$$

Despejando el área:

$$A = \frac{3nW_{total}}{S_y} \quad (3.125)$$

$$A = \frac{2 \times 3 \times 97,5}{25,48/3} = 68,87\ mm^2 \quad A = 68,9\ mm^2$$

Como el área es circular es la ec. 3.125, el valor del diámetro normalizado será:

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 \quad (3.126)$$

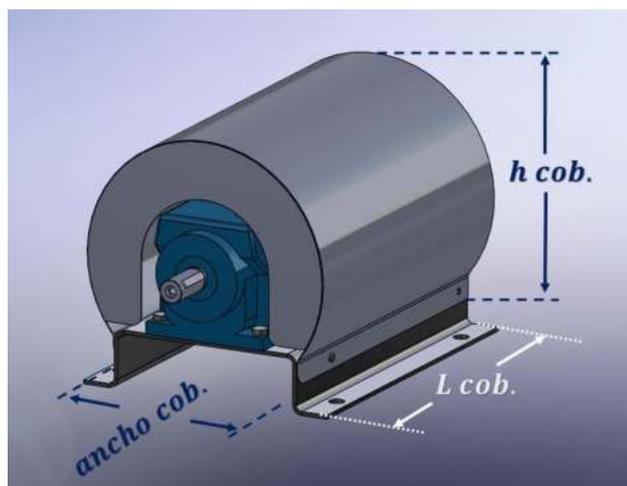
$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 33,83}{\pi}} = 9,36 \text{ mm} \quad d = 9,36 \text{ mm}$$

Se deberá tomar en cuenta que nuestra chumacera tiene un diámetro nominal de 1/2 pulgada en sus sujeciones de este modo el diámetro normalizado es 12,54mm.

3.4.22 Diseño de cubiertas

En la figura 3.69 se observa la cubierta del sistema de transmisión de la bomba.

Figura 3.69 Análisis geométrico de la cubierta



Fuente: Elaboración propia (Solidworks 2019)

Las cubiertas protegen el motor inferior de la máquina, están colocados en la estructura principal. Estas cubiertas están fabricadas de plancha metálica de 1 [mm] de espesor, plegable y las dimensiones son de acuerdo con el tamaño del motor de la máquina, la ventaja de tener un cobertor es que el motor no se encuentre en contacto con desperdicios de mortero y alarga la vida útil del mismo.

En la tabla 3.68, se detallan las dimensiones de las cubiertas.

Tabla 3.68 Dimensiones de las cubiertas

Dimensiones [mm]	Designación	Cubierta de motoreductor 2
Ancho cobertor	A.cob.	200,0mm
Largo del cobertor	L.cob.	360,0mm
Altura de cobertor	h.cob.	250,0mm

Fuente: Elaboración propia

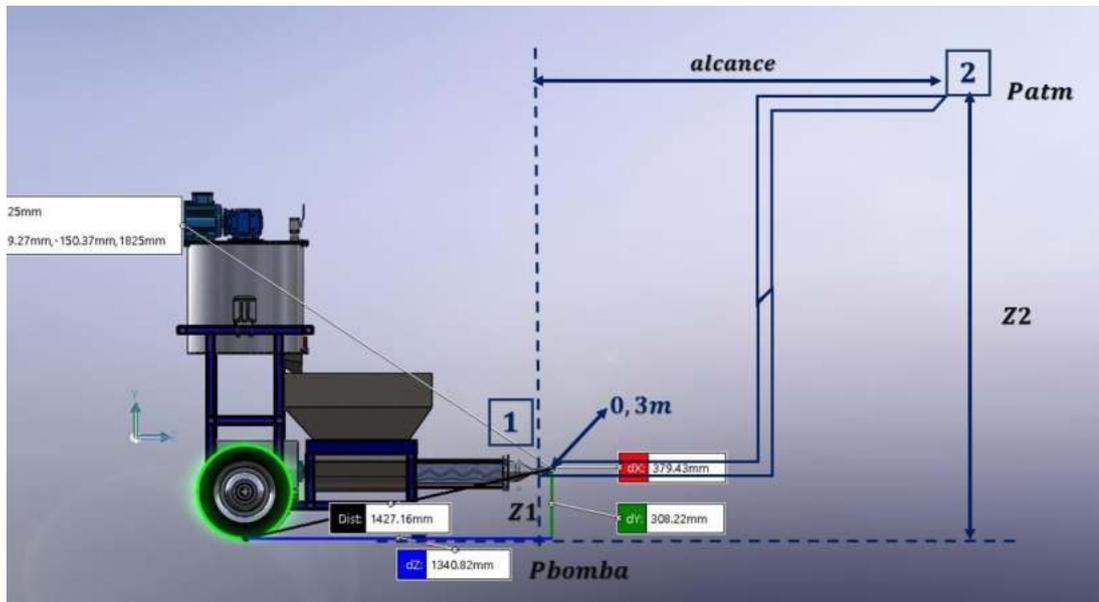
3.5 Análisis hidráulico

3.5.1 Altura y alcance de la proyección de mortero

Para estimar el alcance en desplazamiento del mortero a proyectar, se determinó anteriormente la presión inicial que suministra la bomba de cavidad progresiva,

también se conoce la presión de salida más conocida como la presión atmosférica, Un dato de referencia es que la velocidad permanece constante ya que no hay cambios de sección en la manguera tanto en la entrada como en la salida, consecuentemente el caudal es el mismo tanto en la salida de la bomba como en la descarga de mortero.

Figura 3.70 Análisis hidráulico de la Revocadora



Fuente: Elaboración propia (solidworks 2019)

El alcance horizontal está en función de la longitud de la manguera disponible, que es de 15 metros, sin embargo, la altura está en función de la ecuación de Bernoulli, entonces para determinar el alcance vertical se procede de la siguiente forma:

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{1}{2} \frac{v_1^2}{g} - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{1}{2} \frac{v_2^2}{g} \quad (3.127)$$

P_1 : Presión hacia la salida de la bomba [Pa] Z_1 : Altura desde el suelo hacia la salida de bomba [m]

v_1 : Velocidad en la salida de la bomba [m/s] h_L : Pérdidas en la manguera [m]

P_2 : presión hacia la descarga en la manguera [Pa]

Z_2 : Altura desde el suelo hacia la descarga del mortero [m]

v_2 : Velocidad en la la descarga de la manguera [m/s]

La sección transversal por donde circula el mortero mojado permanece constante, el caudal calculado es el mismo en la salida de la bomba y en la pistola proyectora.

$$Q_1 = 15,39 \left[\frac{\text{lbs}}{\text{min}} \right] \cdot \frac{1 \text{m}^3}{1000 \text{l}} \cdot \frac{1 \text{min}}{60 \text{s}} = 0,256 \times 10^{-3} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$$

El diámetro interior de la manguera es 1,5 pulgadas.

$$A_2 = \frac{\pi}{4} D^2 = \frac{\pi}{4} \left(1,5 \frac{2,54 \text{ cm}}{1 \text{ pulg}} \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \right)^2 = 1,14 \times 10^{-3} [\text{m}^2]$$

$$v_1 = \frac{Q_1}{A_1} = v_2 = \frac{Q_2}{A_2} = \frac{0,256 \times 10^{-3}}{1,14 \times 10^{-3}} = 0,224 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

La velocidad es un parámetro necesario para estimar las pérdidas.

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 \quad Z_2 = \frac{P_1}{\gamma} - \frac{P_2}{\gamma} + Z_1 - h_L$$

La presión de la bomba calculada anteriormente es de:

$$P_1 = 5,67 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right] = 556,037 [\text{kPa}]$$

$$Z_2 = \frac{P_1 - P_2}{\rho g} + Z_1 - h_L$$

3.5.1.1 Pérdidas en la manguera

Puesto que el flujo laminar se produce a altas viscosidades y a bajas velocidades las mayores pérdidas de carga se deben a fricciones entre las capas de fluido. Se puede encontrar una relación entre la pérdida de carga y las características del tuyo mediante la ecuación de Hagen Poiseuille:

$$h_L = \frac{32 \cdot \mu_m \cdot L \cdot v}{\gamma \cdot D^2} \quad (3.128)$$

h_L : Pérdida de energía debido a la fricción μ_m : viscosidad de mortero [$\text{Pa} \cdot \text{s}$]

L : longitud de la corriente de flujo [m] v : Velocidad promedio del flujo [m/s]

γ : Peso específico del fluido D : Diámetro Interno del conductor de flujo [m]

La viscosidad del mortero es aproximadamente $3,33 [\text{Pa} \cdot \text{s}]$.

$$h_L = \frac{32 \cdot 3,33 [\text{Pa} \cdot \text{s}] \cdot 4 [\text{m}] \cdot 0,224 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]}{2500 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \cdot 9,78 [\text{m/s}^2] \cdot (0,0381 \text{ m})^2} \quad h_L = 2,69 [\text{m}]$$

Se observa que la pérdida de carga no depende de las condiciones de superficie, únicamente se debe a pérdidas por fricción viscosa en el interior de fluido y el roce entre las paredes de la manguera.

Podemos ver de la figura 3.70 que la bomba está ubicada a 30cm superior al suelo.

$$Z_2 = \frac{556037 - 101325}{2140 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \cdot 9,775 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]} + 0,30 [\text{m}] - 2,69 [\text{m}]$$

$$Z_2 = 19,34 [\text{m}] \approx 20 [\text{m}]$$

3.5.2 Cálculos para la pistola de dispersión

Para lograr impulsar la mezcla de mortero eficientemente, se requiere de un

empuje de tipo neumático provocado por la presión en su interior, para que, sucediendo esto, pueda adherirse con fuerza a la superficie a revocar, por ende, es de interés conocer las especificaciones de consumo de aire y tamaño del tanque acumulador del sistema neumático.

Para el dimensionamiento de la cantidad de flujo másico en la pistola de dispersión, se analizará el dimensionamiento del compresor a usarse y de las boquillas de dispersión del cemento a revocar disponibles en el mercado.

3.5.3 Consumo de aire en la boquilla

En el proyecto de grado realizado por Chérrez⁴⁷, se empleará la fórmula 3.129.

Considerando que el compresor trabajará mayoritariamente en la ciudad de La Paz, donde factores como la presión debido a la altura y aspectos climáticos aclarando que la presión a 3650msnm es de 0.660 bar, los resultados se basan en los obtenidos dentro de la zona de La Paz.

$$\dot{Q} = \mu \cdot \left(\frac{P_a}{P_o}\right) \cdot A_{or} \cdot \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{1}{1,4-1}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot R \cdot T_a \cdot k}{k+1}} \quad (3.129)$$

Donde: \dot{Q} : Flujo de aire de la boquilla [l/s]

μ : Coeficiente de descarga (El coeficiente de descarga para la boquilla posee el valor de 0.9 descrito por Chérrez.)

P_a : Presión en la boquilla [bar] k : Constante isentrópica del aire

P_o : Presión exterior o del sitio en bar [bar], 495mmHG = 0,660bar

A_{or} : Área del orificio de la boquilla [m²]

R : Constante del gas aire (0,287x10³ J/kg · °K ó 287 m²/s² · °K)

T_a : Temperatura en el interior del tanque [15°C ambiente + 15°C compresor ≈ 303°K]

Los datos de R y k son obtenidos de tablas del texto de Cengel. La presión en la boquilla si se quiere revocar hasta la altura promedio de una persona.

$$P_1 = (z_2 + h_L) \cdot \gamma$$

$$P_1 = (1,7 + 2,5)[m] \cdot 2500 \left[\frac{kg}{m^3} \right] \cdot 9,775[m/s^2]$$

$$P_1 = 102,64[kPa] = 1,026[bar]$$

$$\dot{Q} = 0,9 \cdot \left(\frac{1,0264}{0,660}\right) \cdot \frac{\pi}{4} 0,035^2 [m^2] \cdot \left(\frac{2}{1,4+1}\right)^{\frac{1}{1,4-1}} \cdot \left(\frac{2 \cdot 287 \frac{m^2}{s^2 \cdot ^\circ K} \cdot 303^\circ K \cdot 1,4}{1,4+1}\right)^{0,5}$$

⁴⁷ M. H. Cherez Troya, "Rediseño del sistema de aire comprimido de la estación de bombeo- Faisanes del poliducto Esmeraldas," 2010.

$$\dot{Q} = 2,78 \times 10^{-3} \left[\frac{m^3}{s} \right] = 2,78 \left[\frac{l}{s} \right]$$

Obtenido el valor del consumo, se procede a realizar el cálculo de volumen corregido por altitud mediante la ecuación descrita:

$$\dot{Q}_{corr} = \frac{\dot{Q}}{\frac{P_o}{P} \sqrt{\frac{T}{T_o}}} \quad (3.130)$$

Donde: \dot{Q}_{corr} : Flujo de aire corregido P : Presión absoluta

T : Temperatura en condiciones a nivel del mar $\approx 17^\circ C$

P : Presión en condiciones a nivel del mar $\approx 1,013 \text{ bar}$

P_o : Presión absoluta del lugar (495 mmHg $\approx 0,660$)

T_o : Temperatura del lugar ($15^\circ C$)

$$\dot{Q}_{corr} = \frac{2,78 \left[\frac{l}{s} \right]}{\frac{0,660 \text{ bar}}{1,013 \text{ bar}} \sqrt{\frac{290^\circ K}{288^\circ K}}} = 4,25 \left[\frac{l}{s} \right]$$

Obtenido el flujo de aire demandado por la pistola neumática en el sector de la boquilla, se establece que este es el flujo ideal de aire demandado, consecuentemente, se debe determinar la siguiente proporcionalidad para conocer el flujo real según la siguiente ecuación:

$$\dot{Q}_T = \frac{\dot{Q}_{corr}}{\eta_v} \quad (3.131)$$

Donde: η_v : rendimiento volumétrico

El rendimiento volumétrico está conformado por el producto de 4 factores:

$$\eta_v = k_s \cdot k_p \cdot k_{Te} \cdot k_h \quad (3.132)$$

Donde: k_s : Factor de succión k_{Te} : Coeficiente de calentamiento del gas

k_p : Coeficiente de pérdidas en válvula de succión (se toma $k_p: 0,97$ según Cherez Troya)

k_h : Coeficiente de hermeticidad (se toma el valor $0,98$ según Cherez Troya)

El coeficiente de succión surge debido al coeficiente de holgura ε , el cual es de $0,12$ debido a la selección de compresores con válvula en el cabezal y la relación de compresión en la etapa (φ) es $8/4$ en base a las presiones obtenidas del compresor está dado por la siguiente ecuación:

$$k_s = 1 - \varepsilon \left[\varphi^{1/n} - 1 \right] \quad (3.133)$$

Donde: ε : coeficiente de holgura φ : Relación de compresión en la etapa

n : Coeficiente politrópico del aire $n = 1,4$

El coeficiente de calentamiento para el gas se genera por la convección que existe entre en las paredes de la fase de succión y del cilindro, está dada por la siguiente ecuación, la cual se relaciona con la compresión anteriormente mencionada.

$$k_{Te} = 1 - 0,025[\varphi - 1] \quad (3.134)$$

El coeficiente por hermeticidad se considera a causa de las fugas presentes en el sistema, las cuales afectan en la eficiencia volumétrica de la capacidad del compresor o por fugas parásitas, finalmente el coeficiente de pérdidas en la válvula de succión influye en la capacidad del compresor debido a la resistencia presente en las válvulas. Para determinar el consumo real, se proceded a resolver el rendimiento volumétrico y el coeficiente de calentamiento del gas será:

$$k_s = 1 - 0,12 \left[\left(\frac{8bar}{4bar} \right)^{1/1,4} - 1 \right] = 0,923$$

$$k_{Te} = 1 - 0,025 \left[\left(\frac{8bar}{4bar} \right) - 1 \right] = 0,975$$

Sustituyendo los valores calculados en la ecuación

$$\eta_v = 0,923 \cdot 0,97 \cdot 0,975 \cdot 0,98 = 0,855$$

Ahora se resuelve la ecuación 3.131 $\dot{Q}_T = \frac{4,25}{0,86} = 4,94 \left[\frac{l}{s} \right]$

3.5.4 Velocidad de proyección del mortero.

En el estudio de B. Lu et al. se realizaron pruebas para determinar una proyección pareja sin residuos de material dispersados al momento de que el chorro impacta la pared, Para ello se emplearon parámetros como la presión de aire de inyección, el radio de bombeo, la velocidad de salida en la boquilla y la distancia desde la boquilla hacia la pared a proyectar, consiguiendo un error del 9.92 % en sus análisis.

Conociendo los parámetros necesarios como la velocidad de salida del mortero, se puede obtener una proyección optima a una distancia adecuada mencionada por los autores. La variable conocida es la velocidad de proyección, ya que esta se puede modificar al cambiar el área de salida de la boquilla. Conociendo esta velocidad se escoge una velocidad de desplazamiento adecuada mediante los resultados de la proyección de B. Lu et al.[16].

Se menciona también que la distancia entre la boquilla y la pared no se analiza, ya que el correcto revoque solo depende de la velocidad lineal de traslación y del caudal de proyección.

Para calcular la velocidad de la boquilla, se utiliza la siguiente fórmula. Misma que utilizan B. Lu et al. [16] y es una variación de la ecuación considerando que el caudal

$$Q = A \cdot v$$

$$\dot{m} = \rho \cdot A \cdot v \quad (3.135)$$

Donde: \dot{m} : Flujo másico del mortero

ρ : Densidad del mortero i : factor de inclinación = 1 por ser °

A : Sección de la salida de la boquilla v : Velocidad lineal para la boquilla

Despejando la velocidad de la ecuación 3.135 se obtiene la siguiente expresión:

$$v = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A} = \frac{\rho \cdot Q \cdot i}{\rho \cdot A} = \frac{Q \cdot 1}{A}$$

$$v = \frac{15,39 \frac{l}{min} \cdot \frac{m^3}{1000l} \cdot \frac{1min}{60s}}{1,14 \times 10^{-3}} = 0,225 \left[\frac{m}{s} \right] \quad v = 22,50 [cm/s]$$

3.5.5 Dimensionamiento de la manguera

Para el dimensionamiento de la manguera se toma el máximo caudal que suministra la bomba que es de $15,39 \frac{l}{min}$. Para el cometido se utiliza la figura 3.70.

Figura 3.71 Selección de Manguera

- Selección de la manguera
La manguera debe ser seleccionada en base a la exigencia de su uso, en función a la presión de trabajo y en relación al caudal del fluido circulante.

Diám int manguera		Caudal nominal
Pulgadas	mm	l/min
3/16"	4,8	8
1/4"	6,3	15
3/8"	9,5	30
1/2"	12,7	40
3/4"	19	80
1"	25,4	135
1 1/4"	32	210
1 1/2"	38	315
2"	51	450

Fuente: Moro Hidráulica

Y se elige el de $1 \frac{1}{2}$ [pulg] de diámetro interno de manguera hidráulica, que puede admitir 10 bares de presión. El cual debe ajustarse a los distintos acoplamientos.

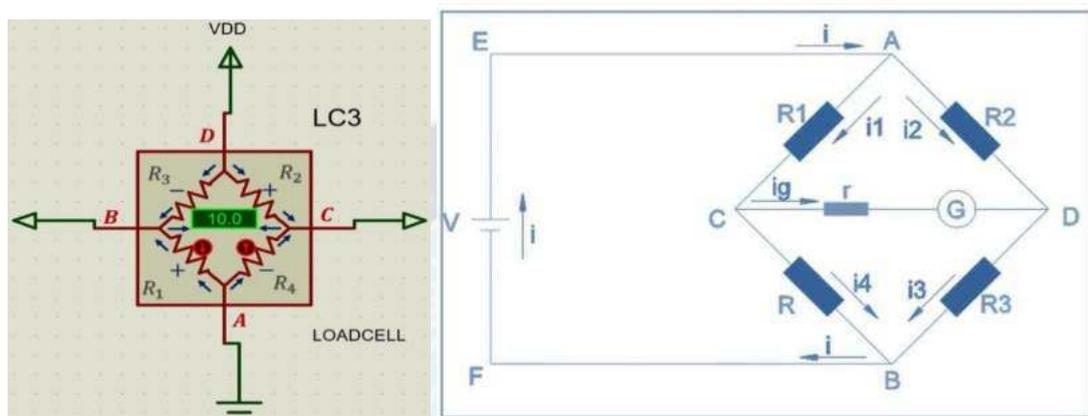
3.6 Parámetros y dimensionamiento del sistema de Pesaje

3.6.1 Conexión y características de la celda de Carga

La celda de carga, es de la marca FCB-A, debido a las vibraciones del sistema se busca un sistema de pesaje antivibratorio y este tipo de celda cumple la tarea.

Se debe aplicar el rango de alimentación especificado en la hoja del fabricante entre 5 a 15 voltios de alimentación en continua a las terminales de entrada (cables rojo y negro) de la celda de carga. Para determinar cuál es el voltaje máximo entregado por esta razón gracias al divisor de tensión que genera el puente de Wheatstone incorporado. Se obtiene una medida máxima de voltaje en la celda de carga, al estar alimentada con 6 voltios.

Figura 3.72 Análisis de puente de Wheatstone



Fuente: Laboratorio de instrumentación, UNAM

Del esquema de una celda de carga, las galgas extensiométricas representan la resistencia, un modo sencillo de comprobar la estabilidad del puente de Wheatstone es que cuando se mide el voltaje existente en AB se debe observar en el multímetro el valor de cero como voltaje de salida del puente. En cada punto del puente; además por la ley de Ohm el diferencial de tensión en cada lado es:

$$I_1 \cdot R_1: \text{Caída de Voltaje AB} \quad I_2 \cdot R_2: \text{Caída de Voltaje CD}$$

$$I_3 \cdot R_3: \text{Caída de Voltaje BD} \quad I_4 \cdot R_4: \text{Caída de Voltaje AC}$$

Una manera sencilla de comprobar la estabilidad del puente de Wheatstone es que cuando se mide el voltaje existente en AB se debe observar en el multímetro el valor de cero como voltaje de salida del puente (figura 3.72).

Según “El aprendizaje del puente de wheatstone como medidor de resistencia en corriente continua, Diego Barba Maggi” se escribe en forma matricial:

$$\begin{bmatrix} R & -(r + R_3) & R_3 \\ R + R_1 & R_1 & 0 \\ R_1 & R_1 + r & -R_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} i_4 \\ i_g \\ i_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ V \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$i_g = \frac{V(R_1 R_3 - R R_2)}{R R_1 R_2 + r R R_2 + r R_1 R_2 + R R_2 R_3 + R_1 R_2 R_3 + R R_1 R_3 + r R R_3 + r R_1 R_3}$$

Se realiza el análisis del modelo matemático estableciendo que $i_g = 0$ entonces

$$V(R_1R_3 - RR_2) = 0$$

$$RR_2 = R_1R_3 \quad (3.136)$$

Cuando $V_c = V_d$ se dice que el puente se encuentra en equilibrio. La sensibilidad del divisor de tensión es máxima cuando ambas resistencias son iguales, es decir $R_1 = R_2$ y $R_3 = R_4$. La operación depende de la deflexión del calibrador, los cuales generan un cambio de resistencia, que desbalancea el circuito, como resultado para una salida dada el voltaje de salida varía proporcionalmente, entonces el cambio de voltaje es leído mediante el módulo HX711.

3.6.2 Semiconductor HX711 para básculas de peso.

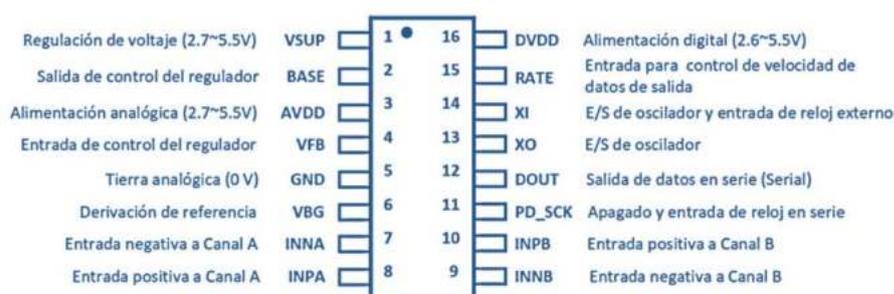
3.6.2.1 Librería <HX711.h>

Esta librería, también es un driver, es necesaria con el uso del circuito integrado, interactúa con el convertidor analógico a digital (ADC) de 24 bits.

La librería proporciona una función que reestablece la escala a 0. Muchas otras implementaciones calculan el peso base cuando el ADC se inicializa solamente. Proporciona una función para poner el ADC en un modo de bajo consumo.

Cuando el pin PD_SCK cambia de bajo a alto y se mantiene en alto durante más de 60 μ s, HX711 entra en el modo de apagado. Caso de uso: balanzas con batería. En consecuencia, hay una función para sacar el chip del modo de baja potencia.

Figura 3.73 Descripción de pines del amplificador HX711



Fuente: Datasheet hx711

Tiene una función que le permite establecer el factor de ganancia y seleccionar el canal. La misma función se usa para seleccionar el canal A o el canal B, pasando 128 o 64 para el canal A, o 32 para el canal B como el parámetro. El valor predeterminado es 128, que significa: canal A con un factor de ganancia de 128, por lo que uno simplemente puede llamar a `set_gain()`.

3.6.3 Selección del microcontrolador PIC16F876A

En el proyecto a instrumentar se requiere que el microcontrolador realice el

Esto nos indica que es requerido 1,5 mV por parte de la celda de carga para generar 1 voltio a la salida del acondicionador de señales en este caso el módulo HX711, permitiendo establecer los rangos de peso en la báscula digital.

Entonces el voltaje de salida es: $V_{sal} = 1,5 \text{ mV}/V \cdot 5[\text{volts}] = 7,5 [\text{mV}]$

Realizando una tabla de valores para una celda de 200[Kg].

Tabla 3.69 Estimación de sensibilidad

Peso de celda de carga [kg]	Tensión de Salida [volts]
200[kg]	7500[mV]
160[kg]	6000[mV]
120[kg]	4500[mV]
80[kg]	3000[mV]
40[kg]	1500[mV]
0[kg]	0[mV]

Fuente: Elaboración propia

En el programa Proteus se realiza la calibración colocando el peso de los 50 kg como nivel de cero en el sistema de pesaje y a partir de este valor se va agregando las dosificaciones en pesaje d cemento arena cal y agua.

Para más precisión en la vida real se modifica la parte del promedio. En la parte de calibración Establecemos el nivel de referencia que es la suma del peso del motor, su reductor y los componentes que incluyen la fabricación del sistema y la parte de voltaje es correspondiente al nivel de pesaje en kilogramos.

3.6.5 Calibración del sistema de pesaje

Los sensores de carga pueden tener variaciones y errores. Por lo tanto, se realizará una calibración precisa para relacionar los valores de lectura del ADC con las unidades de peso reales. La petición que marca el inicio de la adquisición y registro de valores obtenidos en la celda de carga, es amplificada mediante el HX711 a [mV]; estos valores deben ser adecuados a unidades conocidas. Como se ha mencionado, nuestra variable conocida es el peso, que rige el proceso de control; y se obtiene aplicando la siguiente ecuación:

$$Peso = (LCMC - Tara) \cdot \frac{KW}{LCKW - LCZW} \quad (3.138)$$

Dónde Peso: Representa el dato calculado a partir de la celda de carga [kg]

LCMC: dato obtenido de la celda de carga

Tara: dato obtenido de la celda de carga que se toma con cero o balanceo, incluyendo un peso o no

KW : es el peso conocido utilizado en la calibración [kg]

$LCSW$: dato obtenido de la celda de carga en calibración, sin incluir el peso

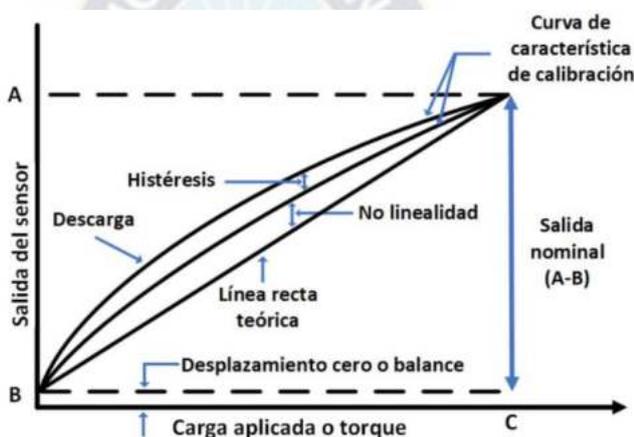
$LCKW$ dato del peso conocido obtenido en la celda descarga en la calibración

Es importante mencionar que el guardado de los pesos a partir de los datos obtenidos de la simulación de la celda de carga es totalmente independiente.

El sistema está preparado para que sea capaz de imprimir un mensaje en la pantalla LED mostrando el pesaje, en el cual se tiene como nivel de referencia el peso del motor, de su reductor y demás componentes, lo único que está pesando es la cantidad total de agregados para el mortero.

3.6.5.1 Curva de calibración para la celda de carga

Figura 3.75 Curva de calibración para la celda de carga



Fuente: Manual de celdas de Carga Rice LAKE

Para el proyecto se utilizan 3 pesos estándares para calibrar la celda de carga, estos pesos son 1 kg, 2 kg y 3 kg. considerando la medición sin carga. es importante mencionar que para obtener valores de cada peso se realiza un algoritmo que permite calcular n mediciones de cada peso (una cada 5 ms), las cuales al final son el promedio de ambas, por disponerse de 2 celdas de carga, en cada lado del recipiente, obteniendo un solo valor para cada peso conocido medido con la celda de carga.

3.6.5.2 Asignación de los pines Del control y la conexión física

Tabla 3.70 Tabla de conexiones físicas entre Celdas de Carga y pines del módulo HX711

Módulos/ componentes	Celda de Carga	Pin del módulo hx711		Alimentación o GND
Celdas de Carga a Módulo HX711	Rojo	1-Vsup	Regulación de voltaje	Valim=5 Voltios
		16-Vddd	Alimentación digital	
	Negro	Ninguna conexión mutua		GND

Blanco	7-INNA	Entrada negativa del canal A	Ninguna conexión mutua
Verde	8-INpA	Entrada positiva del canal A	Ninguna conexión mutua
Ninguna conexión mutua	14-Xi	E/S de oscilador y entrada de reloj externo	GND
Ninguna conexión mutua	15-Rate	Entrada para control de velocidad de datos de la salida	GND

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.71 Tabla de conexiones físicas entre HX711 y PIC16F876A- PIC16F88

Módulos/ componente	Pin del módulo hx711		Pin de PIC16F88 ó PIC16F876A		Alimentación o GND
Módulo HX711 a PIC16F876A- PIC16F88	-	-	(1) RA2/AN2/ VREF -CVREF	Entrada analógica puerto 2. Entrada de voltaje de referencia A/D (bajo). Entrada de referencia negativa del voltaje Convertidor A/D. Salida de referencia del voltaje convertidor	Led
	-	-	(4) RA5/ MCLR#/VPP	Entrada analógica puerto 5./ Reset maestro (pin de reinicio)/ Voltaje de entrada, programación.	Valim=5 Voltios
	-	-	(5)Vss	Referencia a tierra para pines lógicos y de E/S	GND
	(12) DOUT	Salida de datos serial (para celda 1)	(12) RB6 /AN5/PGC/T1OSO /T1CKI	Pin de E/S bidireccional puerto 6. /Canal 5 del convertidor A/D ./Depurador en circuito y pin de reloj de programación./Salida del oscilador del temporizador 1./Entrada de reloj externo Temporizador 1	-
	(13) XO	E/S del oscilador (para celda 1)	(13) RB7 /AN6/PGD/T1OSI	Pin de E/S bidireccional. /Pin de interrupción en el cambio./ Canal de entrada analógica 6./ Depurador en circuito y pin de datos de programación ICSP./ Entrada del oscilador del temporizador 1.	-
	(17) DOUT	Salida de datos serial (para celda 2)	(17)RA0/AN0	Pin de E/S bidireccional. Entrada analógica canal 0.	-
	(18) XO	E/S del oscilador (para celda 2)	(18) RA1/AN1	Pin de E/S bidireccional. Entrada analógica canal 1.	-

Fuente: Elaboración propia

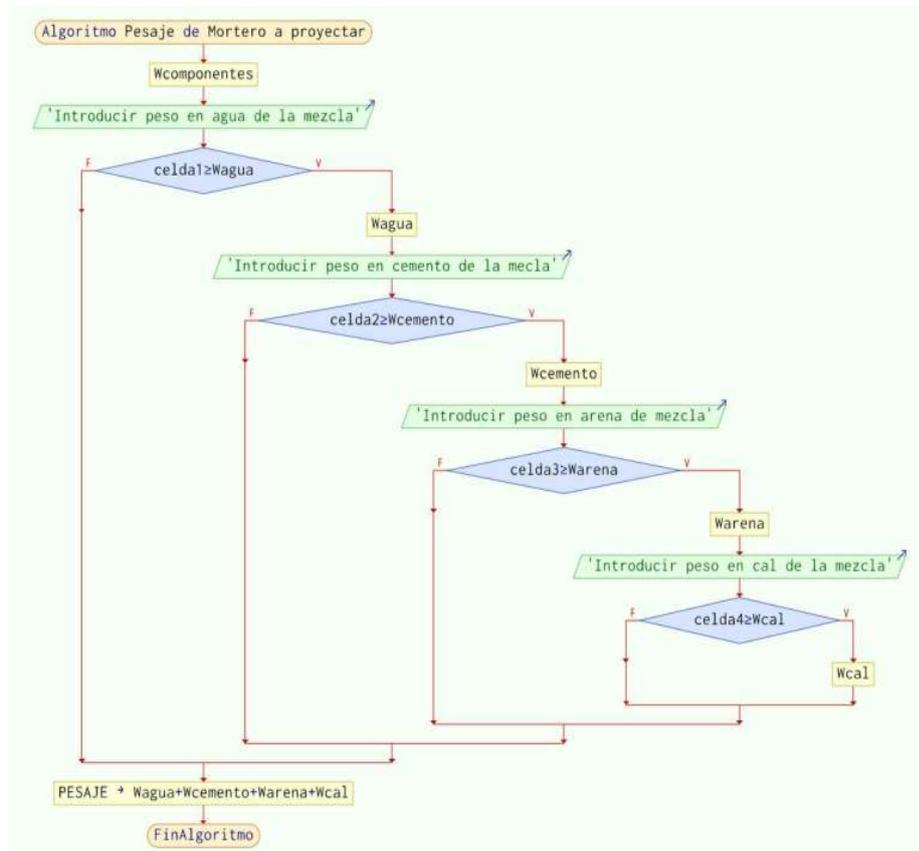
Tabla 3.72 Tabla de conexiones físicas entre PIC16F876A ó PIC16F88 Y LCD display

Módulos/ componente	Pin del PIC16F88		Pines del LCD Display		Aliment. o GND
Módulo HX711 a PIC16F876 A- PIC16F88	(21) RB0/INT	E/S de propósito general en el puerto B /Interrupción externa	(4) RST	Selección de Registro	-
	-	-	(5) R/W	Lectura/ Escritura	Tierra GND
	(22) RB1	E/S de propósito general en el puerto B	(6)E	Enable	-
	(23) RB2	E/S de propósito general en el puerto B	(11) D4	Data 4	-
	(24) RB3/PGM	E/S de propósito general en el puerto B /Habilita la programación del chip	(12) D5	Data 5	-
	(25) RB4	E/S de propósito general en el puerto B	(13) D6	Data 6	-
	(26) RB5	E/S de propósito general en el puerto B	(14) D7	Data 7	-

Fuente: Elaboración propia

3.6.6 Diagrama de flujo del proceso de mezcla

Figura 3.76 Diagrama de flujo de la secuencia a realizar para pesaje



Fuente: Elaboración propia, Pseint

3.6.7 Diseño del código a grabar en el Microcontrolador

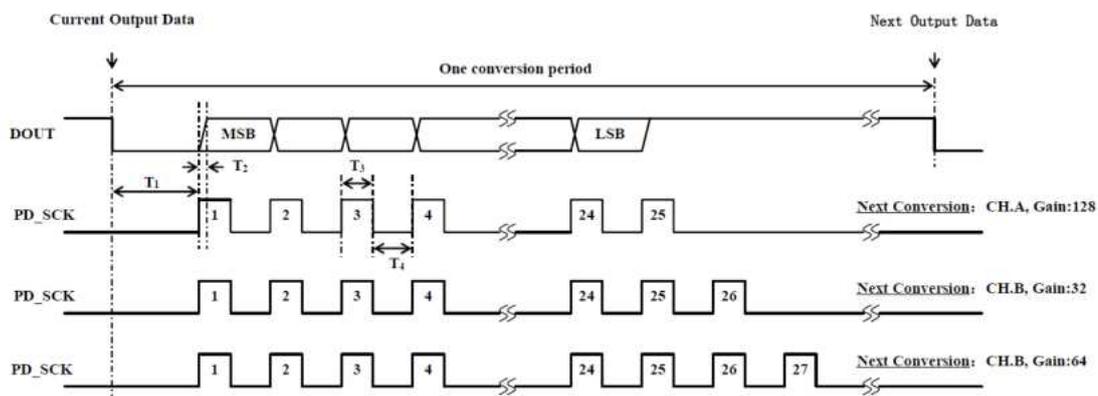
Inicialmente el proyecto idealizaba la conexión de la celda de carga mediante arduino, esta placa es muy sensible ante campos electromagnéticos externos, no presenta un acabado industrial, porque el arduino es de uso más educativo, debido a esta razón el proyecto está acoplado a un microcontrolador PIC.

El módulo HX 711 de la celda de carga es un circuito integrado bastante económico, a continuación, el siguiente gráfico muestra el módulo anteriormente mencionado; Podemos apreciar que la entrada analógica se conecta por medio de los pines rojo verde y marrón; es necesario tener una entrada de alimentación en el rango de 5 voltios con de su respectivo pin de tierra GND; además el módulo presenta un pin de entrada de datos y un pin de reloj o clock.

Para manejar la celda se debe dar los pulsos necesarios aquí microcontrolador pueda leerla, el conversor análogo del módulo HX 711 posee 24 bits, esto nos quiere decir que posee bastante precisión, por ejemplo si se desea utilizar el bit 25 al dar un pulso extra esta después del bit 24 empieza a trabajar con una ganancia de 128 teniendo que trabajar con el Canal A.

Figura 3.77 Datos de salida, entrada y selección de Ganancia del módulo HX711

Symbol	Note	MIN	TYP	MAX	Unit
T ₁	DOUT falling edge to PD_SCK rising edge	0.1			μs
T ₂	PD_SCK rising edge to DOUT data ready			0.1	μs
T ₃	PD_SCK high time	0.2	1	50	μs
T ₄	PD_SCK low time	0.2	1		μs



Fuente: Datasheet HX711 generalizado

Si se le da otro pulso se tiene 26 bits entonces se debe trabajar con el canal b, que tiene una ganancia de 32; si se le da una ganancia de 4 cursos con magnitud de 64 también puede trabajar con el canal B.

El microcontrolador Pic utilizado en el proyecto es el 16F786A ,el programa con el que se simula es microcPro enlazado a proteus para la posterior verificación del circuito y el programa grabado en el microcontrolador mediante el software Pickit.

Primeramente, en la simulación se debe realizar la implementación de la librería HX 711 punto c tanto en micro como en proteus 8.12, la primera línea es el fin de datos del micro controlador y el pin de datos del reloj, la palabra port es debido a la marca 16 F. La variable float nos permite dar lectura de valores decimales, el offset manual de 83877 se calculará más adelante, donde los parámetros importantes son el peso de prueba y el peso de la calibración. A continuación, la siguiente línea de código introduce un factor multiplicativo para transformar a una magnitud lineal.

Las siguientes líneas indican los switch para tarar y para la calibración, luego escribe las conexiones del módulo hacia la salida que en este caso viene a ser la pantalla LCD, además de introducir la variable celda con la función signed Long, mediante la función char podemos convertir a texto y el peso con la función float.

3.6.7.1 Lectura de salida, entrada y selección de Ganancia

Para inicializar el módulo el código está dentro de un bucle, colocando la salida pin de reloj en 0 lógico y que el pin de dato es 1 lógico, el reloj arranca en cero y se tiene un retardo de 500 milisegundos, como se aprecia en la figura.

Para generar los pulsos que se necesita, utilizamos el canal A, el cual tiene 25 bits para cada curso, necesito una señal única de pulsos, la técnica del procedimiento es asignar al reloj del HX 711 un 1 lógico en cada pulso de subida durante de un microsegundo, se realiza la lectura de datos y para la bajada del pulso asignar un cero lógico de este modo se realiza la iteración.

la lectura consiste en un contador y en un dato que tiene que leerse, mientras el dato esté en 1 lógico el módulo no está ocupado, con la función For se le da los 24 pulsos desde cero hasta 23 en el programa iniciamos desde 23 a cero porque el primer dato es el más significativo, si el pulso es 1 procedemos asignando una suma mediante la variable Long que ocupa un espacio de 8 bytes y se guarda el dato luego de cada lectura con retardo de 100 microsegundos.

Si la ganancia es de 128 asignó un pulso extra cómo se mencionó anteriormente en caso de que la ganancia sea de 32 asignamos dos pulsos extra con sus respectivos retardos de esa manera vamos creando la salida de datos la entrada y la selección de tiempo para el control.

3.6.7.2 Lectura de datos negativos

Uno de los problemas que se presenta en el programa es cuando se da lectura de números negativo el número de 24 bits el canal a lo convertimos con signo multiplicando xff y convirtiéndolo a 32 bits, retornando el valor que era negativo a positivo y en caso de ser positivo se retorna normalmente, esta parte del programa se realiza siempre y cuando los valores de la celda sean negativos.

Para leer el dato hay que asignar a qué ganancia se quiere leer y en la parte promedio se realiza cuántas veces se quiere promediar y a qué ganancia se va a promediar. utilizando el comando for al número de veces que especificamos a continuación se va sumando con un retardo que tiene que ver con la precisión de la lectura de 100 milisegundos opcional y retornamos el promedio.

3.6.7.1 Función tarar

Para tarar la balanza el programa presenta la subfuncion tarar el valor de promedio se guarda en el Offset, a continuación agregamos la librería del display LCD, en

esta se puede modificar el número de decimales que se van a registrar en el LCd, lo más importante con comando floatostr (offset,texto,1), el valor de offset lo guardar en la cadena texto con un decimal y se coloca la palabra peso en la posición 2 1 del display y el offset en la posición 1.

Figura 3.78 Código de pesaje

```

Código de Pesaje en MikroC Pro for PIC
1: #include "hx711.h"
2:
3: sbit hx711_dat1 at portB.b6; //pin de datos del micro celda 1
4: sbit hx711_ck1 at portB.b7; // pin de reloj celda 1
5:
6: sbit hx711_dat1_dir at trisB.b6;
7: sbit hx711_ck1_dir at trisB.b7;
8:
9: sbit hx711_dat2 at porta.b0; //pin de datos del micro celda 2
10: sbit hx711_ck2 at porta.b1; // pin de reloj celda 2
11:
12: sbit hx711_dat2_dir at trisa.b0;
13: sbit hx711_ck2_dir at trisa.b1;
14:
15: const float offset_manual=83877.0; //offset, valor leído a 0
16: const float calibra=419386.9 - offset_manual; // valor a la calibracion
    menos el offset
17: const float prueba=60.0; // peso de prueba para calibración kilogramos
18:
19: float factor=prueba/calibra; //factor de multiplicativo a lectura base
    debe colocarse aqui
20:
21: signed long offset=offset_manual;// carga el offset manual al offset a usar
22: sbit sw_tarar at RA6_bit; // suich de tarar
23: sbit sw_cal at RA7_bit; // suich de calibracion
24: sbit led at RA2_bit; //led
25: //////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
26: // LCD module connections
27: sbit LCD_RS at RB0_bit;
28: sbit LCD_EN at RB1_bit;
29: sbit LCD_D4 at RB2_bit;
30: sbit LCD_D5 at RB3_bit;
31: sbit LCD_D6 at RB4_bit;
32: sbit LCD_D7 at RB5_bit;
33:
34: sbit LCD_RS_Direction at TRISB0_bit;
35: sbit LCD_EN_Direction at TRISB1_bit;
36: sbit LCD_D4_Direction at TRISB2_bit;
37: sbit LCD_D5_Direction at TRISB3_bit;
38: sbit LCD_D6_Direction at TRISB4_bit;
39: sbit LCD_D7_Direction at TRISB5_bit;
40: // End LCD module connections
41: //////////////////////////////////////////////////////////////////conversion de float a str////////////////////////////////////////////////////////////////
42: void floattostr(float numero_, unsigned char *cadena_,char decimales_)
43: {
44: //variables temporales
45: int largo_entera,largo_n,cont_for,tempo_int;
46: double tempo_float;
47: //largo de la trama a armar en decimales
48: largo_n = decimales_+1;
49: largo_entera = 0;
50: // si es negativa coloca el -
51: if ( numero_ < 0)
52: {
53: *cadena_++ = '-';
54: numero_ = -numero_;
55: }

```

```

56: //si es menor que no multiplica por 10
57: if (numero_ > 0.0) while (numero_ < 1.0)
58: {
59:     numero_ =numero_ * 10.0;
60:     largo_entera--;
61: }
62: //realiza division varias veces hasta que sea menor que 10
63: while (numero_ >= 10.0)
64: {
65:     numero_ = numero_/10.0;
66:     largo_entera++; //sube el largo de la trama por ser deciaml
67: }
68: largo_n = largo_n+largo_entera; //el largo es la decimal mas la parte entera
69:
70: //round. numero_ is between 1 and 10 and largo_n will be printed to
71: // right of decimal point so rounding is ...
72: for (tempo_float = cont_for = 1; cont_for < largo_n; cont_for++)
73:     tempo_float = tempo_float/10.0;
74: numero_ += tempo_float/2.0;
75: if (numero_ >= 10.0) (numero_ = 1.0; largo_entera++);
76: //si tiene decimales
77: if (largo_entera<0)
78: {
79:     *cadena_++ = '0'; *cadena_++ = '.';
80:     if (largo_n < 0) largo_entera = largo_entera-largo_n;
81:     for (cont_for = -1; cont_for > largo_entera; cont_for--) *cadena_++ = '0';
82: }
83: for (cont_for=0; cont_for < largo_n; cont_for++)
84: {
85:     tempo_int = numero_ ;
86:     *cadena_++ = tempo_int + 48; //convierte a ascii
87:     if (cont_for == largo_entera ) *cadena_++ = '.';
88:     numero_ -= (tempo_float=tempo_int);
89:     numero_ = numero_*10.0;
90: }
91: *cadena_ =0; //anexa final de linea
92: }
93: ///////////////////////////////////////////////////
94: signed long hx711_promedio(unsigned char veces,unsigned char gain1,unsigned char gain
n2) //numero de datos, a que ganancia
95: {
96:     signed long prom = 0;
97:     unsigned char cont;
98:     signed long celdas=(hx711_lectura_1(gain1)+(hx711_lectura_2(gain2)))/2;
99:     for (cont = 0; cont < veces; cont++)
100:     {
101:         prom =prom+celdas;
102:         Delay_ms(100);
103:     }
104:     return (prom / cont);
105: }
106: void tarar(unsigned char veces,unsigned char gain1,unsigned char gain2) //numero de
e datos, a que ganancia
107: {
108:     offset=hx711_promedio(veces,gain1,gain2);
109: }
110: void main()
111: {
112:     TRISA.RA1=0; //Configurar SCK1 como salida
113:     TRISB.RB7=0; //Configurar SCK2 como salida
114:     LCD_Init();
115:     Lcd_Cmd(1);
116:     Lcd_Cmd(12);
117:     Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
118:     TRISA.f2=0;
119:     Lcd_Out(2,1,"PESO=");
120:     Delay_ms(500);
121:     hx711_init_1(); //inica el hx711
122:     hx711_init_2(); //inica el hx711
123:     Lcd_Out(1,1,"Balanza digital");
124:     //floattostr (offset,texto,1);
125:     //Lcd_Out(1,8,texto);//muestra el offset
126: do {
127:     peso=hx711_promedio(10,128,128)-(float)offset;
128:     Lcd_Out(2,10,texto);//muestra el peso
129:
130:     led=!led;
131:     Delay_ms(100);
132:
133:     if(sw_tarar==0)
134:     {
135:         led=0;
136:         tarar(10,128,128); //numero de datos, a que ganancia
137:     }
138:     if (sw_cal==0)
139:     {
140:         led=0;
141:         cal=hx711_promedio(50,128,128)-(float)offset;
142:         factor= prueba/cal;
143:     }
144: } while(1);
145: }

```

Fuente: Elaboración propia MikroCpro

3.6.7.2 Cálculo del offset

Si se presiona el switch de tarado apagamos el LED y taro el sistema mediante la función tarar unas 10 mediciones a una ganancia de 120 el valor de offset se guarda en texto para posteriormente mostrarlo en la posición 8 del display; el número de mediciones depende en el grado de precisión que se requiera, pero mientras mayor número la asignamos el sistema va a demorar más tiempo

Figura 3.79 Librería HX711

```

Librería módulo HX711.h
1: #include "hx711.h"
2:
3: extern signed long offset; //guarda el offset
4:
5: void hx711_init()
6: { hx711_ck_dir=0; // salida pin reloj
7:   hx711_dat_dir=1; // entrada pin dato
8:   hx711_ck=0; //saca cero por el reloj
9:   Delay_ms(500);
10: }
11: char hx711_pulso()
12: {
13:   char lei;
14:   hx711_ck=1; //saca uno por el reloj
15:   Delay_us(1);
16:   lei=hx711_dat;
17:   hx711_ck=0; //saca cero por el reloj
18:   Delay_us(1);
19:   return lei;
20: }
21: signed long hx711_lectura(unsigned char ganancia)
22: {
23:   signed int hx711_cont;
24:   signed long hx711_dato=0;
25:
26:   while (hx711_dat==1); // que no este ocupado el modulo
27:   //da los primeros 24 pulsos
28:   for (hx711_cont=23;hx711_cont>=0;hx711_cont--)
29:   {
30:     if (hx711_pulso()==1)
31:     {
32:       hx711_dato=hx711_dato +( 1L<<hx711_cont);
33:     }
34:   } //end for
35:   Delay_us(100);
36:   if (ganancia==128) hx711_pulso();
37:   else if (ganancia==32)
38:   {
39:     hx711_pulso();
40:     Delay_us(100);
41:     hx711_pulso();
42:   }
43:   else if (ganancia==64)
44:   {
45:     hx711_pulso();
46:     Delay_us(100);
47:     hx711_pulso();
48:     Delay_us(100);
49:     hx711_pulso();
50:   }
51:   // Verifica si es negativo
52:   if ((hx711_dato & 0x8000000)!=0)
53:   {
54:     hx711_dato=hx711_dato | 0xff000000; //lo convierte a 32 bit con signo
55:     return (-hx711_dato); // Se coloca - si no se quiere regersar valor negativo
56:   }
57:   else return (hx711_dato);
    
```

```

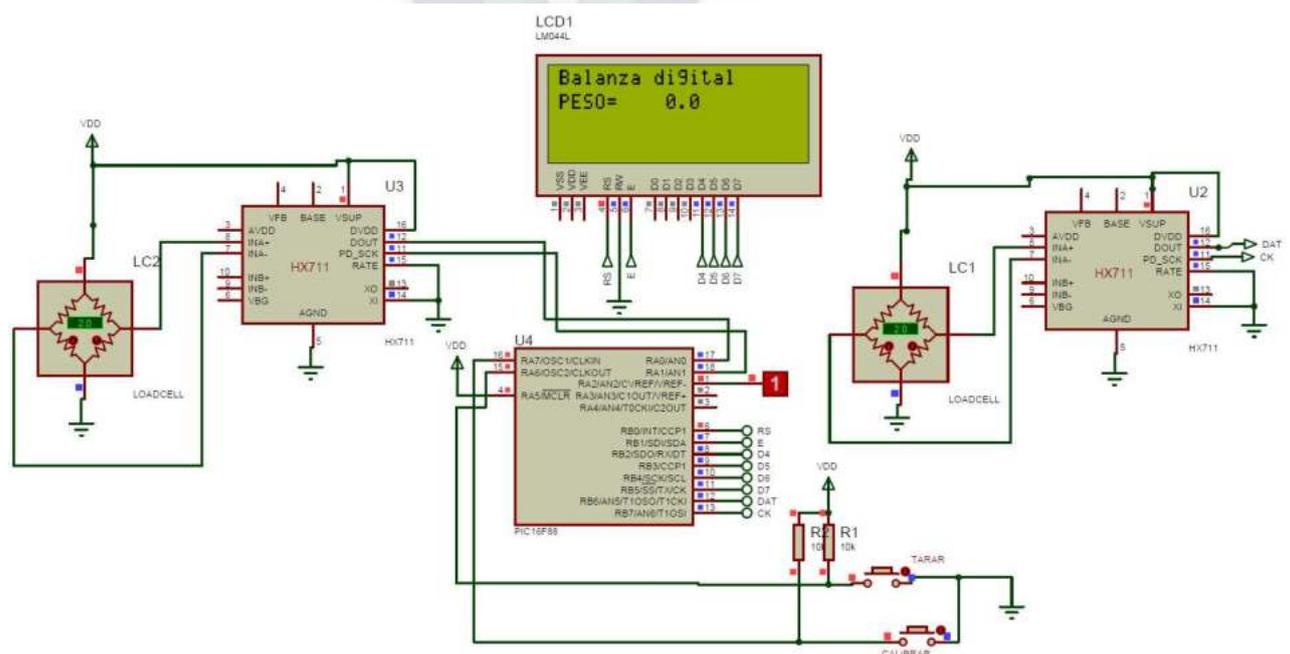
58: }
59: signed long hx711_promedio(unsigned char veces,unsigned char ganancia)
    //numero de datos, a que ganancia
60: {
61:     signed long prom = 0;
62:     unsigned char cont;
63:     for (cont = 0; cont < veces; cont++)
64:     {
65:         prom =prom+ hx711_lectura(ganancia);
66:         Delay_ms(100);
67:     }
68:     return (prom / cont);
69: }
70: void tarar(unsigned char veces,unsigned char ganancia)
    //numero de datos, a que ganancia
71: {
72:     offset=hx711_promedio(veces, ganancia);
73: }
    
```

Fuente: Librería HX711, Proteus Y MikroCPro

Otro de los problemas que se afronto es la relación entre el peso en kilogramos con el valor del offset, el programa para realizar la medida es el siguiente: el el peso de HX711 solo lectura con ganancia de 128 se resta con el offset y se multiplica con el factor; si la magnitud es menor que cero debe mostrar que el peso es cero, con la función LCD out podemos mostrar lo que va a salir en la pantalla podemos mostrar lo que va a salir en la pantalla podemos mostrar lo que va a salir en la pantalla borrando y mostrando el pez borrando y mostrando el pez borrando y mostrando el peso de lectura, en este caso nuestro nivel de referencia.

3.6.8 Simulación de Pesaje en Proteus interfaz Mikro CPro

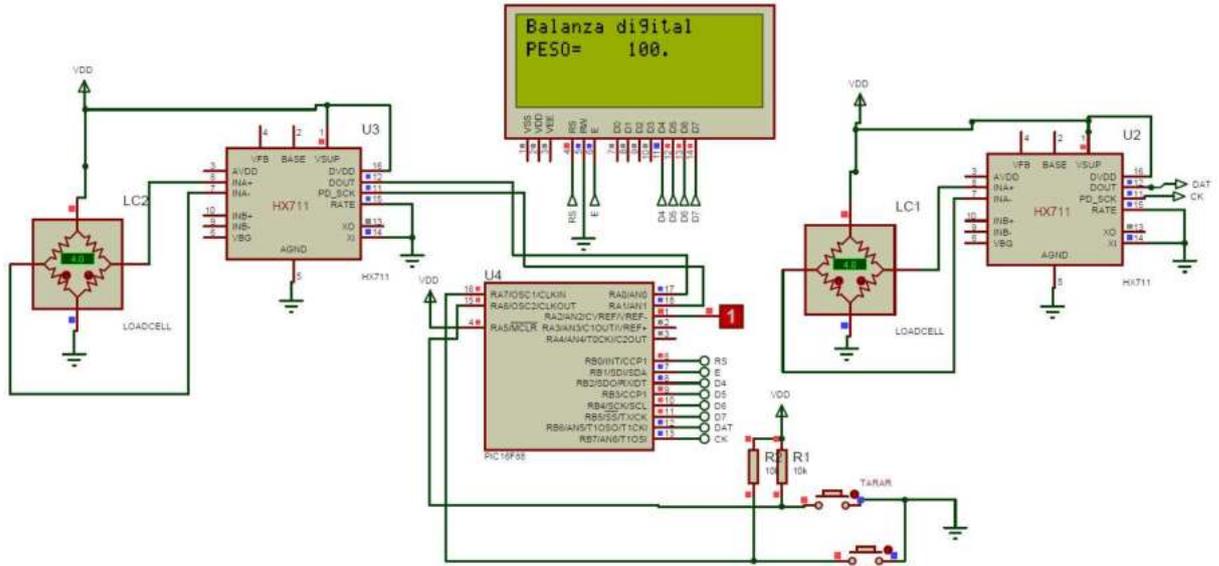
Figura 3.80 Simulación a una precarga inicial



Fuente: Elaboración propia, Proteus 8.12

En la parte de anexos C.3 se puede ver más el funcionamiento con ambas celdas.

Figura 3.81 Simulación a una carga de 100Kg



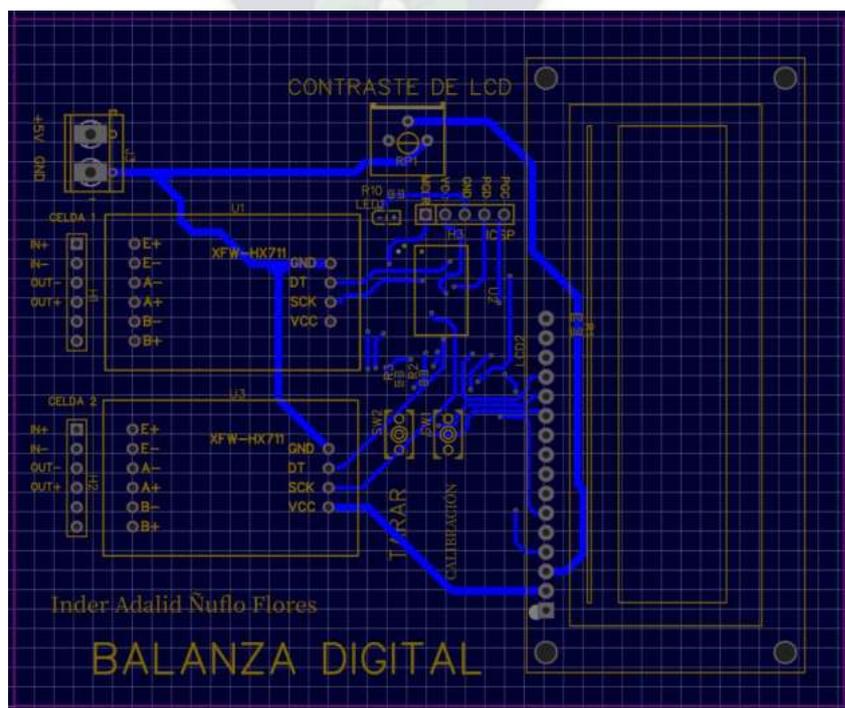
Fuente: Elaboración propia, Proteus 8.12

3.6.9 Elaboración de la placa de circuito impreso

En el diseño de la placa de circuito impreso o conocido también como PCB se utilizó el programa Easy EDA. El programa permite realizar los diagramas eléctricos y visualizar la placa soldada a los componentes.

El diagrama final del circuito es el que se muestra en la Figura 3.81 siendo este la unión de los circuitos mediante pistas en base al circuito simulado.

Figura 3.82 Diagrama electrónico de la placa



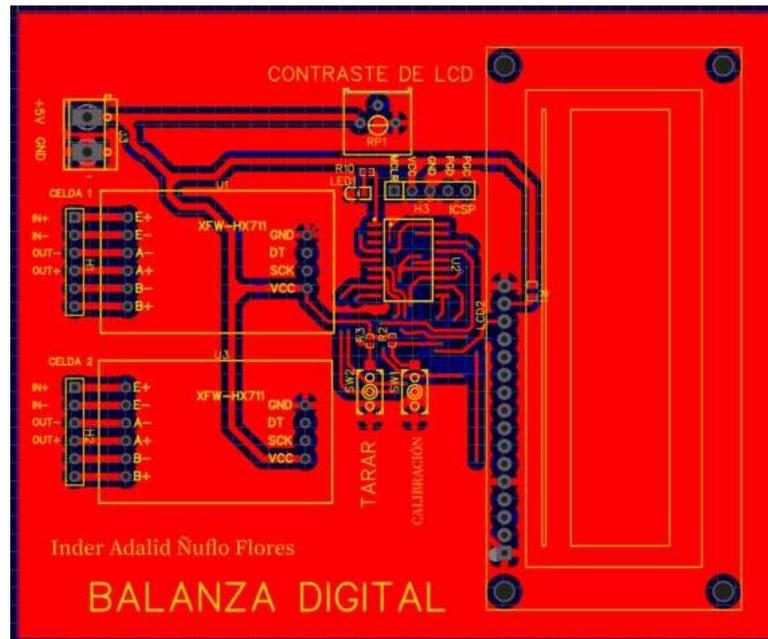
Fuente: Elaboración propia, Easy EDA

El primer desarrollo del circuito impreso fue de una sola cara y fue realizado de

forma tradicional, dicha placa se utilizó para pruebas en del prototipo de la defensa.

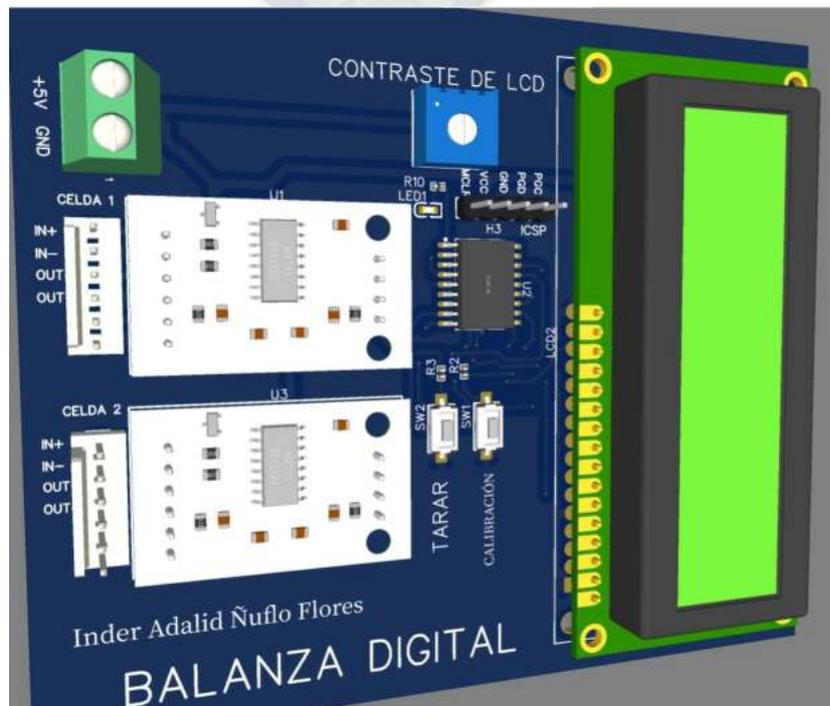
Se realizará para un tamaño de 17 x 17 cm, en el diseño de las pistas se utilizará el auto-generador el cual solo requirió de tres alambres que unan la continuidad del circuito por la parte superior de la placa. La placa está dividida en dos capas, la capa serigráfica superior de electrónica que es donde está el PIC y la conexión de los módulos y la capa serigráfica inferior de potencia donde van los demás elementos.

Figura 3.83 Capa serigráfica inferior de la placa



Fuente: Elaboración propia, Easy EDA

Figura 3.84 Acabado final de la placa – Balanza digital



Fuente: Elaboración propia, Easy EDA

La anterior figura nos permite visualizar el acabado final de la placa.

3.7 Análisis de potencia y especificación de Motores trifásicos

3.7.1 Potencia demandada para el Motor N°1

3.7.1.1 Potencia necesaria para mover eje y paletas mezcladoras

En el acápite 3.4 se calculó el momento torsionante necesario para mover las paletas, el mismo era de una magnitud de $M_{torsor} = 8,50[N \cdot m]$

Se sabe que la potencia es:

$$P_{elem} = \tau \cdot w_{r1} \quad (3.139)$$

P_{elem} : Potencia para mover eje y brazos con paletas [Watts]

T : Capacidad del freno o embrague (torque)[Nm]

ω : Velocidad de rotación del tambor [rad/seg]

En el acápite 3.1.4 se especificó que en mezcladora de un solo eje y paletas la velocidad nominal de rotación puede ser hasta 6m/s.

$$w_{r1} = \frac{V_{r1}}{r_{brazo}} \quad (3.140)$$

Donde: w_{r1} : Velocidad angular de la mezcladora [rad/s]

V_{r1} : Velocidad perimetral de la mezcladora [m/s]

r_{brazo} : Distancia de brazo a brazo de la mezcladora [m]

$$w_{r1} = \frac{6}{0,5} = 12[\text{rad/s}] \cdot \frac{1\text{rev}}{2\pi\text{rad}} \cdot \frac{60\text{seg}}{1\text{min}} = 114,60 \text{ rpm.}$$

La velocidad nominal de rotación puede ser hasta 114,60 rpm., es equivalente a decir 2 revoluciones cada segundo, para el diseño se escoge una velocidad moderada de 55 rpm. De este modo la potencia será:

$$P_{elem} = 8,0 \times 50 = 425[\text{Watts}]$$

3.7.1.2 Potencia necesaria para mover la mezcla

Para el mezclado de mortero se toma en cuenta los datos correspondientes, Para el cálculo de número de Re se recurre a la ecuación 3.141 teniendo en cuenta los datos de: Densidad crítica: 2500 [kg/m³]; Viscosidad: 3,33 [kg/m · s]; Diámetro de la paleta: 20,00 cm: Velocidad angular: 50,0 [rpm]

Reemplazando los datos en la formula (3.141), se tiene el valor de número Re, se especifica en la tabla 3.73.

$$Re = \frac{N \cdot d^2 \cdot \rho}{\mu} \quad (3.141)$$

Dónde: N : velocidad angular [rad/s] d : Diámetro de la paleta agitadora [m]

μ : Viscosidad del mortero [$\text{Pa} \cdot \text{s}$]⁴⁸

Tabla 3.73 Número de Reynolds

Densidad [kg/m^3] ρ	Viscosidad [$\text{kg}/\text{m}\cdot\text{s}$]=[Pa. s] μ	Distancia del eje al borde la paleta [cm] d	Velocidad angular del agitador [s^{-1}]	Re
2500	3,33	20,00	136,0	$319,0 \times 10^3$

Fuente: Elaboración propia

$$Re = \frac{6[\text{rad}/\text{s}] \cdot \left(\frac{20}{100}\right)^2 \cdot 2500}{3,33} \quad Re = 180,20$$

Se reemplaza los datos en la fórmula 3.142, se tiene el valor de potencia P, se especifica el valor de KT de la tabla 1 del apéndice A31, en la tabla 3.74 se halla el valor.

Tabla 3.74 Potencia necesaria para mover la mezcla

Densidad [kg/m^3] ρ	Coficiente de potencia KT	Distancia del eje al borde la paleta [cm] d	Velocidad angular del agitador [s^{-1}]	Potencia [W]
1 100	1,700	19,00	136,0	842,40

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizada los cálculos de dinámica de fluidos, considerando el número de Re, para un fluido no Newtoniano la potencia necesaria para mover la mezcla es:

$$P_{mor} = KT \cdot N^3 \cdot d^5 \cdot \rho \quad (3.142)$$

$$P_{mor} = 6,3 \cdot (6[\text{rad}/\text{s}])^3 \cdot (0,19[\text{m}])^5 \cdot 2500 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]$$

$$P_{mor} = 842,4[\text{watts}]$$

3.7.1.3 Potencia total para sistema mezclatorio

$$P_{total 1} = P_{elem} + P_{mor} \quad (3.143)$$

$$P_{total 1} = 425 + 842,4 = 1267,4[\text{Watts}]$$

Considerando una eficiencia de los motores eléctricos de 85% se plantea la siguiente ecuación:

$$Pot_T = \frac{1267,4[\text{watt}]}{0,85} = 1491,1[\text{Watts}] \cdot \frac{1\text{Hp}}{745,6} \cong 2,00 [\text{Hp}]$$

Entonces se debe utilizar un motor de 2 HP de potencia de la marca M2QA90S4A-1500[rpm].

⁴⁸ J. Miranda, V. Flores-Alés, y J. Barrios, "Aportaciones al estudio reológico de pastas y morteros de cemento portland," *Materiales de Construcción*, vol. 2000

3.7.2 Potencia demandada para el Motor N°2

En el acápite 3.4.16 se especifica que la bomba B.C.P. demanda una potencia de $Pot_{cons} = 0,192[Hp]$, asimismo el acápite 3.4.14.4.3 el tornillo helicoidal demanda una potencia de $HP_{torn} = 0,72[Hp]$. De este modo el consumo total del motor 2 es:

$$P_{total\ 2} = P_{elem} + P_{mor}$$

$$P_{total\ 2} = 0,192 + 0,72 = 1,64[Hp]$$

En el motor N°2 Luego de obtener el torque necesario para producir el movimiento circular al vehículo se aplicará la siguiente ecuación:

$$Pot = \tau \times w_{r2} \quad (3.144)$$

Reemplazando el valor calculado y con $w_f = 0,105 \left[\frac{rad}{s} \right]$

$$Pot = 1101 [kg_f \cdot m] \cdot 0,105 \left[\frac{rad}{s} \right] = 115,6 \left[\frac{kg_f \cdot m}{s} \right] \cdot \frac{1[W]}{0,102 \left[\frac{kg_f \cdot m}{s} \right]} \cdot \frac{1[HP]}{746[W]}$$

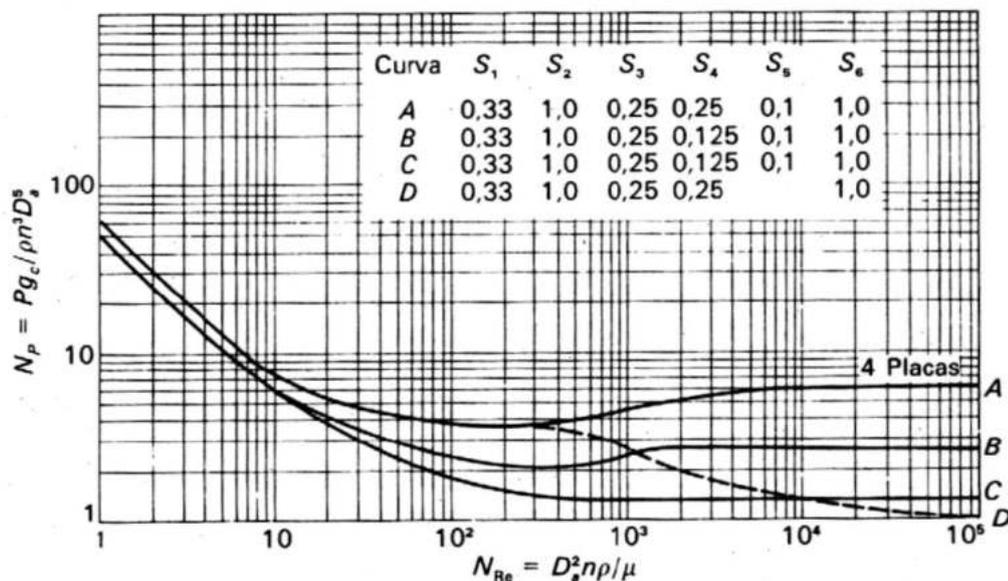
$$Pot = 1,52 [HP]$$

Considerando a nivel de La Paz una eficiencia de los motores eléctricos de 85% se plantea la siguiente ecuación:

$$Pot_T = \frac{1,25}{0,85} = 1,47 \cong 1,50 [HP] \quad (3.145)$$

Según catálogos de motores eléctricos, se opta por uno de 1,50 [Hp] de potencia, C90s además que a la vez se aprovecha las bajas 700 [rpm]; gracias a número de polos según el diseño.

Figura 3.85 Número de potencia N_p frente a N_{Re} para turbina de paletas



Fuente: Tabla máquinas hidráulicas, MEC452

Figura 3.86 Constantes KL y KT para cálculo de potencia

Tipo de impulsor	KL	KT
Hélice paso cuadrado, tres palas	41,0	0,32
Hélice paso de 2, tres palas	43,5	1,00
Turbina, seis palas planas	71,0	6,30
Turbina, seis palas curvas	70,0	4,80
Turbina de ventilador, seis palas	70,0	1,65
Turbina dos palas planas	36,5	1,70
Turbina cerrada, seis palas curvas	97,2	1,08

3.7.3 Especificación del Reductor de velocidad 1

Como la mezcladora tendrá una velocidad angular de 55 rpm, se necesita reducir la velocidad del motor, para este cometido se hará uso de un reductor de velocidad tipo tornillo sinfín con su corona.

3.7.3.1 Cálculo de la reducción en la mezcladora

Para la selección del motoreductor se considerarán los siguientes parámetros:

$$n_e = \text{velocidad de entrada [rpm]} \quad n_s = \text{velocidad de salida [rpm]}$$

$$Pot_s = \text{potencia necesaria en el eje de salida [Hp]}$$

$$Pot_e = \text{potencia transmisible en el reductor [Hp]}$$

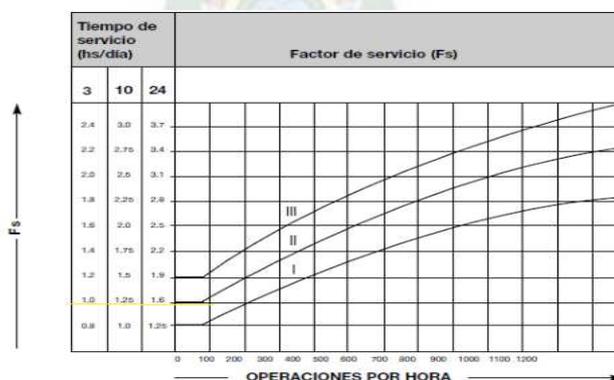
$$Pot_m = \text{potencia del motor eléctrico de mando [Hp]}$$

$$r = \text{rendimiento teórico del reductor}$$

De la fórmula de la relación de transmisión se tiene:

$$i = \frac{n_{ent}}{n_{sal}} \quad (3.146)$$

Figura 3.87 Gráfica de Factores de Servicio



- I REGULAR: pequeñas masas para acelerar sin sobrecargas
- II IRREGULAR: medianas masas para acelerar sobrecargas medianas
- III IRREGULAR: grandes masas para acelerar fuertes sobrecargas

Fuente: www.lentax.com

Tomando los datos de entrada al motor seleccionado anteriormente se tiene:

$$i = \frac{1420 \text{ rpm}}{55 \text{ rpm}} = 26$$

Ahora con el tipo de servicio II, y el número de horas de trabajo se determina Fs. con la figura 3.86. La demanda del factor de servicio Fs=1,0 para un máximo de 100 operaciones por hora y para un tiempo de servicio de 3 hrs/día.

El motor 2 de 1,5 Hp suministra un torque de 18,0 [Nm] mediante la fórmula:

$$Pot_2 = \tau_{ent} \cdot w_{rent} = \tau_{sal} \cdot w_{rsal}$$

$$\tau_{sal} = \frac{\tau_{ent} \cdot w_{rent}}{w_{rsal}} \quad \tau_{sal} = \frac{18 \cdot 1420}{55} = 464,7[Nm]$$

El proceso en el sistema de la bomba conjuntamente con él tornillo helicoidal necesitan vencer un demanda un torque resistivo de 194,20[Nm]

$$464,7[Nm] > 194,20[Nm]$$

Reducirá la velocidad y aumenta la capacidad de torque, con lo cual el motoreductor funcionará sin dificultad, ya que este puede transmitir una potencia de 464,7[Nm], en su máxima capacidad, pero sólo se necesita 194,2[Nm].

3.7.4 Especificación Reductor de velocidad 2

Figura 3.88 Selección del Motoreductor

80 - 140 Nm				51			
rpm	rat	kW	Mi (Nm)	Fr (N)	rpm.máx	código	carcasa
428	4,09	3,59	80	900	3000	C51212	63-100
349	5,01	3,51	96	900	3200	C51214	63-100
306	5,72	3,52	110	800	3300	C51215	63-100
267	6,57	3,52	126	800	3400	C51216	63-100
248	7,05	3,51	135	800	3500	C51217	63-100
235	7,45	3,44	140	900	3000	C51218	63-100
191	9,14	2,81	140	800	3200	C51219	63-100
168	10,4	2,46	140	900	3300	C51220	63-100
146	12,0	2,14	140	1800	3400	C51221	63-100
136	12,9	1,71	120	1900	3500	C51222	63-100
126	13,9	1,71	130	2100	3500	C51223	63-100
110	15,9	1,61	140	2200	3600	C51224	63-90
97,4	18,0	1,43	140	2400	3600	C51225	63-80
86,8	20,2	1,27	140	2500	3600	C51226	63-80
75,5	23,2	1,11	140	2600	3600	C51227	63-71
70,0	25,0	1,03	140	2800	3600	C51228	63-71
63,8	27,4	0,94	140	2900	3600	C51229	63-71
80,3	21,8	1,18	140	2950	3200	C51327	63-100
67,2	26,0	0,99	140	3100	3300	C51328	63-100

Fuente: Catalogo reductor Cestari

Tabla 3.75 Motorreductor C51328 NW00 EOC (pág. 30)

Velocidad de entrada	Reducción	Tamaño del reductor	Factor de servicio	Velocidad de salida	Potencia del motor	Posición de trabajo
1420 rpm	26:1	51	0,99	54,6 rpm	1,10 Kw =1,5hP	posición de la caja

Fuente: Catalogo reductor Cestari

Entonces se elige un motoreductor modelo C51328

3.7.5 Especificación Motoreductor 1

Debido a que la velocidad angular necesaria en el eje principal es de aproximadamente 55 [rpm] y que la velocidad de salida del motor es de 1500 [rpm] se requiere de un sistema de reducción de velocidad ortogonal, el motor solo proporciona 15 Newton metro de toque en su salida el primer sistema requiere de una capacidad de cupla alrededor de 318 newton metro, que es el torque resistivo.

Entonces para alcanzar dicho torque se realiza el siguiente análisis y servirá para transmitir el movimiento al eje de la mezcladora.

$$Pot_1 = \tau_{ent} \cdot w_{rent} = \tau_{sal} \cdot w_{rsal}$$

Donde: Pot_1 : Potencia demandada por el sistema mezclatorio [Hp]

$Td1$: Torque requerido para mover mezcladora = 318,9[Nm]

w_{rent} velocidad angular a la entrada del eje principal

τ_{ent} : Torque de entrada τ_{sal} : Torque de salida

w_{rsal} : velocidad angular de salida del Reductor

$$\tau_{sal} = \frac{\tau_{ent} \cdot w_{rent}}{w_{rsal}}$$

$$\tau_{sal} = \frac{15 \cdot 1500}{55} = 409,0[Nm] \quad 409,1[Nm] > 318,9[Nm]$$

Similar a los cálculos anteriores para la selección del moto reductor se reducirá la velocidad y aumentará la capacidad de torque.

Tabla 3.76 Motorreductor corona y rosca sin fin M07 1:30 serie Magma

Velocidad de entrada	Reducción	Tamaño del reductor	Factor de servicio	Velocidad de salida	Potencia del motor	Posición de trabajo
1500 rpm	30:1	NAH90L	0,99	50 rpm	1,5 Kw=2,0[Hp]	posición de la caja

Fuente: Catalogo reductor Cestari

3.8 Análisis energético

3.8.1 Diseño del Subsistema de potencia y control

3.8.1.1 Influencia de la potencia en altura y ambiente

La potencia del motor está a una altura determinada ubicada en La Paz, se define por la siguiente ecuación: $P_{max} = P_{nom} * F$ (3.147)⁴⁹

⁴⁹ WEG. (2020). Recomendaciones de Motores Eléctricos. Guía, p. 21.

Donde: P_{max} : potencia del motor a determinada altura sobre el nivel del mar [W].

P_{nom} : potencia nominal del motor a nivel del mar [W].

F : factor de corrección determinado por la altura y la temperatura.

Tambiente: 25 [°C] temperatura ambiente máxima en la ciudad de La Paz.

h : 3640 [m. s. n. m.] altura de la ciudad de La Paz sobre el nivel del mar⁵⁰.

Mediante la tabla 3.85 se obtiene el factor de corrección para la ciudad de La Paz, la cual es de 0,93 y mediante el anexo A.33, tabla A33, se elige el motor que tenga una potencia nominal mayor que sea necesario para el funcionamiento, con una potencia nominal de 1491,2 [W] y reemplazando los valores en la ecuación 3.147.

$$P_{max} = 1491,2 * 0,94 = 596,4[W]$$

Tabla 3.77 Factor de corrección considerando altitud y temperatura La Paz

T (°C)	Altitud (m)								
	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
10							0,97	0,92	0,88
15						0,98	0,94	0,90	0,86
20					1,00	0,95	0,91	0,87	0,83
25				1,00	0,95	0,93	0,89	0,85	0,81
30			1,00	0,96	0,92	0,90	0,86	0,82	0,78
35		1,00	0,95	0,93	0,90	0,88	0,84	0,80	0,75
40	1,00	0,97	0,94	0,90	0,86	0,82	0,80	0,76	0,71
45	0,95	0,92	0,90	0,88	0,85	0,81	0,78	0,74	0,69
50	0,92	0,90	0,87	0,85	0,82	0,80	0,77	0,72	0,67
55	0,88	0,85	0,83	0,81	0,78	0,76	0,73	0,70	0,65
60	0,83	0,82	0,80	0,77	0,75	0,73	0,70	0,67	0,62
65	0,79	0,76	0,74	0,72	0,70	0,68	0,66	0,62	0,58
70	0,74	0,71	0,69	0,67	0,66	0,64	0,62	0,58	0,53
75	0,70	0,68	0,66	0,64	0,62	0,60	0,58	0,53	0,49
80	0,65	0,64	0,62	0,60	0,58	0,56	0,55	0,48	0,44

Fuente: Motores Eléctricos WEG 2020

3.8.2 Especificación del conductor para la alimentación del motor

3.8.2.1 Dimensionamiento necesario de corriente

Para estimar el diámetro de los cables es necesario cuantificar la demanda de corriente por el motor principal, para lo cual nos apoyamos en la siguiente fórmula.

$$I_L = \frac{P_{3\phi}}{\sqrt{3} * V_L * \cos\phi * \eta} \quad (3.148)$$

I_L = Corriente de línea (A)

$P_{3\phi}$ = Potencia de motor (W)

V_L = Tensión de línea (V)

$\cos\phi$ = Factor de potencia

η = Rendimiento

Los resultados de la ecuación 3.148, se resumen en la tabla 3.78, destacando que

⁵⁰ Apuntes de Instalaciones eléctricas 2. Obtenido de UMSA, Facultad de Ingeniería Mecánica y Electromecánica

la corriente de régimen es 14.89 A.

$$I_L = \frac{2HP \cdot 745,6Watt}{\sqrt{3} \cdot 220V \cdot 0,85 \cdot 0,90} \quad I_L = 5,12[A]$$

3.8.2.2 Cálculo del Nro. de cable de alimentación

Con los datos de los motores analizados, se elabora las tablas 3.78 y 3.79.

Tabla 3.78 Motor de Rotación

Potencia (HP)	R.p.m.	Rendimiento (%)	Factor de potencia	Intensidad nominal (A)	Voltaje (V)
2	1500	90	0,85	5,12	220

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.79 Motor de la bomba

Potencia (HP)	R.p.m.	Rendimiento (%)	Factor de potencia	Intensidad nominal (A)	Voltaje (V)
1,5	1420	79.8	0,71	3,83	220

Fuente: Elaboración propia

Según la norma boliviana NB777, el valor de la corriente para el conductor, se define por la siguiente ecuación:

$$I_D = 1,25 \cdot I_n \quad (3.149)^{51}$$

$$I_D = 1,25 \cdot 5,12 = 6,40[A]$$

Ahora se utiliza la siguiente fórmula para dimensionar los conductores de corriente.

$$I_{alim} = 1.25 I_n \text{ motor mayor} + F_d \cdot \sum_{i=1}^n I_n m_i \quad (3.150)$$

Donde: F_d : Factor de demanda del grupo de motores 0.9

I_n : Corriente nominal del motor más grande [A] $i \neq$ motor mayor

$\sum_{i=1}^n I_n m_i$: Suma de corrientes nominales de otros motores [A]

Ahora reemplazando valores en la ecuación (3.150) se tiene:

$$I_{alim} = (1,25 \times 5,12) + (0,9 \times 3,83) = 9,84 A$$

La norma dice que para motores menores o iguales a 3[Hp] el número normalizado de cable es 12 AWG.

3.8.3 Elementos de protección

Es necesario especificar los parámetros de los mecanismos usados, para evitar

⁵¹ Norma Boliviana NB777 Instalaciones eléctricas en baja tensión

malos funcionamientos o paradas indeseables. Para seleccionar los elementos que se utilizan en los circuitos de control y fuerza, se toma en cuenta la corriente nominal consumida por la máquina. La corriente de alimentación en el tablero eléctrico es de 9,84[A], y notar que para un motor eléctrico trifásico con jaula de ardilla durante el arranque se considera que la corriente $I_{arranque}$ es 5 veces la corriente nominal, I_n durante el tiempo de arranque $t_{arranque}$ por un corto lapso de tiempo al inicio del arranque.

3.8.3.1 Dimensionamiento de relé termomagnético

El ajuste contra sobrecorrientes deberá ser tal que:

$$I_c \leq I_n \leq I_z \quad (3.151)$$

Donde: I_n : Corriente nominal del interruptor [A] I_c : Corriente de carga [A]

I_z : Máxima corriente admisible del conductor en ducto AWG10 [A]

I_f : Corriente de funcionamiento del interruptor automático [A]

Se debe verificar que: $I_f \leq 1.45I_z$ (3.152)

Ahora se tiene los siguientes datos:

$$I_c = 9.84[A] \quad I_z = 20[A] \quad I_n = 16[A]$$

La ecuación (3.161) se la puede escribir como:

$$9.84[A] \leq I_n \leq 20,0[A]$$

Ahora se reemplaza en la ecuación (3.162)

$$I_f \leq 20 \cdot 1,45 \quad I_f \leq 29,0[A]$$

Por lo tanto, se elige un termomagnético de la marca schneider A9F79316.

3.8.3.2 Dimensionamiento de contactores electromagnéticos

El motor de mayor potencia opera a 2 [Hp] en trabajo, es así que los contactores electromecánicos se selecciona en función a la potencia de 2,2 [Kw] ya normalizada y ligeramente superior a la potencia de operación.

Además, la tensión de alimentación del contactor es de 230 Volts, otro parámetro importante al momento del arranque; de acuerdo a lo establecido se elige un contactor PAK-6J., de la marca Togami.

3.8.3.3 Dimensionamiento de Fusibles

El ajuste deberá ser tal que:

$$I_c \leq I_n \leq 0.9I_z \quad (3.153)$$

Donde: I_n : Corriente nominal en [A] I_c : Corriente de carga en [A]

I_z : Corriente máxima admisible del conductor en [A]

I_f : Corriente de funcionamiento del interruptor [A]

Se debe verificar que: $I_f \leq 1.6 \cdot I_z$ (3.154)

$$I_n = \frac{2HP \cdot 745,6watt}{\sqrt{3} \cdot 220V \cdot 0,85} \quad I_n = 4,6[A]$$

Ahora se tiene los siguientes datos:

$$I_c = 9.84 [A] \quad I_z = 20 [A] \quad I_n = 16[A]$$

La ecuación (3.163) se la puede escribir como:

$$9.84[A] \leq I_n \leq 18,0[A]$$

Ahora reemplazando en la ecuación (3.164) $I_f \leq 32,0 [A]$

Los fusibles de tipo NH 3NA1013 no son indispensables para el accionamiento.

3.8.3.4 Dimensionamiento de Relés térmicos

La NB777 indica un sobredimensionamiento de 15%, el índice de regulación mínimo:

$$I_{min} = I_{f1} \cdot 1,15 \quad (3.155)$$

Reemplazando valores:

$$I_{min} = 3.83 \cdot 1,15 = 4,40[A]$$

Índice de regulación máximo:

$$I_{máx} = I_{f2} \cdot 1,15 \quad (3.156)$$

Reemplazando valores:

$$I_{máx} = 5,12 \cdot 1,15 = 5,88[A]$$

Por tanto, se eligen 2 Relé térmico Togami T-11 de 6 a 8 amperes de capacidad máxima.

3.8.4 Cables

De acuerdo a la corriente calculada, evaluaremos el cable para el tablero y el cable específicamente para los moto-reductores principales. Mediante el anexo A32, tabla 2, se verifica el número de cable, donde se toma el mismo número de cable tanto para el circuito de control como para el circuito de potencia, cable número 12 AWG.

Conforme la norma AWG que nos brinda la siguiente tabla de la figura 3.88 de valores para cada corriente además de especificaciones técnicas, necesarias para calcular las impedancias de acuerdo a la longitud.

Figura 3.89 Conductores de cobre - Valores normalizados cables A.W.G

Calibre AWG (* MCM)	Sección, en mm ²	Capacidad de corriente, en A	
		En ducto	Aire libre
18	1,31	10	15
14	2,08	15	20
12	3,31	20	25
10	5,26	30	40
8	8,36	40	60
6	13,28	55	80
4	21,15	70	105
2	33,62	95	140
1	42,37	110	160
1/0	53,9	150	195
2/0	67,43	175	225
3/0	85,01	200	255
4/0	107,21	230	305
250 (*)	126,69	255	335
300 (*)	151,86	285	375
350 (*)	177,43	310	405
400 (*)	202,69	335	435
500 (*)	253,06	380	500
600 (*)	304,24	420	555
700 (*)	354,45	460	600
800 (*)	405,71	490	645
900 (*)	457,44	520	680
1 000 (*)	506,04	545	710

Fuente: Instituto Boliviano de normalización y calidad (2015). Diseño construcción de instalaciones eléctricas en baja Tension

De la tabla para un suministro adecuado de 11,1 amperes de corriente el cable 12 AWG de 10 metros para el moto-reductor principal es el adecuado.

3.8.5 Caída de tensión

De acuerdo a la norma (NB-777), Norma Boliviana para las instalaciones electromecánicas aguas debajo de la red, se establece que la caída del sistema no debe exceder el 3% y la caída total de la línea no debe superar el 5%, se puede ver la tabla 3.80. De esta manera se tiene la siguiente ecuación:

$$\Delta V = \sqrt{3} \frac{\rho_{cu} \cdot L \cdot I_D \cdot \cos(\varphi)}{S} \quad (3.157)$$

$$\Delta V \% = \frac{\Delta V}{U_n} * 100 \quad (3.158)$$

Donde: ΔV : Caída de tensión (V)

ΔV %: Caída de tensión porcentual (no debe superar los 3%)

ρ_{cu} : Resistividad del cobre a 20°C; $\rho_{cu} = 0,0175 \left[\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right]$ ⁵²

U_n : Tensión nominal (V)

L : Longitud total del cable (m)

S : sección transversal del conductor, AWG#12 $s = 3,31[\text{mm}^2]$ del Anexo A

$$\Delta V = \sqrt{3} \frac{0,0175 \cdot 10 \cdot 6,4 \cdot 0,85}{3,31} \quad \Delta V = 0,49[\text{Voltios}]$$

⁵² IBNORCA NB 777, Instituto Boliviano de Normalización y Calidad. (2015). *Diseño y Construcción de Instalaciones Eléctricas Interiores en Baja Tensión*,

Tabla 3.80 Caída de tensión a plena carga

Componente	Longitud (m)	Área S(mm ²)	Corriente (A)	U _n	Δ V	Δ V%
Moto-reductor principal	10	3,31	14,81	220	0,49	0,22

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de la caída de tensión en el instante de arranque para el tablero y los conductores ramales, se considera: $I_{arranque} = 5 \cdot I_{plena\ carga}$ (3.159)

$$\Delta V_{t-arranque \%} = 5 \cdot \Delta V_i \% \quad (3.160)$$

Entonces la caída de tensión en el momento de arranque para los ramales no supera el 5%. Más datos de los elementos de protección se adjuntará en anexos.

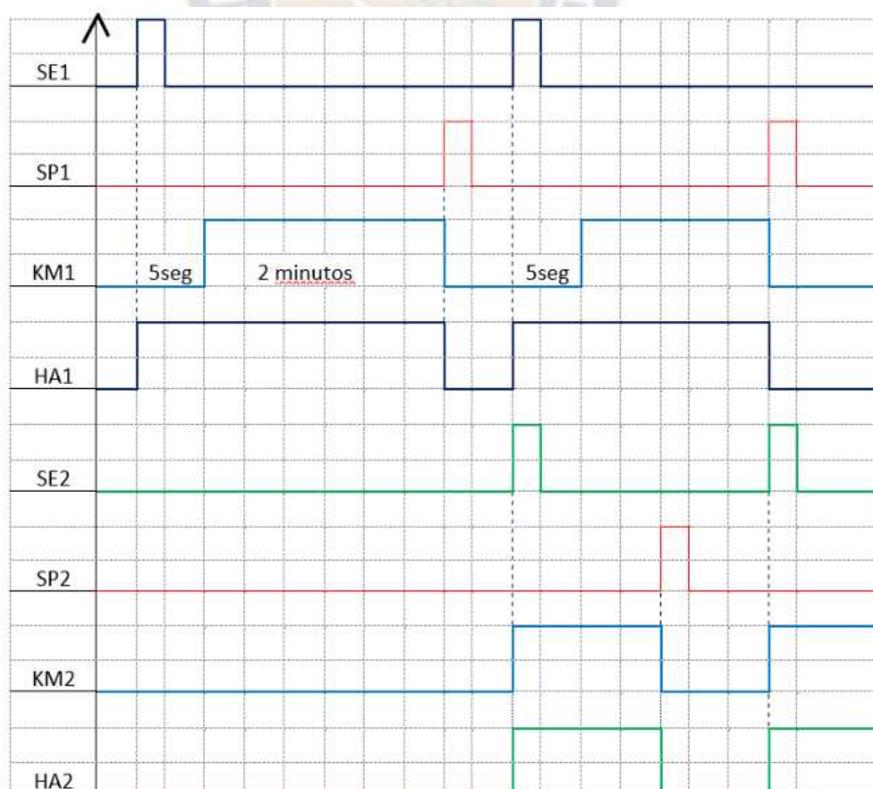
Tabla 3.81 Caída de tensión en el arranque

Componente	Δ V _{plena carga} %	Δ V _{arranque} %
Moto-reductor principal	0,22	1,11

Fuente: Elaboración propia

3.8.6 Circuitos de maniobra y diagrama Unifilar.

Figura 3.90 Diagrama de Tiempos en el arranque de Motores



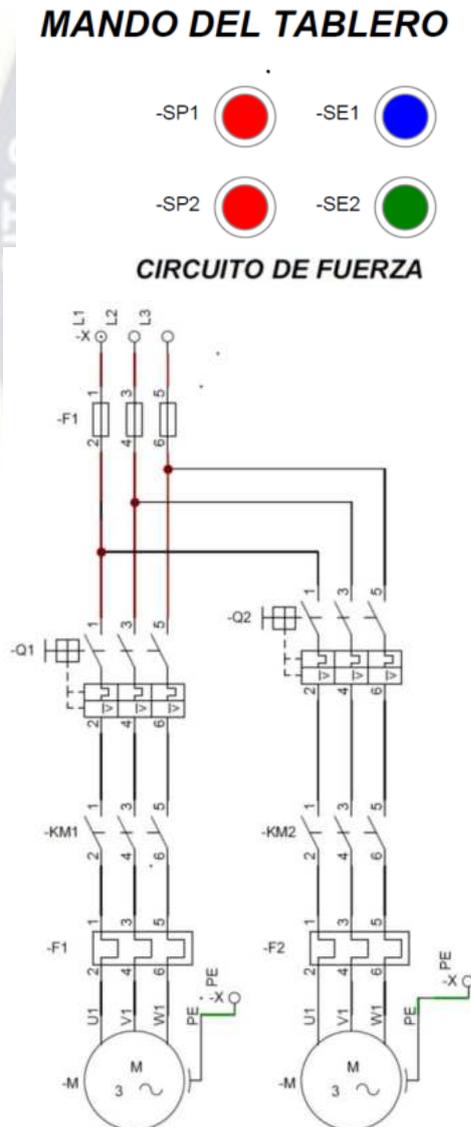
Fuente: Elaboración propia, macros de Excel

Fuente: Elaboración propia, macros de Excel

Para el funcionamiento de la máquina ya descrita se configura mediante lógica cableada. En la cual se debe presionar un pulsador para energizar el motor del

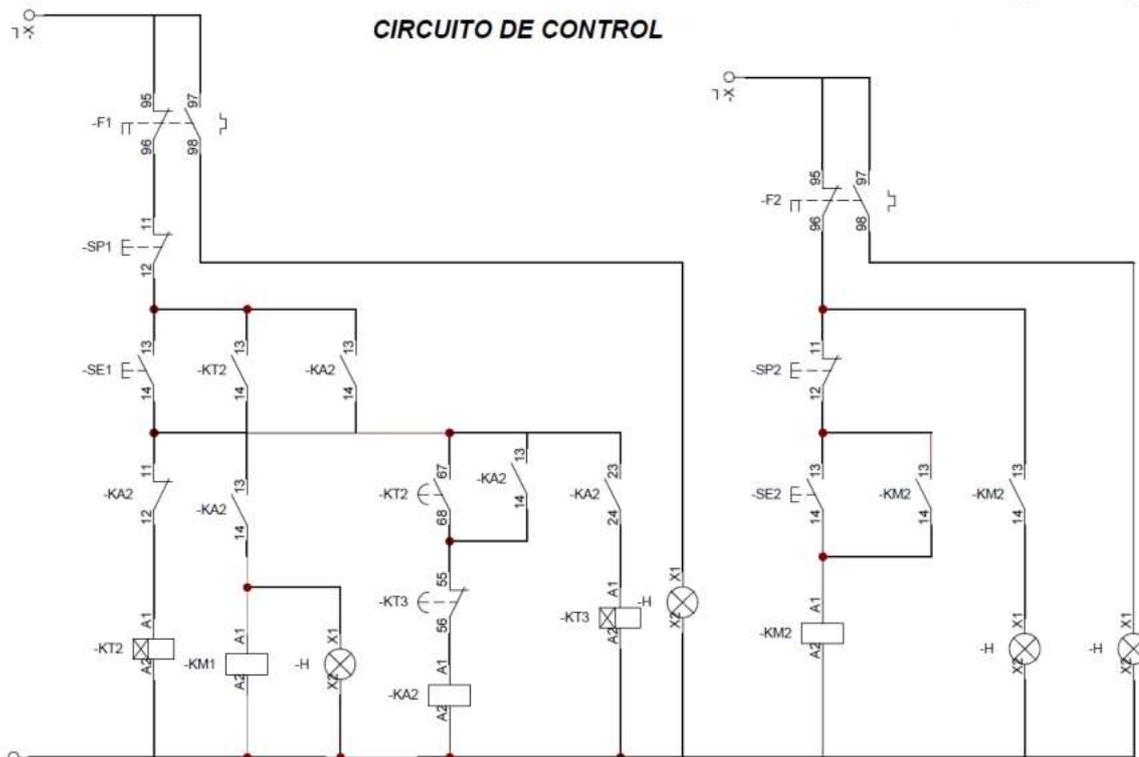
sistema mezclatorio y otro pulsador para el sistema de transporte y bombeo de mortero. Para realizar cualquier proceso en lógica cableada mediante contactores, es necesario partir de los diagramas de tiempo, en el cual se muestra como se energizan y enclavan los contactos auxiliares de ambos motores además de la temporización necesaria. El circuito de maniobra o control es el que muestra en la figura, el primer proceso cuenta con un temporizador y contactor con retardo a la conexión la cual se modifica para poder obtener el tiempo de mezcla requerido, por el mezclador. Se incorpora dos pulsadores de emergencia en caso de que se quiera detener el movimiento y evitar algún accidente. Las figuras 3.91 y 3.92 muestran el accionamiento eléctrico.

Figura 3.91 Circuito de Mando y Circuito de Fuerza



Fuente: Elaboración propia, Cadesimu

Figura 3.92 Circuito de Control



Fuente: Elaboración propia, Cadesimu

3.9 Balance de materiales

En la tabla 3.82 se muestra el balance de materiales de los elementos.

Tabla 3.82 Balance de Materiales – Sistema Estructural y elementos de máquina

Ítem	Descripción	Material	Cantidad	Peso bruto por unidad [kgf]	Peso neto [kgf]	Peso total [kgf]
1	Soporte central de motor superior	AISI 304	1	2,340	2,340	2,340
2	Platinas laterales superiores	AISI 304	1	0,480	0,480	0,960
3	Recipiente contenedor cilindrico	AISI 304	1	6,300	6,300	6,300
4	Base de recipiente contenedor	AISI 304	1	3,100	3,100	3,100
5	Pasador y compuerta de descarga	AISI 304	1	0,550	0,550	0,550
6	Pasador y compuerta de descarga	AISI 304	1	0,270	0,270	0,270
7	Salida en descarga de Mortero	AISI 304	1	0,250	0,250	0,250
8	Orejera de sostenimiento de la mezcladora	AISI 304	2	1,380	2,760	2,760
9	Acople reductor mezcladora	AISI 304	1	0,290	0,290	0,290
10	Eje de mezcladora	AISI 304	1	1,080	1,080	1,080
11	Cubo Sostenedor de Paletas	AISI 304	1	0,560	0,560	0,560

12	Brazo acoplado al eje	AISI 304	4	0,900	0,900	3,600
13	Espada - paleta mezclatoria	AISI 304	4	1,100	1,100	4,400
14	Estructura de Mezcladora - revocadora	A 36	1	26,600	26,600	26,600
15	Tolva de almacenamiento	AISI 304	1	10,900	10,900	10,900
16	Placa soldada a la tolva	AISI 304	1	1,030	1,030	1,030
17	Perfil tipo C- soporte lateral de la tolva	A 36	2	1,900	1,900	2,800
18	Perfil tipo C- soporte transversal de la tolva	A 36	2	0,910	0,910	1,820
19	Tornillo Helicoidal de transporte	AISI 304	1	3,500	3,500	3,500
20	Acoplamiento de tornillo Helicoidal	AISI 304	1	0,510	0,510	0,510
21	Acoplamiento 2 de tornillo Helicoidal transportador	AISI 304	1	0,550	0,550	0,550
22	Rotor bomba B.C.P.	A-36, Aluminio	1	1,535	1,535	1,535
23	Soporte de motor y reductor N°2	A-36	1	2,130	2,130	2,130
24	Argolla de presión	A-36	1	0,550	0,550	0,550
25	Articulaciones de sujeción B.C.P.	A-36	3	0,404	0,404	1,202
26	Camisa – Elastómero interno B.C.P.	3,230	1	5,010	5,010	5,010

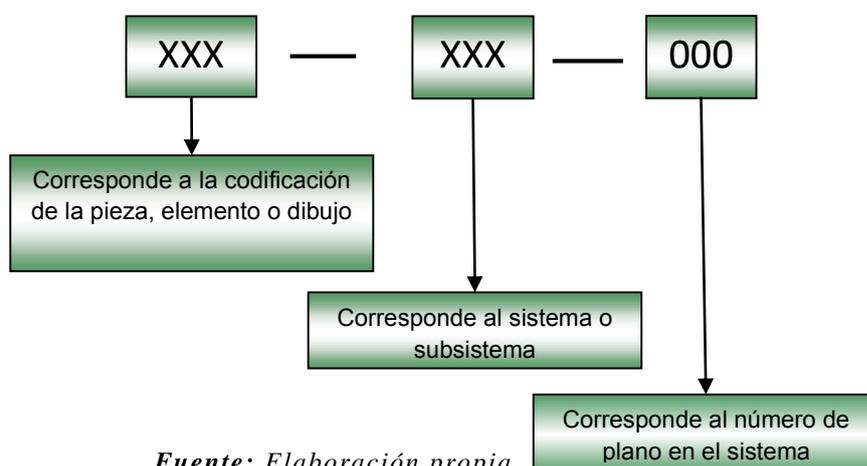
Fuente: Elaboración propia,

3.10 Especificación de Planos

En este proyecto, los dibujos y los planos fueron desarrollados utilizando los programas de dibujo y diseño asistido por computadora como el SolidWorks 2019 y Autocad 2012. En los anexos de este documento se encuentran los planos correspondientes a la máquina, a sus distintas piezas y elementos.

Los planos se detallan en anexos parte C y la numeración de los planos para fácil comprensión está codificada en la figura que se tiene a continuación:

Figura 3.93 Nomenclatura de Planos



Fuente: Elaboración propia

La norma aplicada al momento de la elaboración de los planos corresponde a la norma DIN alemana y para la elaboración de los planos, se utilizó el formato A1 y A3 respecto al tamaño de hoja.

Tabla 3.83 Planos

Ítem	Descripción	Código de Plano	Formato	Escala
1	Soporte central de motor superior	PCS-MEZ-001	DIN A4	1:5
2	Platinas laterales superiores	PLS-MEZ-002	DIN A4	1:5
3	Recipiente contenedor cilindrico	RCC-MEZ-003	DIN A4	1:10
4	Base de recipiente contenedor	BRC-MEZ-004	DIN A4	1:10
5	Pasador y compuerta de descarga	COM-MEZ-005	DIN A4	1:5
6	Manivela, buje de la compuerta	MAN-MEZ-006	DIN A4	1:2
7	Salida en descarga de Mortero	SDM-MEZ-007	DIN A4	1:5
8	Orejera de sostenimiento de la mezcladora	OSM-MEZ-008	DIN A4	1:5
9	Acople reductor mezcladora	ACOP-MEZ-009	DIN A4	1:2
10	Eje de mezcladora	EJE-MEZ-010	DIN A4	1:5
11	Cubo Sostenedor de Paletas	ROT-MEZ-013	DIN A4	1:2
12	Brazo acoplado al eje	ROT-MEZ-010	DIN A4	1:2
13	Espada - paleta mezclatoria	ROT-MEZ-011	DIN A4	1:2
14	Estructura de Mezcladora - revocadora	EST-EST-001	DIN A4	1:10
15	Tolva de almacenamiento	TOL-TRAN-001	DIN A4	1:10
16	Placa soldada a la tolva	PLB-TRAN-002	DIN A4	1:5
17	Perfil tipo C- soporte lateral de la tolva	BDT-EST-003	DIN A4	1:5
18	Perfil tipo C- soporte transversal de la tolva	BDT-EST-004	DIN A4	1:5
19	Tornillo Helicoidal de transporte	AISI 304	DIN A4	1:5
20	Acoplamiento de tornillo Helicoidal	AISI 304	DIN A4	1:1
21	Acoplamiento 2 de tornillo Helicoidal transportador	AISI 304	DIN A4	1:1
22	Rotor bomba B.C.P.	A-36, Aluminio	DIN A4	1:5
23	Soporte de motor y reductor N°2	SOP-BOM-001	DIN A4	1:5
24	Argolla de presión	A-36	DIN A4	1:5
25	Articulaciones de sujeción B.C.P.	A-36	DIN A4	1:5
26	Camisa – Elastómero interno B.C.P.	3,230	DIN A4	1:5

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

PROCESO DE MANUFACTURA

4.1 Parámetros del proceso de Manufactura

Para poder realizar la fabricación de los elementos, se debe realizar una serie de pasos, donde intervienen la mano de obra directa e indirecta de profesionales técnico, soldador, ayudante e ingeniero, los cuales van a realizar la manufactura de nuestros elementos de interés. Los procesos de fabricación se dividen en procesos con arranque de viruta y sin arranque de viruta.

4.1.1 Metodología de fabricación

Para los procesos de fabricación es necesario seguir pasos e información adicional para manufacturar los elementos, se denominan hojas de procesos a las que se encuentran en el anexo B, donde tenemos la información detallada.

- Identificación del elemento o pieza de interés.
- Identificación y cuantificación en peso del material.
- Descripción del tipo proceso a seguir.
- Identificación de herramientas y maquinaria empleada.
- Tiempos de preparación, ejecución y acabado de las piezas.
- Identificación de la mano de obra que interviene.

4.1.2 Tiempos de fabricación

Se tomarán en cuenta para este cálculo los siguientes tiempos para cada pieza mecanizada. El tiempo total de trabajo de una pieza estará conformado por:

$$t_{tot} = t_{prep} + t_{ejec} + t_{aca} \quad (4.1)^{53}$$

Donde: t_{tot} : tiempo total de trabajo [seg] t_{prep} : tiempo de preparación [seg]

t_{ejec} : tiempo de ejecución [seg] t_{aca} : tiempo de acabado [seg]

De la misma manera el tiempo de preparación, es el tiempo empleado en preparar todos los procesos de fabricación antes de que se realice la manufactura, como puede ser alistar las herramientas, materiales, los planos y la preparación de máquinas. El tiempo de ejecución, está dado por:

$$t_{ejec} = t_m + t_t \quad (4.2)^{54}$$

⁵³ Extraído de: Ingeniería mecánica. Introducción al la tecnología mecánica, pág 93.

⁵⁴ (1992). Ingeniería Mecánica. *Introducción a la tecnología mecánica*

Donde: t_{pre} : tiempo de maniobra [seg] t_{ej} : tiempo de transformación [seg]

El tiempo de maniobra es el tiempo de operaciones no productivas realizadas en la fabricación, mientras el tiempo de transformación es el tiempo utilizado en la transformación del material en un elemento.

4.1.2.1 Tiempo necesario para trabajos de taladrado

El tiempo para taladrar, está dado por la fórmula:

$$t = \frac{L}{S \cdot N} \quad (4.3)^{55}$$

Donde: t : es el tiempo de duración de la pasada en minutos

L : longitud de corte [mm]

S : avance por revolución [mm/rev]

N : número de revoluciones por minuto [rpm]

Se considera que para un diámetro de herramienta de hasta 10 [mm], el trabajo con material de acero inoxidable (para el proyecto AISI 304) es:

$$S = 0,35 \frac{mm}{rev}$$

La velocidad de corte en taladrado para el tipo de acero utilizado⁵⁶ es 24 [m/min].

4.1.2.2 Tiempo necesario para trabajos de soldadura

El tiempo en el que se realiza un cordón de soldadura varía con la experiencia del operador. Esta operación se realizaría en un taller especializado, sin embargo, para un proyecto más detallado se toma esta aproximación.

$$t_{sol} = \frac{45 \cdot C \cdot e^2}{d^{1,5}} \quad (4.4)^{57}$$

Donde: t_{sol} : tiempo de soldadura para un metro [sold./m]

C : 10 constante de soldadura

e : espesor de la plancha [m]

d : diámetro del electrodo [m]

4.1.2.3 Tiempo necesario para trabajos de amolar

El tiempo que se tomará como referencia para cortar un metro de plancha con espesor aproximado de 2 mm será de 15 minutos, sin embargo para cortar un metro de plancha con espesor aproximado de 5 mm será de 25 minutos⁵⁸.

⁵⁵ Extraído de "Máquinas" - A. L. Casillas.[7]

⁵⁶ Extraído de "Máquinas" - A. L. Casillas.[7]

⁵⁷ Taller de manufactura I. (2017). Obtenido de U.M.S.A., Facultad de Ingeniería Mecánica y Electromecánica

⁵⁸ Taller de manufactura I. (2017). Obtenido de U.M.S.A., Facultad de Ingeniería Mecánica y Electromecánica

4.1.2.4 Tiempo de torneado

El tiempo para realizar algún trabajo con el torno, se define por la ecuación:

$$t_{tor} = \frac{L \cdot \pi \cdot D}{S \cdot V \cdot 1000} \quad (4.5)^{59}$$

Donde: t_{tor} : tiempo de torneado [min]

L : Longitud de corte [mm]

V : Velocidad de avance [m/min]

D : diámetro de la pieza [mm]

S : avance por revolución [mm/rev]

4.1.2.5 Tiempo necesario para trabajos de doblado

El tiempo del doblado varía con la experiencia del operador. Esta operación se realizaría en un taller especializado, sin embargo, se tomarán aproximaciones.

4.1.3 Hojas de proceso y costo

En las hojas de anexos parte B se detallan todos los tipos de información sobre la secuencia de fabricación que tienen las diferentes piezas de la máquina tomando en cuenta los tiempos calculados y aproximados de los diferentes procesos y los costos tanto de mano de obra como de los equipos utilizados.

4.1.3.1 Información presente en las hojas de proceso

- **Información Técnica:** Nombre de la pieza elemento, identificación del código de plano al que corresponde, identificación del sistema correspondiente, especificación de la cantidad de piezas a fabricar, material de fabricación de la pieza, peso bruto, peso neto y dimensiones de la pieza.
- **Información de Procesos de fabricación y tiempos:** Identificación de la secuencia del proceso, descripción del proceso utilizado, indicación de la máquina, herramienta, o equipo usado, tiempo de preparación, tiempo de ejecución, tiempo de acabado, tiempo total por proceso por hora e identificación de la mano de obra.
- **Costos relacionados:** Costo de mano de obra por tiempo total de trabajo, costo de materiales por tiempo total de trabajo, costo de máquinas herramienta por tiempo utilizado, costo de insumos y costo total de la pieza.

4.2 Proceso de montaje

4.2.1 Montaje de los sistemas y elementos

El sistema de montaje es un proceso que debe seguir una serie de pasos. Este proceso se realiza en una planilla donde se realiza la unión de todas las partes hasta

⁵⁹ Casillas, A. L. (2010). *Máquinas, Cálculo de Taller*. Madrid: MELSA, p. 592.

la obtención de la máquina, en función de sus sistemas y subsistemas. Se muestra en una serie de pasos la cual es evaluado en función del tiempo.

Se describen el ensamble de todas las piezas y elementos de la máquina, el montaje de las piezas puede darse utilizando uniones por soldadura, uniones atornilladas o uniones con pasador. Los tipos de uniones son ilustrados en la figura 4.1, lo que permite diferenciar la asignación abreviada para cada tipo de unión.

Figura 4.1 Notación para cada Tipo de Unión

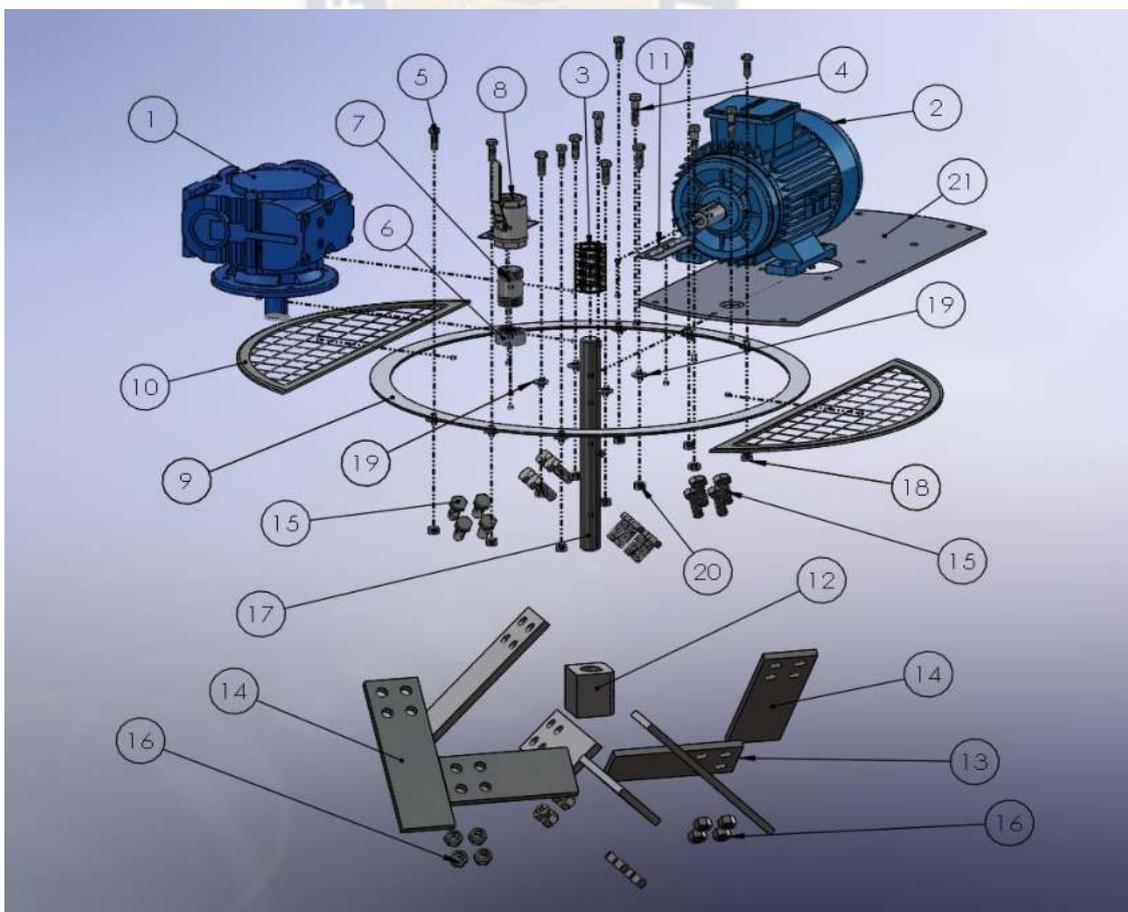


Fuente: Elaboración propia

Para las distintas uniones, se tendrá un tiempo determinado que estará en función de la experiencia del operador. Se harán aproximaciones de tiempo y la secuencia de montaje, se detalla en los diagramas de montaje y en las hojas de secuencia.

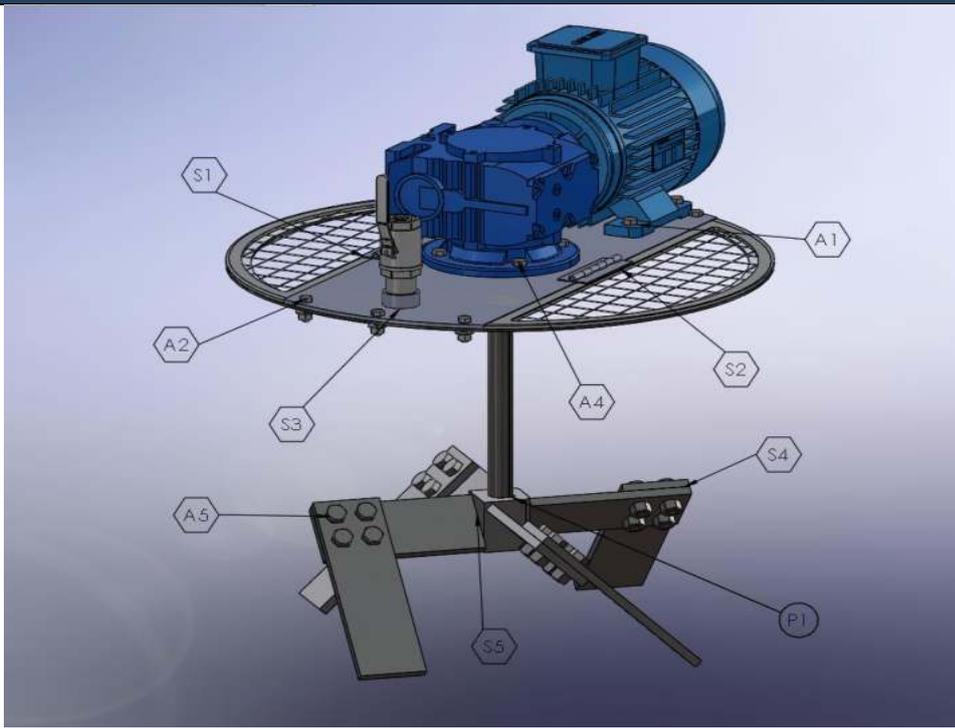
4.2.1.1 Montaje fase 1 – Sistema Mezclatorio

Figura 4.2 Montaje sistema mezclatorio



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.1 Secuencia de montaje reductor y rotor de la mezcladora

PLANILLA - SECUENCIA DE MONTAJE				
				
PLANILLA - SECUENCIA DE MONTAJE				
Proyecto: Diseño de una máquina mezcladora y revocadora de mortero para la constructora AEDIFICAREM S.R.L.				
Sistema: Mezclatorio			Subsistema: Mezclador	
Diagrama de montaje N°1: FASE 1				
Lista de piezas que intervienen				
N° de Pieza	Descripción general	N° de plano	Cantidad	Observaciones
1	Moto reductora mezclador 2Hp	Figura	1	Especificado
2	Motor sistema de mezcla	Figura	1	Especificado
3	Acoplamiento moto reductor	BDT-EST-003	1	Construido
4	Tornillos hexagonales de sujeción 13/32 pulg. = 10,3mm (Motor)	BDT-EST-003	8	Especificado
5	Tornillos hexagonales de sujeción 5/16 pulg. = 7,94mm (Aro de sujeción)	Figura	6	Especificado
6	Medio cople roscado de 3/2 pulg	Figura	1	Especificado
7	Niple de 3/2 pulg	Figura	1	Especificado
8	Válvula de paso completo 3/2 pulg	Figura	1	Especificado
9	Aro de soporte	RCC-MEZ-001	1	Construido
10	Tapas laterales de inspección	PLS-MEZ-002	2	Construido
11	Bisagras	Figura	2	Especificado
12	Cubo sostenedor de paletas (batidora)	ROT-MEZ-012	1	Construido
13	Brazo de paleta mezcladora (batidora)	ROT-MEZ-010	4	Construido
14	Paleta mezcladora	ROT-MEZ-013	4	Construido
15	Tornillos hexagonales de sujeción 9/16 pulg. = 14,2mm (Paletas)	Figura	16	Especificado

16	Tuercas hexagonales 9/16 pulg. = 14,2mm	Figura	16	Especificado
17	Eje rotatorio de mezcladora	EJE-MEZ-010	1	Construido
18	Tuercas hexagonales de sujeción 5/16 pulg. = 7,94mm (Aro de sujeción)	Figura	6	Especificado
19	Arandela de presión rotas 3 13/32, 5/16 y 9/16 pulg y	Figura	30	Especificado
20	Tuercas 13/32 pulg. = 10,3mm (Motor)	Figura	8	Especificado
21	Placa base de moto reductor	PCS-MEZ-001	1	Construido

Proceso de Trabajo y Secuencia de Montaje

1	El elemento N°1 debe ir acoplado al elemento N°2, además de estar completamente nivelado horizontalmente.
2	El elemento N°2 va unido al soporte mediante sujeción apernada A4, tomando en cuenta que forma 90° con el eje de transmisión. Un lado de la bisagra debe ir soldada al elemento N°21 y el otro lado debe estar soldada al elemento N°10, es decir las bases con rejilla deben poder abrirse para el ingreso de material ya sea cemento, arena grava o aditivos.
3	El elemento N°6 es un medio cople que está unido al elemento N°21 mediante soldadura.
4	Los elementos N° 6, 7 y 8 son accesorios roscados que permiten el ingreso de agua mediante una manguera conectada a la válvula de paso completo que es el elemento N°8.
5	Para mayor seguridad el elemento N°1 debe ir acoplado al elemento N°17, de modo tal que se pueda dar el torque necesario para girar alrededor del eje de referencia.
6	Los elementos N° 12 y 17 están acoplados mutuamente mediante una cuña soldada al eje. antes de realizar la unión, centrar ambos con precisión tomando como referencia de centro la unión con el reductor de los elementos centrales.
7	El cubo macizo o elemento N° 12 debe estar soldado al brazo lateral de la paleta mezcladora, como son 4 brazos que facilitan el proceso de mezclado, se amplifica 4 veces este proceso de montaje.
8	Los elementos N°13 van unidos a los elementos N°14 mediante sujeciones pernadas
9	Los elementos N°10 y N°21 una vez soldados y unidos mediante la bisagra se unen mediante sujeción atornillada al aro de soporte o elemento N°9.
10	Una vez que el subsistema de transmisión quede acoplado y alineado puede unirse mediante sujeción apernada a la base que soporta el subsistema, en este caso al elemento N°21.
11	Es importante destacar que el aro de soporte o elemento N°9 deberá ir soldado a la cubierta la cual se verá en la fase 2.
12	El montaje del sistema mezclatorio está listo para entrar a la siguiente etapa.

HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

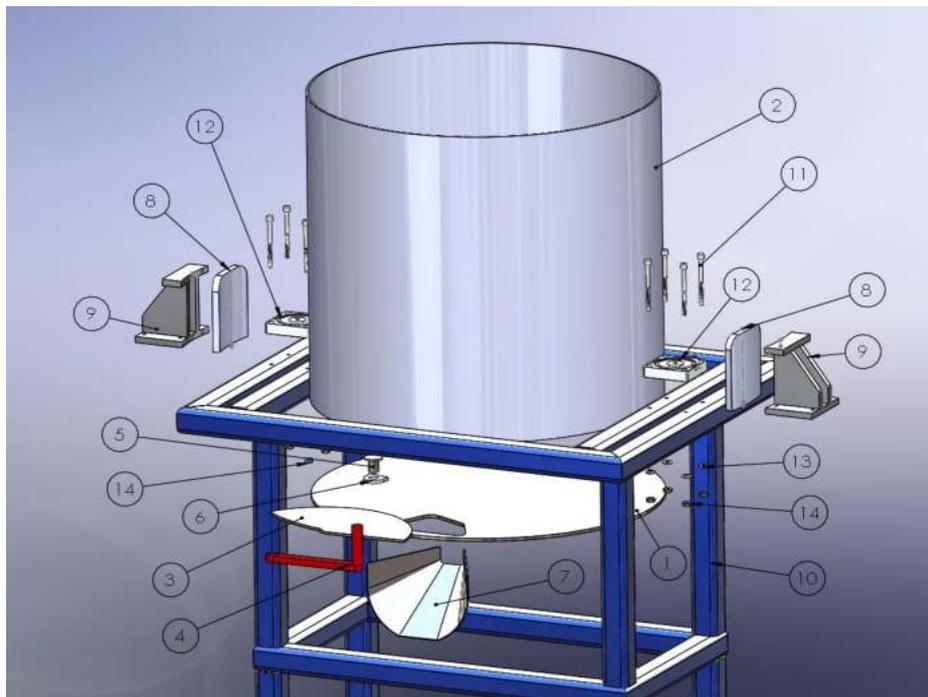
N°	Descripción	
1	Arco eléctrico	6
2	Alicate de presión	7
3	Escoriador	8
4	Escuadra	9
5	Rayador	10

MANO DE OBRA	TIEMPO ESTIMADO [min]
1. Técnico Mecánico	70
2. Soldador	35
3. Ayudante	20
4. Ingeniero	45

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2 Montaje fase 2 – Sistema de pesaje

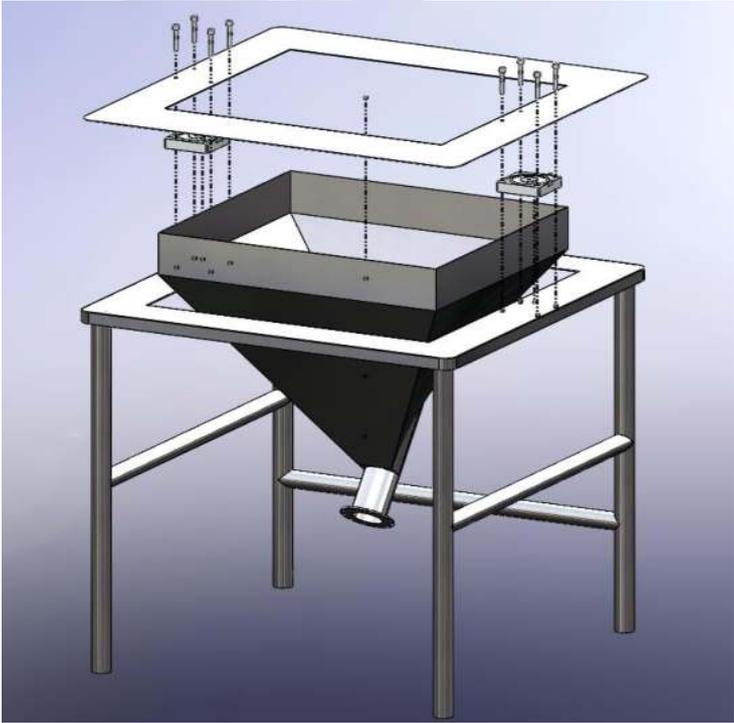
Figura 4.3 Montaje sistema de pesaje



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.2 Secuencia de montaje recipiente a estructura

PLANILLA - SECUENCIA DE MONTAJE		
PLANILLA - SECUENCIA DE MONTAJE		
Proyecto: Diseño de una máquina mezcladora y revocadora de mortero para la constructora AEDIFICAREM S.R.L.		
Sistema: Estructural - Pesaje		Subsistema: Pesaje

Diagrama de montaje N°2: FASE 2				
Lista de piezas que intervienen				
N° de Pieza	Descripción general	N° de plano	Cantidad	Observaciones
1	Base de recipiente	BRC-MEZ-004	1	Construido
2	Recipiente contenedor cilíndrico	RCC-MEZ-003	1	Construido
3	Compuerta de descarga	COM-MEZ-005	1	Construido
4	Manivela de la compuerta	MAN-MEZ-006	1	Construido
5	Buje pasante de descarga	COM-MEZ-005	1	Construido
6	Orificio pasante	MAN-MEZ-006	1	Construido
7	Boquilla de salida	SDM-MEZ-006	1	Construido
8	Orejera de sostén	OSM-MEZ-008	2	Construido
9	Orejera de agarre	OSM-MEZ-008	2	Construido
10	Estructura tubular cuadrada	EST-EST-001	Varios	Construido
11	Tornillos tipo allen M10	Figura	8	Especificado
12	Celdas de pesaje antivibratorio	Figura	2	Especificado
13	Arandelas de presión rotas flexibles M10	Figura	8	Especificado
14	Tuercas M10	Figura	8	Especificado
Proceso de Trabajo y Secuencia de Montaje				
1	Los elementos N°1 y el N°2, deben ir soldados en el perímetro exterior mediante soldadura S6, este será nuestro recipiente que contendrá el proceso de mezcla.			
2	El elemento N°7 debe unirse mediante soldadura S9 al recipiente, en la parte inferior; esta operación debe ser hecha en la ranura marcada por el contenedor, de modo que haya un pequeño arco de circunferencia que permita la descarga de mortero hacia el subsistema de transporte.			
3	Los elementos N°3 y el N°4 componen el subsistema de descarga, van unidos mediante sujeción soldada S7. (La segunda alternativa es similar al ensamblaje de la 1er alternativa)			
4	El elemento N°6 está unido al recipiente de contención mediante una unión soldada S8, será el elemento donde pasará el buje para maniobrar la manivela.			
5	El elemento 5 va unido a los elementos N° 3, 4 y 6 como unión pasante P3.			
				
6	En ambas partes laterales se tiene una unión mediante soldadura del contenedor con			

7	la orejera de sostén o elemento N°8.		
7	Asimismo, la orejera de sostenimiento va soldada (S11) al elemento N°9.		
8	El elemento N°9 de estos la orejera que transmite el peso a las celdas de carga, en las caras interiores del mismo y las celdas están posicionadas una en cada extremo lateral.		
9	Una vez se tengan los siete pasos anteriores realizados, mediante los tornillos tipo allen o elementos N°11, pasarán por el elemento N°12 y los perfiles laterales para formar una sujeción atornillada A6.		
10	Los elementos N°13 y 14, se escogen para que la unión sea fija y sin vibración, ejerciendo un ajuste de presión adicional.		
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS			
Nº	Descripción		
		6	Flexómetro
1	Arco eléctrico	7	Juego de Brocas
2	Alicate dx presión	8	Llave Mixta: Boca Hexagonal/Ojo cuadrado
3	Escoriador	9	Taladro
4	Escuadra	10	Imán de soldadura
MANO DE OBRA		TIEMPO ESTIMADO [min]	
1. Técnico Mecánico		50	
2. Soldador		40	
3. Ayudante		15	
4. Ingeniero		30	

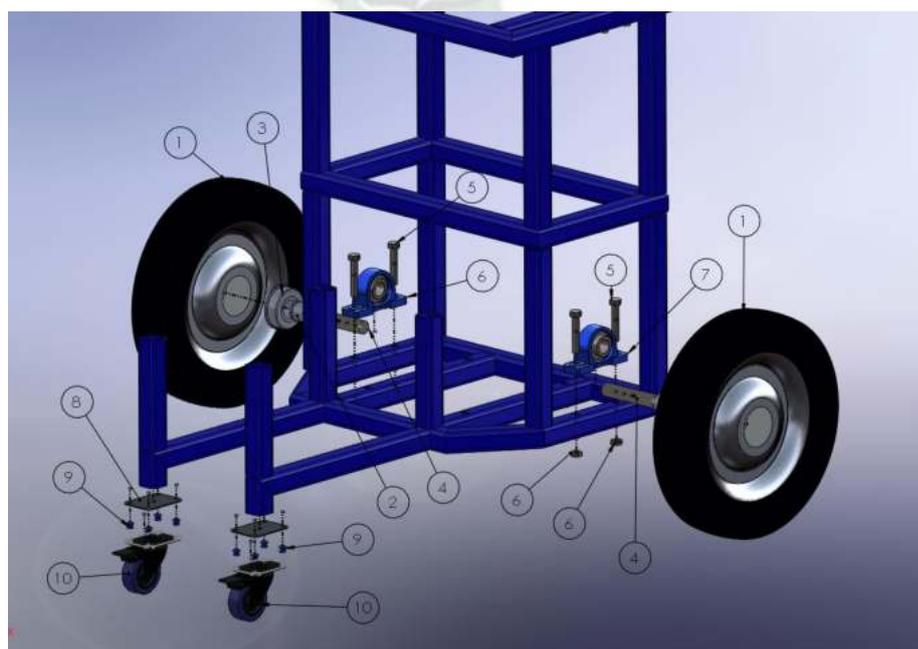
Fuente: Elaboración propia

En ambas alternativas de pesaje la disposición de las celdas es la misma, la diferencia se encuentra en que la alternativa 2 propone una estructura de perfil circular externa para realizar el pesaje y posteriormente enviar a la mezcladora.

4.2.1.3 Montaje fase 3 – Sistema de traslación

A continuación, se muestra la secuencia del ensamblaje

Figura 4.4 Montaje sistema de traslación



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.3 Secuencia de montaje Estructura a sistema de traslación

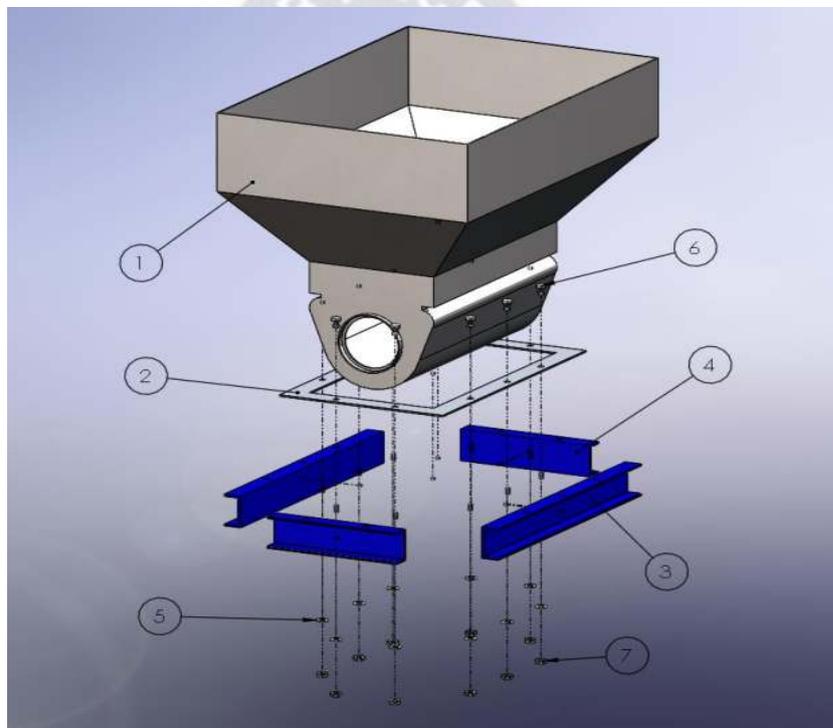
PLANILLA - SECUENCIA DE MONTAJE				
				
PLANILLA - SECUENCIA DE MONTAJE				
Proyecto: Diseño de una máquina mezcladora y revocadora de mortero para la constructora AEDIFICAREM S.R.L.				
Sistema: Estructural - Pesaje			Subsistema: Pesaje	
Diagrama de montaje N°2: FASE 2				
Lista de piezas que intervienen				
N° de Pieza	Descripción general	N° de plano	Cantidad	Observaciones
1	Llantas con eje de 1 pulgada	Figura	2	Especificado
2	Acople de llanta	Figura	2	Especificado
3	Chumacera interna de llanta	Figura	2	Especificado
4	Eje de transmisión 1pulg	Figura	2	Especificado
5	Tornillos hexagonales de sujeción 1/2 pulg.	Figura	4	Especificado
6	Tuercas hexagonales 1/2 pulg	Figura	4	Especificado
7	Chumacera IZ Ø = 1 pulg	Figura	2	Especificado
8	Placa de soporte	Figura	2	Construido
9	Remaches	Figura	8	Especificado
10	Llantas delanteras LP200R	Figura	2	Especificado
Proceso de Trabajo y Secuencia de Montaje				
1	Los elementos N°1 se unen mediante uniones tipo pasador a presión (P5) a los elementos 2, 3 y 4, de forma paralela, de modo que toda la estructura pueda trasladarse de manera adecuada.			
2	Los rodamientos internos de la unión P5, tienen el orificio ya establecido para el ingreso del eje mediante presión o empuje del mismo; este montaje debe hacerse de modo paralelo tanto la parte de la llanta derecha como la izquierda.			
3	El elemento N°7 se encuentra unido a los elementos N°5 y 6 mediante sujeción atornillada (A7) tanto para la rueda lateral derecha como la izquierda.			
4	Los elementos N°8 se hallan soldados a la placa de acero mediante la soldadura S13.			
5	Las ruedas delanteras están unidas mediante remaches hacia las placas de forma paralela, estas se encuentran ya soldadas a la estructura, esta unión se denomina (P6) y es tipo pasante .			
6	El sistema de traslación se encuentra en condiciones óptimas de montaje, pasando al sistema de la etapa N°4.			

HERRAMIENTAS Y EQUIPOS			
Nº	Descripción		
1	Alicate de presión	6	Pistola tipo remachadora
2	Mazo de goma	7	Escuadra, imán de soldadura
3	Arco eléctrico	8	Rayador
4	Llave Mixta: Boca Hexagonal/Ojo cuadrado	9	Flexómetro, escoriador
5	Juego de Brocas	10	Taladro
MANO DE OBRA		TIEMPO ESTIMADO [min]	
1. Técnico Mecánico		20	
2. Soldador		10	
3. Ayudante		15	
4. Ingeniero		10	

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.4 Montaje fase 4 – Sistema de almacenamiento

Figura 4.5 Montaje sistema de almacenamiento



Fuente: Elaboración propia, solidworks 2019

Se produce el contacto entre un acero inoxidable y otro ferrítico, que está recubierta con pintura azul epoxica. “En los laterales de un tren de cercanías, la estructura y los paneles exteriores son de distintos tipos de acero inoxidable. Como todos ellos tienen potenciales idénticos, no se puede producir corrosión, o el ejemplo empleado en autobuses, el acero inoxidable (generalmente un tipo ferrítico pintado) ha demostrado ser compatible con un chasis de acero al carbono o de manera viceversa”⁶⁰

⁶⁰ El acero inoxidable en contacto con otros materiales metálicos, *Euro inox. Vól. 10*

Tabla 4.4 Secuencia de Tolva de transporte

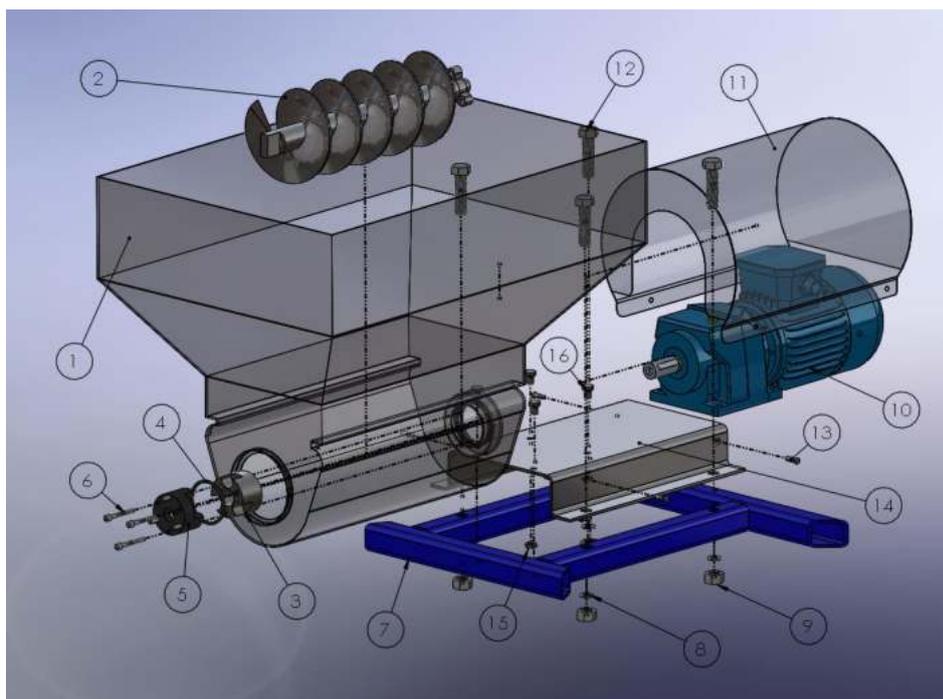
PLANILLA - SECUENCIA DE MONTAJE				
PLANILLA - SECUENCIA DE MONTAJE				
Proyecto: Diseño de una máquina mezcladora y revocadora de mortero para la constructora AEDIFICAREM S.R.L.				
Sistema: Transporte y almacenaje			Subsistema: Almacenamiento	
Diagrama de montaje N°4: FASE 4				
Lista de piezas que intervienen				
N° de Pieza	Descripción general	N° de plano	Cantidad	Observaciones
1	Tolva para almacenamiento	TOL-TRAN-001	1	Construido
2	Placa base de la tolva	PLB-TRAN-002	1	Construido
3	Bases de soporte fijo longitudinal	BDT-EST-003	2	Construido
4	Bases de soporte fijo transversal	BDT-EST-003	2	Construido
5	Arandela de presión	Figura	10	Especificado
6	Tornillos hexagonales de sujeción 3/8 pulg. = 9,53mm	Figura	10	Especificado
7	Tuerca 3/8 pulg. = 9,53mm	Figura	10	Especificado
Proceso de Trabajo y Secuencia de Montaje				
1	El elemento N°1 debe ir soldado al elemento N°2 en el tope, hasta llegar a la inclinación presentada por el elemento N°1, mediante una unión tipo S20 por todo el alrededor de la tolva.			
2	Los elementos N°3 van unidos a los elementos N°4 en ambos extremos, mediante una unión tipo S21, soldadura longitudinal tope a tope en las esquinas.			
3	La unión de los elementos N°1 y N°2 debe ir apernada a la unión de los elementos N°3 y N°4 en las caras inferiores del primer sólido con las caras superiores del segundo.			
4	Se debe tomar en cuenta que estos elementos deben estar completamente alineados, ya que estos servirán de guía para los pernos, arandelas y tuercas de sujeción.			
5	El diseño tiene un montaje accesible, de modo que permite desensamblar fácilmente la tolva de almacenamiento.			
6	El ensamblaje de los elementos N°3 y N°4 va sujeto a la estructura de perfiles cuadrados 40x40 del montaje de la fase 3, mediante soldadura en las cuatro esquinas, de este modo proporciona un apoyo fijo y la tolva es de desmontaje fácil al momento de realizar algún tipo de mantenimiento.			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS				
N°	Descripción			

1	Arco eléctrico, Alicata de presión, Escoriador, Escuadra, Rayador, imán de soldadura,
2	Llave Mixta: Boca Hexagonal/Ojo cuadrado
3	Juego de Brocas, Flexómetro y Taladro
MANO DE OBRA	
1. Técnico Mecánico	40
2. Soldador	25
3. Ayudante	20
4. Ingeniero	30

Fuente: Elaboración propia

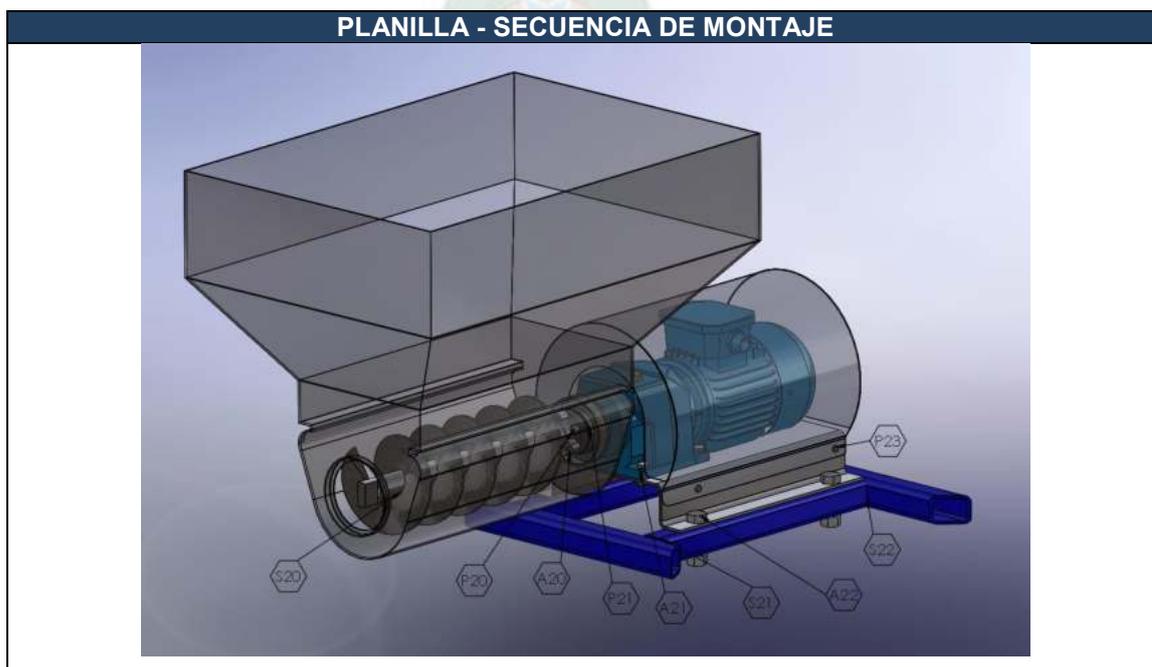
4.2.1.5 Montaje fase 5 – Sistema de Transporte

Figura 4.6 Montaje sistema de transporte



Fuente: Elaboración propia, solidworks 2019

Tabla 4.5 Secuencia de montaje reductor y tornillo sin fin

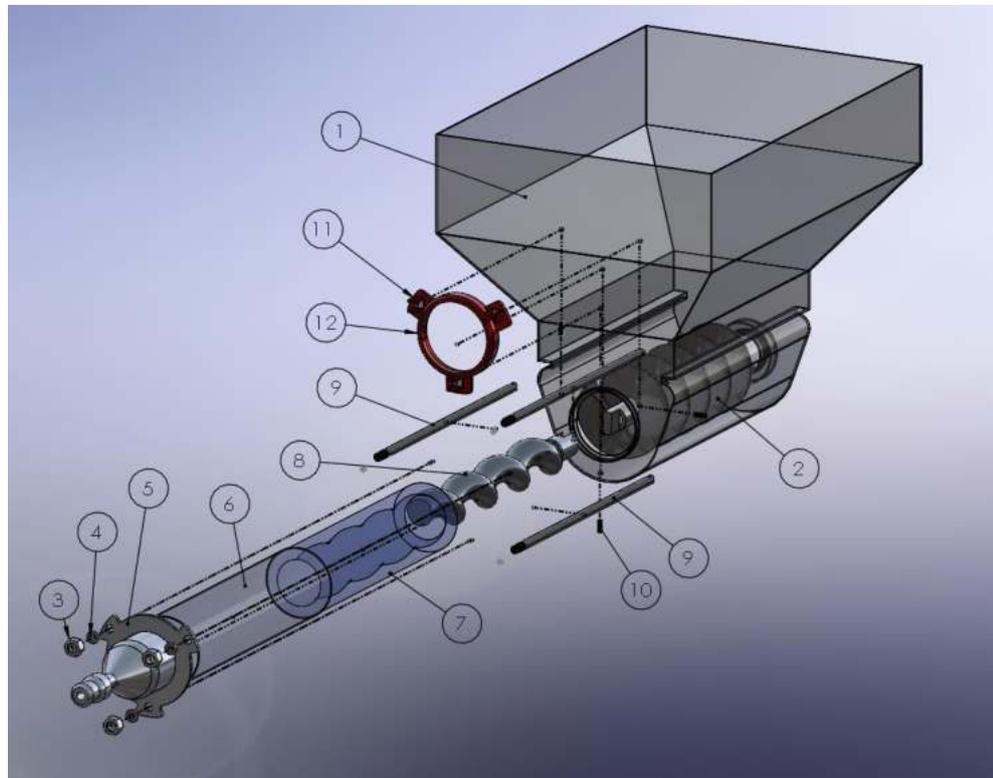


PLANILLA - SECUENCIA DE MONTAJE				
Proyecto: Diseño de una máquina mezcladora y revocadora de mortero para la constructora AEDIFICAREM S.R.L.				
Sistema: Transporte			Subsistema: Transporte	
Diagrama de montaje N°5: FASE 5				
Lista de piezas que intervienen				
N° de Pieza	Descripción general	N° de plano	Cantidad	Observaciones
1	Tolva de almacenamiento	TOL-TRAN-001	1	Construido
2	Tornillo sin fin transportador	TSF-TRAN-003	1	Construido
3	Acoplamiento 2 del tornillo sin fin	ACO-TRAN-005	2	Construido
4	O'ring de acoplamiento	Figura	1	Especificado
5	Acoplamiento 1 del tornillo sin fin	ACO-TRAN-004	2	Construido
6	Tornillos tipo allen 1/4 pulgada	Figura	3	Especificado
7	Estructura de perfiles tubulares cuadrados	EST -EST-001	4	Construido
8	Arandelas de presión rotas flexibles 5/8 pulg	Figura	4	Especificado
9	Tuercas hexagonales 5/8 pulg	Figura	4	Especificado
10	Motor y reductor de velocidad	Figura	1	Especificado
11	Carcasa cobertor de motor	EST -EST-00	1	Construido
12	Tornillos hexagonales de sujeción 5/8 pulg	Figura	4	Especificado
13	Remaches	Figura	4	Especificado
14	Soporte de motor	BCP -BOM-001	2	Especificado
15	Tuercas hexagonales de $\phi = 10mm, 3/8 pulg$	Figura	4	Especificado
16	Tornillos hexagonales de $\phi = 10mm, 3/8 pulg$	Figura	4	Especificado
Proceso de Trabajo y Secuencia de Montaje				
1	El elemento N°1 está montado aparte, sobre el rectángulo de perfiles C.			
2	El elemento N°2 va unido a los elementos N°3 y N°5 mediante la sujeción tipo pasador P20; para lo cual se tienen los orificios respectivos y mediante el elemento N°6 que actúa como intersección del acoplamiento.			
3	El elemento N°4 se debe unir concéntricamente a los elementos N°3 y N°5, primero para asegurar que no existan pérdidas de mortero y para evitar fugas en el momento que se reciba el mortero para proyección.			
4	El soporte del motor o elemento N°14 está fijado sólidamente al elemento N°7 mediante la sujeción atornillada A22 en cuatro esquinas de la base, para que tanto el motor y su reducción estén fijados y den la rotación al tornillo sin fin.			
5	El reductor de velocidad va unido al elemento N°14 junto con los refuerzos, mediante una unión tipo A21. Se debe tener bastante precisión en el momento de montar la posición.			
6	El eje de salida del reductor de velocidad se une a los acoples N°3 y N°5 mediante una cuña, para esta parte se debe evitar que exista excentricidad alguna entre los dos elementos, para tener una perfecta transmisión hacia el eje del tornillo sin fin.			
7	El elemento N° 11 funciona como una protección ante desperdicios de cemento, arena o agua, va unido al elemento N°14 mediante la sujeción tipo pasador P23, proceso mediante remaches hacia las placas de forma paralela. Estos van en los cuatro costados laterales del soporte.			
8	El montaje primeramente permite el transportar mortero hacia el montaje final para su proyección.			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS				
N°	Descripción	N°	Descripción	
1	Arco eléctrico	6	Rayador	
2	Mazo de goma	7	Llave Mixta: Boca Hexagonal/Ojo cuadrado	
3	Alicate de presión	8	Juego de Brocas	
4	Pistola tipo remachadora	9	Flexómetro, escoriador	
5	Escuadra	10	Taladro	

MANO DE OBRA	TIEMPO ESTIMADO [min]
1. Técnico Mecánico	25
2. Soldador	15
3. Ayudante e Ingeniero	15

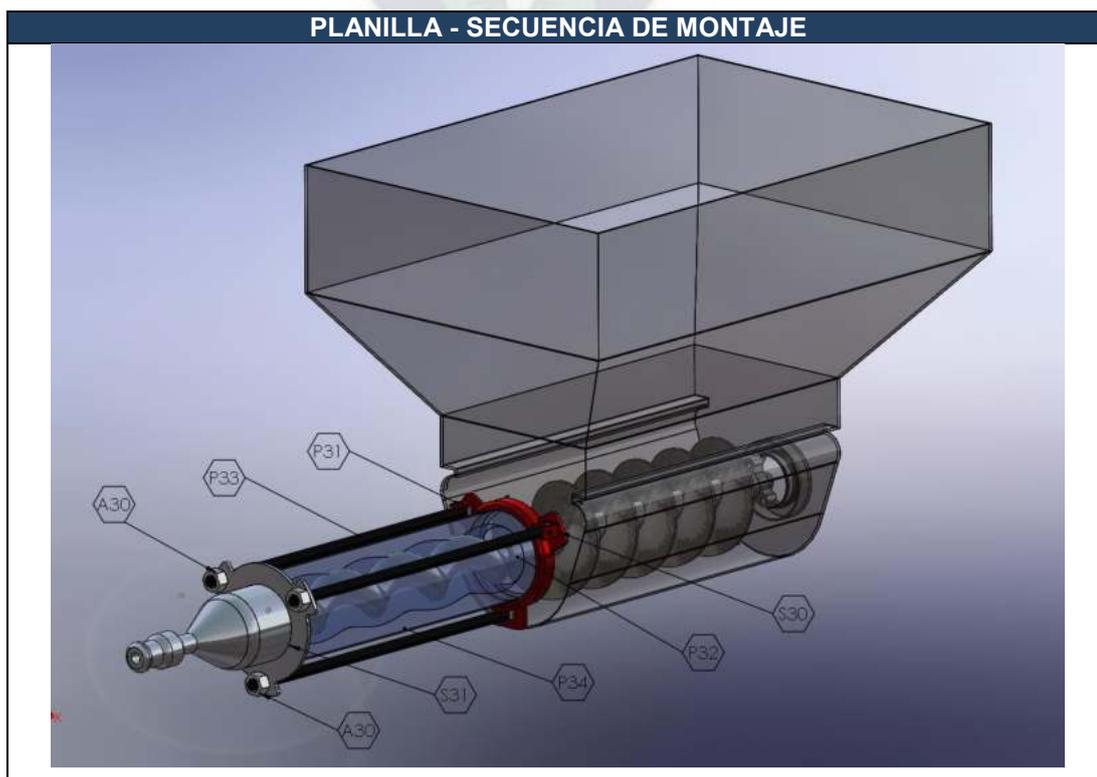
4.2.1.6 Montaje fase 6 – Sistema de bombeo

Figura 4.7 Montaje sistema de bombeo



Fuente: Elaboración propia, solidworks 2019

Tabla 4.6 Secuencia de montaje Tornillo y bomba B.C.P.



PLANILLA - SECUENCIA DE MONTAJE				
Proyecto: Diseño de una máquina mezcladora y revocadora de mortero para la constructora AEDIFICAREM S.R.L.				
Sistema: Bombeo de Mortero			Subsistema: Impulsión de Mortero	
Diagrama de montaje N°6: FASE 6				
Lista de piezas que intervienen				
N° de Pieza	Descripción general	N° de plano	Cantidad	Observaciones
1	Tolva de almacenamiento	TOL-TRAN-001	1	Construido
2	Tornillo sin fin transportador	TSF-TRAN-003	1	Construido
3	Tuercas hexagonales <i>1/2 pulg</i>	Figura	3	Especificado
4	Arandelas de presión rotas flexibles <i>1/2 pulg</i>	Figura	3	Especificado
5	Tapa y válvula de salida B.C.P.	Figura	4	Especificado
6	Camisa de bomba de cavidad progresiva	BCPC-BOM-005	1	Construido
7	Elastómero o estator de B.C.P.	Figura	1	
8	Rotor bomba de cavidad progresiva	BCPC-BOM-005	1	Construido
9	Articulaciones de sujeción	ART-BOM-004	3	Construido
10	Buje de <i>1/4 pulg</i>	ART-BOM-004	3	Construido
11	Pasador del buje	ART-BOM-004	3	Construido
12	Argolla de presión	ARG-BOM-003	1	Construido
Proceso de Trabajo y Secuencia de Montaje				
1	Primeramente, se debe acoplar el elemento N°8 a la salida del tornillo sin fin, en el diseño el rotor debe estar libre de excentricidades y bien alineado.			
2	Los elementos N°11 son la disposición de un buje y una barra hueca cilíndrica a través de uniones tipo pasador P31, actúan como articulaciones móviles que forman un ángulo de 90°.			
3	A continuación, los elementos N°11 y N°12 van solidificados mediante soldadura S30, con el objetivo de formar articulaciones con dos grados de libertad que sean móviles alternando un ángulo de 90° alrededor del eje de referencia.			
4	Los tres elementos N°11, están distribuidos radialmente cada uno alrededor de la argolla de compresión o elemento N°12; para este caso se debe tomar como punto de referencia el centro de cada orejera, para ser fijados posteriormente mediante uniones soldadas S30.			
5	La unión del cobertor cilíndrico (elemento N°6) es externamente concéntrica al elastómero y se realiza dilatando el material rígido y posterior presión del elastómero, en este caso elemento N°7, de tal manera que el elastómero quede concentrado internamente al elemento N°6, proceso asociado a P34.			
6	La tapa de la bomba de cavidad progresiva o elemento N°5 tiene orificios que pasan a través de la rosca de las tres barras cilíndricas, mediante una unión atornillada y se los asegura con tuercas y arandelas de presión rotas, estas deberán ser 3 uniones tipo A30.			
7	El rotor de la bomba B.C.P. se posiciona internamente al elastómero y también conectada mediante un pasador al tornillo sin fin, permitiendo la transmisión de torque.			
8	El sistema de bombeo se encuentra en condiciones óptimas de montaje, la salida puede ser conectada a una manguera para la posterior proyección a chorros del mortero fresco.			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS				
N°	Descripción			
1	Arco eléctrico			
2	Mazo de goma			
3	Alicate de presión			
4	Pistola tipo remachadora			

5	Escuadra
6	Rayador
7	Llave Mixta: Boca Hexagonal/Ojo cuadrado
8	Juego de Brocas
9	Flexómetro, escoriador
10	Taladro
MANO DE OBRA	
TIEMPO ESTIMADO [min]	
1. Técnico Mecánico	20
2. Soldador	10
3. Ayudante	15
4. Ingeniero	10

Fuente: Elaboración propia

4.3 Operación y mantenimiento

El mantenimiento y operación se detallan en los acápites a continuación.

4.3.1 Indicaciones de ambiente de trabajo

- El lugar donde va operarse el equipo, debe ser amplio para que este realice sus funciones sin interferencia de objetos o personas.
- La traslación debe efectuarse cuidadosamente, el diseño considera anchos de puerta mínimos de 80 centímetros.
- Es preferible que el área de operación del equipo, sea en una superficie plana, aunque pueda pasar por pendientes.
- Se recomienda que el área de operación del equipo este completamente estable y nivelada.
- Contar con una unidad de energía libre de interrupciones para conectar la máquina.

4.3.2 Indicaciones de mantenimiento preventivo

- El mezclador debe ser operado únicamente por personal capacitado que esté familiarizado con el equipo y sus riesgos.
- Se debe tener precaución con las piezas móviles y evitar introducir las manos u objetos en el interior de la mezcladora y el tornillo sin fin.
- Durante el mezclado, no se debe abrir la manivela giratoria.
- No se debe operar el panel de control con el panel abierto, ya que puede ocasionar una descarga eléctrica. Hay un interruptor general que apaga el reductor de la mezcladora y de la bomba.
- Antes de comenzar la operación, se recomienda realizar una inspección visual general del equipo para verificar posibles anomalías. Si se detecta alguna, se debe informar al responsable del mantenimiento.
- Durante la inspección, se deben abrir la tapa de inspección y observar el estado de las paletas y placas, verificar la separación entre ellas, girar las paletas

- manualmente, conectar el conjunto hidráulico, encender y apagar la compuerta de la mezcladora, y encender la batidora vacía para evaluar su funcionamiento.
- g) Antes de iniciar la operación, es importante realizar una inspección visual general del equipo y tener en cuenta que la secuencia de tiempo puede variar según los accesorios y tipos de máquinas utilizadas con la mezcladora.
 - h) La secuencia comúnmente utilizada es: encender el interruptor o pulsador principal del panel de alimentación, dosificar los agregados, cemento o aditivos según la dosificación en peso necesaria, cargar el recipiente de contención con agua mediante la válvula de paso hasta alcanzar la cantidad deseada en peso, encender el reductor mezclador presionando el botón "azul-mezcla" (asegurándose de que las proporciones de agregados sean correctas según lo indicado en el display LCD), esperar aproximadamente 2 minutos para que el concreto se mezcle, liberar el material hacia el sistema de transporte y cerrar la manivela de descarga, y finalmente, presionar el botón "ON Bomba" inmediatamente.
 - i) Durante la mezcla, no se debe abrir la tapa de inspección. Es importante tener cuidado para evitar dañar la batidora si el tambor está cargado de material.
 - j) En el panel de control, la duración de la mezcla depende de la configuración del temporizador (se recomienda 2 minutos). Además, el tiempo estimado para el transporte y bombeo simultáneo es de 5 minutos.
 - k) Después de la operación de la mezcladora, se debe limpiar la máquina y eliminar los residuos de mortero del interior de la mezcladora, evitando el exceso de agua, especialmente en los motores. También es necesario limpiar a fondo el área de la compuerta de descarga y aplicar lubricación a las partes móviles. Finalmente, se debe abrir la tapa de inspección y observar el estado y espacio libre de las paletas y placas, realizando una inspección visual general del mezclador y notificando al departamento de mantenimiento en caso de detectar anomalías.

4.3.3 Indicaciones previas de operación

- a) En primer lugar, es fundamental asegurarse de que el peso de la mezcladora no supere los 1000 [kg].
- b) Verifique cuidadosamente que los tapones de inspección de la máquina y los tubos de goma estén correctamente unidos y ajustados.
- c) Para comenzar, acople la manguera a la válvula de entrada y luego alimente con agua para humedecer la bomba de B.C.P.
- d) Coloque las cuñas de sujeción en las ruedas del vehículo para evitar que se mueva.

- e) Utilizando los mandos a distancia, proporcione al vehículo movimientos verticales y rotacionales.
- f) Después de posicionar el vehículo, levántelo hasta una altura máxima de 1200 mm y asegure los seguros pasadores en la parte inferior.
- g) Mientras la máquina esté elevada, puede proporcionar un movimiento rotacional en la parte superior utilizando el mando a distancia correspondiente.
- h) Asegúrese de que haya una mezcla húmeda dentro de la cámara de la válvula de salida o en la B.C.P.
- i) Al finalizar la jornada de trabajo, detenga las rotaciones del motor y desmonte las mangueras de alimentación y proyección. Coloque la máquina en una posición inferior con una altura mínima de 400 mm y luego limpie los residuos de cemento.

Este equipo tiene la capacidad de realizar estuco grueso en un rango de 60 a 100[m²/h^{ra}], con un grosor promedio de 1,5 [cm].

4.3.3.1 Transporte de la mezcla:

Para llevar a cabo esta operación, se requiere la participación de 2 trabajadores con funciones específicas asignadas:

- Un trabajador será responsable de operar la máquina.
- Otro trabajador se encargará de realizar cambios en las tuberías y abastecer de mezcla a varias ubicaciones. Durante el transporte de la mezcla, no es necesario utilizar la pistola de proyección; de hecho, se recomienda ajustar un elemento especial en el extremo del tubo.

4.3.4 Indicaciones de mantenimiento

Antes de iniciar el mantenimiento, asegurarse de esto:

- La zona de trabajo está señalizada con una advertencia que indica que el equipo está siendo mantenido y no debe ser puesto en marcha.
- El interruptor general del equipo y el seccionador de la red pública están apagados y la fuente de alimentación no se puede restablecer accidentalmente durante el mantenimiento.
- El mantenimiento debe ser realizado por personal capacitado.

Deben tomarse las siguientes precauciones durante el mantenimiento:

- Asegúrese de que las piezas móviles estén correctamente bloqueadas o no estén en riesgo.
- Utilice las herramientas adecuadas para el servicio realizado.

4.3.4.1 Cambio de las hojas de desgaste de la mezcladora

Aunque las hojas de la mezcladora son hechas de material altamente resistente a la abrasión, es normal reemplazarlas debido al desgaste después de un período de trabajo. Para reemplazar las placas, debe:

- 1 - Asegúrese de que el equipo, el interruptor principal y el disyuntor estén apagados. Asegúrese de que nadie reinicie accidentalmente el equipo.
- 2 - Abra la tapa inclinable, gire los brazos de las paletas mezcladoras manualmente para permitir el acceso a las placas de desgaste.
- 3 - Afloje las tuercas M10 y los tornillos de fijación de las placas de desgaste laterales, inferiores y de la compuerta.
- 4 - Para reemplazar la placa de desgaste de la puerta, suelte el cilindro hidráulico.
- 5 - Vuelva a colocar las placas y vuelva a armar.

4.3.4.2 Lubricación de reductores

La caja reductora tiene un tapón hexagonal para alimentación de aceite. En la parte superior de la caja de cambios hay dos puntos de engrase para lubricar los rodamientos.

4.3.4.3 Mantenimiento preventivo

- Cada jornada previa a su operación, realizar una inspección rápida en busca de líquidos derramados, piezas sueltas que puedan poner en riesgo la integridad de la máquina.
- Realizar una limpieza general del equipo, para luego lubricar las partes de contacto si es necesario.
- Inspeccionar los cableados y su integridad.
- Observar el estado de las conexiones de los mandos de control.
- Si el equipo esté en funcionamiento, buscar un sobrecalentamiento.

4.3.4.4 Mantenimiento correctivo

- Identificar la falla conforme al plan de mantenimiento. A.61.
- Reparar la falla inmediatamente.
- Realizar un informe de la falla y archivar.

Se elaboró el plan de mantenimiento para la máquina en el acápite de anexo A.61.

CAPÍTULO V COSTOS

En este capítulo se estima una aproximación en costos de la máquina diseñada, haciendo énfasis a las hojas de procesos para cada elemento del mismo.

Para determinar el costo total del proyecto, se considerará los costos de elementos específicos y costo de fabricación, está constituido por (costo de materiales, el costo del uso de máquinas, equipos, herramientas, insumos, y mano de obra).

5.1 Costo de materiales

Los materiales especificados a continuación pueden ser conseguidos en el ámbito nacional o el mercado local y de las distintas empresas comerciales ubicadas cerca, entre las que mi persona cotizo se encuentran aceros Arequipa, Ferrotodo, Vaporinox y tiendas accesibles alrededor de El Alto. Para la fabricación de las piezas de la máquina es necesaria la adquisición de los materiales, la siguiente tabla detalla el precio consultado en diferentes sectores en la ciudad de La Paz y El alto:

Tabla 5.1 Costo de Materiales

COSTO DE MATERIALES								
SISTEMA: MEZCLADORA DE PALETAS								
N°	DESCRIPCIÓN	Pieza	UNIDAD	CANT.	PRECIO UNITARIO [Bs]	COSTO TOTAL [Bs]	PRECIO UNITARIO [Sus]	COSTO TOTAL [Sus]
1	Plancha de acero inox. de dimensiones 1,5x3 mts e=3,5 [mm]	Soporte motor superior	m2	1	4860,00	4860,00	698,28	698,28
2	Malla de hilos de acero inox. de dimensiones 4"x4" N°12 esp2mm	Tapas Laterales, Recipiente de contención	m	2	50,00	100,00	7,18	14,37
3	Plancha de acero inoxidable de dimensiones 1,5x3 mts e=3 [mm] AISI 304	Rotor de paletas Mezcladoras, Compuerta, Boquilla de Salida	m2	1	4040,00	4040,00	580,46	580,46
4	Plancha de Acero 2000x1000x5[mm] AISI 304	Soporte de la mezcladora, Base de recipiente	m2	1	8225,00	8225,00	1181,75	1181,75
5	Barra Circular de Acero inoxidable A304 espesor de 1pulgx1m decapado	Manivela de descarga, Eje de mezcladora	Pza	1	250,00	250,00	20,10	35,92
6	Queso de Acero D.146 L.100 [mm] AISI 304	Orejeras y cubo soldado a las paletas, Acoplamiento para motor superior, Acople tornillo Sin fin, Argolla de sujeción	Pza	4	424,56	1698,24	61,00	244,00

7	Tornillos hexagonales de sujeción 13/32"x2" pulg=10,3mm inox	Soporte de motor	Pza .	8	0,90	7,20	0,13	1,03
8	Tornillos hexagonales de sujeción 5/16"x1/2" inox	Aro de sujeción	Pza .	6	0,90	5,40	0,13	0,78
9	Medio cople roscado de 3/2"	Entrada de agua	Pza .	1	85,00	85,00	12,21	12,21
10	Niple de 3/2"	Entrada de agua	Pza .	1	95,00	95,00	13,65	13,65
9	Válvula esférica miniblock Inox.PN63 de 3/2"	Entrada de agua	Pza .	1	55,00	55,00	7,90	7,90
10	Bisagras Inoxidable	ConexiónTapas y Laterales	Pza .	2	12,00	24,00	1,72	3,45
11	Tornillos hexagonales de sujeción 9/16"x1-1/2"	Paletas mezclatorias	Pza .	16	0,70	11,20	0,10	1,61
12	Tuercas hexagonales de sujeción 9/16"	Paletas mezclatorias	Pza .	6	0,70	4,20	0,10	0,60
13	Tornillos hexagonales de sujeción 5/16"x1-1/2"	Paletas mezclatorias	Pza .	30	0,70	21,00	0,10	3,02
14	Tuercas hexagonales de sujeción 5/16"	Paletas mezclatorias	Pza .	6	0,70	4,20	0,10	0,60
15	Arandelas de presión rotas 13/32", 5/16", 9/16"	Paletas mezclatorias	pza .	30	0,30	9,00	0,04	1,29
16	Tuercas 13/32"	Paletas mezclatorias	pza .	30	0,60	18,00	0,09	2,59
SISTEMA: ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA								
17	Perfil Tubo Cuadrado 40x40x2[mm] AISI 1020 5 metros	Estructura de la máquina	m.	3	120,00	360,00	17,24	51,72
18	Plancha de acero inoxidable de dimensiones 1,5x3 mts e=2 [mm] AISI 304	Placa base soldada a la tolva, Tolva de almacenamiento	m2	2	2420,00	4840,00	347,70	695,40
19	Perfil tipo C AISI 1020 6m. decapado	Base fija para la tolva	m.	1/4	164,50	41,13	23,64	5,91
20	Tornillos Allen M10x70	Sistema de pesaje	Pza .	8	0,70	5,60	0,10	0,80
21	Tuercas M10	Sistema de pesaje	pza .	8	0,70	5,60	0,10	0,80
22	Arandelas de presión flexibles M10	Sistema de pesaje	pza .	8	0,30	2,40	0,04	0,34
23	Llantas traseras con eje de 1"	Subsistema de Traslación	pza .	2	55,00	110,00	7,90	15,80
24	Tornillos hexagonales 1/2"x3" AISI 1040	Subsistema de Traslación	pza .	2	0,60	1,20	0,09	0,17
25	Tuercas hexagonales 1/2" AISI 1040	Subsistema de Traslación	pza .	2	0,60	1,20	0,09	0,17
26	Chumacera diametro 1"	Subsistema de Traslación	pza .	2	50,00	100,00	7,18	14,37
27	Remaches	Cubierta	pza .	4	2,00	8,00	0,29	1,15
28	Llantas delanteras marca LP200R	Subsistema de Traslación	pza .	2	35,00	70,00	5,03	10,06
29	Tornillos hexagonales de sujeción 3/8"x1/2"	Tolva de almacenamiento	pza .	10	0,70	7,00	0,10	1,01
30	Tuercas hexagonales de sujeción 3/8"	Tolva de almacenamiento	pza .	10	0,70	7,00	0,10	1,01
31	Arandelas de presión rotas 3/8"	Tolva de almacenamiento	pza .	10	0,30	3,00	0,04	0,43
32	O'ring de 2-1/4"	Acoplamiento	pza .	1	65,00	65,00	9,34	9,34
33	Tornillo Allen 1/4"	Acoplamiento	pza .	3	0,70	2,10	0,10	0,30
34	Tornillos hexagonales de sujeción 5/8"	Soporte de motor inferior	pza .	4	1,00	4,00	0,14	0,57

35	Tuercas hexagonales de sujeción 5/8"	Soporte de motor inferior	pza	4	1,00	4,00	0,14	0,57
36	Arandelas de presión rotas 5/8"	Soporte de motor inferior	pza	4	0,30	1,20	0,04	0,17
SISTEMA: BOMBEO E IMPULSIÓN DE MORTERO								
37	Tubo hueco inoxidable 1-1/2"x1,5 [mm]x6m	Eje de tornillo transportador	m	0,125	95,00	11,88	13,65	1,71
38	Chatarra de aluminio gris	Bomba de cavidad progresiva	kg	2	25,00	50,00	3,59	7,18
39	Filamento	Bomba de cavidad progresiva	1/2 kg	1	52,50	52,50	7,54	7,54
40	Plancha de Acero 2000x1000x4,0[mm] ASTM A36	Plancha Soporte Torsión Superior	m2	0,25	790,00	197,00	113,56	28,38
41	Tubo hueco inoxidable 1/2"x2,8 [mm]x6m	Eje de articulaciones de sujeción	m	0,25	29,00	7,25	4,17	1,04
42	Camisa mixer polo 3F00503600	Bomba de cavidad progresiva leiten	pza	1	904	904,00	129,89	129,89
43	Rotor mixed polo MAP 5 7009011000	Bomba de cavidad progresiva leiten	pza	1	620	620,00	89,08	89,08
44	Tuercas hexagonales de sujeción 1/2"	Sujeción B.C.P.	pza	3	1,00	3,00	0,14	0,43
45	Manguera 1 1/2" P=10 bar	Proyección de mortero	m	10	25,00	250,00	3,59	35,92
46	Abrazadera metalica sin fin 1-1/2"	Proyección de mortero	pza	2	25,00	50,00	3,59	7,18
47	Pistola proyectadora de mortero Mark IV/Mark V, 1-1/2"	Proyección de mortero	pza	1	93,00	93,00	13,36	13,36
48	Tubo hueco inoxidable 1/2"x2,8 [mm]x6m	Eje de articulaciones de sujeción	m	0,25	29,00	7,25	4,17	1,04
Total					23709,66	27340,30	3390,77	3928,28

Fuente: Elaboración propia

5.2 Costo de insumos

Los costos debido a los insumos se toman en cuenta de manera indirecta en las hojas de proceso para la construcción de la máquina.

Al final de cada una de las mismas se tiene el cálculo del costo total.

Se realiza la sumatoria de los insumos totales de las 23 hojas de proceso. Los precios de los mismos fueron obtenidos directamente de los proveedores que existen en el medio local entre La Paz y el Alto, ya que el diseño contempla datos reales.

Tabla 5.2 Costo de Insumos

N°	Tipo de Insumo	Pieza	Unidad	Cant.	Precio[\$us]	
					Un.	Total
1	Electrodo AW E-312	Estructuras y elementos de acero inoxidable	kg	7,0	2,57	17,99

2	Electrodo 6013	Estructuras de Soporte	kg	7,0	2,57	17,99
3	Disco de Corte / disco de Esmerilar	Todas partes metálicas	Pieza	1,21	25,70	31,10
4	Disco de Amolar	Estructuras Varias	Pieza	2,66	3,57	9,50
5	Cuchilla de Torno Cuadrada	Estructuras Varias	Pieza	3,9	4,30	16,77
6	Brocas -carburo de tungsteno (insumo) Insertos Mitsubishi vp10rt	Paquete	Paquete	1,7	19,2	32,30
7	Hoja de Sierra Mecánica	Estructuras Varias	Pieza	1	1,40	1,40
8	Pintura	Todas partes metálicas	Galón	2,85	2,0	5,70
9	Protector de Superficie Satín forja	Todas partes metálicas	Galón	2,85	2,0	5,70
10	Disolvente (thinner) Enlatado	Todas partes metálicas	Galón	2,85	2,0	5,70
11	Trapo	Varias	Metro	2	0,40	0,80
Total \$us.						139,18

Fuente: Elaboración propia

5.3 Costo de elementos especificados

La compra de los ciertos componentes tiene mayor beneficio adquirirlos que construirlos, estos componentes especificados en la tabla, fueron obtenidos de las distintas casas importadoras. La mayoría se encuentran en la Av.6 de Marzo (Ceja – El Alto), la zona de San Pedro, Zona pampahasi (VyR Electric), precios en línea de Internet y la feria 16 de Julio, los cuales son lugares altamente concurridos para la búsqueda de dichos elementos.

Tabla 5.3 Costo de Elementos Especificados

COSTO DE MATERIALES ACCIONAMIENTO ELÉCTRICO DE MOTORES							
N°	DESCRIPCIÓN	Item	Marca	Unidad	Cant.	Precio unitario [Bs]	Costo total [Bs]
1	Interruptor termomagético Schneider 10kA 3x16A A9F7316	INT 1, INT 2	Schneider	Pza.	2	193,7	387,4
2	Interruptor termomagético Schneider 10kA 3x16A A9F7316	INT 3	Schneider	Pza.	1	65,0	65,0
3	Contacto Togami BOB 220Vac PAK-6J 4KW 380V 1NO	KM1	Togami	Pza.	1	104,0	104,9
4	Contacto Togami BOB 220Vac PAK-11J 4KW 380V 1NO	KM2, KA2	Togami	Pza.	2	104,3	208,6
5	Relé térmico Togami T-11 5,4-8A.	F1	Togami	Pza.	1	119,1	119,1
6	Relé térmico Togami T-11 4-6A.	F2	Togami	Pza.	1	119,1	119,1
7	Relé temporizador Estrella delta DTY 0-30S 220V	KT2, KT3	Digimec	Pza.	2	126,0	252,0
8	Contacto auxiliar HAU 4 31	KA2	Togami	Pza.	1	83,4	83,4
9	Foco señalizador Led 22mm Rojo L20-R2-2 220V	H-KM1, KM2	Metaltex	Pza.	2	14,0	28,0
10	Foco señalizador Led 22mm Verde, azul L20-R2-2 220V	H-F1, F2	Metaltex	Pza.	2	14,0	28,0
11	Botonera modular con Led 22mm Rojo L20-R2-2 220V P20IGR-R-IC	SP1, SP2	Metaltex	Pza.	2	33,6	67,2
12	Botonera modular con Led 22mm Verde, azul L20-R2-2 220V P20IGR-R-IC	SE1, SE2	Metaltex	pza.	2	33,6	67,2
13	Cable flexible 4x4 mm2 0,6/1kV Eproflex 90	-	Induscabos	mts	10	19,8	198,8
14	Motor eléctrico Weg brasilera TE-12	M1	Weg brasilera TE-12	pza.	1	1230,0	1230,0
15	Motor eléctrico Marca	M2	Weg	pza.	1	1068,0	1068,0
16	Reductor de velocidad m07 1:30 serie magma 2Hp	MR1	Cestari Brasil	pza.	1	3300,0	3300,0
17	Reductor de velocidad C51328 NW00 EOC 1,5Hp	MR2	Cestari Brasil	pza.	1	2300,0	2300,0
						Total	9626,4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.4 Costo de Elementos Especificados

COSTO DE MATERIALES ACCIONAMIENTO SISTEMA DE PESAJE

N°	DESCRIPCIÓN	Item	Marca	Unidad	Cant.	Precio unitario [Bs]	Costo total [Bs]
1	Pin cabezal macho	H1,H2, H3	Electronic	Pza.	1	2,50	2,50
2	Conector molex jst-ph 5pin	J3	Electronic	Pza.	4	5,00	20,0
3	Terminal de Bloque	J3	Electronic	Pza.	1	2,00	2,0
4	Display LCD 16x2 azul	LCD2	Electronic	Pza.	2	21,0	42,0
5	Led smd	LED1	Electronic	Pza.	1	1,00	1,0
6	Resistencia 220Ω	R1	Electronic	Pza.	1	0,30	0,30
7	Resistencia 4.7kΩ	R2,R3	Electronic	Pza.	2	0,30	0,60
8	Resistencia 1K	R10	Electronic	Pza.	1	0,30	0,30
9	Potenciómetro trimmer	RP1	Electronic	Pza.	1	4,0	4,0
10	Botón SMD 2 Pines	SW1	Electronic	Pza.	2	3,50	7,0
11	Botón SMD 2 Pines	SW2	Electronic	Pza.	2	3,50	7,0
12	Módulo HX711	U1,U3	Electronic	pza.	2	15,0	30,0
13	PIC16F876A	U2	Electronic	pza.	1	40,0	40,0
14	Celda de carga 100kg.	U1,U3	VyR electric	pza.	1	80,70	80,70
						Total	237,4

Fuente: Elaboración propia

5.4 Costo de Máquinas y Herramientas

Para el alquiler de las máquinas y herramientas, se considera la apreciación de cada máquina herramienta, es decir el costo de cada máquina funcionando a lo largo de la vida útil de cada una de ellas. A continuación, se muestra el costo en dólares americanos por hora de la máquina, tomando la tasa de cambio actual de 6,96 Bs por dólar americano.

Tabla 5.5 Costo de Máquinas y Herramientas

Máquinas y Equipos	\$us/hr.	Tiempo	Total [us\$]
Amoladora	1,56	4	6,24
Sierra Mecánica	1,00	4	4
Compresora y Soplete	1,60	4	6,4
Torno	3,50	4	14
Taladro de Banco	2,50	4	12
Plegadora, curvadora	2,00	4	8
Esmeril	1,50	4	12
Arco Eléctrico, Migmag	3,00	4	10
Herramientas Varias Manuales	0,30	4	4,4
Instrumento de Medición	0,30	4	4
Horno de fundición	10,00	4	4
impresión 3D	1,70	4	4
Total			69,04

Fuente: Elaboración propia “Mezcladora de mortero y proyectadora”

5.5 Costo de mano de obra

Los costos referidos a la mano de obra se detallan en la tabla 53, dichos valores de salarios fueron obtenidos del taller “Cachuchas” y de información en distintos talleres de soldadura, de tornería cerca de Kollpani. La siguiente tabla está referida al costo de mano de obra de los operarios.

Tabla 5.6 Costo de la contratación de Mano de Obra para fabricación de elementos de máquina

Mano de obra	Código	Ocupación	Sueldo [Bs]			Sueldo ⁶¹ [\$us]		
			Costo/hora	Costo/Día	mes	Costo/hora	Costo/día	mes
Técnico Industrial	T	Taladrado, Tornear, Pintado con Compresora	17,40	139,20	3062,40	2,50	20,00	440,0
Soldador Industrial	S	Soldadura con Arco, con MIG MAG, oxiacetilénica	25,00	200,0	4400,00	3,59	28,72	631,84
Ayudante	A	Trazar, Medir Preparar Tarea, Limpiar, Cortar con amoladora, Cortar con Sierra Mecánica	8,35	66,80	1469,6	1,20	9,60	211,2
Ingeniero	I	Montajes	20,90	167,2	3678,4	3,00	24,00	528,0
			Total Bs /mes		12610,4	Total \$us /mes		1811,04

Fuente: Información en el mercado y talleres

Posterior a la fabricación de las piezas el montaje toma cierto tiempo, por consecuencia también se debe considerar en los costos⁶².

Tabla 5.7 Costo de Mano de Obra para el Montaje

ETAPA	Tiempo de montaje [hr.]			Montaje en \$us			
	Ingeniero	Técnico	Ayudante	Ingeniero	Técnico	Ayudante	Total [\$us]
Montaje 1era Fase	0,33	0,83	1	0,7	0,7	0,5	1,8
Montaje 2da Fase	0,33	0,5	0,67	0,7	0,4	0,3	1,4
Montaje 3era Fase	1	3,33	4	2,0	2,7	2,0	6,7
Montaje 4ta Fase	1	2,5	3,33	2,0	2,0	1,7	5,7
Montaje Final	0	1	1,16	0,0	0,8	0,6	1,4
Total							16,9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.8 Costo de Montaje

⁶¹ A los operarios se les paga por día trabajado y no así por horas trabajadas, ya que el operario indica que realizará el trabajo en días y no en horas, se considera el trabajo se realiza en un mes como 22 días hábiles

⁶² Los costos de mano de obra fueron averiguados en la gestión 2-2022 en lugares económicos alrededor de la ciudad de La Paz y el Alto

Nº	Operación de montaje y transporte	Costo en [Bs]			
		Mano de obra	Equipos	Insumos	Total [Bs]
1	Montaje N°1: Mezcladora de mortero	1,82	69,04	51,08	121,95
2	Montaje N°2: Estructura de soporte y pesaje	1,40	69,04	51,08	121,52
3	Montaje N°3: Bombeo e impulsión	6,66	69,04	51,08	126,79
4	Montaje N°4: Acoplamientos y accesorios	5,67	69,04	51,08	125,79
5	Montaje de todo lo anterior	1,38	69,04	51,08	121,50
Total					617,55

Fuente: Elaboración propia

5.6 Costo total de fabricación de piezas

La totalización de los costos de fabricación se desarrolló cuidadosamente en las hojas de proceso respectivos, teniendo 23 piezas de fabricación. El cálculo se lo realizó de manera analítica, mediante la fórmula de recurrencia en el software Excel y de ese modo obtener todos los valores de costos de fabricación.

La siguiente tabla muestra un resumen de todas las piezas y elementos esenciales ya mencionados anteriormente.

Tabla 5.9 Costo de Fabricación de Piezas

Nº	Nombre de la Pieza	Cant.	Costo [\$us]		Costo [Bs]
			Pieza	Total	Total
1	Plancha Soporte de Motor Superior	1	20,6	20,6	143,4
2	Tapas Laterales de inspección	2	32,3	64,6	449,6
3	Recipiente de contención	1	38,3	38,3	266,6
4	Base de Recipiente contenedor Inferior	1	24,2	24,2	168,4
5	Compuerta para la descarga de Mortero	1	11,4	11,4	79,4
6	Manivela de la compuerta	1	11,9	11,9	82,8
7	Salida en la descarga de Mortero	1	8,9	8,9	61,9
8	Orejera de sostenimiento para mezcladora	2	23,5	47,0	327,0
9	Acoplamiento para motor superior	1	24,4	24,4	169,8
10	Eje de Movimiento para mezclador	1	16,4	16,4	114,1
11	Rotor de paletas Mezcladoras (batidora)	1	45,3	45,3	315,2
12	Estructura de la máquina	1	63,7	63,7	443,3
13	Tolva para almacenamiento	1	68,2	68,2	474,2
14	Placa base soldada a la tolva	1	11,6	11,6	80,7
15	Base fija para la tolva	1	22,7	22,7	157,9
16	Tornillo sin fin para transporte	1	43,3	43,3	301,3
17	Acoplamiento tornillo sin fin hacia bomba	1	30,8	30,8	214,3
18	Acoplamiento tornillo sin fin-bomba Nro. 2	1	22,0	22,0	153,1
19	Rotor de bomba de cavidad progresiva	1	41,4	41,4	288,1

20	Soporte del Motor N° 2	1	15,4	15,4	107,1
21	Argolla para ajuste de cobertor B.C.P	1	17,3	17,3	120,4
22	Articulación de sujeción B.C.P.	3	13,7	41,1	286,0
23	Cubierta de bomba de cavidad progresiva	1	28,2	28,2	196,3
Total [Sus]			635,5	718,7Sus	5002,2 Bs

Fuente: Elaboración propia

5.7 Otros Costos

El tiempo de operación de la máquina, está en función de los requerimientos de exhibición y prueba que se necesite.

Entonces el tiempo puede estimarse a partir del número de veces que la máquina funciona al día. La evaluación y el funcionamiento de la máquina se debe realizar en los diferentes ambientes de la empresa AEDIFICAREM S.R.L.

Según el ámbito de las construcciones civiles, se emplea un máximo de 6 horas de operación por jornada laboral diaria.

Para el tiempo de operación de la máquina, simplemente se multiplica por los factores de conversión correspondientes, los cuales se explican a continuación:

La máquina realizará un promedio de 3 horas de funcionamiento cada 5 días de lunes a viernes solamente cuando hay demanda de obras civiles, lo cual implica 4 semanas al mes y 12 meses al año.

- El caso de domingos, feriados y fechas que no se disponga el equipo, se le realiza el mantenimiento preventivo del mismo, es decir 6 horas cuatro días al mes.
- Los costos de mantenimiento de la máquina implican la limpieza diaria del mismo, lubricación y mantenimiento por fines de semana y feriados. El respectivo monto se estima 0,5 \$us/hr.
- El costo debido a la energía eléctrica consumida según la empresa distribuidora DELAPAZ se da en Kwh, cuyo valor calculado es de 4bs/hra 0,57 \$us/hr⁶³.

Tabla 5.10 Otros Costos

N°	Descripción	Costo [Bs]	Costo [Sus]
1	Mantenimiento	83,60	12,0
2	Energía eléctrica	238,10	34,2
Total Bs/\$us		321,70	46,20

Fuente: Elaboración propia

⁶³ <https://www.la-razon.com/lr-articulo/delapaz-preve-incrementos-entre-bs-050-y-bs-6-para-clientes-de-consumo-domiciliario/> (para empresas consumidores entre 200kw a 400kwh)

5.8 Resumen de Costos

En este punto se compila todos los valores de costos analizados anteriormente, para obtener un costo neto total.

La siguiente tabla muestra el detalle de cada costo expresado en dólares americanos, para luego realizar el cálculo del costo neto total de la máquina.

Tabla 5.11 Resumen de Costos

Nº	Detalle de costo	Descripción [Bs]	Descripción [Sus]
1	Costo de Materiales sin factura	27340,80	3928,28
2	Costo de Fabricación	5002,20	718,50
3	Costo de Elementos Especificados	9863,80	1417,20
4	Costo mano de Obra	12610,40	1811,83
5	Otros Costos, Montaje, energía eléctrica	743,30	106,80
	Costo Neto Total \$us	55 550,60	7981,42

Fuente: Elaboración propia

El margen de utilidad toma en cuenta el 10% del costo neto total de la máquina. Además, se debe considerar un costo adicional debido a los imprevistos, el cuál es el 1% del costo neto total de la máquina los anteriores puntos llevan a obtener el precio total de la máquina, que será la suma del costo neto total de la máquina incluyendo la adición del margen de utilidad y el costo por imprevistos.

Tabla 5.12 Precio Total de la Máquina

ANÁLISIS DE COSTOS
Constructora AEDIFICAREM S.R.L.

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo parcial
1. Materiales especificados			26340,80
2. Lista de materiales con factura			9863,80
de materiales usados en la producción			36204,60
Costo Mano de Obra directa	Bs/hra	Horas Habiles Mes	
Técnico Industrial	17,4	176	3062,40
Soldador Industrial	25,0	176	4400,00
Ayudante	8,35	176	1469,60
Costo Mano de Obra indirecta	Bs/hra	Horas Habiles Mes	
Ingeniero	20,9	176	3678,4
Total de la mano de obra			12610,40
Costo Máquinas y herramientas			Costo parcial
Herramientas %Costo Mano de Obra		480,24	484,20
Costo de fabricación	Descripción	Total de piezas	
Piezas requeridas	Hoja de procesos	26	5002,20
Costo indirectos de fabricación			
Insumos (mat. indirecto)		787,50	
Consumo eléctrico (luz)		383,60	
Mantenimiento		748,10	
Total costos indirectos			1.919,20
Otros costos			Costo parcial
Costo, administrativo, de montaje			430,00
Menos el material sobrante			1100,00
Costo total de manufactura de la máquina			55.550,60
Adquisición Materiales sin factura	27340,3		
de Venta de la Máquina AEDIFICAREM S.R.L.			
Detalle		Costo Bs	
Costo Neto total		55550,60	
Margen de utilidad (10%)		5555,10	
IVA (13% del precio de venta. compra)		3554,24	
IT (3% del precio de venta)		1999,79	
Precio de venta Bs		66659,73	9577,6
			Costo \$us

Nº	Detalle	Costo [Bs]	Costo [\$us]
1	Costo Neto total	55 550,60	7981,42
2	Margen de utilidad (10%)	5555,06	798,14
3	Costo debido a imprevistos (1%)	555,50	79,81
4	Total de costos Bs/ \$us	61 661,10	8859,37

Fuente: Elaboración propia

5.9 Precio de venta

El precio de venta de la máquina considera el impuesto al valor agregado (IVA) con una alícuota del 13%, además del impuesto a la transacción (IT) del 3% del precio total de la máquina. Estos valores se agregan al precio total de la máquina para obtener el precio de venta del equipo.

Tabla 5.13 Precio de Venta de la Máquina

Nº	Detalle	Costo Bs	Costo \$us
1	Adquisición Materiales no especificados	27340,30	3928,20
2	Costo Elementos Especificados, mano obra	33765,40	4851,35

3	IVA (13% del precio de venta. compra)	3554,20	510,66
4	IT (3% del precio de venta)	1999,80	287,33
5	Precio de venta \$us	66659,70	9577,54

Fuente: Elaboración propia



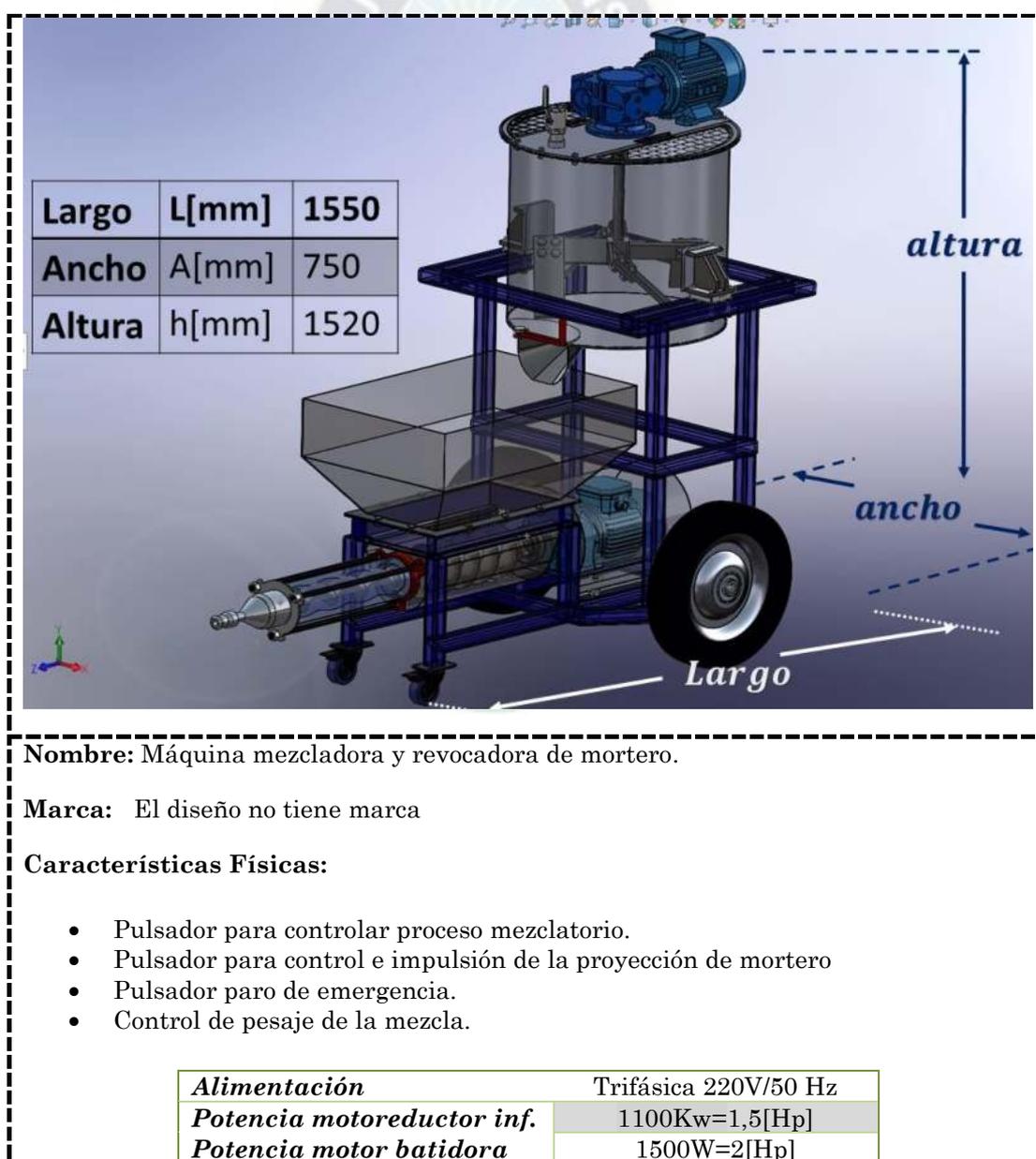
CAPÍTULO VI

EVALUACIÓN

6.1 Evaluación Técnica

Las características técnicas son de tal importancia como ser la altura de elevación, capacidad máxima de la tolva, dimensiones, altura de carga y el precio estándar entre los más esenciales. Los parámetros seleccionados en las siguientes tablas permiten realizar una evaluación técnica. A continuación, se presentan figuras que resumen las características o también conocidas como hojas técnicas; las cuales corresponden a máquinas similares además de la diseñada en este proyecto.

Figura 6.1 Hoja técnica Máquina Diseñada - Mezcladora y revocadora de mortero

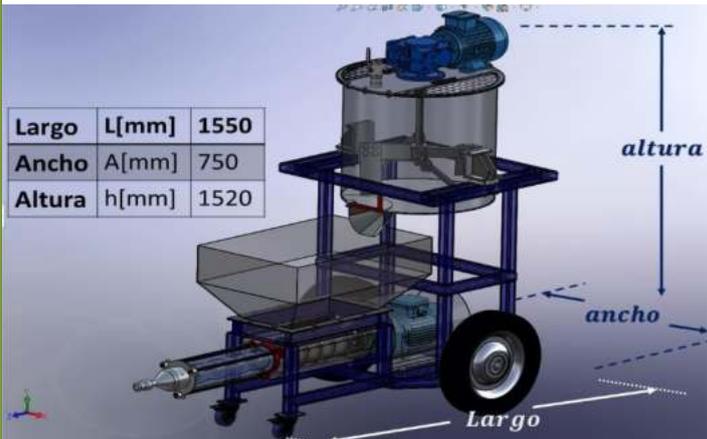


Potencia compresor y caudal	2,24kW litros/min
Caudal máximo	15,39 litros/min
Distancia máxima de bombeo vertical	20 metros
Capacidad de la tolva	90 litros
Dimensiones Longitud x Ancho x Altura	LxAxH: 1550x750x1520 mm
Peso	104+159,7=263,70kg
Altura de carga de la tolva o mezcladora	1300 mm
Lugar de origen:	La Paz Bolivia
Capacidad máxima de revoque:	60 m ² /hra
Precio:	9577,60 [\$us]

Fuente: Elaboración propia

6.1.1 Cuadro comparativo con modelos existentes

Tabla 6.1 Cuadro comparativo

 <table border="1" data-bbox="215 1086 478 1198"> <tr> <td>Largo</td> <td>L[mm]</td> <td>1550</td> </tr> <tr> <td>Ancho</td> <td>A[mm]</td> <td>750</td> </tr> <tr> <td>Altura</td> <td>h[mm]</td> <td>1520</td> </tr> </table>	Largo	L[mm]	1550	Ancho	A[mm]	750	Altura	h[mm]	1520	
Largo	L[mm]	1550								
Ancho	A[mm]	750								
Altura	h[mm]	1520								
<p>Nombre: Máquina mezcladora y revocadora de mortero.</p> <p>Marca: El diseño no tiene marca</p> <p>Características Físicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Pulsador para controlar proceso mezclatorio. Pulsador para control e impulsión de la proyección de mortero Pulsador paro de emergencia. Control de pesaje de la mezcla. 	<p>Fuente: https://articulo.mercadolibre.com</p> <p>Nombre: Máquina proyectadora de Revoque Duroll Pr-180</p> <p>Marca: PR – 180</p> <p>Características Físicas:</p> <p>La proyectadora viene con 40 mts de manguera, 20 mts de 2" y 20 mts de 1,5".</p> <p>Se utiliza primeramente los 20 mts de 2" y se puede acoplar 20 mts en 1,5" para no perder presión, ambos tramos (40 mts) alcanzan para 14 pisos. Adicional se puede poner 20 Mts de manguera de 2" (La misma no viene incluida en el precio)</p> <p>- El precio neto es neto (sin IVA)</p>									



Fuente: alibaba.com/product-detail

Nombre: Pulverizadora de mortero de mezcla húmeda

Marca: SLW180J (sincola)

Características Físicas

Industrias aplicables: Trabajos de construcción, enlucido y proyección de mortero

Lugar de Origen: Henan, China

Materiales aplicables: Mortero, cemento, yeso

Tamaño máximo de agregado: 6mm



Fuente: es.machineryzone.com

Nombre: Pulverizadora IMER STEP 120 GR-M - Monofásica con mezclador

Marca: STEP 120 GR-M (con mezclador) N°8506077

Características Físicas

Bombas multiusos de tornillo.

Para pulverización y bombeo.

Mortero para revoques tradicionales y listos para usar. Mortero fibrorreforzado y refractario

Materiales ignífugos

Solera autonivelante

Para inyecciones de consolidación controladas por presión.

Fuente: Elaboración propia

6.1.2 Cuadro de requerimientos con modelos existentes

Tabla 6.2 Cuadro comparativo de requerimientos

Requerimientos	Máquina mezcladora y revocadora de mortero	Máquina proyectadora de Revoque Duroll Pr-180	Pulverizadora de mortero SLW180J	Pulverizadora IMER STEP
Alimentación	Trifásica 220V/50 Hz	380V/50HZ	Trifásica 380V/50 Hz/60 Hz	Monofásica 230V/50 Hz Trifásica 400V/50 Hz
Potencia motoreductor inf.	1100Kw=1,5[Hp]	3,0 KW. 4HP , (con variador de frecuencia)	2,5 kW	2,2 kW 3,6 kW (1 velocidad)
Potencia motor batidora	1500W=2[Hp]		2,5 kW	1,4kW
Potencia compresor y caudal	2,24kW litros/min	270 L/MIN, cilindro doble		0,75 kW 250 litros/min
Caudal máximo	15,39 litros/min	200 RPM, 60 L/M		4-20 litros/min
Distancia máxima de bombeo vertical	20 metros	60 m	20 m	20 m

<i>Distancia de entrega máxima horizontal</i>	80 m	50 m	
<i>Presión laboral</i>	12 bares	15 – 30 bar	0,2-0,6 MPa
<i>Tamaño de grano máximo</i>	0-5 mm	0-7 mm	
<i>Capacidad de la tolva</i>	90 litros	180 lts	30 litros
<i>Dimensiones Longitud x Ancho x Altura</i>	LxAxH: 1550x750x1520 mm	LxAxH: 1913x750x850 mm	205x110x145 cm
<i>Peso</i>	104+159,7=263,70kg	310 kg	530 kg
<i>Altura de carga de la tolva o mezcladora</i>	1300 mm	560 mm	1230 mm
<i>Lugar de origen:</i>	La Paz Bolivia	Henan China	Carolina del norte
<i>Capacidad máxima de revoque:</i>	60 m ² /hra		120-150 m ² /hora
<i>Precio:</i>	9577,60 [\$us]	5309450Pesos Arg. =23 960 [\$us]	11 000 [\$us]

Fuente: Elaboración propia

6.1.3 Evaluación técnica:

Comparando el equipo diseñado con el equipo 1, se puede observar lo siguiente:

- La capacidad máxima de elevación respecto del piso en el equipo 1, es superior a la capacidad máxima de elevación de equipo diseñado.
- Los movimientos automatizados del equipo 1 no tiene un sistema mezclatorio, en comparación con el equipo diseñado.
- La altura del equipo 1 es inferior a la del equipo diseñado.
- Las longitudes del equipo 1 son superiores a las del equipo diseñado, haciendo más difícil su traslado.

Comparando el equipo diseñado con el equipo 2, se aprecia:

- La capacidad máxima de elevación de mortero respecto del piso en el equipo 2, es superior a la capacidad máxima de elevación de equipo diseñado.
- El equipo 2 pese a tener un sistema mezclatorio, es más pesado que el diseño propuesto. La transmisión de poleas del equipo 2 hace que presente menor eficiencia frente a la del equipo diseñado.
- Las longitudes del equipo 2 son inferiores a las del equipo diseñado.

Comparando el equipo diseñado con el equipo 3, se puede observar lo siguiente:

- La capacidad máxima de elevación de mortero respecto del piso en el equipo 3, es semejante a la capacidad máxima de elevación de mortero del equipo diseñado.

- Los movimientos automatizados del equipo 3 no presentan un sistema mezclatorio, en comparación con el equipo diseñado.
- El costo del equipo 3 es 2 veces más costoso que el equipo diseñado.
- Las longitudes del equipo 1 son superiores a las del equipo diseñado, haciendo más difícil su traslado.

6.2 Evaluación Económica

Para realizar una breve evaluación económica es necesario comparar los precios de los equipos vistos en el punto 5.1, estos son utilizados nuevamente para realizar una comparación económica con la máquina diseñada propuesta en este proyecto. Para este fin se tiene la siguiente Tabla N° 6.3 mostrado a continuación los precios de venta de cada equipo sin IVA, según especificaciones de las páginas fuentes.

Tabla 6.3 Comparación de Precios

N°	Detalle	Precio [\$us]
1	Equipo 1: Máquina proyectadora de Revoque Duroll Pr-180	23 960
2	Equipo 2: Pulverizadora de mortero de mezcla húmeda SLW180J	11 000
3	Equipo 3: Pulverizadora IMER STEP 120 GR-M - Monofásica con mezclador	15 830
4	Equipo y Máquina Diseñada: Mezcladora y revocadora de mortero , Diseño propio	9 659,3

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla N° 6.3, el precio del equipo 1 y 3 son superiores al equipo diseñado, a diferencia el equipo 2 posee un precio similar.

Se puede apreciar que el equipo propuesto tiene una ventaja más que los anteriores, esta es la dosificación en peso de cada elemento que se mezcla; el precio de la máquina de proyecto satisface la expectativa de un prototipo físico con características similares a los diseños de otros fabricantes, sin embargo, es inferior en términos de calidad por la tecnología que se tiene al alcance.

Un aspecto importante que se debe mencionar es que sólo en el sistema de pesaje los precios de venta de los equipos 1, 2 y 3 no cuentan con esa característica, por lo que el precio de venta del prototipo propuesto puede elevarse si estos son adquiridos de distribuidoras establecidas en el mercado, lo cual significaría una ventaja económica para el equipo diseñado.

6.3 Conclusiones

- Se pudo realizar el diseño de una máquina mezcladora y revocadora de Mortero para la empresa AEDIFICAREM S.R.L.
- El diseño de la máquina mezcladora y proyectadora de mortero, resulto ser económicamente competitiva comparada con fabricantes similares ya que su precio es menor a todas las cotizadas y sus características técnicas son semejantes a la mayoría de diseños que existen en mercados primermundistas.
- Existe interés de varias empresas dedicadas a la construcción tanto para la edificación de torres, casas, edificios; así como la restauración de interiores y exteriores de construcciones u otros relacionados al ámbito constructivo civil. El interés por adquirir la máquina mezcladora y revocadora de mortero diseñada, busca innovar en este medio y empezar a tener un rendimiento competitivo.
- El equipo diseñado no solo podrá ser construida con equipos y materiales del mercado local sino también el mantenimiento y reparación a futuro son bastante económicos y accesibles para la empresa o institución que pertenezca.
- El diseño de la plataforma se realizó de acuerdo a un estudio progresivo en el que primero se evaluó el funcionamiento de equipos similares con bombas de cavidad progresiva, segundo se delimitaron los aspectos de capacidad y calidad en el diseño de mezclas de cemento, tercero se cuantificó el peso de los componentes que intervienen, cuarto se diseñó el equipo tanto la parte estructural, hidráulica, eléctrica y electrónica.
- El diseño satisface los objetivos planteados, con la amplia satisfacción de resultados, innovación y esfuerzo que tiene el mismo.

6.4 Recomendaciones

6.4.1 Recomendaciones de operación del equipo

- Se recomienda una carga máxima de 200 kg sobre el recipiente donde se realiza la mezcla, asimismo instalar un manómetro en la salida de la bomba.
- Se debe colocar empaquetaduras en el acople del tornillo transportador y verificar si existe buena presión entre la superficie y el mismo.
- Se debe colocar el seguro pasador en la parte inferior del recipiente de contención, una vez que este alcance su carga máxima asegurando una fijación total en las celdas de pesaje.
- Se recomienda un compresor con un caudal de aire corregido de 7 [lts/seg] como el que cuenta la constructora.

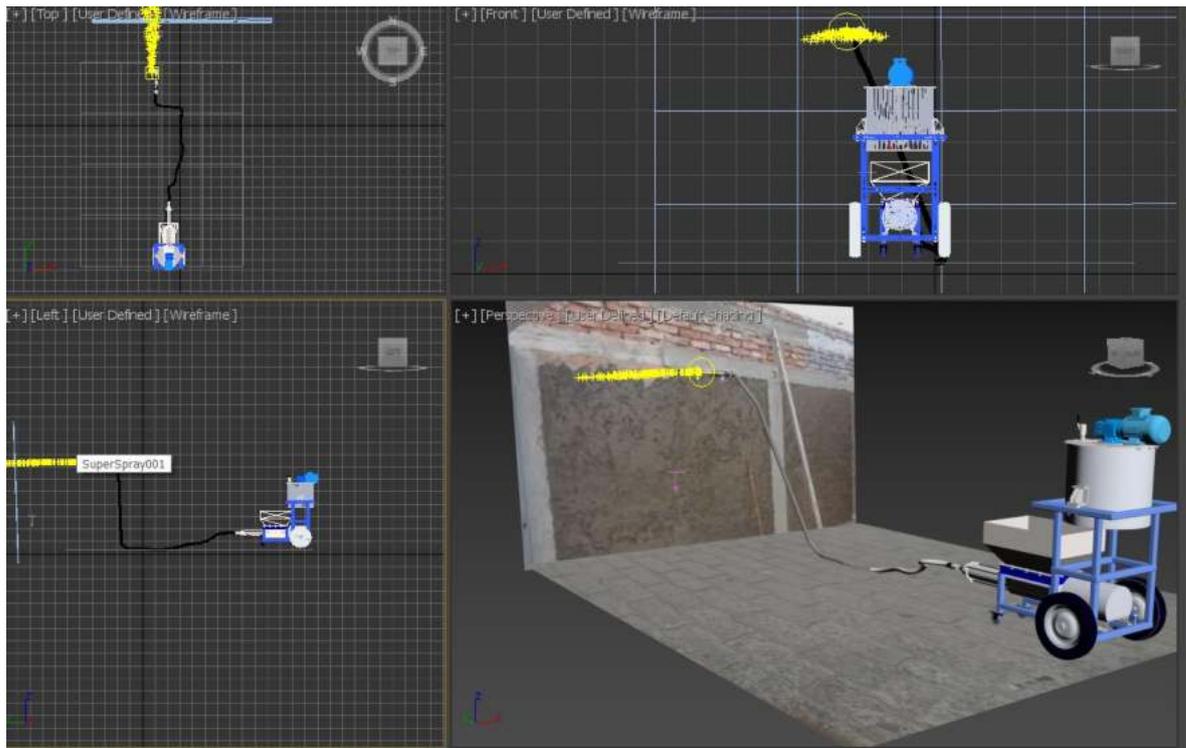
Tabla 6.4 Comparación de Precios

Datos del equipo		Foto de la maquinaria	
Nombre:	Compresor Schulz 2041		
Código:	LP-05-COM-02		
Función:	Producir mayor flujo de aire y el motor está protegido contra sobrecarga.		
Características principales			
Marca:	Schulz	Nº de partes:	Sist. Neumatico electrico mecanico
Modelo:	CSL 15BR	Potencia:	3HP/2,24[Kw]
Serie:	TA 40c	Rendimiento:	90%
Año:	1999	Corriente:	AC
Fabricante:	Schulz	Intensidad:	29,4 [A]
Presión	9,7bar-141 psi	Caudal	424 l/min = 7l/seg
País fab:	Brasil	Tensión:	220-230 Volts 50Hz
otras características: Motor eléctrico dela polea: 2,24Kw /3Hp; 380[V] - FP:0,86 - Rend:0,9; Estanque: 200 lts			

Fuente: Catalogo de fabricante schuilz

- Se debe colocar las empaquetaduras entre la bomba de cavidad progresiva y el eje del tornillo sin fin, con el fin de tener un buen ajuste y evitar la pérdida de fluidos.
- La camisa de la bomba de cavidad progresiva debe ajustarse lo necesario, de modo tal de que la rosca que tienen las articulaciones no se desgasten.
- El tiempo tanto de rotación para el primer motor y de transporte para el segundo motor debe ser sólo de 7 horas al día, el motivo es para alargar la vida útil del equipo y no sobrecalentar ambos motores.
- Se recomienda tener apagadas las celdas de carga al momento de realizar la mezcla, para evitar vibraciones innecesarias en el sistema de pesaje.

Figura 6.5 Simulación defensa máquina mezcladora y revocadora de mortero



Fuente: Elaboración propia

- Se recomienda una caja metálica NEMA tipo 4 en el gabinete de control eléctrico.

6.4.2 Recomendaciones de mantenimiento

El tipo de mantenimiento que se recomienda es preventivo y el correctivo, aplicado de la manera más conveniente especialmente a las partes móviles y/o a los elementos más susceptibles a desgaste. Ver el punto 3.3.

BIBLIOGRAFÍA y REFERENCIAS

- [1] **Francesco Ciulla** (2003), Principios fundamentales para diseño con bombas de cavidad Progresiva
- [2] **Hirschfeldt, Marcelo**. Manual de bombeo por cavidades progresivas. Versión 2008
- [3] UNAM, 2016, Manual de prácticas del laboratorio de análisis experimental de esfuerzos
- [4] **Streeter McGraw Hill** (2009), Mecánica de los Fluidos
- [5] **Robert Mott**, 4ta Ed ,Diseño de elementos de máquinas
- [6] **Hibbeler, R. C.** (2011). Mecánica de material. México: Pearson Educación, 8° edición
- [7] **Casillas A.L.**, Máquinas Editorial Melsa Madrid, 1988.
- [8] **E. Shigley Joseph, R. Mischke Charles**, Diseño en Ingeniería Mecánica 8va.edición, Editorial McGraw-Hill. México, 2002.
- [9] **Shootcrete**, Catalogo de hormigón proyectado
- [10] Mandos por Contactor de Motores Asíncronos, Controlista de Máquinas y Procesos Industriales SENATI – PERÚ Infocal 1998.
- [11] **Hermann Jutz, Eduard Scharkus, Rolf Lobert**, Tablas para la Industria Metalúrgica. 3ra. Edición Editorial Reverté, SA. Barcelona 1984.
- [12] **J. Ravenet**, Silos, teoría, investigación y construcción
- [13] Norma europea EN 1991-4, “Eurocode 1 : Action on structures,”
- [15] **C. Bayona and N. Wilmer**, “Estimación de esfuerzos inducidos durante el llenado y vaciado de silos metálicos para almacenamiento de cemento
- [16] Vanegas Useche, 2018, Diseño de elementos de máquina
- [17] **F. Aguilar Parés**, “Análisis de la fuerza axial en un transportador de sinfín,”
- [18] **Collins, Busby y Staab**, Mechanical Design of machine elements and Machines 2nd edition.
- [19] Catálogo de Motores Eléctricos WEG, <http://www.weg.net>
- [20] Tabla de Momentos de Inercia de Cuerpos Simples, <http://es.wikibooks.org/wiki/Archivo:Inert-momentsES.png>
- [21] IBNORCA NB 777, Instituto Boliviano de Normalización y Calidad. (2015).
- [22] Catálogo de Motorreductores, www.lentax.com

[23] Ramírez, Jiménez & Carreño (2014), Diseño e implementación de un sistema de entrenamiento basado en una tarjeta de desarrollo embebida, para el laboratorio de Instrumentación

[24] Apuntes de Instalaciones eléctricas 2. Obtenido de UMSA, Facultad de Ingeniería Mecánica y Electromecánica

[25] M. H. Cherrez Troya, ""Rediseño del sistema de aire comprimido de la estación de bombeo- Faisanes del poliducto Esmeraldas.,”

[26] Catálogo Didáctico – Profissionais Siemens. 1998.

[27] Tito Velastegui, Elementos de máquinas, 2da. Ed.

[28] NB 777 Norma boliviana Diseño y Construcción de Instalaciones Eléctricas Interiores en Baja Tensión

[29] Taller de manufactura I. (2017). Obtenido de U.M.S.A., Facultad de Ingeniería Mecánica y Electromecánica

ANEXOS

PARTE A

Anexo A1 Tabla A1 Coeficientes de fricción entre diferentes materiales

Tabla A-22

Resultados de ensayos a la tensión de algunos metales*. Fuente: J. Datsko, "Solid Materials", capítulo 32, en Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke y Thomas H. Brown, Jr. (editores en jefe). *Standard Handbook of Machine Design*, 3a. ed., McGraw-Hill, Nueva York, 2004, pp. 32.49-32.52.

Número	Material	Condición	Resistencia (a la tensión)						Resistencia a la deformación, exponente m	Resistencia a la fractura ϵ_f
			Fluencia S_{pr} MPa (kpsi)	Última S_{ur} MPa (kpsi)	A la fractura, σ_f MPa (kpsi)	Coefficiente σ_{or} MPa (kpsi)				
1018	Acero	Recocido	220 (32.0)	341 (49.5)	628 (91.1) ^f	620 (90.0)	0.25	1.05		
1144	Acero	Recocido	358 (52.0)	646 (93.7)	898 (130) ^f	992 (144)	0.14	0.49		
1212	Acero	HR	193 (28.0)	424 (61.5)	729 (106) ^f	758 (110)	0.24	0.85		
1045	Acero	TyR 600°F	1 520 (220)	1 580 (230)	2 380 (345)	1 880 (273) ^f	0.041	0.81		
4142	Acero	TyR 600°F	1 720 (250)	1 930 (210)	2 340 (340)	1 760 (255) ^f	0.048	0.43		
303	Acero inoxidable	Recocido	241 (35.0)	601 (87.3)	1 520 (221) ^f	1 410 (205)	0.51	1.16		
304	Acero inoxidable	Recocido	276 (40.0)	568 (82.4)	1 600 (233)^f	1 270 (185)	0.45	1.67		
2011	Aleación de aluminio	T6	169 (24.5)	324 (47.0)	325 (47.2) ^f	620 (90)	0.28	0.10		
2024	Aleación de aluminio	T4	296 (43.0)	446 (64.8)	533 (77.3) ^f	689 (100)	0.15	0.18		
7075	Aleación de aluminio	T6	542 (78.6)	593 (86.0)	706 (102) ^f	882 (128)	0.13	0.18		

Fuente: Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2011). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, 8va edición, pág. 446

Anexo A2 Tabla A2 Especificación para planchas de Acero Inoxidable 3-4-10 [mm]



Descripción:

El acero inoxidable es un acero de elevada resistencia a la corrosión, dado que el cromo, u otros metales aleantes que contiene, poseen gran afinidad por el oxígeno y reacciona con él formando una capa pasivadora, evitando así la corrosión del hierro. Con un excelente acabado, práctico y versátil, nuestras planchas de acero inoxidable ofrecen un desempeño excepcional, el cual le permite participar diariamente en nuevos segmentos del mercado.

Uso:

Apropiado para múltiples usos, como ser en fachadas para la arquitectura, elevadores, muebles, industrias de alimentos, equipamientos hospitalarios e industrias en general. Acero inox para para uso metalúrgico, donde actúan químicos y el acero debe

tener mayor capacidad de anticorrosión. Para la industria alimenticia.

Norma:

AISI 304 / 316 K30.

Este producto cumple con las exigencias de calidad establecidas anteriormente.

Propiedades Mecánicas:

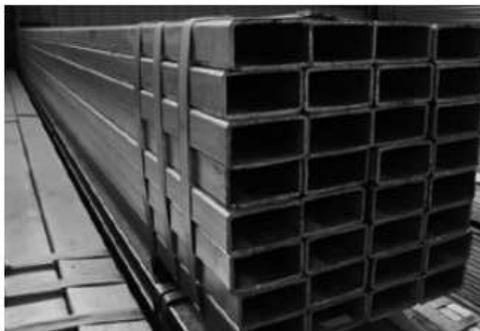
*Resistencia a la Fluencia 310 Mpa,
Resistencia Máxima 620 Mpa,
Elongación 30%*.

Dimensiones:

Ancho	Largo	ESPESOR (mm)																						
		0,4	0,5	0,6	0,76	0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	4,75	5,0	6,0	8,0	9,52	10,0	12,0	12,7	15,87	16,0	25,0	
1,00	2,00	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1,20		*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1,25	3,00	*																						
1,50										*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1,00	2,00	*								*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1,20	3,00				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Fuente: Industrias ferrotodo. Catalogo Derivados del acero. Pág. 39.

Tubo Cuadrado y Rectangular de Acero ASTM A500



TUBO CUADRADO A500

Dimensiones		Espesor	Peso Teórico
mm	pulg	mm	Kg/m
25 x 25	1" x 1"	1.5	1.061
		2	1.460
30 x 30	1 1/4" x 1 1/4"	1.5	1.300
		2	1.700
		1.5	1.770
40 x 40	1 1/2" x 1 1/2"	2	2.244
		3	3.320
		1.5	2.250
		2	3.122
50 x 50	2" x 2"	2.5	3.872
		3	4.316
		2	4.500
		2.5	5.560
75 x 75	3" x 3"	3	6.810
		2	6.165
		2.5	7.675
100 x 100	4" x 4"	3	9.174
		4	12.133
		4.5	13.594
		6	16.980
		3	11.310
125 x 125	5" x 5"	4	14.870
		4.5	16.620
		6	21.690
		3	13.670
150 x 150	6" x 6"	4.5	20.8
		6	27.386
		3	13.670

* Equivalencias de conversión son aproximadas.

TUBOS ACERO A500

El tubo cuadrado de acero estructural laminado al caliente (LAC), presenta una soldadura interna con el sistema ERW. Son ampliamente utilizados en el mantenimiento industrial, implementos agrícolas, equipos de transporte, ornamental, etc.

Especificaciones: ASTM A500, AISI A500

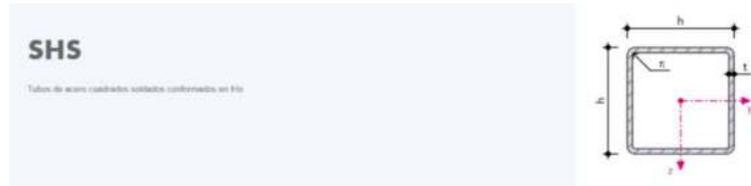
Fácil de soldar, cortar, dar forma y maquinarse.
Longitud 6 metros.

TUBO RECTANGULAR A500

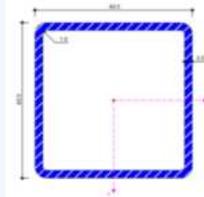
Dimensiones		Espesor	Peso Teórico
mm	pulg	mm	Kg/m
20 x 40	3/4" x 1 1/2"	1.5	1.354
		2	1.700
25 x 50	1" x 2"	1.5	1.650
		2	2.261
40 x 60	1 1/2" x 1 3/4"	1.5	2.260
		2	3.033
		2.5	3.600
		3	4.250
40 x 80	1 1/2" x 3 3/16"	1.5	2.710
		2	3.660
		2.5	4.390
		3	5.190
50 x 75	2" x 3"	3	5.423
		2	4.500
50 x 100	2" x 4"	2.5	5.560
		3	6.600
		4	8.590
		2	6.165
50 x 150	2" x 6"	2.5	7.676
		3	9.174
		4	11.730
		3	10.850
100 x 150	4" x 6"	4.5	16.600
		6	21.700
		3	13.670
100 x 200	4" x 8"	4	18.010
		4.5	20.150
		6	26.400
		4	21.150
150 x 200	6" x 8"	4.5	23.680
		6	31.100
		3	13.670

Propiedades Mecánicas	Límite de Fluencia (Mpa) mín.	269
	Resistencia a la Tracción (Mpa) mín.	310
	Elongación Probeta 8"	25.0% mínimo

Anexo A4.1 Tabla A4 Inercia en un perfil tubular cuadrado 40x40x3 [mm]



Geometría			
Canto	h	40.0	mm
Espesor	t	2.0	mm
Radio de esquina exterior	r _o	3.0	mm
Radio de esquina interior	r _i	1.0	mm
Altura de la porción recta del alma	d	34.0	mm
Área de la sección			
Área de la sección	A	3.03	cm ²
Flexión			
Momento de inercia respecto al eje y	I _y	7.07	cm ⁴
Momento de inercia polar	I _p	14.15	cm ⁴
Radio de giro respecto al eje y	i _y	15.3	mm
Radio de giro polar	i _p	21.6	mm
Momento estático respecto al eje y	S _y máx.	1.04	cm ³
Módulo resistente elástico respecto al eje y	W _y	3.54	cm ³



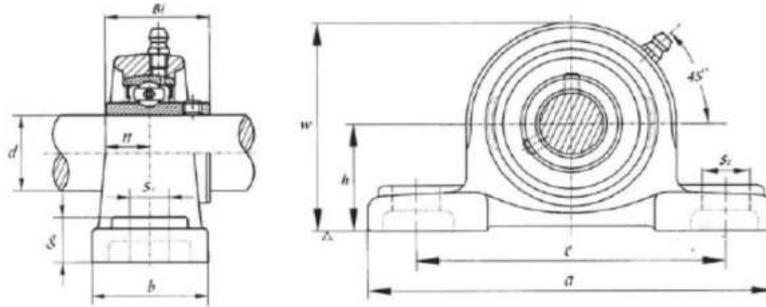
Anexo A4.2 Tabla A4 Inercia en un perfil tubular cuadrado 40x40x3 [mm]

<input type="checkbox"/> Seleccionar todo		Geometría					Área de la sección	Flexión					
Sección	↑	h [mm]	t [mm]	r _o [mm]	r _i [mm]	d [mm]	A [cm ²]	I _y [cm ⁴]	I _p [cm ⁴]	i _y [mm]	i _p [mm]	S _y máx. [cm ³]	W _y [cm ³]
<input type="checkbox"/>	SHS 20x20x1.5	20.0	1.5	2.3	0.8	15.5	1.11	0.60	1.20	7.4	10.4	0.18	0.60
<input type="checkbox"/>	SHS 20x20x2	20.0	2.0	3.0	1.0	14.0	1.43	0.72	1.45	7.1	10.1	0.22	0.72
<input type="checkbox"/>	SHS 30x30x2	30.0	2.0	3.0	1.0	24.0	2.23	2.80	5.59	11.2	15.8	0.55	1.86
<input type="checkbox"/>	SHS 30x30x3	30.0	3.0	6.6	3.6	16.8	3.05	3.43	6.87	10.6	15.0	0.71	2.29
<input type="checkbox"/>	SHS 30x30x4	30.0	4.0	8.8	4.8	12.4	3.82	3.84	7.68	10.0	14.2	0.82	2.56
<input type="checkbox"/>	SHS 40x40x2	40.0	2.0	3.0	1.0	34.0	3.03	7.07	14.15	15.3	21.6	1.04	3.54
<input type="checkbox"/>	SHS 40x40x2.5	40.0	2.5	3.8	1.2	32.5	3.74	8.42	16.84	15.0	21.2	1.25	4.21
<input type="checkbox"/>	SHS 40x40x3	40.0	3.0	6.6	3.6	26.8	4.25	9.20	18.39	14.7	20.8	1.38	4.60

Fuente: Dlubal software

Chumacera de piso

UCP 300 (trabajo pesado)



No. De parte	Diámetro del eje d		Dimensiones (mm)											tornillo utilizado		No. Rodamiento	No. Alojamiento	peso (kg)
	(in.)	(mm)	h	a	e	b	S ₂	S ₁	g	W	Bi	n	(mm)	(in.)				
UCP305 305-14 305-16	7/8 1	25	45	175	132	45	20	17	16	85	38	15	M14	1/2	UC305 305-14 305-16	P305	1.28	
UCP306-18 306 306-19	1 1/8 1 3/16	30	50	180	140	50	20	17	18	95	43	17	M14	1/2	UC306-18 306 306-19	P306	1.72	
UCP307-20 307-21 307 307-23	1 1/4 1 3/8 1 7/16	35	56	210	160	56	25	17	20	106	48	19	M14	1/2	UC307-20 307-21 307 307-23	P307	2.33	
UCP308-24 308	1 1/2	40	60	220	170	60	27	17	22	116	52	19	M14	1/2	UC308-24 308	P308	3.01	
UCP309-28 309	1 3/4	45	67	245	190	67	30	20	24	129	57	22	M16	5/8	UC309-28 309	P309	3.77	
UCP310-31 310	1 15/16	50	75	275	212	75	35	20	27	143	61	22	M16	5/8	UC310-31 310	P310	5.47	
UCP311-32 311	2	55	80	310	236	80	38	20	30	154	66	25	M16	5/8	UC311-32 311	P311	6.83	

Fuente: Catálogo chumacera de piso CPR

Anexo A6 Tabla A6: Dimensiones pernos de Base

FICHA TÉCNICA

TORNILLOS ROSCA MÉTRICA

Denominación: TORNILLOS ROSCA MÉTRICA Códigos: T084, T963, T965, T988, D933, D912, D603, D125, D127, D9021, D934, D985

Referencia: FT MET-es Fecha: 06/04/18 Revisión: 4 Página: 7 de 12

2.5 DIN-933 Tornillo rosca métrica hexagonal

Propiedades: Acero, Recubrimiento zincado, Unión chapas

Propiedades: Hexagonal, Cabeza hexagonal, Métrica

MÉTRICA	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20
s: distancia entre caras [mm]	10	13	17	19	22	24	27	30
k: espesor cabeza [mm]	4	5,3	6,4	7,5	8,8	10	11,5	12,5
e: distancia entre vértices [mm]	10,89	14,20	18,72	20,88	23,91	26,17	29,56	32,95
Llave de instalación	10	13	17	19	22	24	27	30

Diagramas técnicos de un tornillo hexagonal con dimensiones s, k, e, w y ángulo de 15°-30°.

Fuente: INDEXFixingSystems. (2018). Tornillos de Rosca Métrica. Ficha Técnica.

Anexo A7 Tabla A7: Clase métrica de propiedades mecánicas de pernos, tornillos, birlos de acero.

Table 8–11 Metric Mechanical-Property Classes for Steel Bolts, Screws, and Studs

Property Class	Size Range, Inclusive	Minimum Proof Strength,* MPa	Minimum Tensile Strength,* MPa	Minimum Yield Strength,* MPa	Material	Head Marking
4.6	M5–M36	225	400	240	Low or medium carbon	
4.8	M1.6–M16	310	420	340	Low or medium carbon	
5.8	M5–M24	380	520	420	Low or medium carbon	
8.8	M16–M36	600	830	660	Medium carbon, Q&T	
9.8	M1.6–M16	650	900	720	Medium carbon, Q&T	
10.9	M5–M36	830	1040	940	Low-carbon martensite, Q&T	
12.9	M1.6–M36	970	1220	1100	Alloy, Q&T	

*Minimum strengths are strengths exceeded by 99 percent of fasteners.

Fuente: Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2011). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. México: The McGraw-Hill Companies, 9ª edición, pág. 446

Anexo A8 Tabla A8: Brocas para metal

Brocas espirales p/ metal HSS DIN 338 serie corta, negras cilíndricas, paso derecho.

PULGADAS

CODIGO	MEDIDA
21703035	7/64"
21703036	1/8"
21703037	9/64"
21703038	5/32"
21703039	11/64"
21703040	3/16"
21703041	7/32"
21703042	1/4"
21703043	17/64"
21703044	9/32"
21703045	5/16"
21703046	3/8"
21703047	7/16"
21703048	1/2"

MILIMETROS

CODIGO	MEDIDA
21703080	3,0 mm
21703081	3,5 mm
21703082	4,0 mm
21703083	4,5 mm
21703084	5,0 mm
21703085	5,5 mm
21703086	6,0 mm
21703087	6,5 mm
21703088	7,0 mm
21703089	7,5 mm
21703090	8,0 mm
21703091	8,5 mm
21703092	9,0 mm
21703093	9,5 mm
21703094	10,0 mm
21703095	11,0 mm
21703096	12,5 mm



Juegos en caja de metal

PULGADAS

CODIGO	MEDIDA
21703120	1/16" a 1/2"
21703122	1/16" a 3/8"
21703136	1.6 a 13.0
21703138	1.0 a 10.0



Fuente: DIAGER. (2020). *Brocas para Metal*. Obtenido de <https://www.diager.com/content/uploads/>

Anexo A9 Tabla A9: Brocas para metales más duros

BROCAS DE COBALTO AL 5% HSS DIN 338

Broca de acero de alta velocidad, diseñadas para perforar aceros duros, hierros fundidos, acero inoxidable por las propiedades del cobalto, brindando una gran resistencia a temperaturas elevadas producto de la fricción.

PULGADAS

CODIGO	MEDIDA
21703290	3/64"
21703291	1/16"
21703292	5/64"
21703293	3/32"
21703294	7/64"
21703300	1/8"
21703302	9/64"
21703304	5/32"
21703306	11/64"
21703308	3/16"
21703310	13/64"
21703312	7/32"
21703314	15/64"
21703316	1/4"
21703318	17/64"
21703319	9/32"
21703320	5/16"
21703321	19/64"

MILIMÉTRICAS

CODIGO	MEDIDA
21703342	1
21703343	1,25
21703344	1,5
21703345	1,75
21703346	2
21703347	2,25
21703348	2,5
21703349	2,75
21703350	3
21703352	3,25
21703354	3,5
21703355	3,75
21703356	4
21703351	4,25
21703357	4,5
21703358	5
21703360	5,5
21703362	6

21703322	.2164"
21703323	.1132"
21703324	.30"
21703325	.2364"
21703326	.2564"
21703327	.1332"
21703328	.716"
21703329	.2764"
21703330	.2964"
21703331	.1532"
21703332	.56"
21703333	.3164"

21703364	6,5
21703365	7
21703366	7,5
21703368	8
21703369	8,5
21703370	9
21703372	9,5
21703374	10
21703375	10,5
21703376	11
21703378	11,5
21703379	12
21703380	13
21703381	12,5



DIN 338

HSS



Fuente: DIAGER. (2020). *Brocas para Metal*.

Anexo A.10 Tabla A10: Tornillos de rosca métrica

FICHA TÉCNICA



TORNILLOS ROSCA MÉTRICA

Denominación: TORNILLOS ROSCA MÉTRICA

Códigos: T084, T963, T965, T985, D933, D912, D603, D125, D127, D9021, D934, D985

Referencia: FT MET-es

Fecha: 06/04/18

Revisión: 4

Página: 8 de 12

2.6 DIN-912

Tornillo Allen



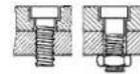
Propiedades



Acero



Recubrimiento zincado



Unión chapas

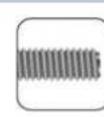
Propiedades



Allen

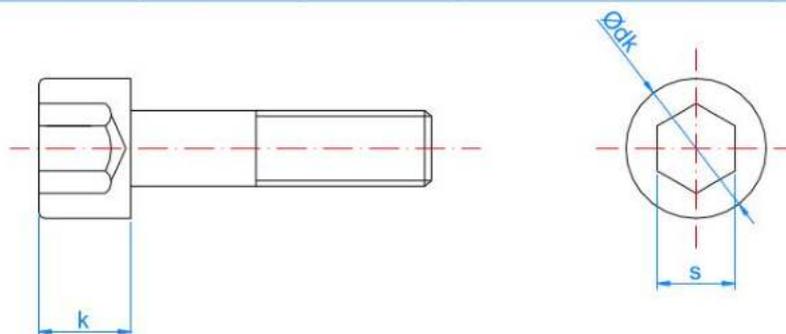


Cabezal cilíndrico



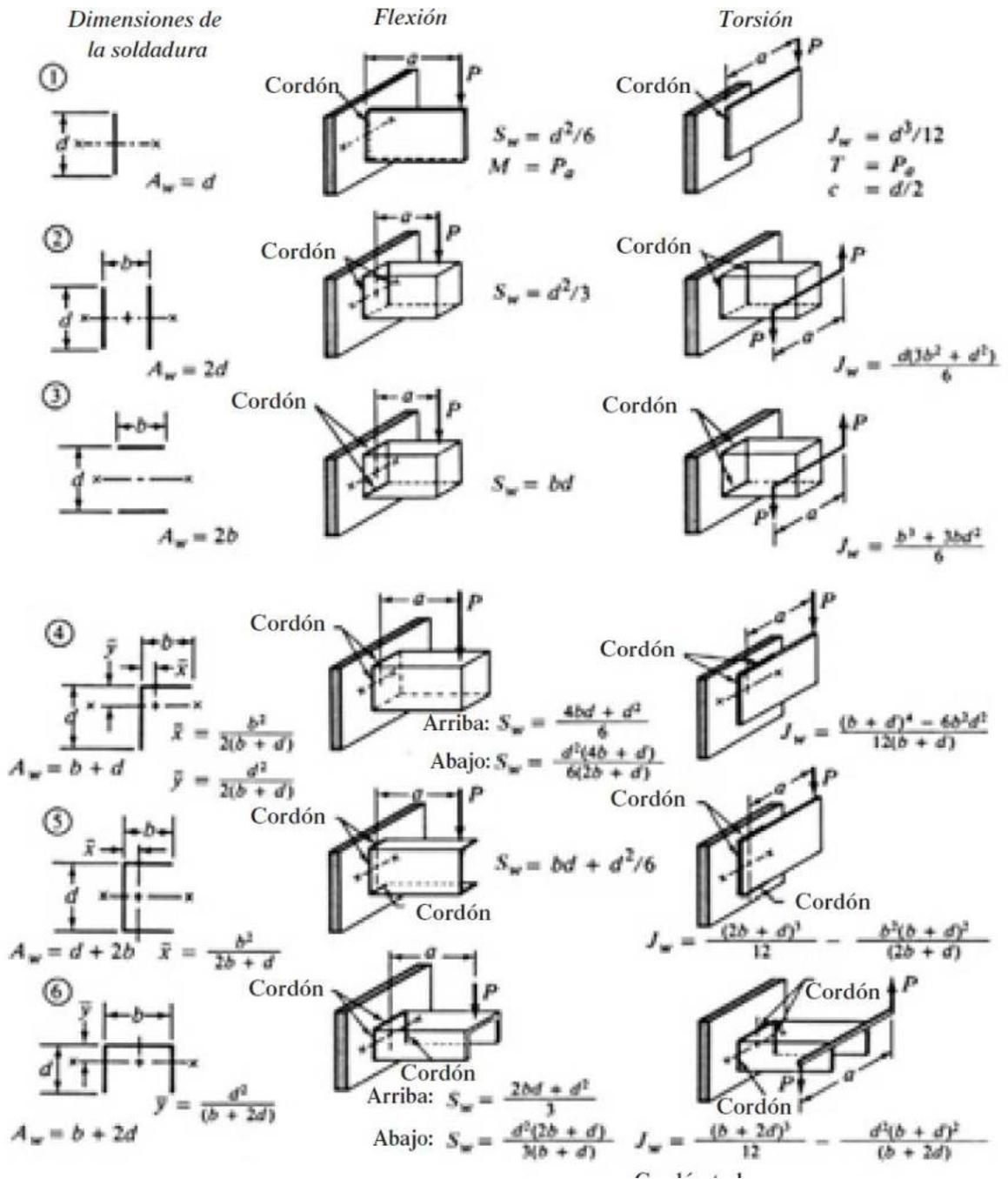
Métrica

MÉTRICA		M4	M5	M6	M8	M10
Ødk: diámetro de la cabeza	[mm]	7	8,5	10	13	16
s: distancia entre caras de la huella	[mm]	3	4	5	6	8
k: espesor cabeza	[mm]	4	5	6	8	8
Llave de instalación		Allen 3	Allen 4	Allen 5	Allen 6	Allen 7



Fuente: INDEXFixingSystems. (2018). *Tornillos de Rosca Métrica. Ficha Técnica*.

Anexo A.11 Tabla A11 Factores geométricos para el análisis de soldadura



Fuente: Robert Mott, diseño de elementos mecánicos,2006

Anexo A.12 Tabla A12 Esfuerzos cortantes sobre soldaduras

TABLA 20-3 Esfuerzos cortantes y fuerzas sobre soldaduras

Grado ASTM del metal base	Electrodo	Esfuerzo cortante admisible	Fuerza admisible por pulgada de lado
Estructuras de edificios:			
A36, A441	E60	13 600 psi	9600 lb/pulg
A36, A441	E70	15 800 psi	11 200 lb/pulg
Estructuras de puentes			
A36	E60	12 400 psi	8800 lb/pulg
A441, A242	E70	14 700 psi	10 400 lb/pulg

Fuente: Robert Mott, diseño de elementos mecánicos,2006

Anexo A.13 Tabla A13: Especificaciones para pernos métricos de acero

Clase	Intervalo de tamaños (inclusive) (mm)	Resistencia límite mínima a la tracción S_p (MPa)	Resistencia de fluencia mínima a la tracción S_y (MPa)	Resistencia última mínima a la tracción S_u (MPa)	Características del acero
4.6	M5-M36	225	240	400	Medio o bajo carbono
4.8	M1.6-M16	310	340	420	Medio o bajo carbono
5.8	M5-M24	380	420	520	Medio o bajo carbono
8.8	M16-M36	600	660	830	Medio o bajo carbono, templado y revenido
9.8	M1.6-M16	650	720	900	Medio o bajo carbono, templado y revenido
10.9	M5-M36	830	940	1040	Martensítico de bajo carbono, templado y revenido
12.9	M1.6-M36	970	1100	1220	De aleación, templado y revenido

Fuente: diseño de elementos de máquinas autor Vanegas

Diámetro mayor (nominal) d (mm)	ROSCA BASTA			ROSCA FINA		
	Paso p (mm)	Diámetro menor d_r (mm)	Área de esfuerzo a tracción A_t (mm ²)	Paso p (mm)	Diámetro menor d_r (mm)	Área de esfuerzo a tracción A_t (mm ²)
3.0	0.50	2.39	5.03			
3.5	0.60	2.76	6.78			
4.0	0.70	3.14	8.78			
5.0	0.80	4.02	14.18			
6.0	1.00	4.77	20.12			
7.0	1.00	5.77	28.86			
8.0	1.25	6.47	36.61	1.00	6.77	39.17
10.0	1.50	8.16	57.99	1.25	8.47	61.20
12.0	1.75	9.85	84.27	1.25	10.47	92.07
14.0	2.00	11.55	115.4	1.50	12.16	124.55
16.0	2.00	13.55	156.7	1.50	14.16	167.25
18.0	2.50	14.93	192.5	1.50	16.16	216.23
20.0	2.50	16.93	244.8	1.50	18.16	271.50
22.0	2.50	18.93	303.4	1.50	20.16	333.50
24.0	3.00	20.32	352.5	2.00	21.55	384.42
27.0	3.00	23.32	459.4	2.00	24.55	495.74
30.0	3.50	25.71	560.6	2.00	27.55	621.20
33.0	3.50	28.71	693.6	2.00	30.55	760.80
36.0	4.00	31.09	816.7	3.00	32.32	864.94
39.0	4.00	34.09	975.8	3.00	35.32	1028.4

La longitud roscada de los tornillos métricos está dada por $L_r = 2d + 6$ mm, si $L_{Tb} \leq 125$ mm y $d \leq 48$ mm, por $L_r = 2d + 12$ mm, si 125 mm $< L_{Tb} \leq 200$ mm, y por $L_r = 2d + 25$ mm, si $L_{Tb} > 200$ mm.

Fuente: diseño de elementos de máquinas autor Vanegas

Anexo A.14 Tabla A14: Dimensiones de roscas métricas

Clase	Características de Material	Código
Fluidez	Fluido Muy Libre	1
	Fluido Libre	2
	Fluido Promedio	3
	Fluido Lento	4
Abrasividad	Abrasividad Media	5
	Abrasividad Moderada	6
	Abrasividad Extrema	7
	Acumulación y Endurecimiento	F
	genera Eléctrica Estática	G

Propiedades Misceláneas o Peligrosas	Descomposición — Se Deteriora en Almacenamiento	H
	Inflamabilidad	J
	Se Hace Plástico o Tiende a Suavizarse	K
	Muy Polvoso	L
	Al Airearse Se Convierte en Fluido	M
	Explosividad	N
	Pegajoso — Adhesión	O
	Contaminable — Afecta uso	P
	Degradable — Afecta uso	Q
	Emite Humos o gases Tóxicos Peligrosos	R
	Altamente Corrosivo	S
	Medianamente Corrosivo	T
	Higroscópico	U
	Se Entrelaza, Enreda o Aglomera	V
	Presencia de Aceites	W
	Se Comprime Bajo Presión	X
	Muy Ligero — Puede Ser Levantado por el Viento	Y
Temperatura Elevada	Z	

Anexo A.15 Tabla A15: Código de Clasificación del Material

Clase	Características de Material	Código	Tamaño	
Densidad	Densidad a granel, Sin Compactar	Libras por pie cúbico	Min (Pulg)	Max (Pulg)
Tamaño	Muy Fino: Malla No. 200 (.0029") y menor	A200	0"	0.0029"
	Muy Fino: Malla No. 100 (.0059") y menor	A100	0.0029"	0.0059"
	Muy Fino: Malla No. 40 (.016") y menor	A40	0.0059"	0.016"
	Fino: Malla No. 6 (.132) y menor	B6	0.016"	0.132"
	Granular: 1/2" y menor (malla 6" a 1/2")	C1/2	0.132"	0.5"
	Granular: 3" y menor (1/2" a 3")	D3	0.5"	3"
	Granular: 7" y menor (3" a 7")	D7	3"	7"
	Terrones: 16" y por debajo (0" a 16")	D16	0"	16"
	Terrones: Arriba de 16" a ser especificado	DX	16"	X
Irregular: Fibroso, Cilíndrico, etc.	E	E	E	

Fuente: Manual de diseño para Transportadores Helicoidales autor Martin

Anexo A.16 Tabla A16: Código de Clasificación del Material

Clase	Características de Material	Código
Fluidez	Fluido Muy Libre	1
	Fluido Libre	2
	Fluido Promedio	3
	Fluido Lento	4
Abrasividad	Abrasividad Media	5
	Abrasividad Moderada	6
	Abrasividad Extrema	7
Propiedades Misceláneas o Peligrosas	Acumulación y Endurecimiento	F
	genera Eléctrica Estática	G
	Descomposición — Se Deteriora en Almacenamiento	H
	Inflamabilidad	J
	Se Hace Plástico o Tiende a Suavizarse	K
	Muy Polvoso	L
	Al Airearse Se Convierte en Fluido	M
Explosividad	N	

Pegajoso — Adhesión	O
Contaminable — Afecta uso	P
Degradable — Afecta uso	Q
Emite Humos o gases Tóxicos Peligrosos	R
Altamente Corrosivo	S
Medianamente Corrosivo	T
Higroscópico	U
Se Entrelaza, Enreda o Aglomera	V
Presencia de Aceites	W
Se Comprime Bajo Presión	X
Muy Ligero — Puede Ser Levantado por el Viento	Y
Temperatura Elevada	Z

Fuente: Manual de diseño para Transportadores Helicoidales autor Martin

Anexo A.17 Tabla A17: Características de los Materiales

Material	Peso lb por pie cúbico	Código de Material	Selección de Rodamiento Intermedio	Serie de Componentes	Factor de Material Fm	Carga de Artesa	Cod lib/pie3
Manganeso, Mineral	125-140	DX-37	H	3	2	15	DX
Manganeso, Óxido de	120	A100-36	H	2	2	30B	A100
Margarina	59	E-45HKPWX	L-S	2	0,4	30A	E
Mármol, triturado	80-95	B6-37	H	3	2	15	B6
Mica, en escamas	17-22	B6-16MY	H	2	1	30B	B6
Mica, molida	13-15	B6-36	H	2	0,9	30B	B6
Mica, pulverizada	13-15	A100-36M	H	2	1	30B	A100
Migajas de Pan	20-25	B6-35Pq	L-S-B	1	0,6	30A	B6
Mineral de Aluminio (Bauxita)	-	-	-	-	-	-	-
Mineral de Asbesto	81	D3-37R	H	3	1,2	15	D3
Molibdenita, en polvo	107	B6-26	H	2	1,5	30B	B6
Mortero, mojado*	150	E-46T	H	3	3	30B	E
Mostaza, semilla	45	B6-15N	L-S-B	1	0,4	45	B6
Naftalina, hojuelas	45	B6-35	L-S-B	1	0,7	30A	B6
Negro de Humo, peletizado	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Manual de diseño para Transportadores Helicoidales autor Martin

Anexo A.18 Tabla A18: Factores de Capacidad CF1 para transportador

Factores de Capacidad para Transportador con Paso Especial CF = 1			Tabla 1.3
Paso	Descripción	CF	Pasos
		1	
Estándar	Paso = Diámetro del Helicoidal	1	1,00
Corto	Paso = 2/3 Diámetro del Helicoidal	1,5	0,67
Medio	Paso = 1/2 Diámetro del Helicoidal	2	0,50
Largo	Paso = 1.1/2 Diámetro del Helicoidal	0,67	1,50

Fuente: Manual de diseño para Transportadores Helicoidales autor Martin

Anexo A.19 Tabla A19: Factores de Capacidad CF2, Capacidad para transportador con tipo de helicoidal

Factores de Capacidad para Transportador con Helicoidal Especial CF = 2			
Tipo de Helicoidal	Carga del Transportador		
	15%	30%	45%
Helicoidal Estandar	1,00	1,00	1,00
Helicoidal con Corte	1,95	1,57	1,43
Helicoidal con Corte y Doblez	N.R.*	3,75	2,54
Helicoidal de Listón	1,04	1,37	1,62

Fuente: Manual de diseño para Transportadores Helicoidales autor Martin

Anexo A.20 Tabla A20: Factores de Capacidad CF3, Capacidad para transportador con nro. de paletas

Capacidad para Transportador con Paletas Mezcladoras CF = 3		
Paletas Estándar de Paso Invertido a 45°	Paletas por Paso	cf
	Ninguna paleta	1,00
Factor CF	Una paleta	1,08
	Dos Paletas	1,16
	Tres paletas	1,24
	Cuatro paletas	1,32

Fuente: Manual de diseño para Transportadores Helicoidales autor Martin

Anexo A.21 Tabla A21: Diámetro para transportar helicoides horizontales

Carga de Artesa	CODIFICADO	Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Capacidad Pies Cúbicos por Hora (Paso Completo)		
			A 1 RPM	A Máx. RPM	Máx. RPM
95,00	954	4			
	956	6	4,7	1415	300
	959	9	17,6	4832	275
	9510	10	42	10760	255
	9512	12	68	16342	240
	9514	14	101	22280	220
	9516	16	145	30529	210
	9518	18	196	37385	190
	9520	20	346	58858	170
	9524	24	665	76519	115
	9530	30	1139	79754	70

Fuente: Manual de diseño para Transportadores Helicoidales autor Martin

Anexo A.22 Tabla A22: Elección Diámetro helicoidal vs diámetro del tubo

Tabla de Tamaños Máximos de Partículas					
Diametro de Helicoidal (Pulgadas)	Tubo D.E.* (Pulgadas)	Separación Radial Δ (Pulgadas)	Clase 1 10% de Partículas Partícula Máxima	Clase 2 25% Partículas Partícula Máxima (Pulgadas)	Clase 3 95% Partículas Partícula Máxima
6	2 3/8	2 1/3	1 1/4	3/4	1/2
9	2 3/8	3 1/3	2 1/4	1 1/2	3/4
9	2 7/8	3 4/7	2 1/4	1 1/2	3/4
12	2 7/8	5	2 3/4	2	1
12	3 1/2	4 3/4	2 3/4	2	1
12	4	4 1/2	2 3/4	2	1
14	3 1/2	5 3/4	3 1/4	2 1/2	1 1/4
14	4	5 1/2	2 1/4	1 1/4	1 1/4
16	4	6 1/2	3 3/4	2 3/4	1 1/2
16	4 1/2	6 1/4	3 3/4	2 3/4	1 1/2
18	4	7 1/2	4 1/4	3	1 3/4
18	4 1/2	7 1/2	4 1/4	3	1 3/4
20	4	8 1/2	4 3/4	3 1/2	2
20	4 1/2	8 1/4	4 3/4	3 1/2	2
24	4 1/2	10 1/4	6	3 3/4	2 1/2
30	4 1/2	13 1/4	8	5	3

Fuente: Manual de diseño para Transportadores Helicoidales autor Martin

Anexo A.23 Tabla A23: Factor de Diámetro del transportador

Factor del Diámetro del Transportador, F_d	
Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Factor F_d
4	12
6	18
9	31
10	37
12	55
14	78
16	106
18	135
20	165
24	235
30	360
36	512
42	720
48	940
54	1200
60	1500

Anexo A.24 Tabla A24: Factor de Soporte

Factor del Buje para Colgante		
Tipo de Buje		Factor del Buje para Colgante F_b
B	Rodamiento de Bolas	1
L	Bronce	2
	* Bronce Grafitado	2
S	* Bronce, Impregnado en Aceite	2
	* Madera, Impregnado en Aceite	2
	* Nylatron *	2
	* Nylon	2
	* Teflón	2
	* UHMH	2
	* Uretano	2
	* Hierro Endurecido	3,4
H	* Superficie Endurecida	4,4
	* Stellite	4,4
	* Cerámica	4,4

Anexo A.25 Tabla A25: Factor porcentaje de carga en transportador

Tipo de Helicoidal	Ff Factor por porcentaje de carga de transportador			
	15%	30%	45%	95%
Helicoidal Estandar	1	1	1	1
Helicoidal con Corte	1,1	1,15	1,2	1,3
Helicoidal con Corte y Doblez	N.R.*	1,5	1,7	2,2
Helicoidal de Listón	1,05	1,14	1,2	—
*No recomendada				

Anexo A.26 Tabla A26: Factor de Paleta

Factor de Paleta, F_p		
Paletas Estándar por Paso. Paletas Ajustadas a 45° Paso Invertido		
Número de Paletas por Paso	Ninguna paleta	1,00
	Una paleta	1,29
Factor de Paleta — F_p	Dos Paletas	1,58
	Tres paletas	1,87
	Cuatro paletas	2,16

Fuente: Manual de diseño para Transportadores Helicoidales autor Martin

Anexo A.27 Tabla A27: Eficiencia en la transmisión

Factor de Eficiencia (e) de las Transmisiones	
Transmisión para th o Montado en Eje con Transmisión de Bandas en "V"	0,88
Reductor de Engranajes Helicoidales con Transmisión de Bandas en V y Cople	0,87
Motorreductor con Cople	0,95
Motorreductor con Transmisión de Cadena	0,87
Corona Sinfin	Consulte a proveedor

Anexo A.28 Tabla A28: Elección de perfil C 60x30x3 [mm] Largo 2 metros



Descripción:

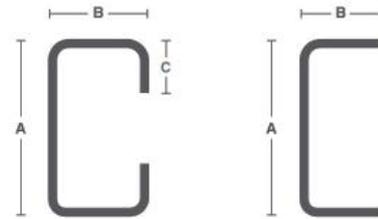
Producto de sección transversal en formas de C, U, O obtenidos por un proceso de conformado en frío.

Normas:

Fabricados a partir de flejes laminados en frío y caliente que cumplen con los requisitos de dimensiones, tolerancias, etc., descritos en la norma IRAM-IAS U500 206.

Longitudes:

Piezas en largos de 2 a 12 m..



Dimensiones

Tipo	A	B	C	0.80	0.90	1.20	1.50	1.80	2.00	2.50	3.00
PC	50	25	10	*	*	*	*	*	*		
PC	60	40	10	*	*	*	*	*	*		
PC	80	40	15	*	*	*	*	*	*	*	*
PC	90	40	15	*	*	*	*	*	*	*	*
PC	100	40	15	*	*	*	*	*	*	*	*
PC	100	50	15			*	*	*	*	*	*
PC	120	50	15			*	*	*	*	*	*
PC	150	50	15			*	*	*	*	*	*
PC	200	70	25			*	*	*	*	*	*
PU	60	30				*	*	*	*		
PU	70	40				*	*	*	*		
PU	80	40				*	*	*	*	*	
PU	90	40				*	*	*	*	*	*

Fuente: Catalogo ferrotodo IRAM-IAS U500 206

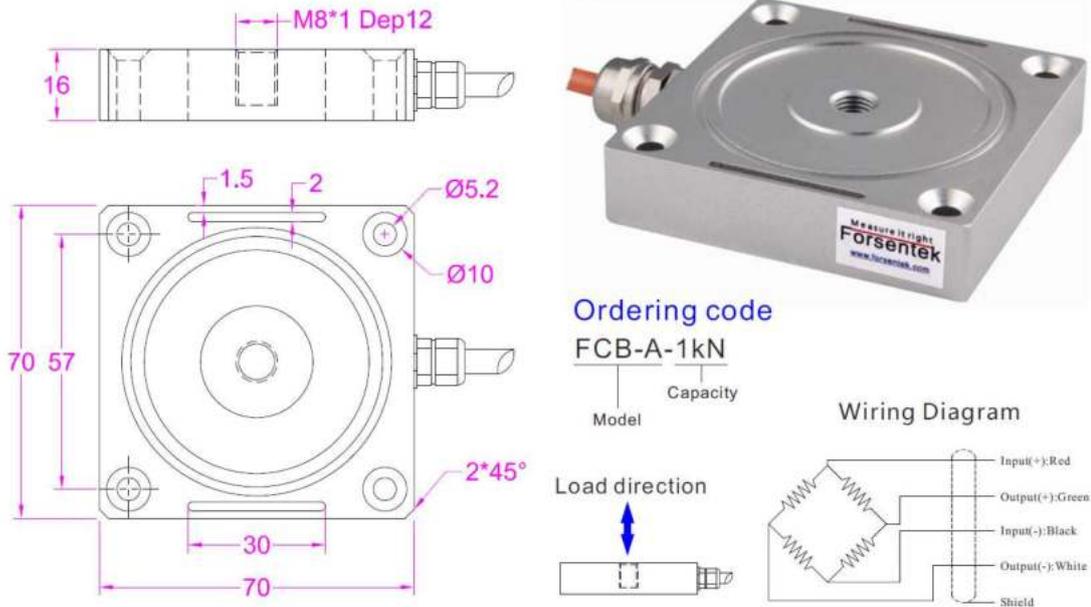
Anexo A.29 Tabla A29: Elección de Tubo hueco inoxidable 1-1/2"x2,8 [mm]

CLAVE	TAMANO NOMINAL	C	ESPESOR DE PARED inche	mm	PRESSION INTERIOR Lb./qie	kg./m	PRESSION DE RUPTURA (PSI)	kg./cm ²	PRESSION EXTERIOR (PSI)	kg./cm ²	PRESSION APLASTAMIENTO (PSI)	kg./cm ²
DMI TUBING	1/4"	22	0.028	0.71	3270	230	17190	1210	2510	1756	10040	706.5
		20	0.035	0.89	4200	295	22100	1555	3345	2354	13380	941.6
DMI TUBING	5/16"	22	0.028	0.71	2560	180	13490	950	1980	1393	1920	557.3
		20	0.035	0.89	3280	230	17240	1215	2510	1766	10040	706.5
		18	0.048	1.24	4750	335	24990	1760	3950	2780	15800	1111.8
		16	0.065	1.65	6630	465	34910	2455	4890	344.1	19560	1376.4
DMI TUBING	3/8"	22	0.028	0.71	2110	150	11100	780	1645	1158	6580	463.0
		20	0.035	0.89	2690	190	14190	995	1980	1393	7920	557.3
		18	0.049	1.24	3870	270	20340	1430	2890	2034	11560	813.5
		16	0.065	1.65	5350	375	28150	1980	3950	2780	15800	1111.8
DMI TUBING	1/2"	22	0.028	0.71	1560	110	8190	575	1030	725	4120	289.9
		20	0.035	0.89	1970	140	10390	730	1495	105.2	5980	420.8
		18	0.049	1.24	2920	200	14830	1045	2210	155.2	8840	622.1
		16	0.065	1.65	3860	270	20300	1430	2890	2034	11560	813.5
DMI TUBING	5/8"	14	0.083	2.11	5100	360	26830	1890	3950	2780	15800	1111.8
		12	0.109	2.77	7030	495	36990	2605	4890	344.1	19560	1376.4
		22	0.028	0.71	1230	85	6490	455	795	55.9	3180	223.4
		20	0.035	0.89	1560	110	8220	580	1030	72.5	4120	289.9
DMI TUBING	7/8"	18	0.049	1.24	2220	155	11660	820	1645	1158	6580	463.0
		16	0.065	1.65	3020	215	15870	1115	2210	155.2	8840	622.1
		14	0.083	2.11	3960	280	20820	1465	2890	2034	11560	813.5
		12	0.109	2.77	5390	380	28390	2000	3950	2780	15800	1111.8
DMI TUBING	3/4"	22	0.028	0.71	1020	70	5380	380	555	39.1	2220	156.2
		20	0.035	0.89	1290	90	6790	480	845	59.9	3380	237.9
		18	0.049	1.24	1830	130	9610	675	1360	95.7	5440	382.8
		16	0.065	1.65	2480	175	13030	915	1790	126.0	7160	503.9
DMI TUBING	7/8"	14	0.083	2.11	3330	225	17010	1185	2510	176.6	10040	706.5
		12	0.109	2.77	4380	310	23040	1620	3345	235.4	13340	941.6
		22	0.028	0.71	870	60	4590	325	430	30.3	1720	121.0
		20	0.035	0.89	1100	75	5790	405	625	44.0	2500	175.9
DMI TUBING	1"	18	0.049	1.24	1550	110	8180	575	1030	72.5	4120	289.9
		16	0.065	1.65	2100	150	11050	780	1645	115.8	6580	463.0
		14	0.083	2.11	2730	190	14380	1010	1980	139.3	7920	557.3
		12	0.109	2.77	3680	260	19380	1365	2890	203.4	11560	813.5
DMI TUBING	1-1/4"	22	0.028	0.71	760	55	4000	280	340	23.9	1360	95.7
		20	0.035	0.89	960	70	5050	355	470	33.1	1880	132.3
		18	0.049	1.24	1350	95	7110	500	900	63.3	3600	253.3
		16	0.065	1.65	1820	130	9590	675	1630	95.7	5440	382.8
DMI TUBING	1-1/4"	14	0.083	2.11	2370	165	12460	875	1760	126.0	7160	503.9
		12	0.109	2.77	3180	225	16730	1175	2510	176.6	10040	706.5
		10	0.134	3.40	3990	280	20990	1475	3345	235.4	13380	941.6
		20	0.035	0.89	760	55	4010	280	340	23.9	1360	95.7
DMI TUBING	1-1/2"	18	0.049	1.24	1070	70	5640	395	585	41.2	2340	164.7
		16	0.065	1.65	1440	100	7590	535	960	67.6	3940	270.2
		14	0.083	2.11	1870	130	9830	690	1360	95.7	5440	382.8
		12	0.109	2.77	2490	175	13130	925	1980	139.3	7920	557.3
DMI TUBING	1-1/2"	20	0.035	0.89	630	45	3330	235	240	16.9	960	67.6
		18	0.049	1.24	890	65	4680	330	430	30.3	1720	121.0
		16	0.065	1.65	1190	85	6280	440	730	51.4	2920	205.5
		14	0.083	2.11	1540	110	8110	570	1030	72.5	4120	289.9
12	0.109	2.77	2050	145	10810	760	1495	105.2	5980	420.8		



Fuente: Catalogo industrial DIMINOX

Anexo A.30 Tabla A30: Celda de carga marca FCB A



--- Specifications / Especificación Celda de carga antivibración ---

--- Specifications / Especificación Celda de carga antivibración ---

Capacity/Capacidad	500N 1kN 2/kN		
Rated Output Salida Nominal	1.5 mV/V	Compensated Temp. Rango de Temp. Compensado	-10...+40°C
Excitation /Tensión de alimentación	3~15V	Operating Temp. Temperatura de Operación	-20...+60°C
Zero Balance Balance de Cero	±2% of R.O.	Temp. Shift Zero Temperatura en el Cero	±0.05% of R.O./10°C
Nonlinearity No linealidad	±0.2% of R.O.	Temp. Shift Span Temperatura en el Span	±0.05% of R.O./10°C
Hysteresis Histéresis	±0.2% of R.O.	Input Resistance Resistencia de Entrada	750±30Ω
Nonrepeatability No repetitividad	±0.1% of R.O.	Output Resistance Resistencia de Salida	700±10Ω
Creep(10min) Creep (10min)	±0.1% of R.O.	Insulation Resistance Resistencia de aislación	>5000MΩ(50V)
Safe Overload Sobrecarga Segura	150% of F.S.	Ingress Protection Clase de Protección	IP62
Ultimate Overload Sobrecarga de Ruptura	200% of F.S.	Material of Element Tipo de Material	Stainless steel / Aluminum alloy
Cable Tipo de Cable	Ø4*2000mm 4-core shielded cable Ø4*2000mm 4-Blindado de cable		
R.O.=Rated Output/Salida Nominal F.S.=Full Scale/Escala Completa			

Fuente: Catalogo Celda FCB

Anexo A.31 Tabla A31: Elección diámetro nominal de tubo para Eje de Tornillo sin fin
Barra Hueca de Acero Inoxidable
 Extruída y decapada

Tipos AISI

304, 304L, 316 y 316L.

Norma

ASTM A-312 Y A-511.

Tolerancias de espesor.

Diámetro exterior:: + 2/-0%, con un mínimo de + 1/-0 mm

Diámetro interior:: + 0/-2%, con un mínimo de + 0/-1 mm

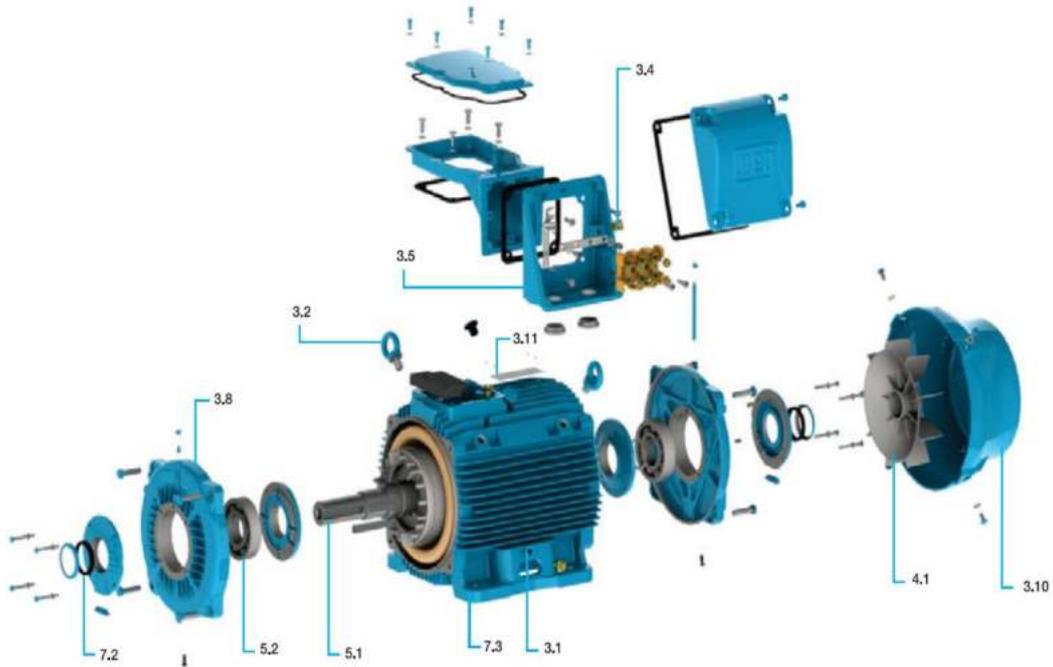


Medidas y Pesos

M e d i d a s						Peso aprox. X m Líneal en Kg
Diámetro exterior en mm	Diámetro interior en mm	Centrado por el diámetro exterior		Centrado por el diámetro interior		
		Diámetro exterior max. mm	Diámetro interior mín. mm	Diámetro exterior max. mm	Diámetro interior mín. mm	
32	20	31.0	22.0	30.0	21.0	4.23
	16	31.0	18.0	30.0	17.0	5.11
36	25	35.0	27.0	34.0	26.0	4.58
	20	35.0	22.0	34.0	21.0	5.96
40	16	35.0	18.5	33.5	17.0	6.84
	28	39.0	30.0	38.0	29.0	5.53
	25	39.0	27.0	38.0	26.0	6.51
	20	39.0	22.5	37.5	21.0	7.89
45	32	44.0	34.0	43.0	33.0	6.75
	28	44.0	30.5	42.5	29.0	8.23
	20	44.0	22.5	42.5	21.0	10.6
50	36	49.0	38.0	48.0	37.0	8.08
	32	49.0	34.5	47.5	33.0	9.75
	25	49.0	27.5	47.5	26.0	12.2
56	40	54.5	42.0	53.5	41.0	10.3
	36	54.5	38.5	53.5	37.0	12.1
	28	54.5	30.5	53.5	29.0	15.3
63	50	61.5	52.0	60.5	51.0	10.0
	40	61.5	42.5	60.5	41.0	15.6
	36	61.5	38.5	60.0	37.0	17.5
	32	61.5	34.5	60.0	33.0	19.1
71	56	69.5	58.5	68.5	57.5	13.0
	45	69.5	47.5	68.0	46.0	19.8
	40	69.5	42.5	68.0	41.0	22.4
	36	69.5	38.5	68.0	37.0	24.3
75	40	73.5	42.5	72.0	41.0	26.2
80	63	78.0	65.5	77.0	64.5	16.5
	50	78.0	52.5	77.0	51.0	25.5
	45	78.0	47.5	76.5	46.0	28.5
	40	78.0	43.0	76.5	41.0	31.1
85	45	83.0	48.0	81.5	46.0	33.7
90	71	88.0	73.5	87.0	72.5	20.8
	63	88.0	66.0	86.5	64.5	27.4
	56	88.0	58.5	86.5	57.5	32.5
	50	88.0	53.0	86.5	51.0	36.4
95	50	93.0	53.0	91.0	51.0	42.3

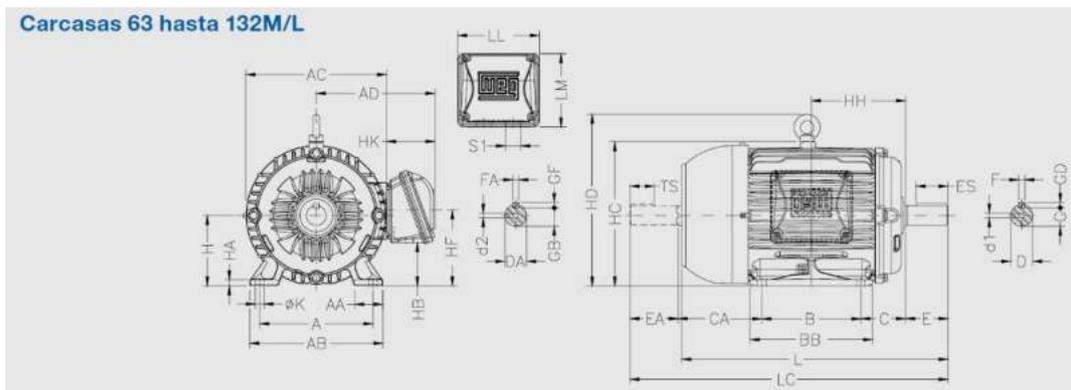
Fuente: Perfiles inoxidables, distribuidora Metalica, pág. 6

Anexo A.32 Tabla A32: Tamaños de motor



3.1	Carcasa	Página 8
3.2	Cáncamos de Izaje	Página 9
3.4	Terminales de Puesta a Tierra	Página 9
3.5	Caja de Conexiones	Página 9
3.8	Tapas	Página 11
3.10	Tapa Deflectora	Página 11
3.11	Placa de Identificación	Página 11
4.1	Sistema de Refrigeración	Página 12
5.1	Eje	Página 13
5.2	Rodamientos	Página 14
7.2	Sello	Página 19
7.3	Pintura	Página 19

Carcasas 63 hasta 132M/L



Anexo A.33 Tabla A33: Especificación de motores M2QA90S4A-1500rpm

Datos técnicos para motores trifásicos del tipo jaula de ardilla totalmente cerrados y autoventilados

IP55 - IC 411 - AISLAMIENTO CLASE F / $\Delta T B$ - 220-230/380/440-460 V

Potencia			Eficiencia [%]						Factor de potencia			Corriente			Torque			Momento de inercia		Peso [kg]	Ruido [dBA]
[kW]	[HP]	Tipo	% de la potencia nominal						FS	In [A]	Is [A]	Ivacio [A]	Tn [Nm]	Ts [Nm]	Tmax [Nm]	J=1/4GD2 [kgm2]					
			r/min	50	75	100	50	75	100												
4 polos = 1800 r/min			440 V 60 Hz																		
0,25	0,33	M2QA 71 M4A	1679	60,1	66,3	66,9	0,48	0,63	0,72	1,15	0,68	3,2	0,6	1,4	2,2	2,7	0,00053	11	46		
0,37	0,5	M2QA 71 M4A	1614	66,2	66,4	62,7	0,62	0,75	0,82	1,15	0,95	4,9	0,6	2,2	1,4	1,7	0,00053	11	46		
0,55	0,75	M2QA 71 M4B	1609	69,4	69,2	65,3	0,66	0,78	0,85	1,15	1,3	4,9	0,6	3,3	1,4	1,7	0,00066	11	48		
0,75	1	M2QA 80 M4B	1687	69,2	74,8	75,4	0,53	0,67	0,77	1,15	1,7	5,6	1,3	4,2	2,5	2,5	0,00174	17	50		
1,1	1,5	M2QA 80 M4B*	1625	74,7	74,7	70,9	0,67	0,80	0,85	1	2,4	5,6	1,3	6,6	1,6	1,6	0,00174	17	50		
1,5	2	M2QA 90 S4A	1644	76,8	77,8	75,0	0,65	0,77	0,83	1,15	3,1	5,5	1,4	8,7	1,7	1,7	0,00254	21	56		
2,2	3	M2QA 100 L4A	1724	80,0	82,7	82,1	0,63	0,74	0,80	1,15	4,4	5,5	2,6	12,2	2,3	2,6	0,00679	32	57		
3	4	M2QA 100 L4B	1706	81,1	83,6	83,1	0,72	0,81	0,87	1,15	5,5	6,0	2,8	16,8	2,3	2,6	0,00862	36	57		
3,7	5	M2QA 112 M4A	1730	82,6	85,4	85,4	0,61	0,73	0,80	1,15	7,2	6,0	4,4	20,4	2,6	3,0	0,01306	45	60		
4,5	6	M2QA 112 M4A	1715	84,3	85,5	84,6	0,67	0,77	0,84	1,15	8,3	4,8	4,4	25,1	2,1	2,4	0,01306	45	60		
5,5	7,5	M2QA 112 L4A*	1720	83,5	84,5	83,5	0,71	0,80	0,84	1	10,5	7,0	5,6	35	2,2	2,2	0,01484	49	67		
7,5	10	M2QA 132 M4A	1734	86,2	87,9	88,1	0,70	0,79	0,85	1,15	13,2	5,8	5,4	41	2,4	2,6	0,03432	73	62		
9,2	12,5	M2QA 132 M4B*	1720	88,0	89,0	88,0	0,73	0,82	0,86	1	16,1	7,0	7,4	59	2,2	2,2	0,03470	75	74		
11	15	M2QA 132 M4C*	1720	83,5	84,5	83,5	0,74	0,83	0,87	1	20,2	6,5	8,8	71	2,2	2,2	0,04227	80	76		
15	20	M2QA 160 L4A	1755	89,7	91,5	91,6	0,79	0,86	0,89	1,15	23,9	5,0	8,6	81	2,4	2,6	0,09349	137	69		
18,5	25	M2QA 160 L4A*	1743	91,0	91,6	91,6	0,83	0,89	0,90	1	29,7	5,0	8,6	102	1,9	2,0	0,09349	137	69		
30	40	M2QA 180 L4B	1750	89,0	90,0	90,0	0,79	0,85	0,87	1	50,1	6,5	13,7	116	2,2	2,4	0,10686	147	69		
37	50	M2QA 200 L4B	1760	90,5	91,5	91,5	0,80	0,86	0,88	1,15	60,8	6,5	20,4	187	2,3	2,7	0,20783	200	73		
45	60	M2QA 225 M4B	1760	91,6	92,6	92,6	0,81	0,87	0,89	1,15	71,3	6,5	26	231	2,2	2,6	0,29715	277	75		
55	75	M2QA 225 M4B	1780	92,0	93,0	93,0	0,80	0,86	0,88	1,15	89,8	7,0	35	338	2,1	2,4	0,62440	351	78		
75	100	M2QA 250 M4B	1780	93,0	94,0	94,0	0,81	0,87	0,89	1,15	118	7,0	45	461	2,3	2,4	0,91250	485	80		
90	125	M2QA 280 M4A	1776	92,6	94,1	94,2	0,79	0,86	0,88	1,15	146	6,4	38	500	2,3	2,9	1,35000	592	81		
110	150	M2QA 280 M4B*	1780	97,0	98,0	98,0	0,81	0,87	0,89	1	168	7,2	70	671	2,3	2,8	1,60000	679	82		
132	175	M2QA 315 S4A	1781	94,2	95,0	95,0	0,82	0,88	0,90	1,15	201	6,3	47	702	1,8	2,4	2,85960	930	83		
150	200	M2QA 315 M4A	1782	94,0	95,1	95,1	0,82	0,88	0,90	1,15	229	5,3	53	799	1,9	2,4	3,18480	1030	83		
190	250	M2QA 315 L4A*	1780	94,4	95,3	95,3	0,83	0,89	0,91	1	283	6,3	56	1003	1,9	2,3	3,67650	1050	89		

* Incremento de temperatura clase F

Corriente nominal a 440 V

Para obtener la corriente en 220 V multiplicar por 2. En 230 V multiplicar por 1,91. En 380 V multiplicar por 1,58. En 460 V multiplicar por 0,96

Conexión en 380 V opcional para motores <10 HP

Eficiencia determinada según método IEC 60034-2:1996

Modelo M2QA90S4A-1500rpm



Motores de aplicación general en hierro fundido - 50 Hz

Datos técnicos para motores trifásicos del tipo jaula de ardilla totalmente cerrados y autoventilados



IP55 - IC 411 - AISLAMIENTO CLASE F / ΔT B - 380-420 V

Potencia [kW] [HP]	Tipo	r/min	Eficiencia [%]			Factor de potencia			FS	Corriente			Torque			Momento de inercia		Peso [kg]	Ruido [dBA]
			50	75	100	50	75	100		In [A]	Is [A]	Ivacio [A]	Tn [Nm]	Ts [Nm]	Tmax [Nm]	J=1/4GD2 [kgm2]			
4 polos = 1500 r/min			400 V 50 Hz																
Diseño básico																			
0,25	0,34	M2QA 71 M4A	1395	59,8	63,3	65,5	0,55	0,66	0,72	1,15	0,77	5,2	0,6	1,7	2,1	2,7	0,00053	11	43
0,37	0,5	M2QA 71 M4B	1395	63,6	69,4	68,5	0,55	0,68	0,75	1,15	1,0	5,2	0,7	2,5	2,1	2,7	0,00066	11	45
0,55	0,74	M2QA 80 M4A	1410	68,3	71,4	73,5	0,52	0,65	0,72	1,15	1,5	5,2	1,1	3,7	2,4	2,7	0,00145	16	46
0,75	1	M2QA 80 M4B	1415	72,1	75,2	74,5	0,53	0,67	0,75	1,15	1,9	6,0	1,4	5,1	2,4	2,6	0,00174	17	46
1	1,5	M2QA 90 S4A	1400	74,7	77,8	77,5	0,61	0,73	0,78	1,15	2,7	6,0	1,5	7,5	2,3	2,4	0,00254	21	52
1,5	2	M2QA 90 L4A	1390	78,2	79,2	78,5	0,63	0,75	0,79	1,15	3,5	6,0	1,8	10,3	2,3	2,6	0,00317	25	52
2,2	2,9	M2QA 100 L4A	1430	80,0	82,3	81,5	0,65	0,78	0,81	1,15	4,9	6,0	2,8	14,7	2,3	2,7	0,00679	32	53
3	4	M2QA 100 L4B	1420	82,2	82,5	82,8	0,67	0,79	0,83	1,15	6,3	6,5	3,1	20,2	2,3	2,8	0,00862	36	53
4	5,4	M2QA 112 M4A	1430	82,3	84,6	85,0	0,64	0,77	0,82	1,15	8,3	6,5	4,8	26,7	2,3	2,8	0,01306	45	56
5,5	7,4	M2QA 132 S4A	1430	86,2	87,1	86,0	0,59	0,71	0,85	1,15	10,9	6,5	4,6	37	2,3	2,9	0,02673	60	59
7,5	10	M2QA 132 M4A	1440	88,0	88,3	88,5	0,60	0,72	0,85	1,15	14,4	6,5	5,9	50	2,3	2,7	0,03432	73	60
11	15	M2QA 160 M4A	1460	89,0	90,0	89,5	0,72	0,84	0,85	1,15	20,9	6,5	8,4	72	2,4	2,8	0,06543	116	66
15	20	M2QA 160 L4A	1460	89,5	90,4	90,0	0,75	0,84	0,86	1,15	28	6,5	9,4	98	2,3	2,4	0,09349	137	66

* Incremento de temperatura clase F
 Corriente nominal a 440 V
 Para obtener la corriente en 220 V multiplicar por 2. En 230 V multiplicar por 1,91. En 380 V multiplicar por 1,58. En 460 V multiplicar por 0,96
 Conexión en 380 V opcional para motores <10 HP
 Eficiencia determinada según método IEC 60034-2:1996

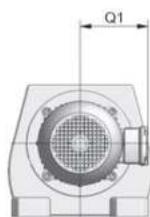
Anexo A.34 Tabla A34: Especificación de reductores de velocidad

Dimensões

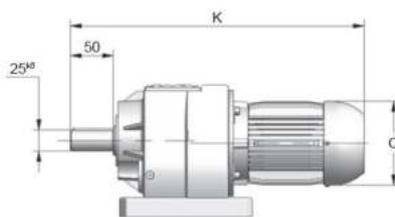
Tamanho **51**

Fixação por pés - N

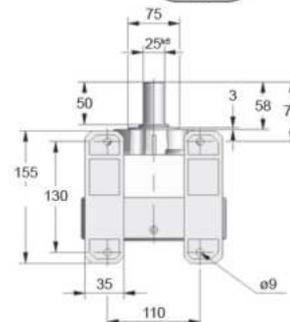
Simplex



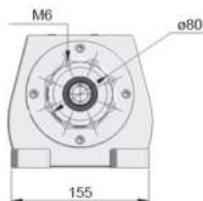
Vista frontal do motor



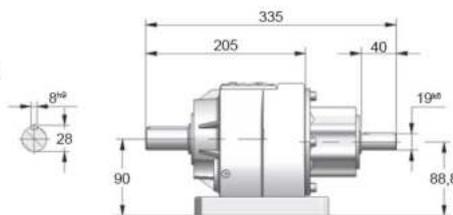
Entrada motor Weg tipo 1



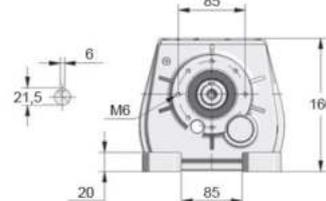
Detalhe dos pés



Vista lado da entrada



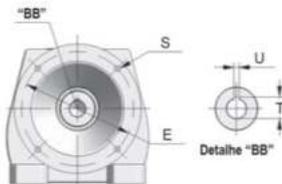
Entrada eixo integral



Vista lado da saída

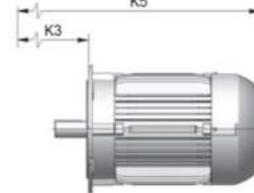
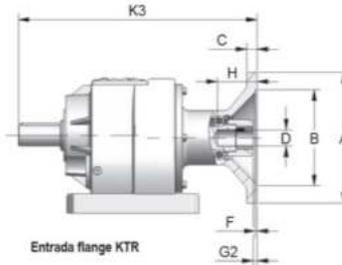


13



Entrada flange lanterna G1

+ motor standard*



Entrada flange KTR + motor standard*

Carcasa	Flange Lanterna / KTR											Motor Eléctrico							
	A	B	C	D	E	F	G1	G2	H	K2	K3	S	T	U	K	K4	K5	Q	Q1
63	140	95 ^{mm}	13	ø11	115	4	0	1	25	369	289,5	10	12,8	4	445	562	482,5	124	113
71	160	110 ^{mm}	14	ø14	130	4	0,5	1	34	370	289,5	10	16,3	5	477	588	507,5	139	121
80	200	130 ^{mm}	15	ø19	165	4	10	1	44	387	328	12	21,8	6	504	623	564	157	130
90S	200	130 ^{mm}	15	ø24	165	4	10	1	52	387	328	12	27,3	8	526	641	582	177	150
90L	200	130 ^{mm}	15	ø24	165	4	10	1	52	387	328	12	27,3	8	551	666	607	177	150
100	250	180 ^{mm}	16	ø28	215	5	20	—	399	—	—	15	31,3	8	603	715	—	198	160
112	250	180 ^{mm}	16	ø28	215	5	20	—	399	—	—	15	31,3	8	—	732	—	235	180

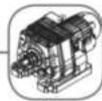
* Dimensiones em mm



Fuente: Catálogo de Redutores eje coaxial Marca Cestari

Anexo A.35 Tabla A35: Especificación de reductores de velocidad Código C51328

rpm	Host	kw	Mt (Nm)	Fr (N)	rpm.mlx	código	carcasa
428	4,09	3,59	80	900	3000	C51212	63-100
349	5,01	3,51	96	900	3200	C51214	63-100
306	5,72	3,52	110	800	3300	C51215	63-100
267	6,57	3,52	128	800	3400	C51216	63-100
248	7,05	3,51	135	800	3500	C51217	63-100
235	7,45	3,44	140	900	3000	C51218	63-100
191	9,14	2,81	140	800	3200	C51219	63-100
168	10,4	2,46	140	900	3300	C51220	63-100
146	12,0	2,14	140	1800	3400	C51221	63-100
136	12,9	1,71	120	1900	3500	C51222	63-100
126	13,9	1,71	130	2100	3500	C51223	63-100
110	15,9	1,61	140	2200	3600	C51224	63-90
97,4	18,0	1,43	140	2400	3600	C51225	63-80
86,8	20,2	1,27	140	2500	3600	C51226	63-80
75,5	23,2	1,11	140	2600	3600	C51227	63-71
70,0	25,0	1,03	140	2800	3600	C51228	63-71
63,8	27,4	0,94	140	2900	3600	C51229	63-71
60,3	21,8	1,18	140	2950	3200	C51327	63-100
67,2	26,0	0,99	140	3100	3300	C51328	63-100
59,5	29,4	0,87	140	3200	3400	C51329	63-100
55,1	31,8	0,81	140	3300	3500	C51330	63-100
51,7	33,8	0,76	140	3500	3200	C51331	63-100
43,3	40,4	0,63	140	3600	3300	C51332	63-100
38,3	45,6	0,56	140	3800	3400	C51333	63-100
35,5	49,3	0,52	140	3900	3500	C51334	63-100
32,3	54,1	0,47	140	4100	3600	C51335	63-100
28,0	62,5	0,41	140	4200	3600	C51336	63-90
24,6	71,1	0,36	140	4200	3600	C51337	63-80
21,8	80,1	0,32	140	4200	3600	C51338	63-80
18,8	92,9	0,28	140	4200	3600	C51339	63-71
17,4	100	0,26	140	4200	3600	C51340	63-71
15,8	111	0,23	140	4200	3600	C51341	63-71



Potencia de entrada



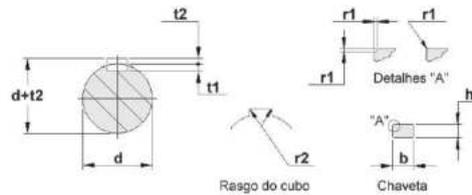
1,10 kW - 1750 rpm



rpm	fs	Fr (N)	código	páginas	
67,2	26,0	0,90	3100	C51328	100 a 102
419	4,17	4,59	900	C52212	103 a 105
341	5,1	4,87	2400	C53214	106
298	5,9	4,68	2470	C53215	106
272	6,4	4,66	2650	C53216	106
235	7,4	4,48	2750	C53217	106
213	8,2	4,46	2700	C53218	106
201	8,7	4,78	2750	C53219	106
176	10,0	5,01	2900	C53220	106

Fuente: Catálogo de reductores marca Cestari

Anexo A.36 Tabla A36: Especificación de chavetas de reemplazo– Salida de reductor 2

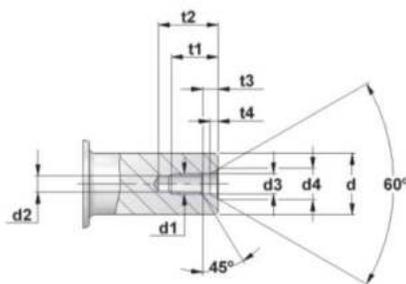


Tolerâncias recomendadas		
Rasgo da chaveta no cubo	Maior pressão	P9
	Menor pressão	JS9
Rasgo de chaveta no eixo	Maior pressão	P9
	Menor pressão	N9
Chaveta plana	Altura	h11
	Largura	h9

Diâmetro do eixo	Largura b	Altura h	Profundidade do rasgo		Tolerância para t1 e t2	Cantos do rasgo do cubo r2		Cantos da chaveta r1	
			Eixo t1	Cubo t2		mínimo	máximo	mínimo	máximo
> 8 a 10	3	3	1,8	1,4	+ 0,1	0,08	0,16	0,16	0,25
> 10 a 12	4	4	2,5	1,8	+ 0,1	0,08	0,16	0,16	0,25
> 12 a 17	5	5	3	2,3	+ 0,1	0,16	0,25	0,25	0,40
> 17 a 22	6	6	3,5	2,8	+ 0,1	0,16	0,25	0,25	0,40
> 22 a 30	8	7	4	3,3	+ 0,2	0,16	0,25	0,25	0,40
> 30 a 38	10	8	5	3,3	+ 0,2	0,25	0,40	0,40	0,60
> 38 a 44	12	8	5	3,3	+ 0,2	0,25	0,40	0,40	0,60
> 44 a 50	14	9	5,5	3,8	+ 0,2	0,25	0,40	0,40	0,60
> 50 a 58	16	10	6	4,3	+ 0,2	0,25	0,40	0,40	0,60
> 58 a 65	18	11	7	4,4	+ 0,2	0,25	0,40	0,40	0,60
> 65 a 75	20	12	7,5	4,9	+ 0,2	0,4	0,6	0,6	0,8
> 75 a 85	22	14	9	5,4	+ 0,2	0,4	0,6	0,6	0,8
> 85 a 95	25	14	9	5,4	+ 0,2	0,4	0,6	0,6	0,8
> 95 a 110	28	16	10	6,4	+ 0,2	0,4	0,6	0,6	0,8
> 110 a 130	32	18	11	7,4	+ 0,2	0,4	0,6	0,6	0,8
> 130 a 150	36	20	12	8,4	+ 0,3	0,7	1	1	1,2
> 150 a 170	40	22	13	9,4	+ 0,3	0,7	1	1	1,2
> 170 a 200	45	25	15	10,4	+ 0,3	0,7	1	1	1,2
> 200 a 230	50	28	17	11,4	+ 0,3	0,7	1	1	1,2
> 230 a 260	56	32	20	12,4	+ 0,3	1,2	1,6	1,6	2
> 260 a 290	63	32	20	12,4	+ 0,3	1,2	1,6	1,6	2
> 290 a 330	70	36	22	14,4	+ 0,3	1,2	1,6	1,6	2

Fuente: Chavetas planas - Norma DIN 6885 Cestari

Anexo A.37 Tabla A37 Centro agujeros 60° con rosca métrica - Norma DIN 332 - Forma B



Eixos d	Diâmetro	Profundidade						
		d1	d2	d3	d4	t1	t2	t3
> 7 a 10	M3	2,5	3,2	5,3	9	13	2,6	1,8
> 10 a 13	M4	3,3	4,3	6,7	10	14	3,2	2,1
> 13 a 16	M5	4,2	5,3	8,1	12,5	17	4	2,4
> 16 a 21	M6	5	6,4	9,6	16	21	5	2,8
> 21 a 24	M8	6,8	8,4	12,2	19	25	6	3,3
> 24 a 30	M10	8,5	10,5	14,9	22	30	7,5	3,8
> 30 a 38	M12	10,2	13	18,1	28	37,5	9,5	4,4
> 38 a 50	M16	14	17	23	36	45	12	5,2
> 50 a 85	M20	17,5	21	28,4	42	53	15	6,4
> 85 a 130	M24	21	25	34,2	50	63	18	8



Fuente: Catálogo de reductores marca Cestari



Peso dos Redutores (kg)

		Motorreductores																	
Simplex	Redutores	63 B	71 C	80 D	90S E	90L F	100 G	112 H	132S J	132M K	160M L	160L M	180 N/P	200M Q	200L R	225 S	250 U	280 V	315 W
51	14	22	25	30	35	37	47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
52	16	24	27	32	37	39	49	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
53	16	24	27	32	37	39	49	62	81	91	—	—	—	—	—	—	—	—	—
54	25	33	36	41	46	48	58	69	87	97	—	—	—	—	—	—	—	—	—
55	33	41	44	49	54	56	66	77	95	105	—	—	—	—	—	—	—	—	—
56	44	52	55	60	65	67	77	88	106	116	158	172	—	—	—	—	—	—	—
58	70	78	81	86	91	93	103	114	132	142	184	198	228	—	—	—	—	—	—
60	120	—	—	136	141	143	153	164	182	192	234	248	278	336	372	—	—	—	—

Tabla A38: Reductor del Motor Inferior Bizcanli MBR172

BIZCANLI
REDÜKTÖR

Monoblok Güç Devir Sayfaları

Monoblock Performance Tables

Monoblok Leistung und Drehzahlübersicht



Güç	Çıkış Devri	Çıkış Momenti	Çevrim Oranı	Güv. Rad.Yük	Servis Faktörü	Tipi	Anma Akımı	Ağırlık	Ölçü Sayfası
Power	Output Speeds	Output Torque	Ratio	Per. Over. Loads	Service Factors	Type	Rated Current	Weight	Dim.Page
Leistung	Abtriebswelle Drehzahlen	Abtriebswelle Drehmomente	Übersetzung	Zul. Querkräfte	Betriebsfaktor	Typ	Nennstrom	Gewicht	Maße Seite
Pg [kW] Pg[HP]	n2 [r.p.m]	M2 [Nm]	i	Fqgv [N]	fs		[A]	~ [kg]	
1,5 2,0	46	297	30,37	7762	1,9	MBR 282-90L/4	3,6	45	49
	55	247	25,23	7246	2,1	MBRF 282-90L/4		47	50
65	212	21,66	6850	2,4					
73	187	19,06	6537	2,6					
83	166	16,91	6259	2,8					
98	141	14,31	5893	3,1					
	23	585	60,66	4884	0,8	MBR 273-90L/4	3,6	38	49
	28	489	50,59	4835	0,9	MBRF 273-90L/4		40	50
	33	410	42,41	4835	1,1				
	38	354	36,55	4767	1,3				
	46	295	30,48	4658	1,5				
	54	254	25,89	6173	1,8	MBR 272-90L/4	3,6	37	49
	65	211	21,43	5743	2,1	MBRF 272-90L/4		39	50
	76	180	18,33	5413	2,5				
	87	158	16,07	5154	2,7				
	99	140	14,21	4923	2,9				
117	118	11,95	4619	3,3					
	39	348	36,02	4631	0,8	MBR 203-90L/4	3,6	37	49
	49	273	28,35	4297	1,0	MBRF 203-90L/4		39	50
	57	239	24,77	4235	1,1				
	60	224	23,23	4201	1,2				
	61	225	23,01	4672	1,2	MBR 202-90L/4	3,60	36	49
	70	197	20,10	4818	1,3	MBRF 202-90L/4		38	50
	74	185	18,85	4869	1,4				
	87	157	16,03	4953	1,6				
	94	146	14,86	4972	1,6				
	101	137	13,92	4944	1,7				
	115	120	12,18	4703	1,9				
	130	106	10,81	4497	2,0				
	139	99	10,07	4382	2,1				
	167	83	8,40	4099	2,4				
	199	69	7,04	3844	2,7				
241	57	5,80	3629	3,1					
67	205	20,92	1842	1,0	MBR 172-90L/4	3,60	26	49	
77	179	18,28	2057	1,1	MBRF 172-90L/4		28	50	

Fuente: Catalogo de Reductores Bizcanli pág.38

Anexo Tabla A40: Elección de Plancha para soporte de motor inferior [mm]



Descripción:

Producto plano, que se obtiene por laminación en caliente, a partir de planchones de acero estructural.

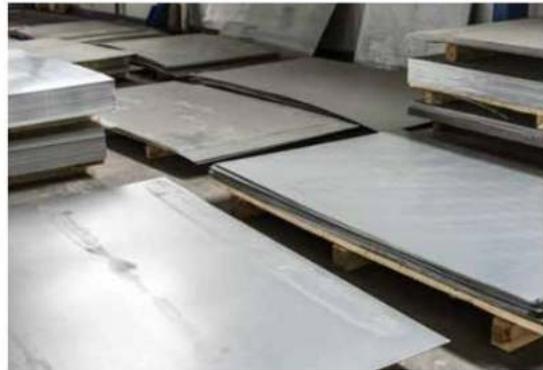
Usos:

Estructuras metálicas, equipos mineros, tolvas, autopartes, tanques de almacenamiento, vigas, puentes, silos, etc.

Normas:

ASTM / A36 / A36B.

Este producto cumple con las exigencias de calidad establecidas anteriormente.



Dimensiones:

	Ancho	Largo	ESPESOR														
			1,00	2,00	3,00	3,20	4,00	4,50	5,00	6,30	7,93	8,00	9,50	12,00	12,50	16,00	38,00
Planchas Laminadas en Caliente	1,00	1,80			*												
	1,00	2,00	*	*			*	*		*	*	*	*	*			
	1,00	3,00		*													
	1,00	6,00		*	*		*						*	*			
	1,20	2,00			*												
	1,20	3,00	*	*	*		*		*	*		*	*	*		*	
	1,20	6,00		*	*		*	*		*			*	*			
	1,40	3,00											*	*			
	1,50	3,00			*	*	*		*	*	*	*	*	*			
	1,50	6,00			*	*			*	*		*	*	*			
	1,52	3,00								*							

Fuente: Catalogo ferrotodo ASTM A-36

Anexo A.41 Tabla A41: Elección tubo redondo de acero inoxidable

Tubo redondo acero inoxidable 304

Calidad:	AISI 304
Largo normal:	6,00 m
Espesor:	1,00 mm, 1,2 mm, 1,5 mm, 2,00 mm y 3,00 mm
Dimensiones:	3/8 pulgadas hasta 6 pulgadas



Usos y aplicaciones:

- Industria automotriz.
- Estructuras
- Decoración
- Industria alimentaria.
- Maquinarias.
- Construcción e ingeniería.
- Electrodomésticos.
- Herramientas quirúrgicas, entre otras aplicaciones.

Anexo A.41 Tabla A41: Elección tubo redondo de acero inoxidable

Especificaciones Generales:

Descripción: tubo redondo inoxidable 304 acabado N4 pulido. Largo 6 mts

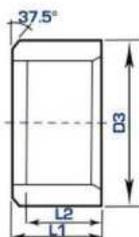
DIMENSIONES			PROPIEDADES		DIMENSIONES			PROPIEDADES		DIMENSIONES			PROPIEDADES	
plg	mm	ESPESOR mm	PESO Kg/mt	PESO Kg/6mt	plg	mm	ESPESOR mm	PESO Kg/mt	PESO Kg/6mt	plg	mm	ESPESOR mm	PESO Kg/mt	PESO Kg/6mt
3/8"	9,52	1	0,21	1,27	1"	25,4	1,5	0,89	5,36	2 1/2"	63,5	1,2	1,86	11,17
3/8"	9,52	1,2	0,25	1,49	1"	25,4	2	1,17	6,99	2 1/2"	63,5	1,5	2,32	13,9
3/8"	9,52	1,5	0,30	1,8	1 1/4"	31,8	1	0,77	4,6	2 1/2"	63,5	2	3,06	18,38
3/8"	9,52	2	0,38	2,25	1 1/4"	31,8	1,2	0,92	5,49	3"	76,2	2	3,70	22,18
1/2"	12,7	1	0,29	1,75	1 1/4"	31,8	1,5	1,13	6,79	4"	101,6	2	4,96	29,77
1/2"	12,7	1,2	0,34	2,06	1 1/4"	31,8	2	1,49	8,91	5"	127	2	6,23	37,36
1/2"	12,7	1,5	0,42	2,51	1 1/2"	38,1	1	0,92	5,54	6"	152,4	2	7,49	44,95
1/2"	12,7	2	0,53	3,2	1 1/2"	38,1	1,2	1,10	6,62					
5/8"	15,9	1	0,37	2,23	1 1/2"	38,1	1,5	1,37	8,2					
5/8"	15,9	1,2	0,44	2,64	1 1/2"	38,1	2	1,80	10,79					
5/8"	15,9	1,5	0,54	3,23	1 3/4"	44,5	1	1,61	9,64					
5/8"	15,9	2	0,69	4,15	1 3/4"	44,5	1,2	1,30	7,77					
3/4"	19,1	1	0,45	2,71	1 3/4"	44,5	1,5	1,61	9,64					
3/4"	19,1	1,2	0,54	3,21	1 3/4"	44,5	2	2,12	12,7					
3/4"	19,1	1,5	0,66	3,95										

Fuente: Catálogo de productos import aceros, pág. 38.

Anexo A.42 Tabla A42: Especificación Cople roscado de acero inoxidable – Entrada de agua

MCOPRSC

Medio Cople Roscado
Tipo 304 / 316L

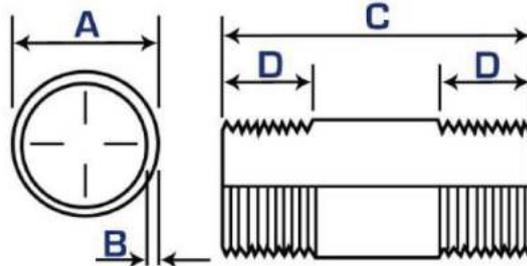


CLAVE	TAMAÑO NOMINAL	D3		L1		L2	
		inche	mm	inche	mm	inche	mm
DMI MCOPRSC	1/8"	0.750"	19.05	0.500"	12.70	0.250"	6.35
DMI MCOPRSC	1/4"	0.840"	21.33	0.500"	12.70	0.320"	8.12
DMI MCOPRSC	3/8"	1.010"	25.65	0.560"	14.22	0.360"	9.14
DMI MCOPRSC	1/2"	1.200"	30.48	0.690"	17.52	0.430"	10.92
DMI MCOPRSC	3/4"	1.460"	37.08	0.750"	19.05	0.500"	12.70
DMI MCOPRSC	1"	1.770"	44.95	0.810"	20.57	0.580"	14.73
DMI MCOPRSC	1-1/4"	2.150"	54.61	1.000"	25.40	0.670"	17.01
DMI MCOPRSC	1-1/2"	2.430"	61.72	1.060"	26.92	0.700"	17.78
DMI MCOPRSC	2"	2.960"	75.18	1.250"	31.75	0.750"	19.05
DMI MCOPRSC	2-1/2"	3.310"	84.07	1.440"	36.57	0.920"	23.36
DMI MCOPRSC	3"	4.000"	101.60	1.590"	40.38	0.980"	24.89
DMI MCOPRSC	4"	5.060"	128.52	1.840"	46.73	1.080"	27.43

Fuente: DIMINOX, pág. 9.

Anexo A.43 Tabla A43: Especificación Niple de acero inoxidable – Entrada de agua

NIPLE
Tipo 304 / 316L **NIPLE304**



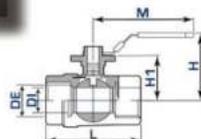
NORMA ANSI B1.20.1 ROSCADO					
TAMAÑO NOMINAL	PASO (HILOS POR PULGADA)	No. HILOS (D)			GAGES HILOS
		MIN.	NOM.	MAX.	
1/8"	27	9.6	10.6	11.6	0.100"
1/4"	18	9.7	10.7	11.7	0.120"
3/8"	18	9.8	10.8	11.8	0.130"
1/2"	14	9.9	10.9	11.9	0.150"
3/4"	14	10.1	11.1	12.1	0.150"
1"	11.5	10.3	11.3	12.3	0.180"
1-1/4"	11.5	10.6	11.6	12.6	0.190"
1-1/2"	11.5	10.8	11.8	12.8	0.200"
2"	11.5	11.2	12.2	13.2	0.220"
2-1/2"	8	11.6	12.6	13.6	0.280"
3"	8	12.1	13.1	14.1	0.300"
4"	8	12.9	13.9	14.9	0.340"

NORMA ASTM A53 TUBO CEDULA 40							
CLAVE	TAMAÑO NOMINAL	A		B			
		inche	mm	inche C40	mm	inche C80	mm
DMI NIPLE	1/8"	0.410"	10.4	0.070"	1.77	0.100"	2.54
DMI NIPLE	1/4"	0.540"	13.7	0.090"	2.28	0.120"	3.04
DMI NIPLE	3/8"	0.680"	17.2	0.090"	2.28	0.130"	3.30
DMI NIPLE	1/2"	0.840"	21.3	0.110"	2.79	0.150"	3.81
DMI NIPLE	3/4"	1.050"	26.6	0.110"	2.79	0.150"	3.81
DMI NIPLE	1"	1.320"	33.5	0.130"	3.30	0.180"	4.57
DMI NIPLE	1-1/4"	1.660"	42.1	0.140"	3.55	0.190"	4.82
DMI NIPLE	1-1/2"	1.900"	48.2	0.150"	3.81	0.200"	5.08
DMI NIPLE	2"	2.380"	60.4	0.150"	3.81	0.220"	5.58
DMI NIPLE	2-1/2"	2.880"	73.1	0.200"	5.08	0.280"	7.11
DMI NIPLE	3"	3.500"	88.9	0.220"	5.58	0.300"	7.62
DMI NIPLE	4"	4.500"	114.3	0.240"	6.09	0.340"	8.63

Fuente: Catálogo industrial DIMINOX, pág. 17.

Anexo A.44 Tabla A44: Especificación Válvula para Entrada de agua

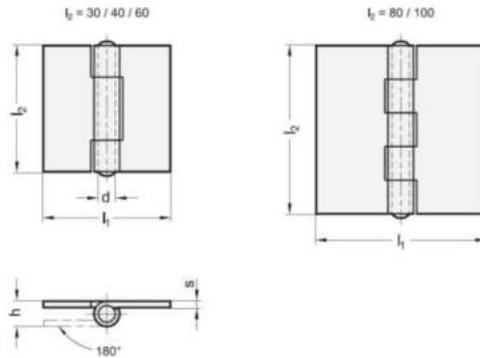
Válvula Bola Roscada Paso Completo
Tipo 304 / 316L **VBRSC**



CLAVE	TAMAÑO NOMINAL	DN	L	H	H1	M
DMI VBRSC	1/4"	11.6	50	51.5	36.5	91
DMI VBRSC	3/8"	12.5	50	51.5	36.5	91
DMI VBRSC	1/2"	15	58	53	37.8	100
DMI VBRSC	3/4"	20	65	58	42.5	113
DMI VBRSC	1"	25	80	60	45	113
DMI VBRSC	1-1/4"	32	92	66.5	51.5	143
DMI VBRSC	1-1/2"	38	105	74.5	59.5	143
DMI VBRSC	2"	50	125	83.5	68.5	165

Fuente: Catálogo industrial DIMINOX, pág. 18.

Anexo A.45 Tabla A45: Especificación bisagras de chapa de acero inoxidable



Type
A Without bores

l ₁	l ₂	d	h	s
60	30	6	12	3
60	40	6	12	3
60	60	6	12	3
80	30	6	12	3
80	40	6	12	3
80	80	6	12	3
100	100	6	12	3

Specification

- Stainless steel - AISI 304 - Plain
- Pin - Stainless steel AISI 304 - Riveted
- Load Rating Information → Page 2121
- Stainless Steel Characteristics → Page 2166

Information

Stainless steel sheet metal hinges GN 1362 are distinguished by their universally compatible dimensions. The materials used also permit applications in aggressive environments.

Type A is fastened via welding or holes created by the customer.

Thanks to the standard dimensions, special application-specific solutions can be realized even in relatively small quantities.

see also...
• List of Hinge Types → Page 1284 ff.

Fuente: Catálogo GN1362 Bisagras soldables de acero inoxidable pág. 1302

Anexo A.46 Tabla A46: Especificación Tornillería de acero inoxidable para sistema Mezclatorio



Administración, fábrica y ventas:
Molina Arrotea 1150, C.P. B1832JKR, Lomas de Zamora, Bs. As.
NUEVO NÚMERO DE TEL: (5411) 4392-4278
TEL (5411) 4243-5823, TEL/FAX (5411) 4292-0965
E-mail: tubulon@sinectis.com.ar
http://www.tubulon.com.ar



HOJA Nº 8

LISTA Nº 3800

BULONES DE ACERO INOX. C/AISI 304 WITH Y USS / UNC ANSI B18.2.1 X 100 UNI EN USS

Diámetro	3/16	1/4	5/16	3/8	7/16	1/2"W	9/16	5/8	3/4	7/8	1"
Largo	24 H	20 H	18 H	16 H	14H	1/2 USS	12 H	11 H	10 H	9 H	8 H
3/8	25,80										
1/2	27,36	32,13	50,76	72,45							
5/8	29,40	33,66	54,93	80,10							
3/4	30,06	36,45	58,92	85,80	137,73	174,42					
7/8	32,25	38,70	63,78	89,25		178,32					
1"	34,98	42,06	68,28	98,97	145,68	183,48	295,14	324,30			
1-1/4	36,03	47,97	76,80	106,80	170,58	199,02	324,03	354,42			
1-1/2	39,99	53,40	83,49	119,34	185,73	223,08	343,17	392,85	656,70		
1-3/4	43,50	56,82	92,10	126,30	197,88	243,87	371,91	429,75	725,82		
2"	47,97	67,35	99,33	140,97	220,56	259,86	402,93	486,90	747,30	1.327,17	1.958,61
2-1/4	53,67	69,45	104,64	153,30	229,35	284,73	459,54	512,97	826,20		
2-1/2	54,75	72,90	117,42	163,20	250,98	300,00	498,99	545,40	869,22	1.510,77	2.204,67
2-3/4	58,35	77,43	123,48	174,84	272,70	312,75	546,51	588,54	952,92		
3"	64,20	85,38	135,33	186,90	285,42	332,25	585,03	619,20	1.020,48	1.804,08	2.423,58
3-1/2		107,52	163,44	234,51	335,04	377,37	666,81	735,30	1.148,79	1.962,90	2.714,01
4"		131,19	198,36	269,16	384,36	422,10	749,16	861,60	1.344,87	2.254,77	3.131,79
4-1/2		215,58	222,21	303,03	429,03	506,28	837,18	986,97	1.448,25	2.406,39	3.307,71
5"		266,55	272,28	332,58	511,29	587,04	922,68	1.187,10	1.847,76	2.520,75	3.635,34
5-1/2		291,90	297,90	364,23	558,84	651,27	1.038,75	1.455,75	1.944,69	2.651,55	3.918,63
6"		349,14	355,77	395,79	606,48	696,54	1.090,53	1.665,69	2.366,19	3.083,88	4.253,46
7"									2.839,44	3.698,97	5.547,30

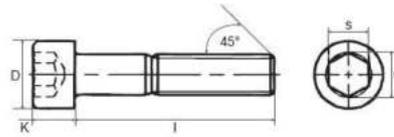
INOX 304/A2

Fuente: Catálogo TUBULON S.A pág. 12

Anexo A.47 Tabla A47: Especificación Tornillos allen acero inoxidable para sistema de pesaje

DIN 912

TORNILLO CABEZA ALLEN



d	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M24
D	5,5	7	8,5	10	13	16	18	21	24	27	30	36
s	2,5	3	4	5	6	8	10	12	14	14	17	19
k	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	22	24
b	18	20	22	24	28	32	36	40	44	48	52	60
e	-	3,44	4,58	5,72	6,86	9,15	11,43	13,72	16,00	16,00	19,44	21,73



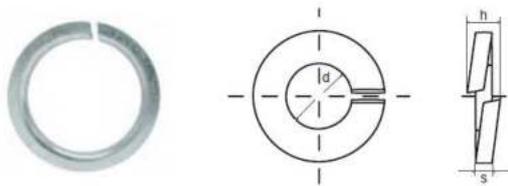
Calidad 8.8 Ref. Catálogo	Calidad 12.9 Ref. Catálogo	Calidad Inox. Ref. Catálogo	Medidas d x L	Calidad 8.8 Ref. Catálogo	Calidad 12.9 Ref. Catálogo	Calidad Inox. Ref. Catálogo	Medidas d x L	Calidad 8.8 Ref. Catálogo	Calidad 12.9 Ref. Catálogo	Calidad Inox. Ref. Catálogo	Medidas d x L
13011099	13011320	13011541	3x6	13011143	13011364	13011585	6x12	13011187	13011408	13011629	8x160
13011100	13011321	13011542	3x8	13011144	13011365	13011586	6x14	13011188	13011409	13011630	10x16
13011101	13011322	13011543	3x10	13011145	13011366	13011587	6x16	13011189	13011410	13011631	10x18
13011102	13011323	13011544	3x12	13011146	13011367	13011588	6x18	13011190	13011411	13011632	10x20
13011103	13011324	13011545	3x14	13011147	13011368	13011589	6x20	13011191	13011412	13011633	10x25
13011104	13011325	13011546	3x16	13011148	13011369	13011590	6x22	13011192	13011413	13011634	10x30
13011105	13011326	13011547	3x20	13011149	13011370	13011591	6x25	13011193	13011414	13011635	10x35
13011106	13011327	13011548	3x25	13011150	13011371	13011592	6x30	13011194	13011415	13011636	10x40
13011107	13011328	13011549	3x30	13011151	13011372	13011593	6x35	13011195	13011416	13011637	10x45
13011108	13011329	13011550	3x35	13011152	13011373	13011594	6x40	13011196	13011417	13011638	10x50
13011109	13011330	13011551	4x6	13011153	13011374	13011595	6x45	13011197	13011418	13011639	10x55
13011110	13011331	13011552	4x8	13011154	13011375	13011596	6x50	13011198	13011419	13011640	10x60
13011111	13011332	13011553	4x10	13011155	13011376	13011597	6x55	13011199	13011420	13011641	10x65
13011112	13011333	13011554	4x12	13011156	13011377	13011598	6x60	13011200	13011421	13011642	10x70
13011113	13011334	13011555	4x14	13011157	13011378	13011599	6x65	13011201	13011422	13011643	10x80
13011114	13011335	13011556	4x16	13011158	13011379	13011600	6x70	13011202	13011423	13011644	10x90
13011115	13011336	13011557	4x18	13011159	13011380	13011601	6x80	13011203	13011424	13011645	10x100
13011116	13011337	13011558	4x20	13011160	13011381	13011602	6x90	13011204	13011425	13011646	10x110
13011117	13011338	13011559	4x22	13011161	13011382	13011603	6x100	13011205	13011426	13011647	10x120

Fuente: Catálogo Tornillerías y remaches 13/ pág. 639

Anexo A.48 Tabla A48: Especificación arandelas flexibles de acero inoxidable para sistema de pesaje

DIN 7980

ARANDELA GROWER



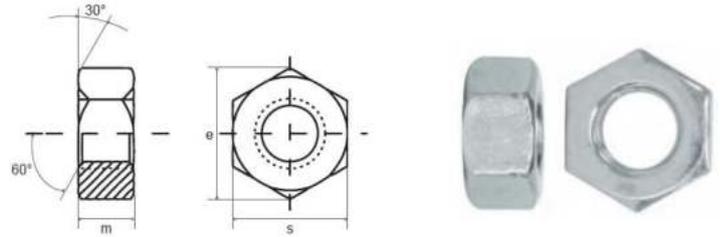
M	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M13	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30
d	3,1	4,1	5,1	6,1	8,1	10,2	12,2	13,2	14,2	16,2	18,2	20,2	22,5	24,5	27,5	30,5
h	2,18	2,61	3,49	3,49	4,36	5,45	5,45	6,55	6,55	7,62	7,62	9,80	9,80	10,90	10,90	13,10
s	1	1,2	1,6	1,6	2	2,5	2,5	3	3	3,5	3,5	4,5	4,5	5	5	6

Ref. catálogo	Medidas (para Ø de rosca)	Ref. catálogo	Medidas (para Ø de rosca)
13030068	M3	13030076	M14
13030069	M4	13030077	M16
13030070	M5	13030078	M18
13030071	M6	13030079	M20
13030072	M8	13030080	M22
13030073	M10	13030081	M24
13030074	M12	13030082	M27
13030075	M13	13030083	M30

Fuente: Catálogo Tornillerías y remaches 13/ pág. 639

Anexo A.49 Tabla A49: Especificación arandelas flexibles de acero inoxidable para sistema de pesaje

DIN 934
TUERCA HEXAGONAL



d1	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30	M33	M36	M39	M42	M48
e	6,01	7,66	8,79	11,05	12,12	14,38	18,9	21,10	24,49	26,75	29,56	32,95	35,03	39,55	45,2	50,85	55,37	60,79	66,44	72,09	82,6
s	5,5	7	8	10	11	13	17	19	22	24	27	30	32	36	41	46	50	55	60	65	70
m	2,4	3,2	4	5	5,5	6,5	8	10	11	13	15	16	18	19	22	24	26	29	31	34	38

Calidad 8.8 Ref. catálogo	Calidad 10.9 Ref. catálogo	Calidad Zincado Ref. catálogo	Calidad Inox Ref. catálogo	Medidas sistema métrico
13020001	13020019	13020037	13020055	M3
13020002	13020020	13020038	13020056	M4
13020003	13020021	13020039	13020057	M5
13020004	13020022	13020040	13020058	M6
13020005	13020023	13020041	13020059	M8
13020006	13020024	13020042	13020060	M10
13020007	13020025	13020043	13020061	M12
13020008	13020026	13020044	13020062	M14
13020009	13020027	13020045	13020063	M16
13020010	13020028	13020046	13020064	M18

Calidad 8.8 Ref. catálogo	Calidad 10.9 Ref. catálogo	Calidad Zincado Ref. catálogo	Calidad Inox Ref. catálogo	Medidas sistema métrico
13020011	13020029	13020047	13020065	M20
13020012	13020030	13020048	13020066	M22
13020013	13020031	13020049	13020067	M24
13020014	13020032	13020050	13020068	M27
13020015	13020033	13020051	13020069	M30
13020016	13020034	13020052	13020070	M33
13020017	13020035	13020053	13020071	M36
13020018	13020036	13020054	13020072	M48

Consultar para otras medidas

Fuente: Catálogo Tornillerías y remaches 13/ pág. 649

Anexo A.50 Tabla A50: Especificación Diámetro de eje para sistema de traslación



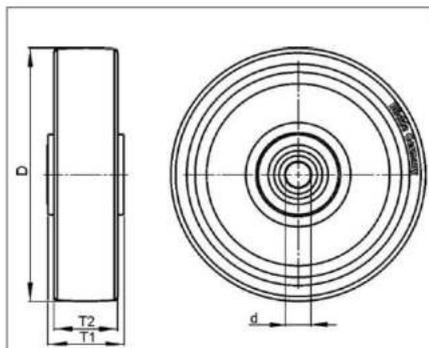
EAN: 4047526003463

ID: 3467

Rueda de goma maciza elástica para carga pesada "Blickle EasyRoll", con núcleo de acero

Banda de rodadura: De goma maciza elástica de alta calidad con propiedad de fácil desplazamiento "Blickle EasyRoll", muy alta comodidad de marcha, marcha silenciosa, resistencia a la rodadura baja, muy respetuosa con el suelo, vulcanizada sobre el núcleo. Color de banda de rodadura: color negro

Núcleo: Núcleo de chapa de acero grueso, soldadura triple, con cubo de tubo de acero, lacado. Banda de rodadura vulcanizada.



Datos técnicos:

Ø rueda (D)	200 mm
Ancho rueda (T2)	50 mm
Cap. de carga a 4 km/h	600 kg
Cap. de carga a 10 km/h	350 kg
Ø eje (d)	25 mm
Largo de cubo (T1)	60 mm
Peso por unidad	1.964 kg
Resistente a temperaturas desde	-25 °C
Resistente a temperaturas hasta	80 °C
Dureza del bandaje	65° Shore A
Tipo de rodamiento	

Fuente: Catálogo Blickle SE 200/25K

Anexo A.51 Tabla A51: Especificación llantas delanteras del sistema de traslación

L-P 200R



EAN: 4047526035983

ID: 35980

Rueda giratoria con soporte de chapa de acero, versión mediana, con platina atornillable, Rueda neumática, con núcleo de chapa de acero

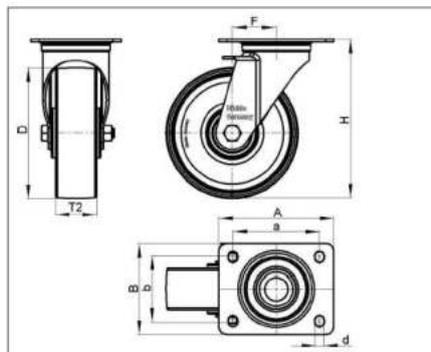
Horquilla:

Estampado de chapa de acero, con doble carril de bolas en cabeza giratoria, con robusto vástago central, con cabeza giratoria sellada. El carril de bolas está remachado dinámicamente según un procedimiento especial de Blicke. Este proceso resulta en un juego mínimo de la cabeza giratoria, una marcha suave y una alta durabilidad debido al endurecimiento en frío del carril de bolas. Eje de rueda atornillado. Zincado, pasivado color azul, libre de Cr6.

Rueda:

Banda de rodadura: Rueda neumática con cámara, máxima comodidad de marcha, extremadamente respetuosa con el suelo, conformidad de PAK según la directiva UE 2005/69/CE. Color de banda de rodadura: color negro

Núcleo: De chapa de acero, con cubo de tubo de acero, zincado, pasivado color azul, libre de Cr6. Banda de rodadura montada sobre el núcleo.



Datos técnicos:

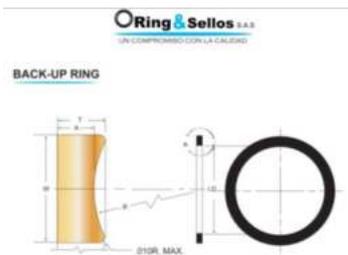
Ø rueda (D)	200 mm
Ancho rueda (T2)	50 mm
Perfil	R01
Capacidad de carga	75 kg
Altura total (H)	235 mm
Voladizo rueda girat. (F)	65 mm
Peso por unidad	2.465 kg
Resistente a temperaturas desde	-25 °C
Resistente a temperaturas hasta	50 °C
Dureza del bandaje	65° Shore A
Tipo de rodamiento	
Dimensión de platina (A,B)	140 x 110 mm
Ø agujero (d)	11 mm
Distancia agujeros (a,b)	105 x 75-80 mm

Fuente: Catálogo Blicke LP 200R

Anexo A.52 Tabla A52: Especificación de chumacera para sistema de traslación

BACK-UP RING MEDIDAS ESTANDAR

Back-Up Ring MEDIDAS	MEDICIONES MILIMETRICAS											
	ID	NBR ±	FKM ±	W	±	T	±	A	±	R	±	
R0113	14.66	0.18	+0.18/-0.22	2.18	0.08	1.28	0.08	1.14	0.08	3.28	0.25	
R0114	16.26	0.23	+0.23/-0.28	2.18	0.08	1.28	0.08	1.14	0.08	3.28	0.25	
R0115	17.83	0.23	+0.23/-0.28	2.18	0.08	1.28	0.08	1.14	0.08	3.28	0.25	
R0116	19.43	0.23	+0.23/-0.29	2.18	0.08	1.28	0.08	1.14	0.08	3.28	0.25	
R0117	21.11	0.25	+0.25/-0.32	2.18	0.08	1.28	0.08	1.14	0.08	3.28	0.25	
R0118	22.68	0.25	+0.25/-0.32	2.18	0.08	1.28	0.08	1.14	0.08	3.28	0.25	
R0119	24.28	0.25	+0.25/-0.33	2.18	0.08	1.28	0.08	1.14	0.08	3.28	0.25	
R0120	25.86	0.25	+0.25/-0.33	2.18	0.08	1.28	0.08	1.14	0.08	3.28	0.25	
R0121	27.46	0.25	+0.25/-0.34	2.18	0.08	1.28	0.08	1.14	0.08	3.28	0.25	
R0122	29.03	0.25	+0.25/-0.34	2.18	0.08	1.28	0.08	1.14	0.08	3.28	0.25	
R0123	30.63	0.30	+0.3/-0.4	2.18	0.08	1.28	0.08	1.14	0.08	3.28	0.25	
R0124	32.21	0.30	+0.3/-0.4	2.18	0.08	1.28	0.08	1.14	0.08	3.28	0.25	
R0125	33.81	0.30	+0.3/-0.41	2.18	0.08	1.28	0.08	1.14	0.08	3.28	0.25	
R0126	35.38	0.30	+0.3/-0.41	2.18	0.08	1.28	0.08	1.14	0.08	3.28	0.25	
R0127	36.98	0.30	+0.3/-0.42	2.18	0.08	1.28	0.08	1.14	0.08	3.28	0.25	
R0128	38.56	0.30	+0.3/-0.42	2.18	0.08	1.28	0.08	1.14	0.08	3.28	0.25	
R0129	40.16	0.38	+0.38/-0.5	2.18	0.08	1.28	0.08	1.14	0.08	3.28	0.25	
R0130	41.73	0.38	+0.38/-0.51	2.18	0.08	1.28	0.08	1.14	0.08	3.28	0.25	
R0131	43.33	0.38	+0.38/-0.51	2.18	0.08	1.28	0.08	1.14	0.08	3.28	0.25	
R0132	44.91	0.38	+0.38/-0.52	2.18	0.08	1.28	0.08	1.14	0.08	3.28	0.25	
R0133	46.51	0.38	+0.38/-0.52	2.18	0.08	1.28	0.08	1.14	0.08	3.28	0.25	
R0134	48.08	0.38	+0.38/-0.53	2.18	0.08	1.28	0.08	1.14	0.08	3.28	0.25	
R0135	49.68	0.43	+0.43/-0.58	2.18	0.08	1.28	0.08	1.14	0.08	3.28	0.25	
R0136	51.26	0.43	+0.43/-0.59	2.18	0.08	1.28	0.08	1.14	0.08	3.28	0.25	
R0137	52.86	0.43	+0.43/-0.59	2.18	0.08	1.28	0.08	1.14	0.08	3.28	0.25	
R0138	54.43	0.43	+0.43/-0.6	2.18	0.08	1.28	0.08	1.14	0.08	3.28	0.25	
R0139	56.03	0.43	+0.43/-0.6	2.18	0.08	1.28	0.08	1.14	0.08	3.28	0.25	
R0140	57.61	0.43	+0.43/-0.6	2.18	0.08	1.28	0.08	1.14	0.08	3.28	0.25	
R0141	59.21	0.51	+0.51/-0.69	2.18	0.08	1.28	0.08	1.14	0.08	3.28	0.25	
R0142	60.78	0.51	+0.51/-0.69	2.18	0.08	1.28	0.08	1.14	0.08	3.28	0.25	
R0143	62.38	0.51	+0.51/-0.7	2.18	0.08	1.28	0.08	1.14	0.08	3.28	0.25	
R0144	63.96	0.51	+0.51/-0.7	2.18	0.08	1.28	0.08	1.14	0.08	3.28	0.25	
R0145	65.56	0.51	+0.51/-0.7	2.18	0.08	1.28	0.08	1.14	0.08	3.28	0.25	
R0146	67.13	0.51	+0.51/-0.71	2.18	0.08	1.28	0.08	1.14	0.08	3.28	0.25	
R0147	68.73	0.56	+0.56/-0.76	2.18	0.08	1.28	0.08	1.14	0.08	3.28	0.25	



Fuente: Catálogo O'ring y sellos S.A.S. pág. 4

TORNILLOS



ALLEN CABEZA CILINDRICA



Código	Medida	Código	Medida	Código	Medida
KSC06024	#6-32X 3/8	KSC32448	1/2X7	KSC96384	1 1/2X 6
KSC06032	#6-32X 1/2	KSC32512	1/2X8	KSCF10024	#10-32X 3/8
KSC06048	#6-32X 3/4	KSC32640	1/2X10	KSCF10032	#10-32X 1/2
KSC06064	#6-32X 1	KSC40064	5/8X1	KSCF10040	10-32X5/8
KSC06096	#6-32X 1 1/2	KSC40080	5/8X1-1/4	KSCF10048	#10-32X 3/4
KSC08016	#8-32X 1/4	KSC40096	5/8X1 1/2	KSCF10064	#10-32X 1
KSC08032	#8-32X 1/2	KSC40112	5/8X2-3/4	KSCF10080	3/16X 1 1/4
KSC08048	#8-32X 3/4	KSC40128	5/8X2	KSCF10096	3/16 X 1-1/2
KSC08064	#8-32X 1	KSC40160	5/8X2 1/2	KSCF10128	3/16 X 2
KSC08080	#8-32X 1 1/4	KSC40176	5/8X2 3/4	KSCF10160	#10-32 X 2-1/2
KSC08096	#8-32X 1 1/2	KSC40192	5/8X3	KSCF10192	10-32 X 3
KSC08128	#8-32X 2	KSC40224	5/8X3 1/2	KSCF10224	#10-32 X 3 1/2
KSC10016	#10-24X 1/4	KSC40240	5/8X3-3/4	KSCF12240	3/4-16 X 3-3/4 ALLEN C/C (ALLEN DE 5/8)
KSC10020	#10-24X 5/16	KSC40256	5/8X4	KSCF16032	1/4X1/2
KSC10024	#10-24X 3/8	KSC40288	5/8 X 4 1/2	KSCF16048	1/4X3/4
KSC10032	#10-24X 1/2	KSC40320	5/8X5	KSCF16064	1/4X1
KSC10040	#10-24X 5/8	KSC40384	5/8X6	KSCF16080	1/4X1 1/4
KSC10048	#10-24X 3/4	KSC40448	5/8 X 7	KSCF16096	1/4X1 1/2
KSC10064	#10-24X 1	KSC40512	5/8 X 8	KSCF16128	1/4 X 2
KSC10080	#10-24X 1 1/4	KSC48064	3/4X1	KSCF16144	1/4 X 2-1/4
KSC10096	#10-24X 1 1/2	KSC48080	3/4X1 1/4	KSCF16160	1/4X2 1/2 ID.
KSC10112	3/16X1 3/4	KSC48096	3/4X1 1/2	KSCF16192	1/4 X 3
KSC10128	#10-24X 2	KSC48128	3/4X2	KSCF16224	1/4 X 3-1/2
KSC10160	#10-24X 2 1/2	KSC48160	3/4X2 1/2	KSCF20048	5/16X3/4
KSC10192	#10-24X 3	KSC48192	3/4X3	KSCF20064	5/16X1
KSC10288	#10 X 4 1/2	KSC48224	3/4X3 1/2	KSCF20080	5/16X1-1/4
KSC16032	1/4X1/2	KSC48256	3/4X4	KSCF20096	5/16X1 1/2
KSC16040	1/4X5/8	KSC48288	3/4X4-1/2	KSCF20128	5/16X2
KSC16048	1/4X3/4	KSC48320	3/4 X 5	KSCF20160	5/16X2 1/2 IND
KSC16064	1/4X1	KSC48448	3/4 X 7	KSCF24032	3/8 X 1/2
KSC16080	1/4X1 1/4	KSC48480	3/4 X 7 1/2	KSCF24048	3/8 X 3/4
KSC16096	1/4X1 1/2	KSC48512	3/4X8	KSCF24064	3/8X1
KSC16128	1/4X2	KSC56160	7/8X2 1/2 O	KSCF24080	3/8X1-1/4
KSC16160	1/4X2 1/2	KSC56192	7/8X2-7/8	KSCF24096	3/8X1 1/2
KSC16192	1/4X3	KSC56320	7/8 X 5	KSCF24128	3/8X2 IND
KSC16256	1/4X4	KSC64128	1 X 2		

Fuente: Catálogo Tornicentro pág. 9

Anexo A.54 Tabla A54: Especificación de tornillo para Soporte de motor inferior

PERNOS Y TUERCAS G2



PERNO DE ACERO NEGRO CABEZA HEXAGONAL

PERNO DE ACERO NEGRO CABEZA HEXAGONAL



TIPO DE CABEZA:



FAMILIA: P0
 MEDIDAS: PULGADAS
 TIPO DE ROSCA: FINA
 MATERIAL: HIERRO NEGRO
 HILO: ESTÁNDAR

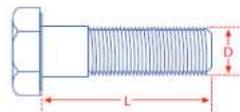
CÓDIGO: FAMILIA P0 VENTA: KG.

NOMENCLATURA DE CÓDIGO

P02505

Longitud

Diámetro



D= Diámetro del Perno
L= Longitud del Perno

CÓDIGO:	DIÁMETRO:	LONGITUD:	MÁSTER (KG)
P02505	1/4"	1/2"	30 KG.
P025075	1/4"	3/4"	30 KG.
P02510	1/4"	1"	30 KG.
P02515	1/4"	1 1/2"	30 KG.
P025175	1/4"	1 3/4"	30 KG.
P02520	1/4"	2"	30 KG.
P02525	1/4"	2 1/2"	30 KG.
P02535	1/4"	3 1/2"	30 KG.
P031062	5/16"	5/8"	30 KG.
P031075	5/16"	3/4"	30 KG.
P03110	5/16"	1"	30 KG.
P03115	5/16"	1 1/2"	30 KG.
P03120	5/16"	2"	30 KG.
P03125	5/16"	2 1/2"	30 KG.
P03130	5/16"	3"	30 KG.
P03135	5/16"	3 1/2"	30 KG.
P03140	5/16"	4"	30 KG.
P03145	5/16"	4 1/2"	30 KG.
P03150	5/16"	5"	30 KG.
P03160	5/16"	6"	30 KG.
P038075	3/8"	3/4"	30 KG.
P03810	3/8"	1"	30 KG.
P03815	3/8"	1 1/2"	30 KG.
P03820	3/8"	2"	30 KG.
P03825	3/8"	2 1/2"	30 KG.
P03830	3/8"	3"	30 KG.
P03835	3/8"	3 1/2"	30 KG.
.....
P04330	7/16"	3"	30 KG.
P04335	7/16"	3 1/2"	30 KG.
P04340	7/16"	4"	30 KG.
P04345	7/16"	4 1/2"	30 KG.
P04350	7/16"	5"	30 KG.
P04360	7/16"	6"	30 KG.
P05010	1/2"	1"	30 KG.
P05015	1/2"	1 1/2"	30 KG.
P05020	1/2"	2"	30 KG.
P05025	1/2"	2 1/2"	30 KG.
P05030	1/2"	3"	30 KG.
P05035	1/2"	3.5"	30 KG.
P05040	1/2"	4"	30 KG.
P05045	1/2"	4 1/2"	30 KG.
P05050	1/2"	5"	30 KG.
P05060	1/2"	6"	30 KG.
P05070	1/2"	7"	30 KG.
P06215	5/8"	1 1/2"	30 KG.
P06220	5/8"	2"	30 KG.
P06225	5/8"	2 1/2"	30 KG.
P06230	5/8"	3"	30 KG.
P06235	5/8"	3 1/2"	30 KG.
P06240	5/8"	4"	30 KG.
P06245	5/8"	4 1/2"	30 KG.
P06250	5/8"	5"	30 KG.
P06260	5/8"	6"	30 KG.
P06270	5/8"	7"	30 KG.

CÓDIGO:	DIÁMETRO:	LONGITUD:	MÁSTER (KG)
P06280	5/8"	8"	30 KG.
P07515	3/4"	1 1/2"	30 KG.
P07520	3/4"	2"	30 KG.
P07525	3/4"	2 1/2"	30 KG.
P07530	3/4"	3"	30 KG.
P07535	3/4"	3 1/2"	30 KG.
P07540	3/4"	4"	30 KG.
P07545	3/4"	4 1/2"	30 KG.
P07550	3/4"	5"	30 KG.
P07560	3/4"	6"	30 KG.
P07580	3/4"	8"	30 KG.
P087120	7/8"	12"	30 KG.
P08770	7/8"	7"	30 KG.
P100100	1"	10"	30 KG.
P100120	1"	12"	30 KG.

Fuente: Catálogo tornillos CONSUN pág. 5

Anexo A.55 Tabla A55: Especificación de carcasa y elastómero de la bomba

ROTORS AND STATORS

Rotor head model		
MIXER MP3L		
	STRAIGHT STATOR	ROTOR
Version with anti-rotation		
Reference	3F00508100	7009024001
Material used		HR
Type		
RPM	400	
Flow-rate (L/min)	22	
Max pressure (bar)	30	
Grain size (mm)	3	
SH = Shore	70	
Stator Ø	101	
Length (mm)	375	
Can be used with the following machines		
Price (€ pre-tax)	135,20	190,00

Rotor head model		
MIXER MP8L		
	STRAIGHT STATOR	ROTOR
Version with anti-rotation		
Reference	3F00508001	7009020000
Material used		HR
Type		
RPM	400	
Flow-rate (L/min)	40	
Max pressure (bar)	30	
Grain size (mm)	3	
SH = Shore	70	
Stator Ø	101	
Length (mm)	379	
Can be used with the following machines		
Price (€ pre-tax)	135,20	208,00

Fuente: Catálogo tornillos CONSUN pág. 54

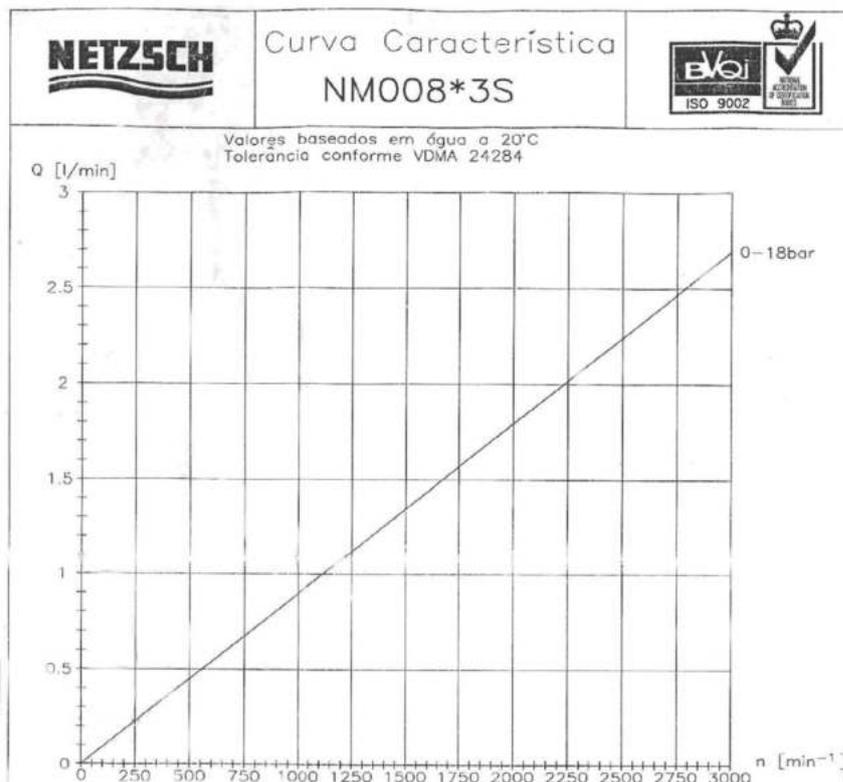
Anexo A.56 Tabla A56: Especificación de carcasa y elastómero de la bomba

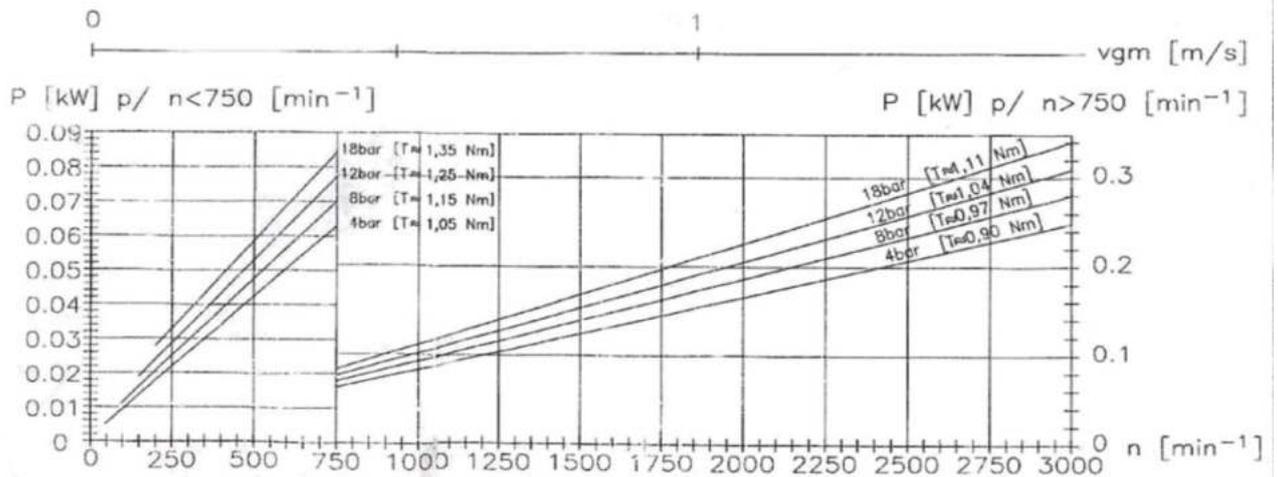
ROTORS AND STATORS

Rotor head model			
MIXER VIPER SX SHORT			
	STRAIGHT STATOR	ROTOR	
Version with anti-rotation			
Reference	3F00522200	7009043700	7009043500
Material used		HR	HR
Type			
RPM	400		
Flow-rate (L/min)	55		
Max pressure (bar)	20		
Grain size (mm)	6		
SH = Shore	70		
Stator Ø	101		
Length (mm)	265		
Can be used with the following machines	Mixer Optimix 20		
Price (€ pre-tax)	104,40	133,30	129,40

Fuente: Catálogo Mixer Technology pág. 53

Anexo A.57 Tabla A57: Ficha técnica de la bomba PCP.





Fuente: Catálogo Nestsch 2019

Anexo A.58 Tabla A58: Material para orejeras de la mezcladora hacia celdas de carga

Descripción:

Es un acero estructural de baja a media dureza, con una resistencia mecánica sobre los 400 Mpa distribuido uniformemente; son productos semi terminados de acero, de sección rectangular, obtenidos por procesos de colada continua. De muy buena confortabilidad en frío y soldabilidad.

Usos:

- Orejas de levante.
- Bastidores para maquinaria.
- Construcción de depósitos.
- Empresa de construcción de edificios y/o galpones.

Norma:

ASTM A36.

Este producto cumple con las exigencias de calidad establecidas anteriormente.

DIMENSIONES	PLANCHONES
Mts.	Espesor (mm.)
1.50 x 6.00 mts.	9,50
	12,50
	9,50
	12,50
	16,00
	19,00
2.00 x 6.00 mts.	25,00
2.00 x 12.00 mts.	31,75
	38,00
	50,80
	46,20
	76,20
	101,60

Anexo A.59 Tabla A59: Coeficientes de fricción entre diferentes materiales.

TABLA 5.1

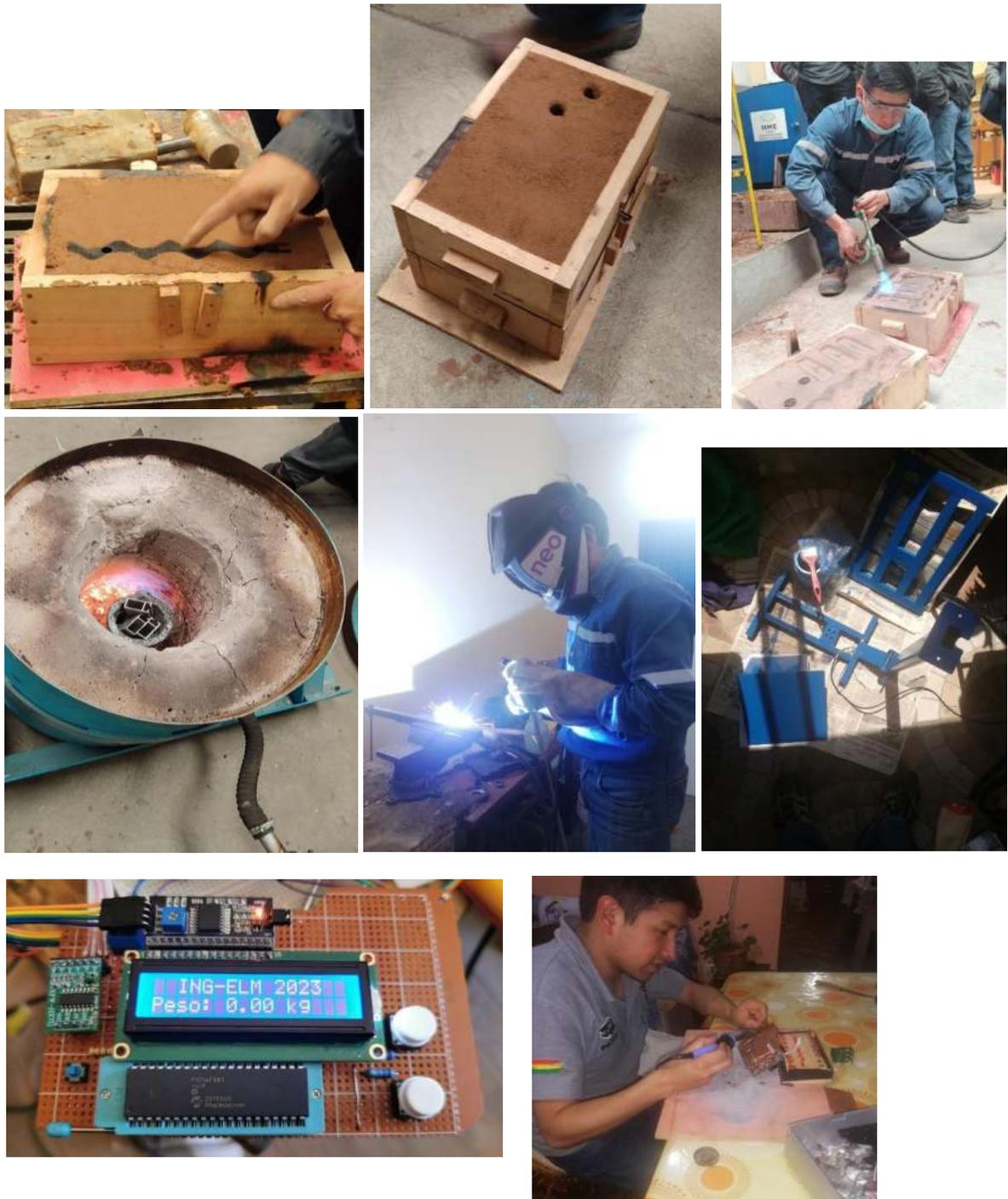
Coefficientes de fricción

	μ_s	μ_h
Hule sobre concreto	1.0	0.8
Acero sobre acero	0.74	0.57
Aluminio sobre acero	0.61	0.47
Vidrio sobre vidrio	0.94	0.4
Cobre sobre acero	0.53	0.36
Madera sobre madera	0.25-0.5	0.2
Madera encerada sobre nieve húmeda	0.14	0.1
Madera encerada sobre nieve seca	—	0.04
Metal sobre metal (lubricado)	0.15	0.06
Teflón sobre teflón	0.04	0.04
Hielo sobre hielo	0.1	0.03
Articulación sinovial en humanos	0.01	0.003

Nota: Todos los valores son aproximados. En algunos casos el coeficiente de fricción puede superar 1.0.

Fuente: Serway, R. A., & Jewett Jr., J. W. (2008). *Física para ciencias e ingeniería*. México: Cengage Learning, 7° edición, p. 121

Anexo A.60 Tabla A60: Elaboración rotor de B.C.P



Fuente: Elaboración propia

Anexo A.62 Tabla A62: Cotización automatismos y motores



ELECTRORED
Bolivia S.R.L.

LA PAZ:
Av. Montes N° 603. esq. Uruguay
Central Piloto: (591-2) 2282428
electroredlp@electrored.com.bo

SANTA CRUZ:
Av. Santa Cruz N° 262
Central Piloto: (591-3) 3368888
electroredsc@electrored.com.bo

COCHABAMBA:
Av. Blanco Galindo N° 1307 esq.
Pasaie Cile
Central Piloto: (591-4) 4583221
electroredcoba@electrored.com.bo

COTIZACIÓN DE VENTAS

DATOS CLIENTES

CLIENTE/EMPRESA: INDER ADALID ÑUFLO FLORES

ATENCIÓN:

E-MAIL:

SOLICITUD N°: 2173182

VERSION N°: 4

DIRECCIÓN:

TELEFONO:

FAX:

CELULAR:

NIT: 0

#	Código	Descripción	Marca	Procedencia	Cantidad	U/M	Precio	Total
1	8740	INT TERMOMAG SCHNEIDER 10KA 3x16A DIN IC60N A9F79316	SCHNEIDER	UE	2	PZA	BS 193.77	BS 387.54
2	8718	INT TERMOMAG SCHNEIDER 10KA 1x16A DIN IC60N A9F79116	SCHNEIDER	UE	1	PZA	BS 65.02	BS 65.02
3	4525	CONTACTOR TOGAMI BOB. 220VAC PAK-6J 4 KW 380V 1NO	TOGAMI	JAPON	1	PZA	BS 104.07	BS 104.07
4	4526	CONTACTOR TOGAMI BOB. 220VAC PAK-11J 4,5KW 380V 1NO	TOGAMI	JAPON	2	PZA	BS 114.39	BS 228.78
5	4565	RELE TERMICO TOGAMI T-11 5,4 - 8AMP	TOGAMI	JAPON	1	PZA	BS 119.16	BS 119.16
6	4564	RELE TERMICO TOGAMI T-11 4 - 6AMP	TOGAMI	JAPON	1	PZA	BS 119.16	BS 119.16
7	7368	RELE TEMPORIZADOR ESTRELLA DELTA DTY 0-30S 220V /50-60HZ DIGIMEC	DIGIMEC	BRASIL	2	PZA	BS 126.67	BS 253.34
8	4546	CONTACTO AUXILIAR HAU 4 31 TOGAMI	TOGAMI	JAPON	1	PZA	BS 83.41	BS 83.41
9	11877	FOCO SEÑALIZ METALTEX LED 22MM ROJO L20-R2-R 220V	METALTEX	BRASIL	2	PZA	BS 14.07	BS 28.14
10	11878	FOCO SEÑALIZ METALTEX LED 22MM VERDE L20-R2-GP 220V	METALTEX	BRASIL	2	PZA	BS 14.07	BS 28.14
11	14485	BOTONERA MODULAR METALTEX CON LED 22mm ROJO 220V P20IGR-R-1C	METALTEX	BRASIL	2	PZA	BS 33.68	BS 67.36
12	14484	BOTONERA MODULAR METALTEX CON LED 22mm VERDE 220V P20IGR-G-1C	METALTEX	BRASIL	2	PZA	BS 33.68	BS 67.36
13	652	CABLE FLEXIBLE 4 X 4 MM2 0.6/1KV 90°C INDUSC EPROFLEX-90	INDUSCABOS	BRASIL	10	MTS	BS 19.88	BS 198.8
14	17791	MOTOR ELECTRICO SIEMENS 1.1KW/1.5HP 220/380V/3/50HZ 1500 RPM 4P IP55 IE1 TM 90 1L E0022-0FB02-1AA4	SIEMENS		1	PZA	BS 1,068.15	BS 1,068.15
15	17792	MOTOR ELECTRICO SIEMENS 1.5KW/2HP 220/380V/3/50HZ 1500 RPM 4P IP55 IE1 TM90 1L E0022-0FB42-1AA4	SIEMENS		1	PZA	BS 1,237.6	BS 1,237.6

SON: Cuatro mil cincuenta y seis Bolivianos con Tres Centavos

RESPONSABLE Y CONSULTA

NOMBRE: LPB01 Ejecutivo de Ventas

CARGO:

CELULAR:

E-MAIL:

EJECUTIVO DE VENTAS: LPB01 Gutierrez Roger

RESPONSABLE DE INGENIERIA:

CONDICIONES

TIEMPO DE VALÍDEZ: 5 Días

PLAZO DE ENTREGA: De acuerdo a la existencia

DESCRIPCIÓN GRAL.

Subtotal BS 4,056.03

Descuento 0.0000 %

Total BS 4,056.03

Firma Responsable

FECHA DE COTIZACIÓN:

01/06/2023

AGENCIAS GENERALES S.A.

Sucursal No. 3
 CALLE 13 N° 270 ENTRE Av. 6 DE MARZO Y
 ALFREDO FRANCO VALLE
 Telef(s) 2824995
 LA PAZ - BOLIVIA

PROFORMA

Nro. 300-004627
 Hoja 1 de 1



LA PAZ, 1 de Junio del 2023

Señor (es): **INDERÑUFLO FLORES**

Atencion :

Email : VTAS DESIDERIO MURGA 70177621

Ref. : PED / 0

(60928) NIT/CI : 0

Telf. :

Valida Hasta 01/06/2023

CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL	Obs.
1 T167M-16573082	MOTORREDUCTOR CORONA Y ROSCA SIN FIN M06 1 1:40 NCH C.90S 1.5HP 4P 50HZ FLAGE FF-165 CON SELLO Y RODAMIENTO 16573082 MARCA: CESTARI INDUSTRIA: BRASIL	1.000 PZ	3,300.00	3,300.00	✓
2 T167M-16699855	REDUCTOR CORONA Y ROSCA SIN FIN M07 1 1:20 NAH 90L FF165 SERIE MAGMA-M 16699855/M0712602NOF001 REDUCTOR DE VELOCIDAD MODELO: M0712602NOF001 MAGMA-M HP: 2.00 REDUCCION: 1:20 BRIDA PARA ACOPLAR: FF-165 CARCASA MOTOR: 90L IND: BRASIL	1.000 PZ	2,330.00	2,330.00	
3 T166533WE	MOTOR ELECTRICO 2HP 4P T220/380V 50HZ IE1 IP55 W22 C.90L 11450781 MARCA : WEG MODELO : TE-12 INDUSTRIA : BRASILERA MOTOR TRIFASICO, IP 55, TOTALMENTE CERRADO, CON ROTOR DE JAULA DE ARDILLA, VENTILACION EXTERNA, AISLAMIENTO CLASE "F" CON RODAMIENTO DE BOLA. 220/380 VOLTS 50 HZ 4 POLOS 1420 RPM POTENCIA 2 HP	1.000 PZ	1,427.00	1,427.00	
4 T1670-10361425	BRIDA "A" FF165 ANILLO V W21 PARA RODAMIENTO 205 90,145/5 10361425 MARCA: WEG	1.000 PZ	400.00	400.00	

Condiciones/Observaciones

GARANTIA 6 MESES
 ENTREGA PREVIA COORDINAR

4.000 Sub Total : Bs. 7,457.00

TOTAL : Bs. 7,457.00

Desiderio Murga
 Ventas AGSA El Alto
 Cel. 70177621 - 71206301

Ventas : Murga Desiderio (040)

Telf.(s) : 2824995

Email : desiderio.murga@agsa.com

 U.M.S.A. Ingeniería MEC-ELM		HOJA DE PROCESOS		Sistema	Subsistema	Peso Bruto	Peso Neto	Costo de Máquina Herramienta:									
		PROYECTO: Diseño de una Máquina mezcladora y revocadora de Mortero		Mezcladora	Combinación	2,34 kg	2,34 kg	Regla: 0,3 \$us/h	Amoladora: 1,56 \$us/h	Flexo: 0,3 \$us/h	Taladro: 2,5 \$us/h	Esmeril 1,5 \$us/h	rayador: 0,3 \$us/h	Granete 0,3 \$us/h			
		Nombre de parte	Material	Costo Material	Mano de Obra												
		Plancha Soporte de Motor Superior	AISI304	20,6 Sus/pza.	T: técnico 2,5 Sus/h	A:ayudante 1,2 Sus/h	I:ingeniero 3,0 Sus/h	S:soldador 2,5 Sus/h									
		Nº de plano	Nº de piezas	Costo													
		PLC-MEZ-001	1	143,4 Bs													
Proceso	Máquina- Herramienta		Máquina herramienta	Tiempo de preparación[min]	Tiempo de ejec. [min]	Tiempo acabado por pza. [min]	Tiempo tot. p/ todas las piezas.[hra]	Tipo Mano de Obra	Costo/h Máquina, Herramienta:	Costo de M.O. por proceso [\$us]	Costo de herr. por proceso[\$us]	Costo total por pieza[\$us]					
	E: Esmeril R: Regla r: rayador P: Granete	a: Amoladora t: Taladro F: Flexómetro															
1	Medir longitudes en la plancha		F	3	3	3	0,2	A	0,3	0,22	0,06	0,28					
2	Trazar forma en plancha		r	3	3	3	0,2	A	0,3	0,22	0,06	0,28					
3	Cortar con amoladora		a	5	6	3	0,2	A	0,5	0,28	0,12	0,40					
4	Medir orificios		R	3	4	3	0,2	A	0,3	0,36	0,09	0,45					
5	Marcar Orificios		r	3	4	3	0,2	A	0,6	1,04	0,25	1,29					
6	Taladrar en orificios marcados		t	5	15	3	0,383	T	2,5	1,33	1,33	2,67					
7	Esmerilar para acabado		E	3	6	3	0,2	T	1,5	0,88	0,53	1,40					
8	Acabado final con pulidora		a	3	6	6	0,25	T	1,6	0,88	0,56	1,44					
									Total	5,2	3,4	8,6					
Materiales/Insumos:												Sumatoria de Costos:					
No.	Materiales/Insumo:		Unidad:	Costo/Un[\$us]	Cantidad:	Total	Lista de Costos:		P/C Pieza:	P/todas pzas.							
1	Disco de amolar (insumo)		Unidad	2,9	0,1	0,29	Costo de Mano de Obra		5,2	5,2							
2	Plancha 1500x3000x3,5[mm] AISI304		Unidad	54,6	0,05	2,73	Costo de Materiales		2,73	2,73							
3	Juego de Brocas(insumo)		Paquete	17	0,1	1,70	Costo de Máq. y Herrtas.		3,4	3,4							
4	Recubrimiento Surface y Pintura(ins.)		Unidad	17,1	0,1	1,71	Costo de Insumos		9,3	9,3							
5	Disolvente (insumo)		Unidad	17,1	0,1	1,71	Total Costos		20,6	20,6							
6	Disco de Esmerilar(insumo)		Unidad	25,7	0,15	3,86											



U.M.S.A.
Ingeniería
MEC-ELM

HOJA DE PROCESOS

Sistema
Mezcladora

Subsistema
Entrada de material

Peso Bruto
0,48 kg

Peso Neto
0,48 kg

Costo de Máquina Herramienta:

Compresor: 1,6 \$us/h Regla: 0,3 \$us/h
Amoladora: 1,56 \$us/h Flexo: 0,3 \$us/h
Taladro: 2,5 \$us/h Granete 0,3 \$us/h
rayador: 0,3 \$us/h Esmeril 1,5 \$us/h
Arco Eléctrico 3,0 \$us/h

PROYECTO:
Diseño de una
Máquina mezcladora
y revocadora de
Mortero

Nombre de parte
Tapas Laterales de
inspección

Material
AISI 304

Costo Material
Sus/pza
64,6

Mano de Obra
T: técnico 2,5 \$us/h
S: Soldador 2,5 \$us/h
A: ayudante 1,2 \$us/h
I: ingeniero 3 \$us/h

Nº de plano
PLS-MEZ-002

Nº de piezas
2

Costo
449,6 Bs

Proceso	Máquina- Herramienta E: Esmeril X: Arco Eléctrico R: Regla C: Compresor r: rayador t: Taladro G: Granete F: Flexómetro a: Amoladora	Máquina herramienta	Tiempo de preparación [min]	Tiempo de eje [min]	Tiempo acabado por pza. [min]	Tiempo tot. p/ todas las pzs. [h]	Tipo Mano de Obra	Costo/h Máquina, Herramienta:	Costo de M.O. por proceso [\$us]	Costo de herr. por proceso [\$us]	Costo total por pieza [\$us]
1	Medir longitudes en plancha inox.	F	5	8	4	0,283	A	0,3	0,34	0,09	0,43
2	Medir longitudes de hilo de acero	F	5	8	4	0,283	A	0,3	0,34	0,09	0,43
3	Trazar en plancha de acero	r	5	3	4	0,200	A	0,3	0,24	0,06	0,30
4	Trazar en hilos de acero inoxidable	r	5	3	4	0,200	A	0,3	0,24	0,06	0,30
5	Cortar con amoladora	a	5	12	4	0,350	A	1,56	0,42	0,55	0,97
6	Soldar con arco planchas a hilos	X	5	20	4	0,483	S	3,0	0,58	1,45	2,03
7	Esmerilar soldadura para acabado	E	5	15	4	0,400	T	1,5	0,48	0,60	1,08
8	Recubrir con Surface y compresor	C	5	15	5	0,417	T	1,6	0,5	0,67	1,17
9	Pintar con monopol nitrolac	C	5	15	6	0,433	T	1,6	0,52	0,69	1,21
Total								3,7	4,2	7,9	



Materiales/Insumos:

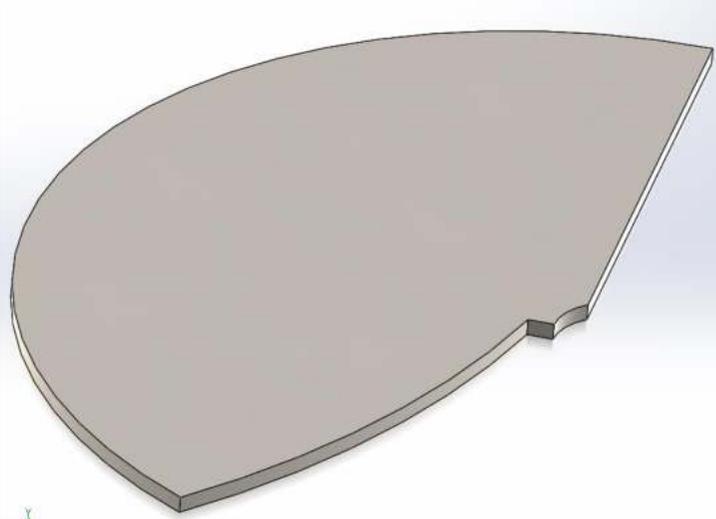
Sumatoria de Costos:

No.	Materiales/Insumo:	Unidad:	Costo/Un[\$us]	Cantida	Total
1	Electrodo AW E-312 (insumo)	kg	2,57	0,5	1,29
2	Disco de amolar (insumo)	Unidad	3,57	0,5	1,79
3	Disco de esmerilar (insumo)	Unidad	25,71	0,01	0,257
4	Plancha 1500x3000x3,5[mm] AISI304 (material)	Unidad	54,6	0,04	2,18
5	Juego de Brocas (insumo)	Paquete	21,43	0,2	4,29
6	Recubrimiento Surface v Pintura (insu)	Galón	17,14	0,1	1,71
7	Hilo de acero inox	Unidad	9,3	2,0	18,6

Lista de Costos:	P/C Pieza:	P/todas pzas.
Costo de Mano de Obra:	3,7	7,4
Costo de Materiales	20,8	41,6
Costo de Maq. y Herrtas.:	4,2	8,4
Costo de Insumos:	4,67	9,34
Total Costos	33,4	66,8

 U.M.S.A. Ingeniería MEC-ELM		HOJA DE PROCESOS		Sistema	Subsistema		Peso Bruto	Peso Neto	Costo de Maquina Herramienta:						
		PROYECTO: Diseño de una Máquina mezcladora y revocadora de Mortero		Mezcladora	Contenedor de mezcla		40.3 kg	6.30 kg	Arco Eléctrico ⁶⁴ 3,0 \$us/h Granete 0,3 \$us/h Compresor: 1,6 \$us/h Regla: 0,3 \$us/h Amoladora: 1,56 \$us/h Flexo: 0,3 \$us/h Taladro: 2,5 \$us/h Esmeril 1,5 \$us/h rayador: 0,3 \$us/h						
Proceso	Máquina- Herramienta		Máquina herramienta	Tiempo de preparación [min]	Tiempo de eje [min]	Tiempo acabado por pza. [min]	Tiempo tot. p/ todas las piezas.[hra]	Tipo Mano de Obra	Costo/h Máquina, Herramienta:	Costo de M.O. por proceso [\$us]	Costo de herr. por proceso[\$us]	Costo total por pieza[\$us]			
	E: Esmeril X: Arco Elt. R: Regla C: Compresor r: rayador t: Taladro P: Granete F: Flexometro a: Amoladora														
Descripción															
1	Medir longitudes en plancha acero		F	3	5	2	0,167	A	0,3	0,17	0,05	0,22			
2	Trazar en perfil de acero		r	3	3	2	0,133	A	0,3	0,13	0,04	0,17			
3	Cortar con amoladora		a	3	20	2	0,417	A	0,3	0,42	0,13	0,54			
4	Puntos con arco plancha de acero		X	5	3	2	0,167	S	3,0	0,17	0,50	0,67			
5	Esmerilar soldadura para acabado		E	5	10	2	0,283	A	1,5	0,28	0,43	0,71			
6	Perforar el perfil con broca 3/4"		t	5	10	2	0,283	T	2,5	0,58	0,71	1,29			
7	Trazar hueco inferior en cilindro		r	3	3	2	0,133	A	0,3	0,48	0,04	0,52			
8	Cortar con amoladora		a	3	8	2	0,217	A	1,56	0,50	0,34	0,84			
9	Soldar tapa superior a cilindro		X	3	10	4	0,283	S	3,0	0,52	0,85	1,37			
									Total	3,25	3,08	6,32			
Materiales/Insumos:													Sumatoria de Costos:		
No.	Materiales/Insumo:		Unidad:	Costo/Un[\$us]	Cantida	Total			Lista de Costos:	P/C Pieza:	P/todas pzas.				
1	Electrodo AW E-312 (insumo)		kg	2,57	0,3	0,77			Costo de Mano de Obra	3,3	3,3				
2	Juego de brocas		Paquete	21,43	0,3	6,43			Costo de Materiales	18,9	18,9				
3	Disco de amolar (insumo)		Unidad	3,57	0,3	1,07			Costo de Máq. y Herrtas.	3,1	3,1				
4	Disco de Esmerilar(insumo)		Unidad	25,71	0,05	1,29			Costo de insumos	13,0	13,0				
5	Plancha1500x300x3,5mm AISI304 (mat.		Unidad	54,6	0,25	13,7			Total Costos	38,3	38,3				
6	Recubrimiento Surface y Pintura(ins.)		Galón	17,14	0,2	3,43									
7	Plancha1500x3000x3[mm] AISI304(mat)		Unidad	52,4	0,1	5,24									
8															

 U.M.S.A. Ingeniería MEC-ELM		HOJA DE PROCESOS		Sistema Mezcladora	Subsistema Base	Peso Bruto 40,3 kg	Peso Neto 3,10 kg	Costo de Máquina Herramienta:								
PROYECTO: Diseño de una Máquina mezcladora y revocadora de Mortero		Nombre de parte Base de Recipiente contenedor Inferior	Material AISI 304	Costo Material Sus/pza 24,2	Mano de Obra			Arco Eléctrico 3,0 \$us/h Compresor: 1,6 \$us/h Regla: 0,3 \$us/h Amoladora: 1,56 \$us/h Flexo: 0,3 \$us/h Taladro: 2,5 \$us/h Granete 0,3 \$us/h rayador: 0,3 \$us/h Esmeril 1,5 \$us/h								
		Nº de plano BRC-MEZ-004	Nº de piezas 1	Costo 168,4 Bs	T: técnico 2,5 Sus/h A:ayudante 1,2 Sus/h I:ingeniero 3,0 Sus/h S:soldador 2,5 Sus/h											
Proceso	Máquina- Herramienta E: Esmeril X: Arco Elt. R: Regla C: Compresor r: rayador t: Taladro G: Granete F: Flexómetro a:Amoladora		Máquina herramienta	Tiempo de preparación[min]	Tiempo de eje [min]	Tiempo acabado por pza. [min]	Tiempo tot. p/ todas las pzs.[h]	Tipo Mano de Obra	Costo/h Máquina, Herramienta:	Costo de M.O. por proceso [\$us]	Costo de herr. por proceso[\$us]	Costo total por pieza[\$us]				
	Descripción															
1	Medir longitudes en plancha inox.		F	5	8	4	0,283	A	0,3	0,3	0,09	0,51				
2	Trazar longitudes en plancha inox.		r	5	3	4	0,20	A	0,3	0,2	0,06	0,36				
3	Cortar con amoladora		a	5	12	4	0,350	A	1,56	0,4	0,55	0,97				
4	Trazar hoyo desalida en plancha		r	5	3	4	0,20	A	0,3	0,2	0,06	0,36				
5	Cortar con amoladora		a	5	12	4	0,350	A	1,56	0,4	0,55	0,97				
6	Esmerilar soldadura y partes curvas para acabado		E	5	20	4	0,483	T	1,5	1,2	0,73	1,45				
7	Pulir la pieza para acabado		E	5	20	4	0,483	T	1,5	1,2	0,73	1,45				
8	Taladrar pasante		t	5	3	4	0,20	T	2,5	0,5	0,30	0,74				
									Total	4,58	3,05	7,62				
Materiales/Insumos:												Sumatoria de Costos:				
No.	Materiales/Insumo:		Unidad:	Costo/Un[\$us]	Cantidad:	Total	Lista de Costos:		P/C Pieza:	P/todas pzas.						
1	Juego de brocas		Paquete	21,43	0,1	2,14	Costo de Mano de Obra:		4,5	4,5						
2	Disco de amolar (insumo)		Unidad	3,57	0,5	1,79	Costo de Materiales		12,5	12,5						
3	Disco de corte (insumo)		Unidad	25,71	0,01	0,26	Costo de Máq. y Herrtas.:		3,0	3,0						
4	Plancha de Acero 2000x1000 x5[mm] AISI 304		Unidad	83,3	0,15	12,5	Costo de Insumos:		4,19	4,19						
5							Total Costos		24,2	24,2						
6																
7																

 U.M.S.A. Ingeniería MEC-ELM		HOJA DE PROCESOS		Sistema Mezcladora	Subsistema Base de Descarga	Peso Bruto 40,3 kg	Peso Neto 0,350 kg	Costo de Máquina Herramienta:								
PROYECTO: Diseño de una Máquina mezcladora y revocadora de Mortero		Nombre de parte Compuerta para la descarga de Mortero		Material AISI 304	Costo Material Sus/pza 11,41	Mano de Obra		Arco Eléctrico 3,0 \$us/h Compresor: 1,6 \$us/h Regla: 0,3 \$us/h Amoladora: 1,56 \$us/h Flexo: 0,3 \$us/h Taladro: 2,5 \$us/h Granete 0,3 \$us/h rayador: 0,3 \$us/h Esmeril 3 \$us/h								
		Nº de plano COM-MEZ-005	Nº de piezas 1	Costo 79,4 Bs		T: técnico 2,5 Sus/h A:ayudante 1,2 Sus/h I:ingeniero 3,0 Sus/h S:soldador 2,5 Sus/h										
Proceso	Máquina- Herramienta E: Esmeril X: Arco Elt. R: Regla C: Compresor r: rayador t: Taladro G: Granete F: Flexómetro a:Amoladora		Máquina herramienta	Tiempo de preparación[min]	Tiempo de eje [min]	Tiempo acabado por pza. [min]	Tiempo tot. p/ todas las pzs.[h]	Tipo Mano de Obra	Costo/h Máquina, Herramienta:	Costo de M.O. por proceso [\$us]	Costo de herr. por proceso[\$us]	Costo total por pieza[\$us]				
	Descripción															
1	Medir longitudes en plancha inox.		F	5	8	4	0,283	A	0,3	0,3	0,09	0,43				
2	Trazar longitudes en plancha inox.		r	5	3	4	0,2	A	0,3	0,2	0,06	0,30				
3	Cortar con amoladora		a	5	12	4	0,35	A	1,56	0,4	0,55	0,97				
4	Trazar detalles en plancha		r	5	3	4	0,2	A	0,3	0,2	0,06	0,30				
5	Cortar detalles con amoladora		a	5	12	4	0,35	A	1,56	0,4	0,55	0,97				
6	Esmerilar detalles para acabado		E	5	20	4	0,483	T	1,5	1,2	0,73	1,93				
									Total	2,87	2,02	4,89				
Materiales/Insumos:													Sumatoria de Costos:			
No.	Materiales/Insumo:		Unidad:	Costo/Un[\$us]		Cantidad:	Total		Lista de Costos:		P/C Pieza:	P/todas pzas.				
1	Disco de corte (insumo)		Unidad	3,57		0,3	1,07		Costo de Mano de Obra:		2,87	2,87				
2	Disco de amolar (insumo)		Unidad	25,71		0,05	1,28		Costo de Materiales		4,17	4,17				
3	Plancha de Acero 2000x1000 x5[mm] AISI 304		Unidad	83,3		0,05	4,17		Costo de Máq. Y herramientas		2,02	2,02				
4									Costo de Insumos:		2,35	2,35				
5									Total Costos		11,41	11,41				
6																
7																
8																



U.M.S.A.
Ingeniería
MEC.ELM

HOJA DE PROCESOS

PROYECTO:
Diseño de una
Máquina
mezcladora y
revocadora de
Mortero

Nombre de parte
Manivela de la
Compuerta

Nº de plano
MAN-MEZ-006

Material
AISI 304

Nº de piezas
1

Costo Material
Bs/pza
11,9 Sus

Costo
82,8 Bs

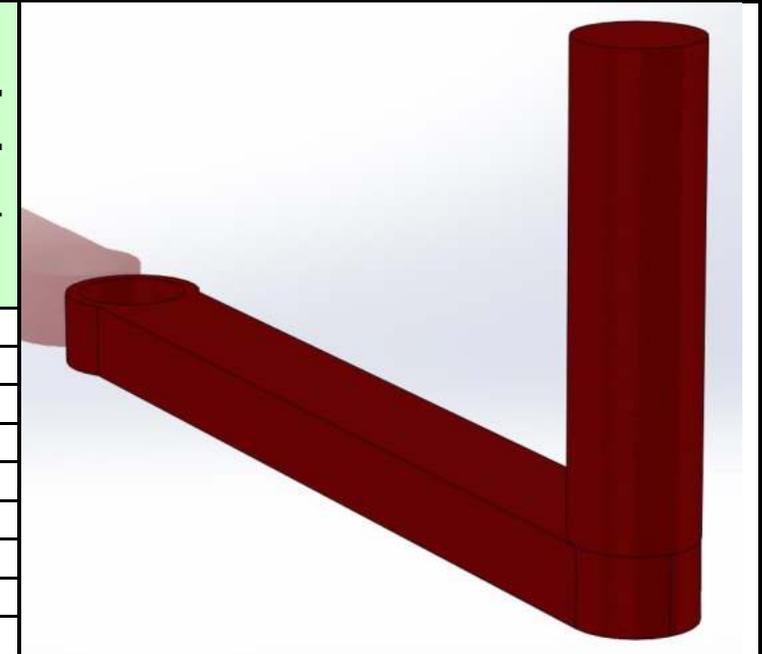
Peso Bruto
0,612 kg

Peso Neto
0,27 kg

Costo de Máquina Herramienta:

Compresor: 1,6 \$us/h Torno: 3,5 \$us/h
Sierra mecánica 1 \$us/h Flexo: 0,6 \$us/h
Regla: 0,3 \$us/h Esmeril 3 \$us/h
rayador: 0,6 \$us/h

Proceso	Máquina- Herramienta	Máquina herramienta	Tiempo de preparación [min]	Tiempo de eje [min]	Tiempo acabado por pza. [min]	Tiempo tot. p/ todas las piezas. [hra]	Tipo Mano de Obra	Costo/h Máquina, Herramienta:	Costo de M.O. por proceso [\$us]	Costo de herr. por proceso [\$us]	Costo total por pieza [\$us]
	Descripción										
	E: Esmeril R: Regla C: Compresor r: rayador F: Flexómetro To: Torno S: Sierra mecánica										
1	Medir longitudes del eje de acero	F	3	3	3	0,150	A	0,3	0,2	0,05	0,23
2	Trazar forma en el eje de acero	r	3	3	3	0,150	A	0,3	0,2	0,05	0,23
3	Cortar con sierra mecánica	S	3	10	5	0,300	A	1,0	0,4	0,30	0,66
4	Tornear el eje y manubrio	To	6	20	20	0,767	T	3,5	1,9	2,68	4,60
5	Medir diámetro en el eje	R	2	5	6	0,217	A	0,3	0,3	0,07	0,33
6	Marcar ranuras en el eje	r	2	5	3	0,167	A	0,3	0,2	0,05	0,25
7	Tornear el hueco pasante interior	E	3	8	6	0,283	T	1,5	0,7	0,43	1,13
8	Pintar con nitrolac y compresora	C	3	2	5	0,167	T	1,6	0,4	0,27	0,68
							Total	4,22	3,88	8,10	

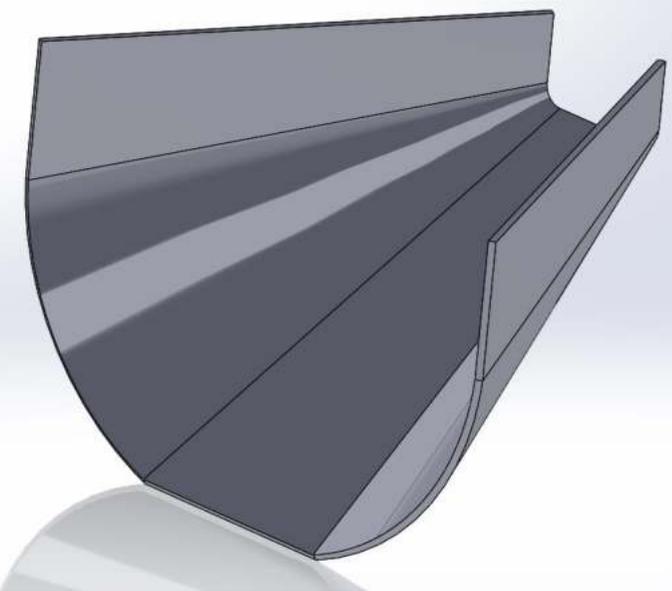


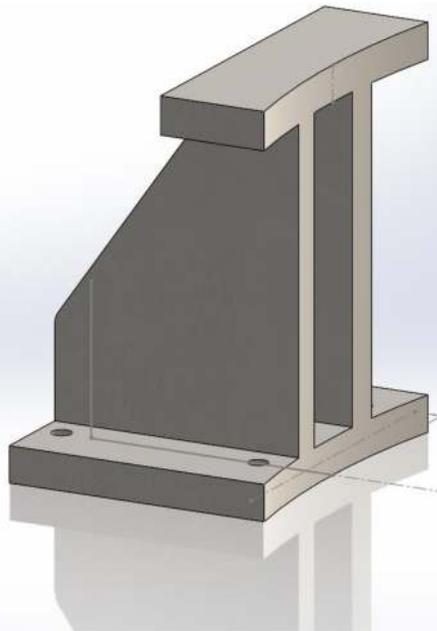
Materiales/Insumos:

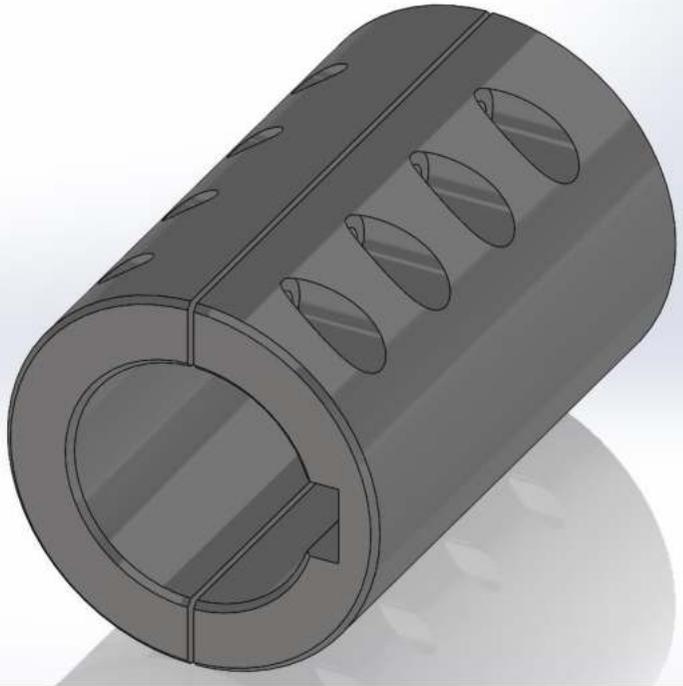
No.	Materiales/Insumo:	Unidad:	Costo/Un[\$us]	Cantidad:	Total
1	Cuchilla de Torno (insumo)	Unidad	4,3	0,3	1,3
2	Barra de Acero inoxidable A304 espesor de 1pulgx1m	Unidad	20,1	0,08	1,6
3	Hoja de sierra mecánica (insumo)	Unidad	1	0,05	0,05
4	Disco de Esmerilar(insumo)	Unidad	25,7	0,03	0,77
5	Recubrimiento Surface y Pintura(ins.)	Galón	17,1	0,01	0,17
6					

Sumatoria de Costos:

Lista de Costos:	P/C Pieza:	P/todas pzas.
Costo de Mano de Obra	4,2	4,2
Costo de Materiales	1,6	1,6
Costo de Maq. y Herrtas.	3,8	3,8
Costo de Insumos	2,3	2,3
Total Costos	11,9	11,9

 U.M.S.A. Ingeniería MEC-ELM		HOJA DE PROCESOS		Sistema Mezcladora	Subsistema Descarga de mortero	Peso Bruto 40,3 kg	Peso Neto 0,250 kg	Costo de Máquina Herramienta: Arco Eléctrico 3,0 \$us/h Plegadora 2,0 \$us/h Compresor: 1,6 \$us/h Regla: 0,3 \$us/h Amoladora: 1,56 \$us/h Flexo: 0,3 \$us/h Taladro: 2,5 \$us/h Granete 0,3 \$us/h rayador: 0,3 \$us/h Esmeril 1,5 \$us/h								
PROYECTO: Diseño de una Máquina mezcladora y revocadora de Mortero		Nombre de parte Salida en la descarga de Mortero	Material AISI 304	Costo Material Bs/pza 8,9	Mano de Obra T: técnico 2,5 Sus/h A:ayudante 1,2 Sus/h I:ingeniero 3,0 Sus/h S:soldador 2,5 Sus/h											
		Nº de plano SDM-MEZ-007	Nº de piezas 1	Costo 61,9 Bs												
Proceso	Máquina- Herramienta E: Esmeril X: Arco Elt. R: Regla C: Compresor r: rayador t: Taladro G: Granete F: Flexómetro a:Amoladora P: Plegadora		Máquina herramienta	Tiempo de preparación[min]	Tiempo de eje [min]	Tiempo acabado por pza. [min]	Tiempo tot. p/ todas las pzs.[h]	Tipo Mano de Obra	Costo/h Máquina, Herramienta:	Costo de M.O. por proceso [\$us]	Costo de herr. por proceso[\$us]	Costo total por pieza[\$us]				
	Descripción															
1	Medir longitudes en plancha inox.		F	5	8	4	0,283	A	0,3	0,18	0,09	0,27				
2	Trazar longitudes en plancha inox.		r	5	3	4	0,200	A	0,3	0,18	0,06	0,24				
3	Cortar con amoladora		a	5	12	4	0,350	A	1,56	0,36	0,55	0,91				
4	Trazar plegado en plancha		r	5	3	4	0,200	A	0,3	0,92	0,06	0,98				
5	Cortar con amoladora		a	5	12	4	0,350	A	1,56	0,26	0,55	0,81				
6	Curvar las longitudes		P	5	15	4	0,400	T	2,0	0,42	0,80	1,22				
7	Esmerilar soldadura para acabado		E	5	20	4	0,483	T	0,5	0,71	0,24	0,95				
8	Pulir la pieza para acabado		E	5	20	4	0,483	T	0,5	0,42	0,24	0,66				
									Total	3,44	2,58	6,02				
Materiales/Insumos:												Sumatoria de Costos:				
No.	Materiales/Insumo:		Unidad:	Costo/Un[\$us]	Cantidad:	Total			Lista de Costos:		P/C Pieza:	P/todas pzas.				
1	Plancha1500x3000x2[mm] AISI304(mat)		Unidad	52,4	0,05	2,62			Costo de Mano de Obra:		3,44	3,44				
2	Disco de amolar (insumo)		Unidad	3,57	0,02	0,07			Costo de Materiales		2,62	2,62				
3	Disco de corte (insumo)		Unidad	25,71	0,01	0,26			Costo de Máq. y Herrtas.:		2,58	2,58				
4									Costo de Insumos:		0,33	0,33				
5									Total Costos		8,9	8,9				
6																
7																
8																

 U.M.S.A. Ingeniería MEC-ELM		HOJA DE PROCESOS		Sistema Estructural		Subsistema Sustentación		Peso Bruto 2 kg		Peso Neto 1,38 kg		Costo de Máquina Herramienta:			
PROYECTO: Diseño de una Máquina mezcladora y revocadora de Mortero		Nombre de parte Orejera de sostenimiento para mezcladora		Material AISI 304		Costo Material Sus/pza 47,0		Mano de Obra				Regla: 0,3 \$us/h Compresor: 1,6 \$us/h Torno 3,5 \$us/h Esmeril: 1,5 \$us/h Flexo 0,3 \$us/h Taladro: 2,5 \$us/h rayador: 0,3 \$us/h Calibrador: 0,1 \$us/h			
		Nº de plano OSM-MEZ-008		Nº de piezas 2		Costo 327 Bs		T: técnico 2,5 Sus/h A:ayudante 1,2 Sus/h I:ingeniero 3,0 Sus/h S:soldador 2,5 Sus/h							
Proceso	Máquina- Herramienta E: Esmeril C: Compresor R: Regla t: Taladro r: rayador F: Flexómetro To: Torno Ca: Calibrador		Máquina herramienta	Tiempo de preparación [min]	Tiempo de eje [min]	Tiempo acabado por pza. [min]	Tiempo tot. p/ todas las piezas.[hra]	Tipo Mano de Obra	Costo/h Máquina, Herramienta:	Costo de M.O. por proceso [\$us]	Costo de herr. por proceso[\$us]	Costo total por pieza[\$us]			
	Descripción														
1	Medir longitudes queso de acero		F	3	5	3	0,183	A	0,3	0,22	0,06	0,28			
2	Trazar forma en queso de acero		r	4	5	3	0,200	A	0,3	0,24	0,06	0,30			
3	Tornear queso de acero		To	5	60	35	1,833	T	3,5	4,58	6,42	11,00			
4	Medir orificios		R	3	4	3	0,167	A	0,3	0,2	0,05	0,25			
5	Marcar orificios		r	3	6	3	0,200	A	0,3	0,24	0,06	0,30			
6	Taladrar en orificios marcados		t	3	15	8	0,433	T	3,0	1,08	1,30	2,38			
7	Medir orificios en la pieza torneada		Ca	3	4	3	0,167	T	0,1	0,42	0,02	0,43			
8	Esmerilar parte curvada- acabado		E	5	20	4	0,483	T	0,5	1,21	0,24	1,45			
									Total	8,19	8,20	16,39			
Materiales/Insumos:													Sumatoria de Costos:		
No.	Materiales/Insumo:		Unidad:	Costo/Un[\$us]	Cantidad:	Total					Lista de Costos:	P/C Pieza:	P/todas pzas.		
1	Cuchilla de Tornear (insumo)		Unidad	4,3	0,5	2,15					Costo de Mano de Obra	8,2	16,4		
2	Queso de Acero D.146 L.100 [mm] AISI 304 (material)		Unidad	8,57	0,5	4,28					Costo de Materiales	4,28	8,57		
3	Juego de Brocas(insumo)		Paquete	21	0,01	0,02					Costo de Máq. y Herrtas.	8,2	16,4		
4	Disco de Esmerilar(insumo)		Unidad	25,7	0,02	0,51					Costo de Insumos	2,86	5,6		
5	Brocas -carburo de tungsteno (insumo) Insertos Mitsubishi vp10rt		Paquete	5,7	0,2	1,14					Total Costos	23,54	47,0		
6															

 U.M.S.A. Ingeniería MEC-ELM		HOJA DE PROCESOS		Sistema Mezcladora		Subsistema Entrada de material		Peso Bruto 40.3 kg		Peso Neto 0.290 kg		Costo de Máquina Herramienta:						
PROYECTO: Diseño de una Máquina mezcladora y revocadora de Mortero		Nombre de parte Acoplamiento para motor superior		Material AISI 304		Costo Material Sus/pza 24,4		Mano de Obra				Arco Eléctrico; 3,0 \$us/h Compresor: 1,6 \$us/h Regla: 0,3 \$us/h Amoladora: 1,56 \$us/h Torno: 3,5 \$us/h Taladro: 2,5 \$us/h Granete 0,3 \$us/h rayador: 0,3 \$us/h Esmeril 1,5 \$us/h						
		Nº de plano PLS-MEZ-009		Nº de piezas 2		Costo 169,8 Bs		T: técnico 2,5 Sus/h A:ayudante 1,2 Sus/h I:ingeniero 3,0 Sus/h S:soldador 2,5 Sus/h										
Proceso	Máquina- Herramienta E: Esmeril X: Arco Elt. R: Regla C: Compresor r: rayador t: Taladro G: Granete F: Flexómetro a:Amoladora		Máquina herramienta	Tiempo de preparación [min]	Tiempo de eje [min]	Tiempo acabado por pza. [min]	Tiempo tot. p/ todas las pzs.[h]	Tipo Mano de Obra	Costo/h Máquina, Herramienta:	Costo de M.O. por proceso [\$us]	Costo de herr. por proceso[\$us]	Costo total por pieza[\$us]						
	Descripción																	
1	Medir longitudes en plancha inox.		F	4	4	2	0,167	A	0,3	0,2	0,05	0,25						
2	Medir longitudes de acero		F	4	4	2	0,167	A	0,3	0,2	0,05	0,25						
3	Trazar en queso de acero		r	4	3	4	0,183	A	0,3	0,22	0,06	0,28						
4	Cortar con amoladora		a	4	4	2	0,167	A	1,56	0,2	0,26	0,46						
5	Tornear D. interno queso de acero		To	4	30	25	0,983	T	3,5	2,46	3,44	5,90						
6	Taladrar en orificios marcados		t	3	8	5	0,267	T	2,5	0,67	0,67	1,33						
7	Marcar orificios de ajuste en acople		E	4	20	4	0,467	T	0,3	1,17	0,14	1,31						
8	Tornear queso de acero		To	4	30	25	0,983	T	3,5	2,46	3,44	5,90						
9	Esmerilar detalles para acabado		E	4	5	4	0,217	T	1,5	0,54	0,33	0,87						
									Total	7,91	8,38	16,29						
Materiales/Insumos:												Sumatoria de Costos:						
No.	Materiales/Insumo:		Unidad:	Costo/Un[\$us]	Cantidad:	Total			Lista de Costos:		P/C Pieza:	P/todas pzas.						
1	Brocas -carburo de tungsteno (insumo) Insertos Mitsubishi vp10rt		Paquete	5,7	0,1	0,57			Costo de Mano de Obra:		7,91	7,91						
2	Disco de amolar (insumo)		Unidad	3,57	0,25	0,89			Costo de Materiales		4,28	4,28						
3	Disco de esmerilar (insumo)		Unidad	25,71	0,01	0,26			Costo de Máq y herrtas.		8,38	8,38						
4	Queso de Acero D.146 L.100 [mm] AISI 304 (material)		Unidad	8,57	0,5	4,28			Costo de Insumos:		3,86	3,86						
5	Juego de Brocas		Paquete	21,43	0,1	2,14			Total Costos		24,40	24,40						
6																		



U.M.S.A.
Ingeniería
MEC.ELM

HOJA DE PROCESOS

PROYECTO:
Diseño de una
Máquina
mezcladora y
revocadora de
Mortero

Nombre de parte
Eje de movimiento
para mezcladora

Nº de plano
EM-MEZ-010

Sistema
Mezcladora

Subsistema
Eje de rotación

Peso Bruto
0,612 kg

Peso Neto
1,08 kg

Material
AISI 304

Costo Material
Sus/pza
16,4

Costo
114,1 Bs

Mano de Obra
T: técnico 2,5 Sus/h
A:ayudante 1,2 Sus/h
I:ingeniero 3,0 Sus/h
S:soldador 2,5 Sus/h

Costo de Máquina Herramienta:

Compresor: 1,6 \$us/h Torno: 3,5 \$us/h
Sierra mecánica 1 \$us/h Flexo: 0,3 \$us/h
Regla: 0,3 \$us/h Esmeril: 1,5 \$us/h
rayador: 0,3 \$us/h

Proceso	Máquina- Herramienta		Máquina herramienta	Tiempo de preparación[min]	Tiempo de eje [min]	Tiempo acabado por pza. [min]	Tiempo tot. p/ todas las piezas.[hra]	Tipo Mano de Obra	Costo/h Máquina, Herramienta:	Costo de M.O. por proceso [\$us]	Costo de herr. por proceso[\$us]	Costo total por pieza[\$us]
	E: Esmeril R: Regla r: rayador To: Torno S: Sierra mecánica	C: Compresor F: Flexómetro										
Descripción												
1	Medir longitudes del eje de acero		F	3	3	3	0,2	A	0,3	0,18	0,05	0,23
2	Trazar forma en el eje de acero		r	3	3	3	0,2	A	0,3	0,18	0,05	0,23
3	Cortar con sierra mecánica		S	3	10	5	0,3	A	1	0,36	0,30	0,66
4	Medir ranura en el eje		R	2	5	6	0,2	A	0,3	0,26	0,07	0,33
5	Marcar ranura longitudinal en eje		r	2	5	3	0,167	A	0,3	0,2	0,05	0,25
6	Tornear ranura longitudinal el eje		To	6	20	20	0,8	T	3,5	1,92	2,68	4,60
7	Esmerilar detalles para acabado		E	2	2	1	0,217	T	1,5	0,21	0,13	0,33
8									Total	3,31	3,31	6,62

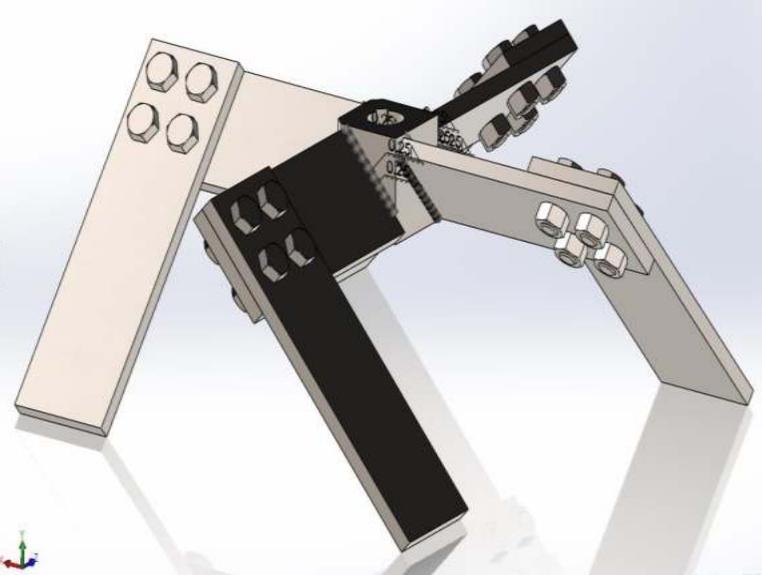


Materiales/Insumos:

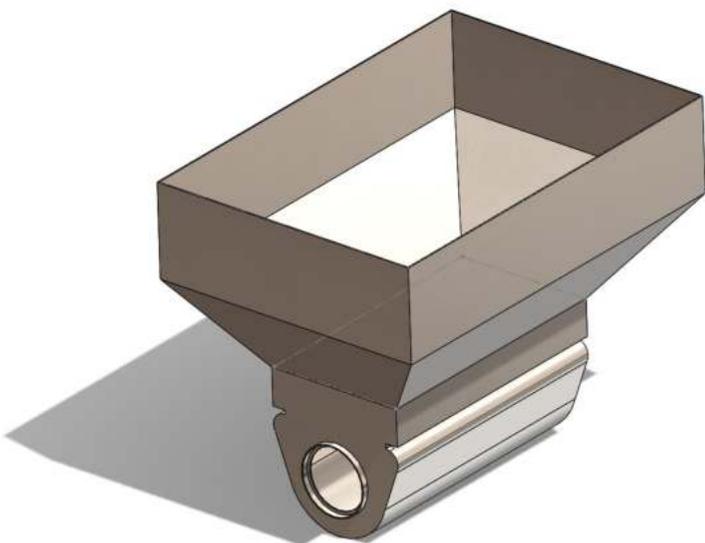
No.	Materiales/Insumo:	Unidad:	Costo/Un[\$us]	Cantidad:	Total
1	Cuchilla de Torno (insumo)	Unidad	4,3	0,3	1,29
2	Eje Circular de Acero inoxidable A304 espesor de 1pulgx1m	Unidad	20,1	0,295	5,93
3	Hoja de sierra mecánica (insumo)	Unidad	1	0,05	0,05
4	Disco de Esmerilar(insumo)	Unidad	25,7	0,03	0,77
5	Brocas -carburo de tungsteno (insumo) Insertos Mitsubishi vp10rt	Paquete	5,7	0,3	1,71

Sumatoria de Costos:

Lista de Costos:	P/C Pieza:	P/todas pzas.
Costo de Mano de Obra	3,3	3,3
Costo de Materiales	5,93	5,93
Costo de Maq. y Herrtas.	3,3	3,3
Costo de Insumos	3,82	3,82
Total Costos	16,4	16,4

 U.M.S.A. Ingeniería MEC-ELM		HOJA DE PROCESOS		Sistema Mezcladora		Subsistema Rotación			Peso Bruto 15 kg		Peso Neto 8,56 kg		Costo de Máquina Herramienta:			
PROYECTO: Diseño de una Máquina mezcladora y revocadora de Mortero		Nombre de parte Rotor de paletas mezcladoras batidor		Material AISI 304		Costo Material 45,3Sus/pza		Mano de Obra				Arco Eléctrico 3,0 \$us/h Torno 3,5 \$us/h Compresor: 1,6 \$us/h Regla: 0,3 \$us/h Amoladora: 1,56 \$us/h Flexo 0,3 \$us/h Taladro: 2,5 \$us/h Esmeril 1,5 \$us/h rayador 0,3 \$us/h				
		Nº de plano ROT-MEZ-(011-013)		Nº de piezas 1		Costo 315,2 Bs		T: técnico 2,5 Sus/h A:ayudante 1,2 Sus/h I:ingeniero 3,0 Sus/h S:soldador 2,5 Sus/h								
Proceso	Máquina- Herramienta E: Esmeril X: Arco Elt. R: Regla C: Compresor r: rayador t: Taladro To: Torno F:Flexometro a:Amoladora		Máquina herramienta	Tiempo de preparación[min]	Tiempo de eje [min]	Tiempo acabado por pza. [min]	Tiempo tot. p/ todas las piezas.[hra]	Tipo Mano de Obra	Costo/h Máquina, Herramienta:	Costo de M.O. por proceso [\$us]	Costo de herr. por proceso[\$us]	Costo total por pieza[\$us]				
	Descripción															
1	Medir longitudes en plancha		F	3	4	3	0,167	A	0,3	0,2	0,05	0,25				
2	Medir sección en queso de acero		F	3	4	3	0,167	A	0,3	0,2	0,05	0,25				
3	Tornear el eje interno del cubo		To	2	25	5	1,367	T	3,5	3,42	4,78	8,20				
4	Cortar con amoladora plancha		a	3	6	6	0,250	A	0,3	0,3	0,08	0,38				
5	Medir orificios en plancha		R	3	8	3	0,233	A	0,3	0,28	0,07	0,35				
6	Marcar Orificios pasantes		r	3	3	3	0,150	A	0,3	0,18	0,05	0,23				
7	Taladrar en orificios marcados		t	5	10	3	0,300	A	2,5	0,36	0,75	1,11				
8	Soldar plancha con plancha		X	6	18	6	0,500	S	3,0	1,25	1,50	2,75				
9	Soldar plancha con cubo macizo		X	8	10	6	0,400	S	3,0	1,00	1,20	2,20				
10	Esmerilar detalles para acabado		E	2	2	1	0,083	T	1,5	0,21	0,13	0,33				
									Total	7,00	8,55	15,54				
Materiales/Insumo												Sumatoria de Costos:				
No.	Materiales/Insumo:		Unidad:	Costo/Un[\$us]	Cantidad:	Total			Lista de Costos:		P/C Pieza:	P/todas pzas.				
1	Electrodo AW E-312 (insumo)		kg	3,57	0,5	1,79			Costo de Mano de Obra		7,1	7,1				
2	Disco de Esmerilar y pulir(insumo)		Unidad	25,7	0,1	2,57			Costo de Materiales		20,8	20,8				
3	Cuchilla de torno (insumo)		Unidad	4,3	0,1	0,43			Costo de Maq. y Herrtas.		8,6	8,6				
4	Disco de amolar (insumo)		Unidad	2,9	0,2	0,58			Costo de Insumos		8,8	8,8				
5	Brocas -carburo de tungsteno (insumo)		Paquete	17,1	0,2	3,42			Total Costos		45,3	45,3				
6	Plancha de Acero 2000x1000 x5[mm] AISI 304		Unidad	83,3	0,5	20,83										

 U.M.S.A. Ingeniería MEC-ELM		HOJA DE PROCESOS		Sistema	Subsistema	Peso Bruto	Peso Neto	Costo de Máquina Herramienta:				
		PROYECTO: Diseño de una Máquina mezcladora y revocadora de Mortero		Transporte	Almacenaje	kg	11,80 kg	Arco Eléctrico: 3,0 \$us/h Compresor: 1,6 \$us/h Regla: 0,3 \$us/h Amoladora: 1,56 \$us/h Flexo: 0,3 \$us/h Plegadora: 2,0 \$us/h Plegadora: 2,0 \$us/h rayador: 0,3 \$us/h Esmeril 1,5 \$us/h				
		Nombre de parte	Material	Costo Material	Mano de Obra							
		Tolva para almacenamiento	AISI 304	68,2 Sus/pza	T: técnico 2,5 Sus/h							
		Nº de plano	Nº de piezas	Costo	A:ayudante 1,2 Sus/h							
		TOA-EST-001	1	474,2 Bs	I:ingeniero 3,0 Sus/h							
					S:soldador 2,5 Sus/h							
Proceso	Máquina- Herramienta		Máquina herramienta	Tiempo de preparación [min]	Tiempo de eje [min]	Tiempo acabado por pza. [min]	Tiempo tot. p/ todas las piezas.[hra]	Tipo Mano de Obra	Costo/h Máquina, Herramienta:	Costo de M.O. por proceso [\$us]	Costo de herr. por proceso[\$us]	Costo total por pieza[\$us]
	R: Regla r: rayador a:Amoladora F:Flexometro	X: Arco Elt. C:Compresor P:Plegadora E: Esmeril										
Descripción												
1	Medir longitudes en la plancha		F	5	3	3	0,2	A	0,3	0,22	0,06	0,28
2	Trazar forma en la plancha		r	5	3	3	0,2	A	0,3	0,22	0,06	0,28
3	Cortar con amoladora		a	5	10	6	0,35	A	1,56	0,42	0,55	0,97
4	Medir radios de la base inferior		R	5	4	5	0,2	A	0,3	0,28	0,07	0,35
5	Doblar plancha en forma circular		P	5	20	5	0,417	T	2,0	1,25	1,00	2,25
6	Plegar la parte que va al soporte		P	5	20	7	0,533	S	2,0	1,33	1,07	2,40
7	Soldar las partes de la plancha		X	5	20	10	0,533	S	3,0	1,46	1,75	3,21
8	Afinar acabado con esmeril		E	10	15	18	0,717	A	1,5	0,86	1,08	1,94
9												
									Total	6,04	5,62	11,66
Materiales/Insumos:												
No.	Materiales/Insumo:		Unidad:	Costo/Uni[\$us]	Cantidad:	Total	Sumatoria de Costos:					
1	Disco de amolar corte (insumo)		Unidad	3,6	0,1	0,4	Lista de Costos:		P/C Pieza:	P/todas pzas.		
2	Plancha de acero inoxidable de 1,5x3 mts e=2 [mm] AISI 304 (material)		Unidad	48,3	1,1	53,1	Costo de Mano de Obra		6,0	6,0		
3	Electrodo AW E-312 (insumo)		kg	3,57	0,5	1,79	Costo de Materiales		53,1	53,1		
4	Disco de Esmerilar (insumo)		Unidad	25,7	0,05	1,3	Costo de Maq. y Herrtas.		5,6	5,6		
5							Costo de Insumos		3,49	3,49		
6							Total Costos		68,2	68,2		





U.M.S.A.
Ingeniería
MEC-ELM

HOJA DE PROCESOS

PROYECTO:
Diseño de una
Máquina
mezcladora y
revocadora de
Mortero

Nombre de parte
Placa base soldada
a la tolva

Nº de plano
PLB-TRAN-002

Sistema
Transporte

Subsistema
Base soldada a tolva

Peso Bruto
kg

Peso Neto
1,03 kg

Material
AISI 304

Costo Material
11,6 Sus/pza

Nº de piezas
1

Costo
80,7 Bs

Mano de Obra
T: técnico 2,5 Sus/h
A:ayudante 1,2 Sus/h
I:ingeniero 3,0 Sus/h
S:soldador 2,5 Sus/h

Costo de Máquina Herramienta:

Compresor: 1,6 \$us/h Granete 0,3 \$us/h
Amoladora: 1,56 \$us/h Flexo: 0,3 \$us/h
Taladro: 2,5 \$us/h Esmeril 1,5 \$us/h
rayador: 0,3 \$us/h Regla: 0,3 \$us/h

Proceso	Máquina- Herramienta		Máquina herramienta	Tiempo de preparación[min]	Tiempo de eje [min]	Tiempo acabado por pza. [min]	Tiempo tot. p/ todas las piezas.[hra]	Tipo Mano de Obra	Costo/h Máquina, Herramienta:	Costo de M.O. por proceso [\$us]	Costo de herr. por proceso[\$us]	Costo total por pieza[\$us]
	E: Esmeril R: Regla r: rayador P: Granete a:Amoladora	C: Compresor t: Taladro F: Flexometro										
Descripción												
1	Medir longitudes en plancha		F	2	3	2	0,117	A	0,3	0,14	0,04	0,18
2	Trazar forma en plancha		r	2	3	2	0,117	A	0,3	0,14	0,04	0,18
3	Cortar con amoladora		a	5	6	3	0,233	A	1,56	0,28	0,36	0,64
4	Medir orificios		R	3	4	3	0,167	A	0,3	0,20	0,05	0,25
5	Marcar Orificios		r	3	4	3	0,167	A	0,3	0,20	0,05	0,25
6	Taladrar en orificios marcados		t	5	15	3	0,383	T	2,5	0,96	0,96	1,92
7	Esmerilar para acabado		C	3	4	3	0,167	T	1,5	0,42	0,25	0,67
8									Total	2,34	1,74	4,08
9												



Materiales/Insumos:					
No.	Materiales/Insumo:	Unidad:	Costo/Un[\$us]	Cantidad:	Total
1	Disco de amolar (insumo)	Unidad	2,9	0,1	0,3
2	Plancha de acero inoxidable de 1,5x3 mts espesor 2 [mm] AISI 304 (mate.)	Unidad	48,3	0,10	4,8
3	Juego de Brocas(insumo)	Paquete	17	0,10	2
4	Disco de Esmerilar(insumo)	Unidad	25,7	0,02	0,51
5					

Sumatoria de Costos:		
Lista de Costos:	P/C Pieza:	P/todas pzas.
Costo de Mano de Obra	2,3	2,3
Costo de Materiales	4,8	4,8
Costo de Maq. y Herrtas.	1,7	1,7
Costo de Insumos	2,81	2,81
Total Costos	11,6	11,6



U.M.S.A.
Ingeniería
MEC-ELM

HOJA DE PROCESOS

PROYECTO:
Diseño de una
Máquina
mezcladora y
revocadora de
Mortero

Nombre de parte
Base fija para
la tolva

Nº de plano
BDT-EST-(003-004)

Sistema
Estructural

Subsistema
Sustentación

Peso Bruto
kg

Peso Neto
380,4 kg

Material
AISI 1020

**Costo
Material**
22,7 \$us/pza

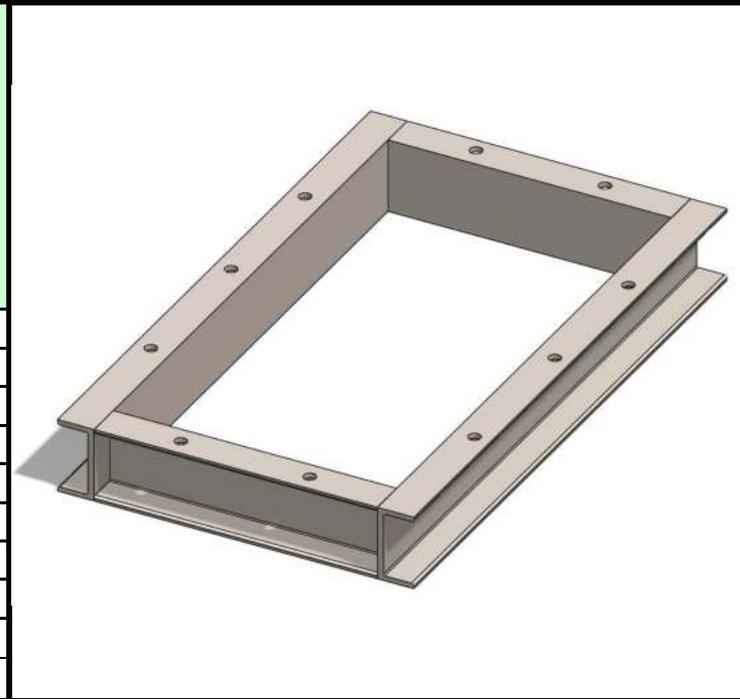
Costo
157,9 Bs

Mano de Obra
T: técnico 2,5 \$us/h
A:ayudante 1,2 \$us/h
I:ingeniero 3,0 \$us/h
S:soldador 2,5 \$us/h

Costo de Máquina Herramienta:

Arco Eléctrico 3,0 \$us/h
Compresor: 1,6 \$us/h
Amoladora: 1,56 \$us/h Regla: 0,3 \$us/h
Taladro: 1,5 \$us/h Flexo: 0,3 \$us/h
rayador 0,3 \$us/h Esmeril 1,5 \$us/h

Proceso	Máquina- Herramienta		Máquina herramienta	Tiempo de preparación [min]	Tiempo de eje [min]	Tiempo acabado por pza. [min]	Tiempo tot. p/ todas las piezas.[hra]	Tipo Mano de Obra	Costo/h Máquina, Herramienta:	Costo de M.O. por proceso [\$us]	Costo de herr. por proceso[\$us]	Costo total por pieza[\$us]
	E: Esmeril R: Regla r: rayador a:Amoladora	X: Arco Elt. C:Compresor t:Taladro F:Flexometro										
Descripción												
1	Medir los perfiles C		F	3	10	5	0,300	A	0,3	0,36	0,09	0,45
2	Trazar en perfiles C		r	3	5	3	0,183	A	0,3	0,22	0,06	0,28
3	Cortar con amoladora		a	10	15	10	0,583	A	0,3	0,70	0,18	0,88
4	Soldar con arco los perfiles		X	10	20	10	0,667	S	3,0	1,67	2,00	3,67
5	Marcar Orificios		r	3	5	3	0,183	A	0,3	0,22	0,06	0,28
6	Taladrar		t	3	8	4	0,250	A	1,5	0,30	0,38	0,68
7	Afinar acabado con esmeril		E	3	5	3	0,183	A	1,5	0,22	0,28	0,50
8	Recubrir con Surface y compreso		C	4	5	3	0,200	T	1,6	0,50	0,32	0,82
9	Pintar con monopol nitrolac		C	4	5	3	0,200	T	1,6	0,50	0,32	0,82
									Total	4,33	3,58	7,90



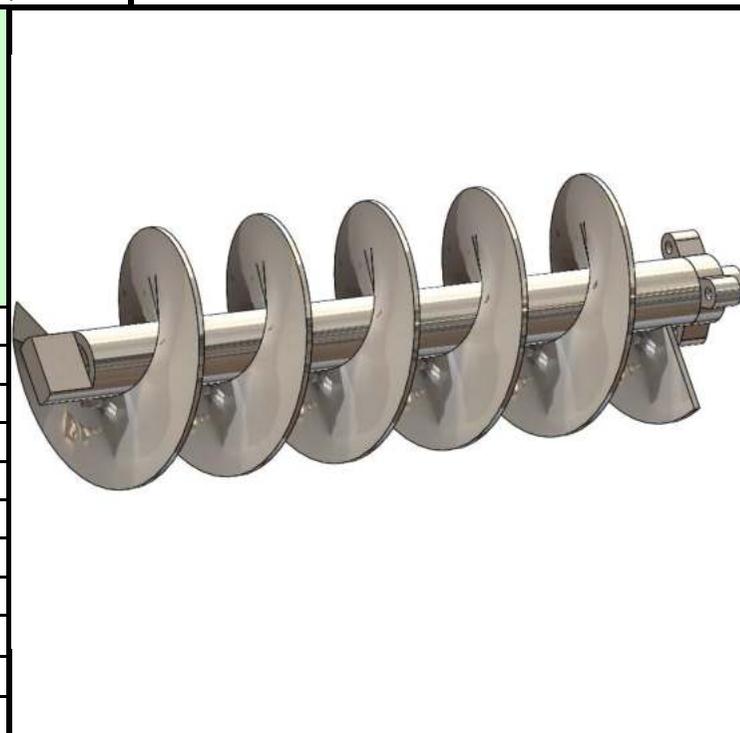
Materiales/Insumos:					
No.	Materiales/Insumo:	Unidad:	Costo/Un[\$us]	Cantidad:	Total
1	Electrodo 6013 (insumo)	kg	2,6	0,5	1,3
2	Disco de Esmerilar(insumo)	Unidad	25,7	0,05	1,3
3	Perfil tipo C AISI 1020 2 metros	Unidad	12,6	1,00	12,6
4	Disco de amolar (insumo)	Unidad	2,83	0,08	0,2
5	Juego de Brocas(insumo)	Paquete	21	0,09	1,8
6	Recubrimiento Surface y Pintura(ins.)	Galón	17,1	0,02	0,34
7	Disolvente (insumo)	Galón	17,1	0,02	0,34

Sumatoria de Costos:		
Lista de Costos:	P/C Pieza:	P/todas pzas.
Costo de Mano de Obra	1,3	1
Costo de Materiales	12,6	12,6
Costo de Maq. y Herrtas.	3,6	3
Costo de Insumos	5,2	5
Total Costos	22,7	22,7



HOJA DE PROCESOS PROYECTO: Diseño de una Máquina mezcladora y revocadora de Mortero		Sistema Transporte		Subsistema Transporte de mortero		Peso Bruto kg		Peso Neto 3,50 kg		Costo de Máquina Herramienta: Arco Eléctrico: 3,0 \$us/h Compresor: 1,6 \$us/h Regla: 0,3 \$us/h Amoladora: 1,56 \$us/h Flexo: 0,3 \$us/h Dobladora: 2,0 \$us/h rayador: 0,3 \$us/h Sierra mecánica: 1,0 \$us/h	
		Nombre de parte Tornillo sin fin para transporte		Material AISI 304		Costo Material 43,3 \$us/pza		Mano de Obra T: técnico 2,5 \$us/h A:ayudante 1,2 \$us/h I:ingeniero 3,0 \$us/h S:soldador 2,5 \$us/h			
Nº de plano TOR-TRAN-003		Nº de piezas 1		Costo 301,3 Bs							

Proceso	Máquina- Herramienta		Máquina herramienta	Tiempo de preparación[min]	Tiempo de eje [min]	Tiempo acabado por pza. [min]	Tiempo tot. p/ todas las piezas.[hra]	Tipo Mano de Obra	Costo/h Máquina, Herramienta:	Costo de M.O. por proceso [\$us]	Costo de herr. por proceso[\$us]	Costo total por pieza[\$us]
	R: Regla r: rayador a:Amoladora F:Flexometro	X: Arco Elt. C:Compresor D:dobladora										
Descripción												
1	Medir long. en plancha y queso		F	3	3	3	0,2	A	0,3	0,18	0,05	0,23
2	Trazar forma circular en plancha		r	3	6	3	0,2	A	0,3	0,24	0,06	0,30
3	Cortar alabes con amoladora		a	4	15	5	0,2	A	1,56	0,48	0,62	1,10
4	Medir tubo hueco de inoxidable		R	3	3	3	0,2	A	0,3	0,18	0,05	0,23
5	Cortar con sierra mecánica tubo		S	3	15	5	0,3	A	1,0	0,46	0,38	0,84
6	Doblar alabes en forma helicoidal		D	4	4	4	0,417	T	2,0	0,50	0,40	0,90
7	Soldar con arco alabes al tubo		X	5	20	7	0,533	S	3,0	1,33	1,60	2,93
8	Tornear extremidades del queso		To	5	25	20	0,8	T	3,5	2,08	2,92	5,00
9	Soldar tubo a las extremidades		X	5	15	7	0,533	S	3,0	1,13	1,35	2,48
10	Afinar acabado con amoladora		a	10	15	7	0,717	A	1,56	0,64	0,83	1,47
Total									6,80	8,15	14,95	



Materiales/Insumos:					
No.	Materiales/Insumo:	Unidad:	Costo/Un[\$us]	Cantidad:	Total
1	Disco de amolar (insumo)	Unidad	3,6	0,1	0,4
2	Plancha1500x3000x3[mm] A304(mat)	Unidad	52,4	0,30	15,72
3	Tubo hueco inoxidable 1-1/2"x2,8 [mm] (material)	Unidad	10,8	0,45	4,86
4	Queso de Acero D.146 L.100 [mm] AISI 304 (material)	Unidad	8,57	0,55	4,71
5	Electrodo AW E-312 y brocas (insumo)	Unidad	2,6	1	2,57

Sumatoria de Costos:		
Lista de Costos:	P/C Pieza:	P/todas pzas.
Costo de Mano de Obra	6,8	6,8
Costo de Materiales	25,29	25,29
Costo de Máq. y Herrtas.	8,2	8,2
Costo de Insumos	2,97	2,97
Total Costos	43,3	43,3

 U.M.S.A. Ingeniería MEC-ELM		HOJA DE PROCESOS		Sistema Rotación	Subsistema Acoplamiento		Peso Bruto kg	Peso Neto 0,51 kg	Costo de Máquina Herramienta:					
PROYECTO: Diseño de una Máquina mezcladora y revocadora de Mortero		Nombre de parte Acoplamiento tornillo sin fin hacia bomba		Material AISI 304		Costo Mat Sus/pza 30,8		Mano de Obra						
N° de plano ACO-TRAN-004		N° de piezas 1		Costo 214,3 Bs		T: técnico 2,5 Sus/h A:ayudante 1,2 Sus/h I:ingeniero 3,0 Sus/h S:soldador 2,5 Sus/h								
Regla: 0,3 \$us/h Compresor: 1,6 \$us/h Torno 3,5 \$us/h Esmeril: 3 \$us/h Flexo 0,6 \$us/h Taladro: 2,5 \$us/h rayador: 0,3 \$us/h Calibrador: 0,1 \$us/h														
Proceso	Máquina- Herramienta		Máquina herramienta	Tiempo de preparación [min]	Tiempo de eje [min]	Tiempo acabado por pza. [min]	Tiempo tot. p/ todas las piezas.[hra]	Tipo Mano de Obra	Costo/h Máquina, Herramienta:	Costo de M.O. por proceso [\$us]	Costo de herr. por proceso[\$us]	Costo total por pieza[\$us]		
	Descripción													
	E: Esmeril R: Regla r: rayador To: Torno Ca: Calibrador	C: Compresor t: Taladro F: Flexómetro												
1	Medir longitudes queso de acero		F	3	5	3	0,150	A	0,3	0,18	0,05	0,23		
2	Trazar forma en queso de acero		r	4	5	3	0,167	A	0,3	0,20	0,05	0,25		
3	Tornear queso de acero		To	5	60	35	1,633	T	3,5	4,08	5,72	9,80		
4	Medir orificios		R	3	4	3	0,167	A	0,3	0,20	0,05	0,25		
5	Marcar orificios		r	3	6	3	0,167	A	0,3	0,20	0,05	0,25		
6	Taladrar en orificios marcados		t	3	15	8	0,433	T	2,5	1,08	1,08	2,17		
7	Medir orificios en la pieza torneada		Ca	3	4	3	0,167	T	0,3	0,42	0,05	0,47		
8	Recubrir con Surface, compresor		C	3	4	6	0,167	T	1,6	0,42	0,27	0,68		
9	Pintar con nitrolac y compresora		C	3	4	6	0,167	T	1,6	0,42	0,27	0,68		
									Total	7,02	7,53	14,55		
Materiales/Insumos:												Sumatoria de Costos:		
No.	Materiales/Insumo:		Unidad:	Costo/Un[\$us]	Cantidad:	Total	Lista de Costos:		P/C Pieza:	P/todas pzas.				
1	Cuchilla de Tornear (insumo)		Unidad	4,3	2	8,6	Costo de Mano de Obra		7,0	7,0				
2	Queso de Acero D.146 L.100 [mm] AISI 304 (material)		Unidad	8,57	0,6	5,14	Costo de Materiales		5,14	5,14				
3	Juego de Brocas taladro (insumo)		Paquete	17	0,01	0,2	Costo de Maq. y Herrtas.		7,5	7,5				
4	Recubrimiento Surface y Pintura(ins.)		Galón	17,1	0,01	0,17	Costo de Insumos		11,2	11,2				
5	Disco de Esmerilar(insumo)		Unidad	25,7	0,02	0,51	Total Costos		30,8	30,8				
6	Brocas -carburo de tungsteno (insumo) Insertos Mitsubishi vp10rt		Paquete	5,7	0,3	1,71								





U.M.S.A.
Ingeniería
MEC-ELM

HOJA DE PROCESOS

Sistema
Rotación

Subsistema
Acoplamiento Nro. 2

Peso Bruto
kg

Peso Neto
0,55 kg

Costo de Máquina Herramienta:

Regla: 0,3 \$us/h
Compresor: 1,6 \$us/h Torno 3,5 \$us/h
Esmeril: 1,5 \$us/h Flexo 0,6 \$us/h
Taladro: 2,5 \$us/h
rayador: 0,3 \$us/h
Calibrador: 0,1 \$us/h

PROYECTO:
Diseño de una
Máquina
mezcladora y
revocadora de
Mortero

Nombre de parte
Acoplamiento tornillo
sin fin-bomba Nro. 2

Material
AISI 304

Costo Mat
Sus/pza
22,0

Mano de Obra
T: técnico 2,5 Sus/h
A:ayudante 1,2 Sus/h
I:ingeniero 3,0 Sus/h
S:soldador 2,5 Sus/h

Nº de plano
ACO-TRAN-005

Nº de piezas
1

Costo
153,1 Bs

Proceso	Máquina- Herramienta		Máquina herramienta	Tiempo de preparación [min]	Tiempo de eje [min]	Tiempo acabado por pza. [min]	Tiempo tot. p/ todas las piezas.[hra]	Tipo Mano de Obra	Costo/h Máquina, Herramienta:	Costo de M.O. por proceso [\$us]	Costo de herr. por proceso[\$us]	Costo total por pieza[\$us]
	E: Esmeril R: Regla r: rayador To: Torno Ca: Calibrador	C: Compresor t: Taladro F: Flexómetro										
Descripción												
1	Medir longitudes queso de acero		F	3	5	3	0,183	A	0,3	0,22	0,06	0,28
2	Trazar forma en queso de acero		r	4	5	3	0,200	A	0,3	0,24	0,06	0,30
3	Tornear queso de acero y cuña		To	5	60	35	1,667	T	3,5	4,17	5,83	10,00
4	Medir orificios		R	3	4	3	0,167	A	0,3	0,20	0,05	0,25
5	Marcar orificios		r	3	6	3	0,200	A	0,3	0,24	0,06	0,30
6	Taladrar en orificios marcados		t	3	15	8	0,433	T	2,5	1,08	1,08	2,17
7	Afinar acabado		E	3	4	3	0,167	T	0,3	0,42	0,05	0,47
8												
									Total	6,57	7,19	13,76



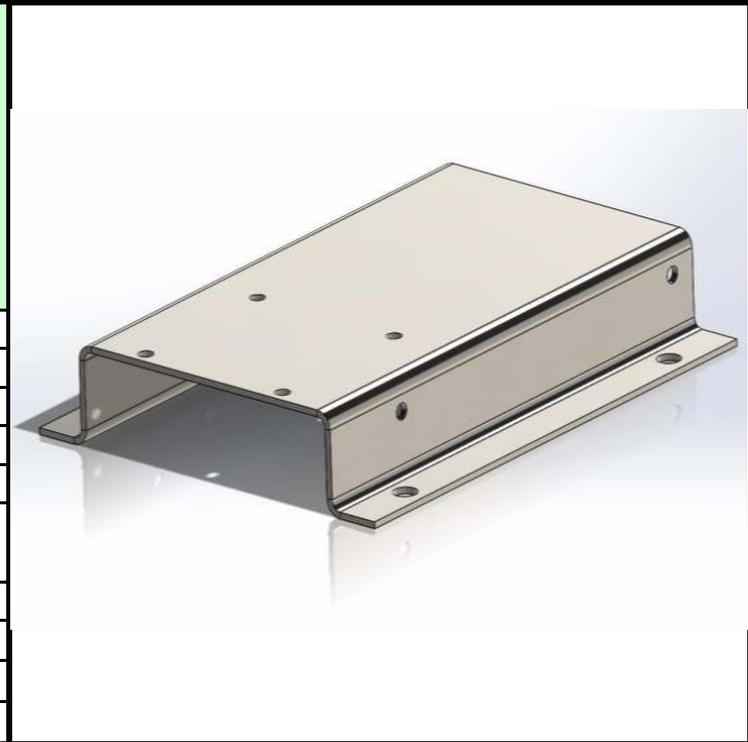
Materiales/Insumos:					
No.	Materiales/Insumo:	Unidad:	Costo/Un[\$us]	Cantidad:	Total
1	Cuchilla de Tornear (insumo)	Unidad	4,3	1	4,3
2	Queso de acero 88x55 [mm] AISI1020 (material)	Unidad	6,43	0,5	3,22
3	Juego de Brocas(insumo)	Paquete	21	0,01	0,2
4	Disco de Esmerilar(insumo)	Unidad	25,7	0,02	0,51
5					

Sumatoria de Costos:		
Lista de Costos:	P/C Pieza:	P/todas pzas.
Costo de Mano de Obra	6,6	6,6
Costo de Materiales	3,2	3,2
Costo de Maq. y Herrtas.	7,2	7,2
Costo de Insumos	5,0	5,0
Total Costos	22,0	22,0



HOJA DE PROCESOS		Sistema Bombeo	Subsistema Base del 2do motor	Peso Bruto kg	Peso Neto 2,130 kg	Costo de Maquina Herramienta:	
PROYECTO: Diseño de una Máquina mezcladora y revocadora de Mortero	Nombre de parte Soporte del Motor N° 2	Material AISI1020	Costo Mat Sus/pza 15,4	Mano de Obra		Arco Eléctrico 3,0 \$us/h	Granete 0,3 \$us/h
	N° de plano SOP-BOM-002	N° de piezas 1	Costo 107,1 Bs	T: técnico 2,5 Sus/h	A:ayudante 1,2 Sus/h	Compresor: 1,6 \$us/h	Regla: 0,3 \$us/h
				l:ingeniero 3,0 Sus/h	S:soldador 2,5 Sus/h	Amoladora: 1,56 \$us/h	Flexo: 0,3 \$us/h
						Taladro: 2,5 \$us/h	Esmeril 1,5 \$us/h
						rayador: 0,3 \$us/h	

Proceso	Máquina- Herramienta		Máquina herramienta	Tiempo de preparación [min]	Tiempo de eje [min]	Tiempo acabado por pza. [min]	Tiempo tot. p/ todas las piezas.[hra]	Tipo Mano de Obra	Costo/h Máquina, Herramienta:	Costo de M.O. por proceso [\$us]	Costo de herr. por proceso[\$us]	Costo total por pieza[\$us]
	E: Esmeril R: Regla r: rayador P: Granete a:Amoladora	X: Arco Elt. C: Compresor t: Taladro F:Flexometro										
Descripción												
1	Medir longitudes en plancha acero		F	3	5	2	0,167	A	0,3	0,20	0,05	0,25
2	Trazar en perfil de acero		r	3	3	2	0,133	A	0,3	0,16	0,04	0,20
3	Cortar con amoladora		a	3	8	2	0,217	A	1,56	0,26	0,34	0,60
4	Soldar con arco perfiles de acero		X	5	3	2	0,167	S	3,0	0,42	0,50	0,92
5	Esmerilar soldadura para acabado		E	5	10	2	0,283	A	1,5	0,34	0,43	0,77
6	Perforar pieza con broca 3/8" laterales y 5/8" las bases		t	5	10	2	0,283	T	2,5	0,71	0,71	1,42
7	Recubrir con Surface y solvente		C	4	4	1	0,2	A	1,6	0,18	0,24	0,42
8	Pintar pint. epoxi y compresora		C	4	4	2	0,333	T	1,6	0,42	0,27	0,68
									Total	2,68	2,57	5,25



Materiales/Insumos:					
No.	Materiales/Insumo:	Unidad:	Costo/Un[\$us]	Cantidad:	Total
1	Electrodo (insumo)	kg	2,57	0,05	0,12
2	Juego de brocas	Paquete	21,43	0,05	1,07
3	Disco de amolar (insumo)	Unidad	3,57	0,20	0,71
4	Disco de esmerilar (insumo)	Unidad	25,71	0,04	1,02
5	Plancha1000x2000x4[mm] A36(mate)	Unidad	27,7	0,20	5,54
6	Recubrimiento Surface y Pintura(ins.)	Galón	17,14	0,05	0,85
7	Disolvente (insumo)	Galón	17,14	0,05	0,85

Sumatoria de Costos:		
Lista de Costos:	P/C Pieza:	P/todas pzas.
Costo de Mano de Obra	2,7	2,7
Costo de Materiales	5,5	5,5
Costo de Máq. y Herrtas.	2,6	2,6
Costo de insumos	4,6	4,6
Total de costos	15,4	15,4

 U.M.S.A. Ingeniería MEC-ELM		HOJA DE PROCESOS		Sistema	Subsistema		Peso Bruto	Peso Neto	Costo de Máquina Herramienta:															
		PROYECTO: Diseño de una Máquina mezcladora y revocadora de Mortero		Nombre de parte Argolla para ajuste de cobertor B.C.P.	Material AISI1020	Costo Mat Sus/pza 17,3	Mano de Obra T: técnico 2,5 Sus/h A:ayudante 1,2 Sus/h I:ingeniero 3,0 Sus/h S:soldador 2,5 Sus/h	4 kg	0,550 kg	Arco Eléctrico 3,0 \$us/h	Regla: 0,3 \$us/h	Compresor: 1,6 \$us/h	Torno: 3,5 \$us/h	Amoladora: 1,56 \$us/h	Flexo: 0,3 \$us/h	Taladro: 2,5 \$us/h	Granete 0,3 \$us/h	rayador 0,3 \$us/h	Esmeril 1,5 \$us/h					
		Nº de plano ARG-BOM-003	Nº de piezas 1	Costo 120,4 Bs																				
Proceso	Máquina- Herramienta		Máquina herramienta	Tiempo de preparación [min]	Tiempo de eje [min]	Tiempo acabado por pza. [min]	Tiempo tot. p/ todas las piezas.[hra]	Tipo Mano de Obra	Costo/h Máquina, Herramienta:	Costo de M.O. por proceso [\$us]	Costo de herr. por proceso[\$us]	Costo total por pieza[\$us]												
	E: Esmeril X: Arco Elt. R: Regla C: Compresor r: rayador t: Taladro To: Torno F:Flexómetro a:Amoladora P: Granete																		Descripción					
1	Medir circunf. en queso de acero		F	3	8	5	0,267	A	0,3	0,32	0,08	0,40												
2	Trazar en queso de acero		r	3	4	4	0,183	A	0,3	0,22	0,06	0,28												
3	Cortar con amoladora		a	4	8	4	0,267	A	1,56	0,32	0,42	0,74												
4	Cortar 3 secciones rectangulares		a	3	15	5	0,383	A	1,56	0,46	0,60	1,06												
5	Tornear queso de acero		To	10	25	10	0,750	T	3,5	1,88	2,63	4,50												
6	Soldar c/arco argolla a sujetadores		X	8	15	8	0,517	S	3,0	1,29	1,55	2,84												
7	Esmerilar soldadura para acabado		E	5	10	6	0,350	A	1,5	0,42	0,53	0,95												
8	Recubrir con Surface -compresor		C	5	8	4	0,283	T	0,3	0,71	0,09	0,79												
9	Pintar con nitrolac y compresora		C	5	8	4	0,283	T	1,6	0,71	0,45	1,16												
									Total	6,32	6,39	12,71												
Materiales/Insumos:												Sumatoria de Costos:												
No.	Materiales/Insumo:		Unidad:	Costo/Un[\$us]	Cantidad:	Total			Lista de Costos:		P/C Pieza:	P/todas pzas.												
1	Disco de amolar (insumo)		Unidad	3,6	0,2	0,7			Costo de Mano de Obra		6,3	5,9												
2	Disco de Esmerilar(insumo)		Unidad	25,4	0,03	0,7			Costo de Materiales		1,7	0,7												
3	Recubrimiento Surface y Pintura(ins.)		Galón	17,1	0,05	0,86			Costo de Maq. y Herrtas.		6,4	9,6												
4	Queso de Acero D.146 Long.100 [mm] AISI 304 (material)		Unidad	8,57	0,2	1,71			Costo de Insumos		2,9	28,7												
5	Disolvente (insumo)		Galón	17,1	0,03	0,51			Total Costos		17,3	44,9												
6	Electrodo AW E-312 y brocas (insumo)		Unidad	2,6	1/12	0,22																		



U.M.S.A.
Ingeniería
MEC.ELM

HOJA DE PROCESOS

PROYECTO:
Diseño de una
Máquina
mezcladora y
revocadora de
Mortero

Nombre de parte
Articulación de
sujeción B.C.P.

Nº de plano
EM-MEZ-004

Sistema
BOMBEO

Subsistema
Articulación de sujeción

Peso Bruto
kg

Peso Neto
0,404 kg

Material
AISI 1020

Costo Mat
Sus/pza
13,7

Costo
286,0 Bs

Mano de Obra
T: técnico 2,5 Sus/h
A:ayudante 1,2 Sus/h
I:ingeniero 3,0 Sus/h
S:soldador 2,5 Sus/h

Costo de Máquina Herramienta:

Compresor: 1,6 \$us/h Torno: 3,5 \$us/h
Sierra mecánica 1 \$us/h Flexo: 0,3 \$us/h
Regla: 0,3 \$us/h Esmeril 1,5 \$us/h
rayador: 0,3 \$us/h

Proceso	Máquina- Herramienta		Máquina herramienta	Tiempo de preparación[min]	Tiempo de eje [min]	Tiempo acabado por pza. [min]	Tiempo tot. p/ todas las piezas.[hra]	Tipo Mano de Obra	Costo/h Máquina, Herramienta:	Costo de M.O. por proceso [\$us]	Costo de herr. por proceso[\$us]	Costo total por pieza[\$us]
	E: Esmeril R: Regla r: rayador To: Torno S: Sierra mecánica	C: Compresor F: Flexómetro										
Descripción												
1	Medir long. del eje hueco de acero		F	3	3	3	0,150	A	0,3	0,18	0,05	0,23
2	Trazar forma en el eje hueco		r	3	3	3	0,150	A	0,3	0,18	0,05	0,23
3	Cortar con sierra mecánica		S	3	10	5	0,300	A	1,0	0,36	0,30	0,66
4	Tornear eje de 1" (Bisagra cubica)		To	3	15	5	0,600	T	3,5	0,96	1,34	2,30
5	Medir ranura en el eje		R	2	5	6	0,217	A	0,3	0,26	0,07	0,33
6	Marcar ranuras en el eje		r	2	5	3	0,167	A	0,3	0,20	0,05	0,25
7	Curvar el perímetro exterior		E	3	8	6	0,283	T	1,5	0,71	0,43	1,13
8	Realizar rosca de 10 hilos/pulg.		To	3	15	5	0,383	T	3,5	0,96	1,34	2,30
9	Pintar con nitrolac y compresora		C	3	2	5	0,167	T	1,6	0,42	0,27	0,68
									Total	4,22	3,88	8,10

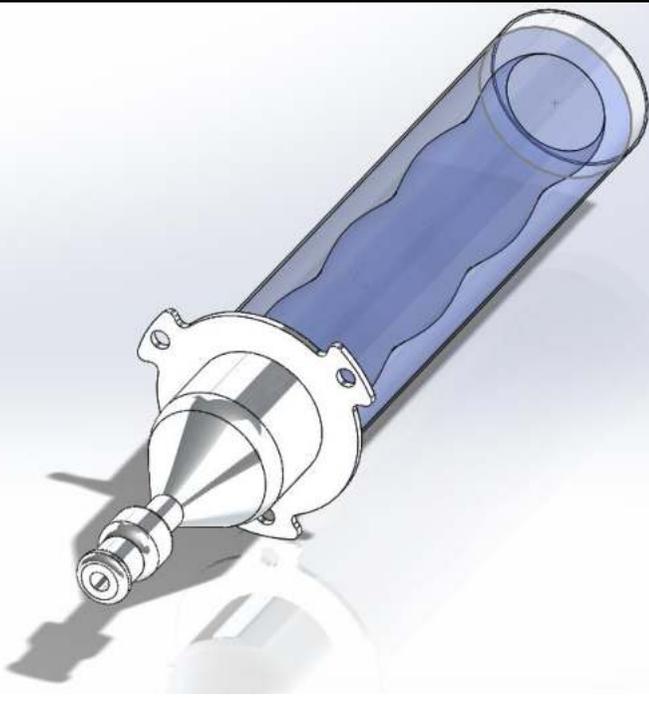


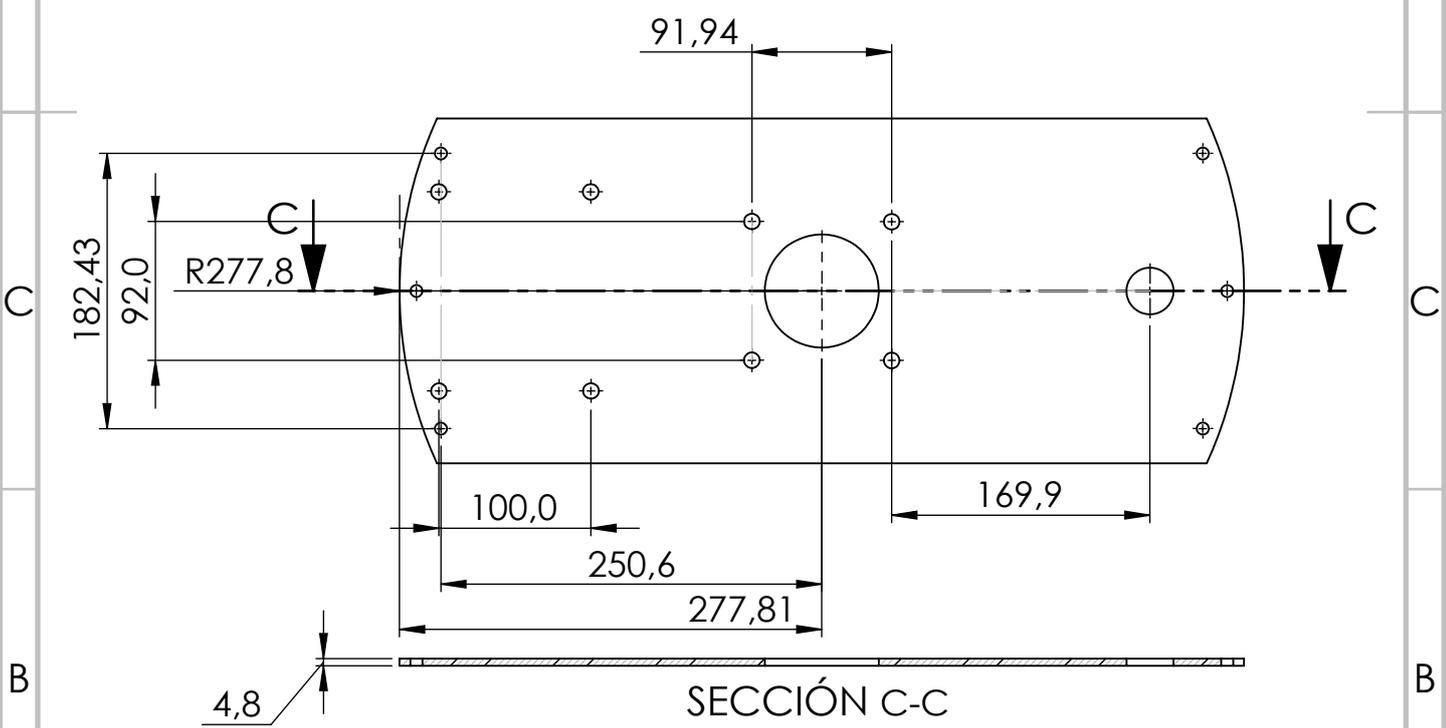
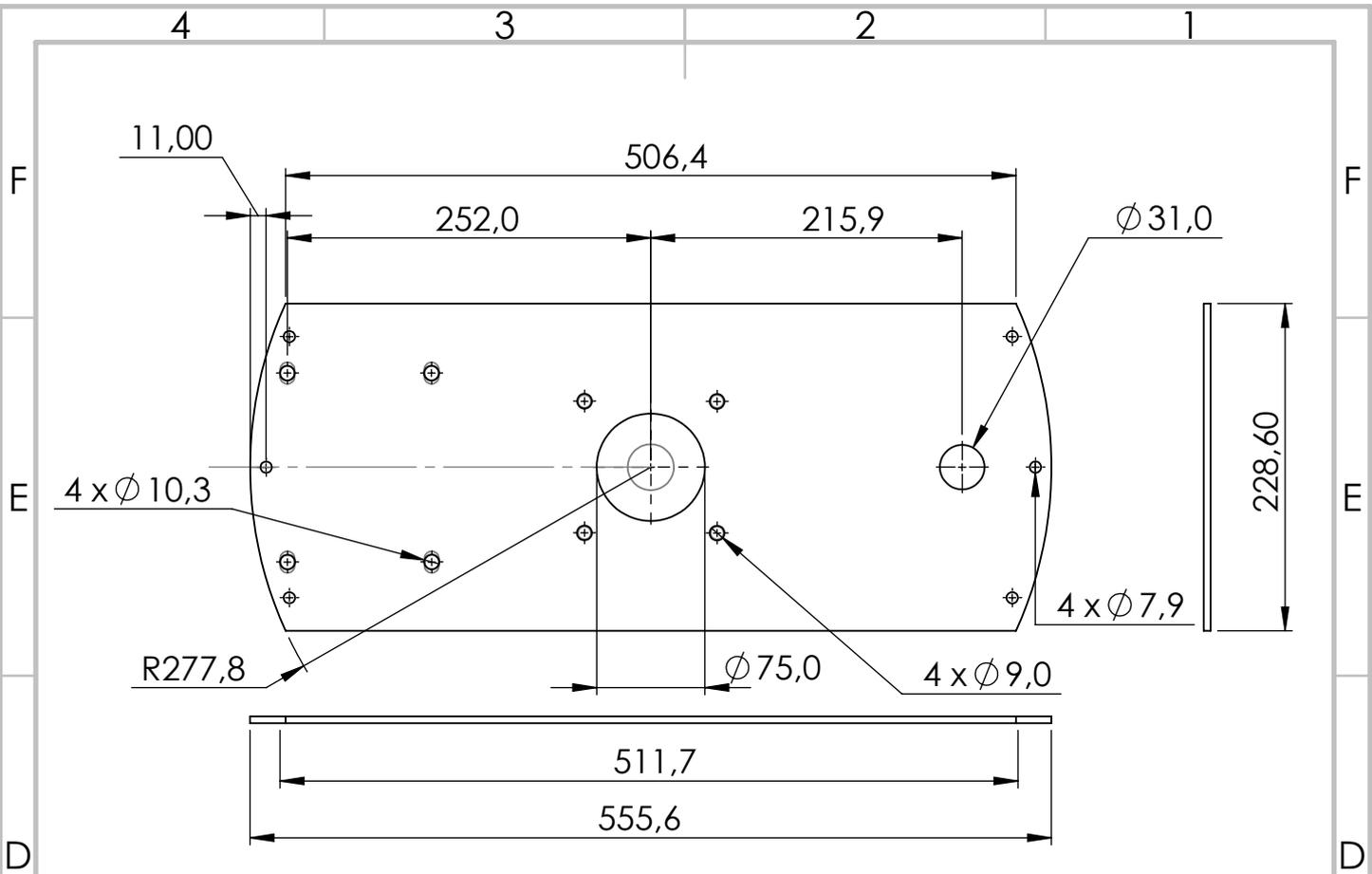
Materiales/Insumos:

No.	Materiales/Insumo:	Unidad:	Costo/Un[\$us]	Cantidad:	Total
1	Cuchilla de Torno (insumo)	Unidad	4,3	0,3	1,3
2	Eje Circular de Acero inoxidable A304 espesor de 1pulgx1m	Unidad	20,1	0,05	1,0
3	Hoja de sierra mecánica (insumo)	Unidad	1	0,05	0,05
4	Disco de Esmerilar(insumo)	Unidad	25,7	0,03	0,77
5	Eje Circular de Acero inoxidable A304 espesor de 1pulgx1m	Unidad	7,2	0,5	3,60
	Queso de Acero D.146 Long.100 [mm] AISI 304 (material)	Unidad	8,57	0,2	1,71

Sumatoria de Costos:

Lista de Costos:	P/C Pieza:	P/todas pzas.
Costo de Mano de Obra	4,2	12,6
Costo de Materiales	3,6	10,8
Costo de Máq. y Herrtas.	3,8	11,4
Costo de Insumos	2,1	6,3
Total Costos	13,7	41,1

 U.M.S.A. Ingeniería MEC-ELM		HOJA DE PROCESOS		Sistema BOMBEO		Subsistema Camisa cobertor B.C.P.		Peso Bruto 5,0 kg		Peso Neto 5,0 kg		Costo de Máquina Herramienta:				
PROYECTO: Diseño de una Máquina mezcladora y revocadora de Mortero		Nombre de parte Cubierta de bomba cavidad progresiva		Material AISI 1040 y fibra		Costo Mat Sus/pza 28,2		Mano de Obra				Arco Eléctrico 3,0 \$us/h Torno 3,5 \$us/h Compresor: 1,6 \$us/h Regla: 0,3 \$us/h Amoladora: 1,56 \$us/h Flexo 0,3 \$us/h Taladro: 2,5 \$us/h Esmeril 1,5 \$us/h rayador 0,3 \$us/h				
		Nº de plano BCPC-BOM-005		Nº de piezas 1		Costo 196,3 Bs		T: técnico 2,5 Sus/h A:ayudante 1,2 Sus/h I:ingeniero 3,0 Sus/h S:soldador 2,5 Sus/h								
Proceso	Máquina- Herramienta E: Esmeril X: Arco Elt. R: Regla C: Compresor r: rayador t: Taladro To: Torno F:Flexometro a:Amoladora		Máquina herramienta	Tiempo de preparación[min]	Tiempo de eje [min]	Tiempo acabado por pza. [min]	Tiempo tot. p/ todas las piezas.[hra]	Tipo Mano de Obra	Costo/h Máquina, Herramienta:	Costo de M.O. por proceso [\$us]	Costo de herr. por proceso[\$us]	Costo total por pieza[\$us]				
	Descripción															
1	Trazar boquilla en queso de acero		r	3	5	3	0,183	A	0,3	0,22	0,06	0,28				
2	Tornear el queso de acero		To	5	25	20	0,833	T	3,5	2,08	2,92	5,00				
3	Medir, marcar orificios y circunferencia primitiva		R	3	8	3	0,233	A	0,3	0,28	0,07	0,35				
4	Cortar, curvar tipo circunferencia		a	3	3	3	0,150	A	1,56	0,18	0,23	0,41				
5	Taladrar en orificios marcados		t	5	10	3	0,300	T	2,5	0,75	0,75	1,50				
6	Medir longitudes en plancha		F	3	5	3	0,183	A	0,3	0,22	0,06	0,28				
7	Cortar con amoladora la plancha		a	3	6	6	0,250	A	1,56	0,30	0,39	0,69				
8	Soldar plancha tipo cilindro		X	8	8	6	0,367	S	3,0	0,92	1,10	2,02				
9	Soldar cilindro con pieza donde saldrá el mortero a proyectar		X	8	8	6	0,367	S	3,0	0,92	1,10	2,02				
									Total	5,87	6,67	12,54				
Materiales/Insumos:												Sumatoria de Costos:				
No.	Materiales/Insumo:		Unidad:	Costo/Un[\$us]	Cantidad:	Total			Lista de Costos:		P/C Pieza:	P/todas pzas.				
1	Queso de Acero D.146 Long.100 [mm]		Unidad	8,57	0,2	1,71			Costo de Mano de Obra		5,9	5,9				
2	Electrodo AW E-6013 y brocas (insum)		Unidad	2,6	1/12	0,22			Costo de Materiales		6,5	6,5				
3	Plancha AISI1040 1,5x3 m. e=2 [mm] AISI 1040 (mate.)		Unidad	48,3	0,10	4,8			Costo de Máq. y Herrtas.		6,7	6,7				
4	Cuchilla de torno (insumo)		Unidad	4,3	0,2	0,86			Costo de Insumos		9,1	9,1				
5	Disco de amolar y esmeril (insumo)		Unidad	2,9	1,0	2,9			Total Costos		28,2	28,2				
6	Juego de Brocas(insumo)		Paquete	17,1	0,2	3,42										



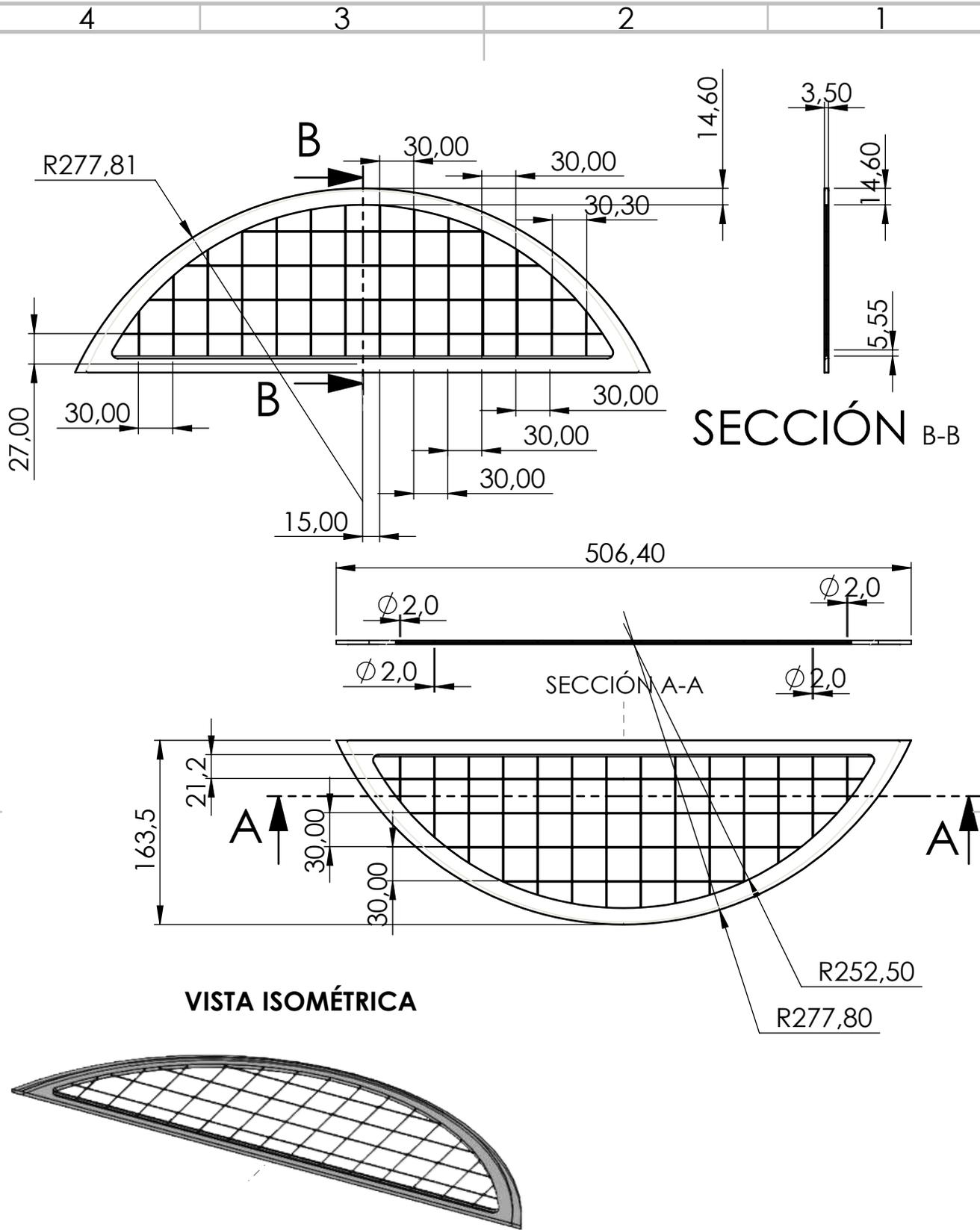
1	01	BASE DE MOTOR-REDUCTOR	556X229	2,3	2,3	ACERO INOX. AISI 304
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	UNIT [Kg]	TOTAL [Kg]	OBSERVACIONES

DIBUJADO POR.	ÑUFLO FLORES INDER ADALID	FECHA	2-11-2022	SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +0,5;-0,5
APROBADO POR	SIÑANI VILTE JOSÉ	FECHA	2-11-2022	



PROYECTO ING. ELECTROMECAÁNICA: DISEÑO DE UNA MÁQUINA REVOCADORA Y MEZCLADORA DE MORTERO

NORMA	DIN	A4	ÁREA:	MECÁNICA
U.M.S.A.			SISTEMA:	MEZCLADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA			NOMBRE DE PIEZA:	PLATINA CENTRAL SOPORTE MOTOR SUPERIOR
NOMBRE DEL ARCHIVO.	PCS-MEZ-001	ESCALA:	1:5	HOJA 1 DE 1



VISTA ISOMÉTRICA

SECCIÓN B-B

SECCIÓN A-A



1	02	ENTRADA DEL MORTERO	507x163.5x3.5	01		ACERO INOX. AISI 304
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	UNIT [Kg]	TOTAL [Kg]	OBSERVACIONES

NOMBRE	FECHA	PESO [Kg]
ÑUFLO FLORES INDER ADALID	2-11-2022	
APROBADO POR	FECHA	PESO [Kg]
SIÑANI VILTE JOSÉ	2-11-2022	

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS: +0.5;-0.5

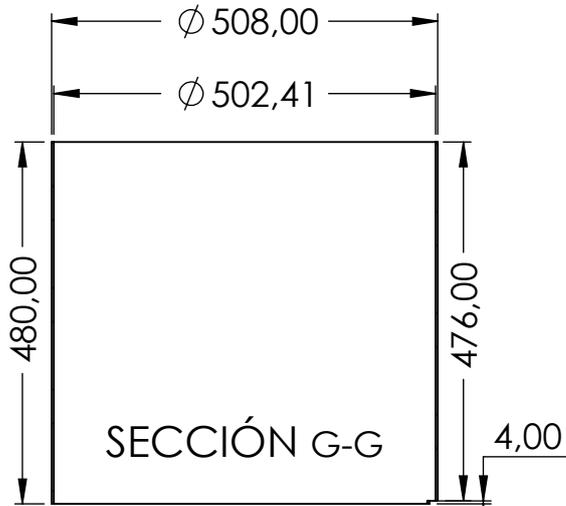
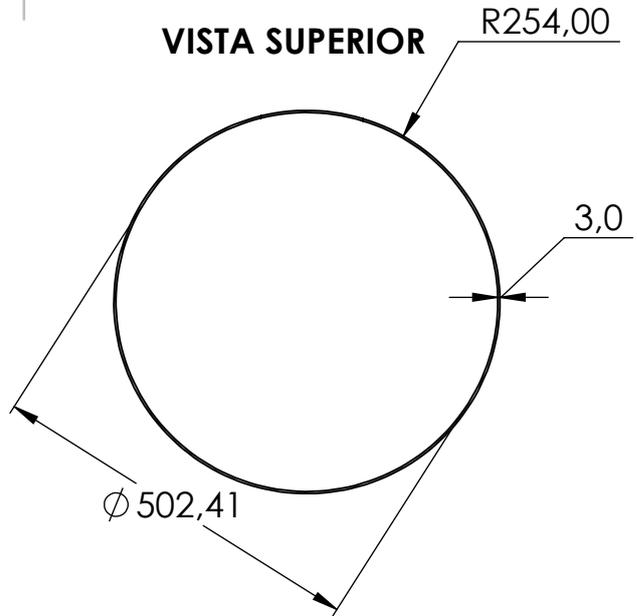
PROYECTO ING. ELECTROMECAÁNICA: DISEÑO DE UNA MÁQUINA REVOCADORA Y MEZCLADORA DE MORTERO

NORMA	DIN	A4	ÁREA:	MECÁNICA
U.M.S.A. FACULTAD DE INGENIERÍA			SISTEMA:	MEZCLADOR
FIRMA			NOMBRE DE PIEZA:	PLATINAS LATERALES SUPERIORES
NOMBRE DEL ARCHIVO.		PLS-MEZ-002	ESCALA:1:5	HOJA 1 DE 1

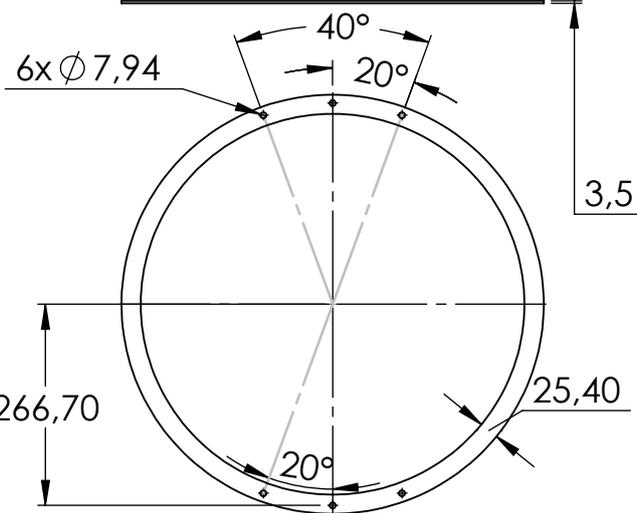
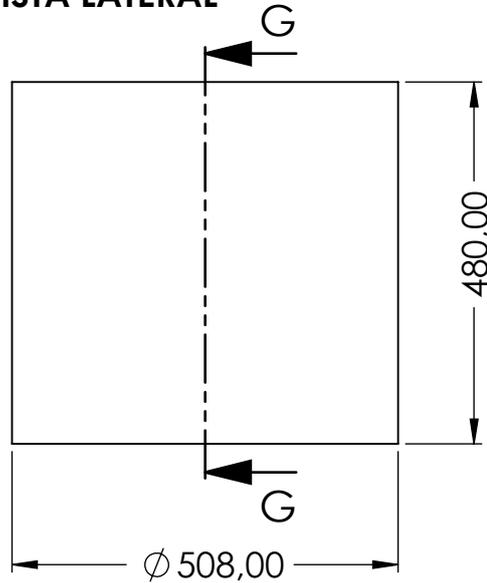
VISTA ISOMÉTRICA RECIPIENTE



VISTA SUPERIOR



VISTA LATERAL



VISTA ISOMÉTRICA BRIDA SUP.



1	01	RECIPIENTE DE CONTENCIÓN	Diam.508 x484	01	6,30	ACERO INOX. AISI 304
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	UNIT [Kg]	TOTAL [Kg]	OBSERVACIONES

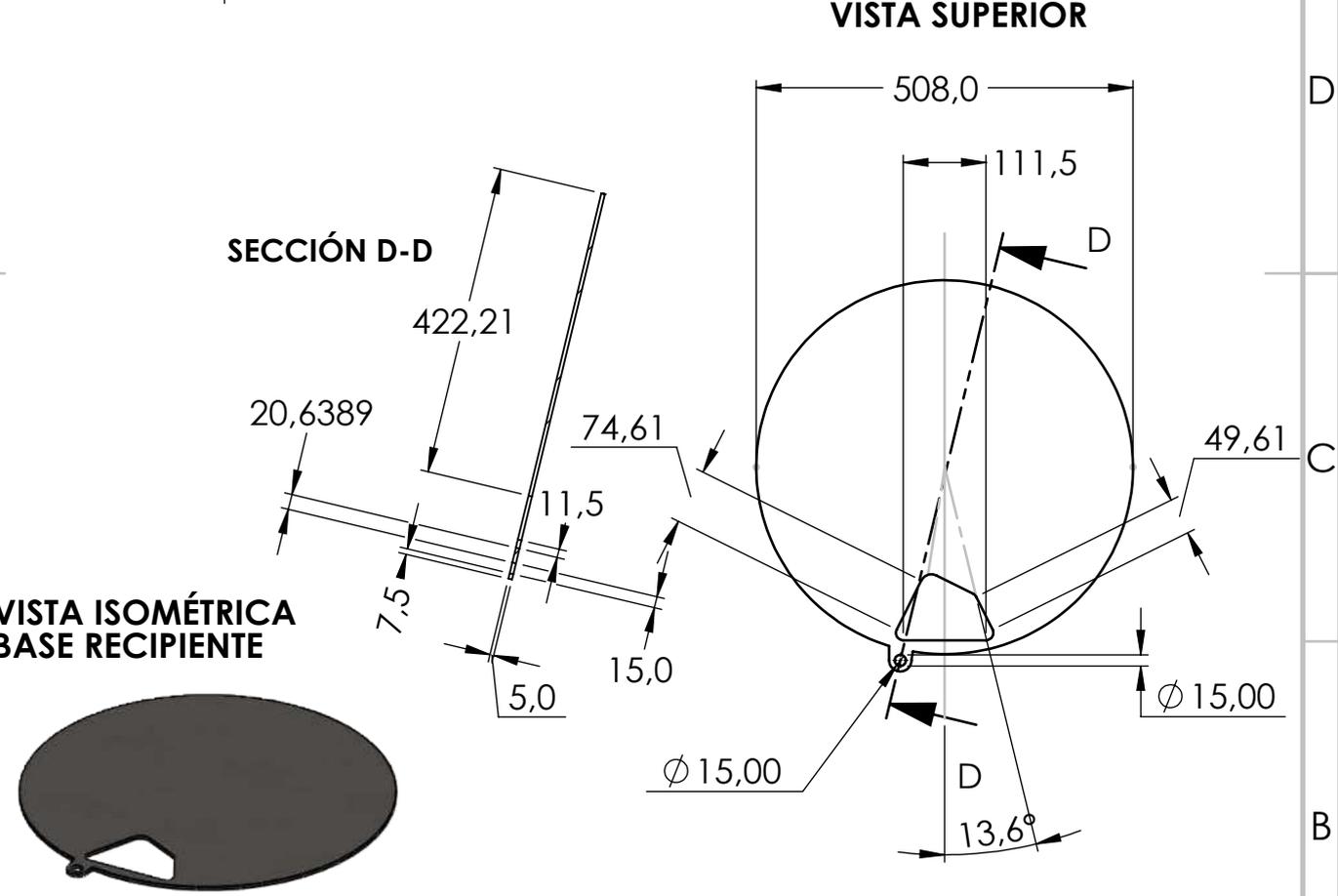
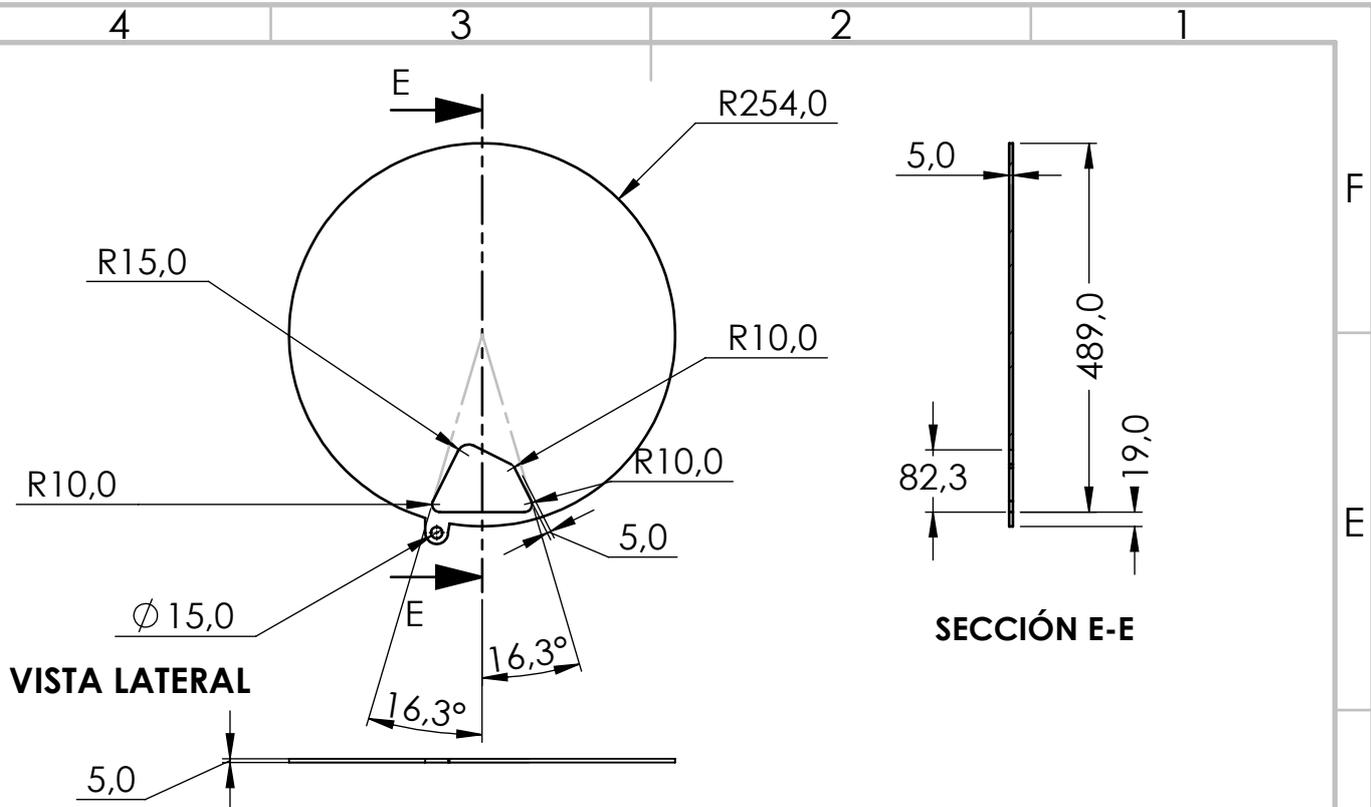
NOMBRE	FECHA	PESO [Kg]
ÑUFLO FLORES INDER ADALID	2-11-2022	
SIÑANI VILTE JOSÉ	2-11-2022	

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS: +0,5;-0,5

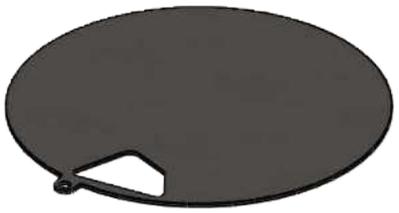


PROYECTO ING. ELECTROMECAÁNICA: DISEÑO DE UNA MÁQUINA REVOCADORA Y MEZCLADORA DE MORTERO

NORMA	DIN	A4	ÁREA:	MECÁNICA
U.M.S.A. FACULTAD DE INGENIERÍA			SISTEMA:	MEZCLADOR DE MORTERO
FIRMA			NOMBRE DE PIEZA:	RECIPIENTE CONTENEDOR CILINDRICO
NOMBRE DEL ARCHIVO:		RCC-MEZ-003	ESCALA:1:10	HOJA 1 DE 1



VISTA ISOMÉTRICA
BASE RECIENTE



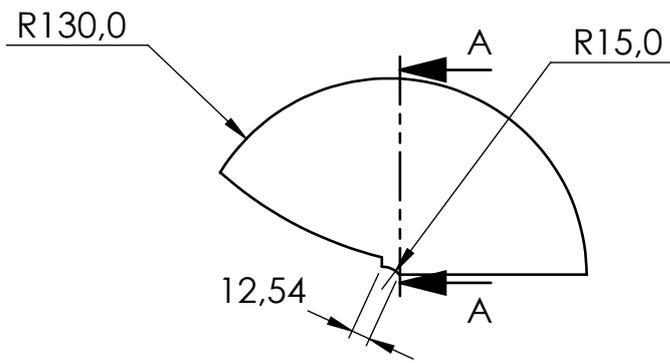
1	01	BASE DEL RECIENTE	Diam.508 x5	01	3,10	ACERO INOX. AISI 304
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	UNIT [Kg]	TOTAL [Kg]	OBSERVACIONES

DIBUJADO POR.	ÑUFLO FLORES INDER ADALID	FECHA	2-11-2022	SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +0,5;-0,5
APROBADO POR	SIÑANI VILTE JOSÉ	FECHA	2-11-2022	

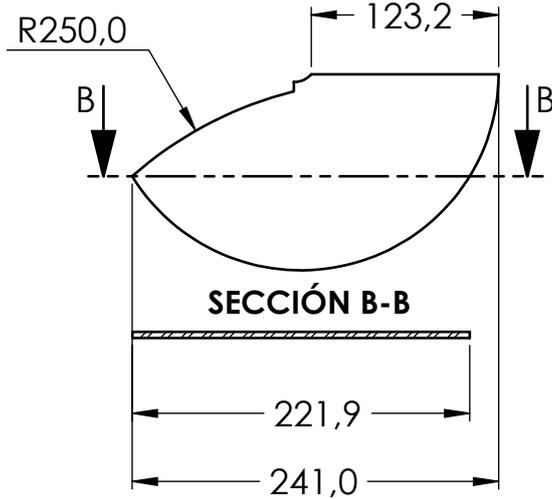
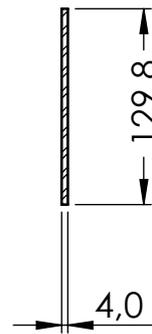


PROYECTO ING. ELECTROMECAÁNICA: DISEÑO DE UNA MÁQUINA REVOCADORA Y MEZCLADORA DE MORTERO

NORMA	DIN	A4	ÁREA:	MECÁNICA
U.M.S.A.			SISTEMA:	MEZCLADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA			NOMBRE DE PIEZA:	BASE RECIENTE CONTENEDOR
NOMBRE DEL ARCHIVO.	BRC-MEZ-004		ESCALA: 1:10	HOJA 1 DE 1

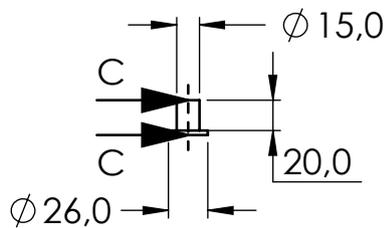


SECCIÓN A-A

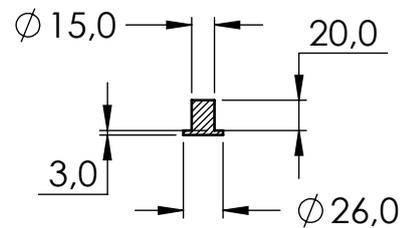


SECCIÓN B-B

VISTA ISOMÉTRICA COBERTURA INFERIOR



SECCIÓN C-C



VISTA ISOMÉTRICA NODO DE MANIVELA



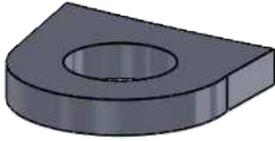
1	01	SALIDA DE MEZCLADORA	129X241X4	01	0,350	ACERO INOX. AISI 304
1	01	NODO-BUJE DE MANIVELA	23X26	01	0,2	ACERO INOX. AISI 304
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	UNIT [Kg]	TOTAL [Kg]	OBSERVACIONES

DIBUJADO POR.	ÑUFLO FLORES INDER ADALID	FECHA	2-11-2022	SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +0,5;-0,5	
APROBADO POR	SIÑANI VILTE JOSÉ	FECHA	2-11-2022		

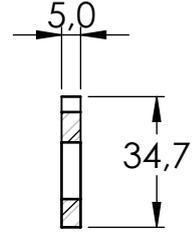
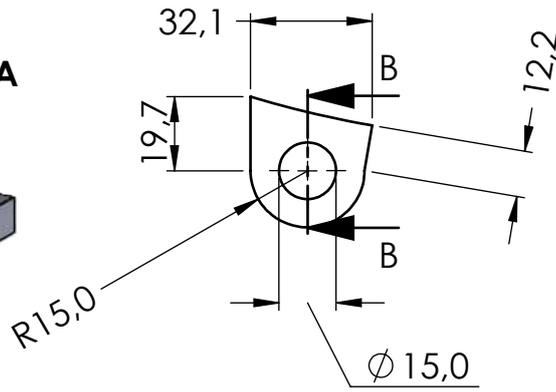
PROYECTO ING. ELECTROMECAÁNICA: DISEÑO DE UNA MÁQUINA REVOCADORA Y MEZCLADORA DE MORTERO

NORMA	DIN	FECHA	A4	ÁREA:	MECÁNICA
NOMBRE DEL ARCHIVO.	COM-MEZ-005	FIRMA		SISTEMA:	TRANSPORTADOR
				NOMBRE DE PIEZA:	BUJE Y COMPUERTA DE LA DESCARGA
				ESCALA: 1:5	HOJA 1 DE 1

VISTA ISOMÉTRICA OREJITA

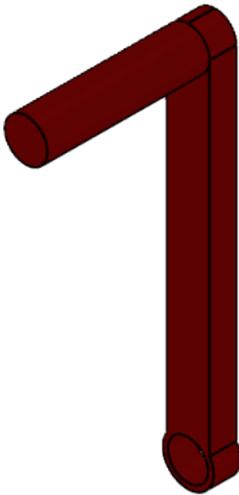


VISTA SUPERIOR OREJITA

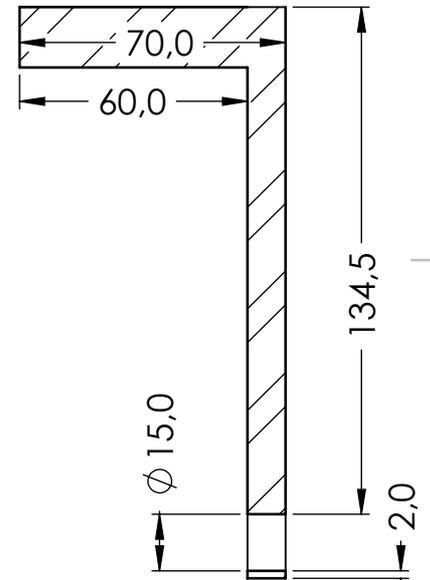
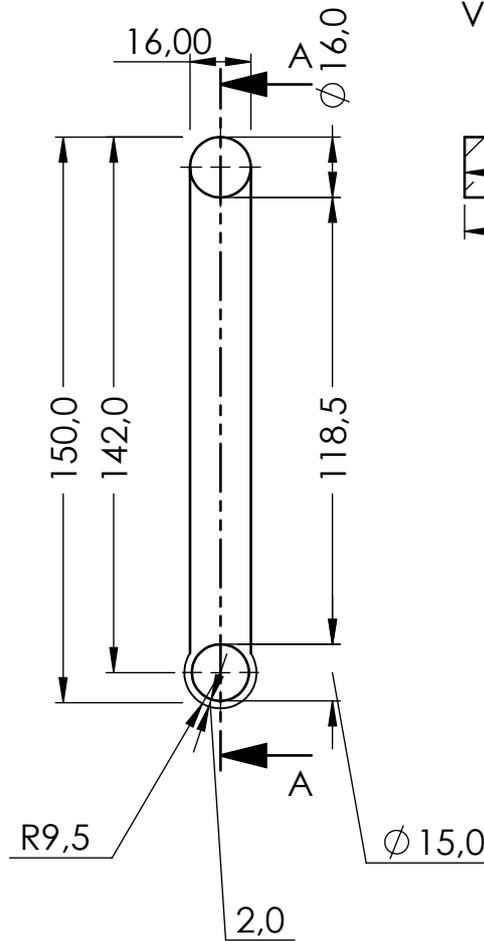


SECCIÓN B-B

VISTA ISOMÉTRICA MANIVELA



VISTA SUPERIOR MANIVELA



SECCIÓN A-A

1	01	TRANSPORTE DE MORTERO	150X70X16	01	0,27	ACERO INOX. AISI 304
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	UNIT [Kg]	TOTAL [Kg]	OBSERVACIONES

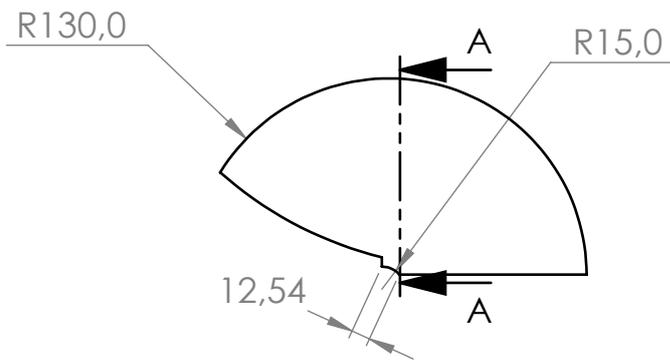
NOMBRE	FECHA	PESO [Kg]
ÑUFLO FLORES INDER ADALID	2-11-2022	
APROBADO POR	FECHA	PESO [Kg]
SIÑANI VILTE JOSÉ	2-11-2022	

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS: +0,5;-0,5

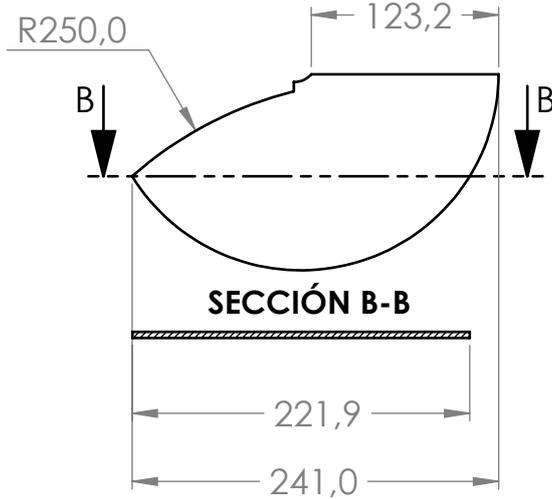
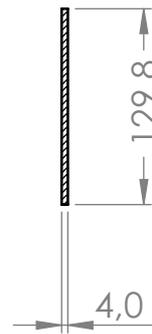


PROYECTO ING. ELECTROMECAÁNICA: DISEÑO DE UNA MÁQUINA REVOCADORA Y MEZCLADORA DE MORTERO

NORMA	DIN	A4	ÁREA:	MECÁNICA
U.M.S.A. FACULTAD DE INGENIERÍA			SISTEMA:	MEZCLADOR
FIRMA			NOMBRE DE PIEZA:	MANIVELA DE LA COMPUERTA
NOMBRE DEL ARCHIVO.	MAN-MEZ-006	ESCALA:1:2	HOJA 1 DE 1	

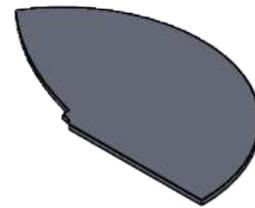


SECCIÓN A-A

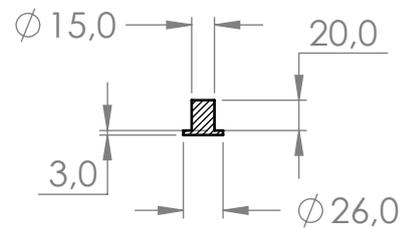
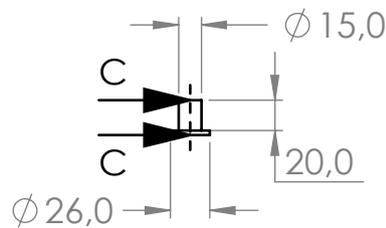


SECCIÓN B-B

VISTA ISOMÉTRICA COBERTURA INFERIOR



SECCIÓN C-C



VISTA ISOMÉTRICA NODO DE MANIVELA



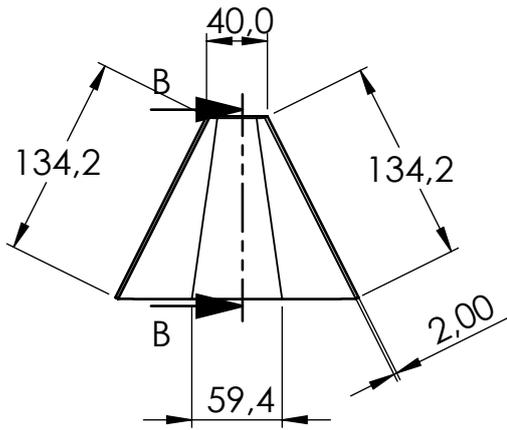
1	01	SALIDA DE MEZCLADORA	129X241X4	01		ACERO INOX. AISI 304
1	01	NODO-BUJE DE MANIVELA	23X26	01		ACERO INOX. AISI 304
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	UNIT [Kg]	TOTAL [Kg]	OBSERVACIONES

DIBUJADO POR.	ÑUFLO FLORES INDER ADALID	FECHA	2-11-2022	SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +0,5;-0,5
APROBADO POR	SIÑANI VILTE JOSÉ	FECHA	2-11-2022	

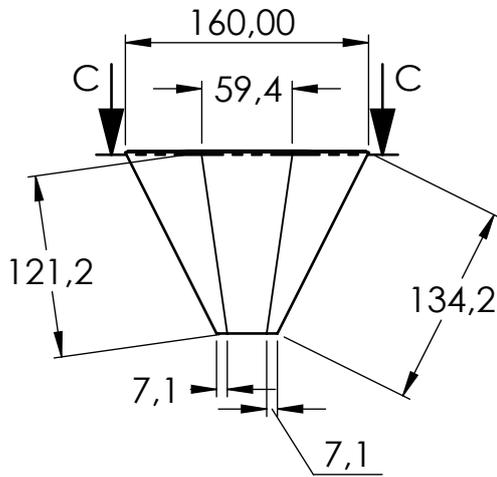
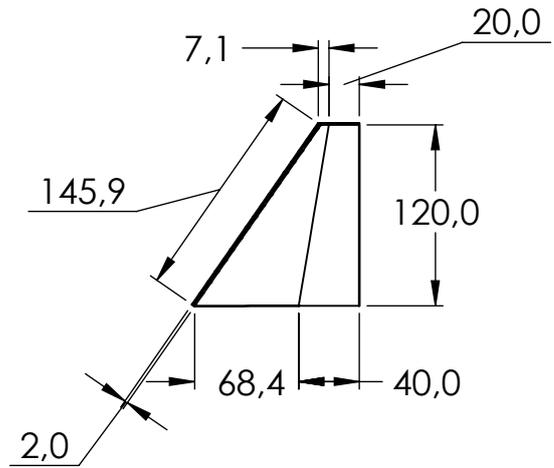


PROYECTO ING. ELECTROMECAÁNICA: DISEÑO DE UNA MÁQUINA REVOCADORA Y MEZCLADORA DE MORTERO			
NORMA	DIN	FECHA	A4
U.M.S.A. FACULTAD DE INGENIERÍA		FIRMA	
NOMBRE DEL ARCHIVO.	NOD-MEZ-007	ESCALA:	1:5
ÁREA:		MECÁNICA	
SISTEMA:		TRANSPORTADOR	
NOMBRE DE PIEZA:		TORNILLO SIN FIN TRANSPORTADOR	
		HOJA 1 DE 1	

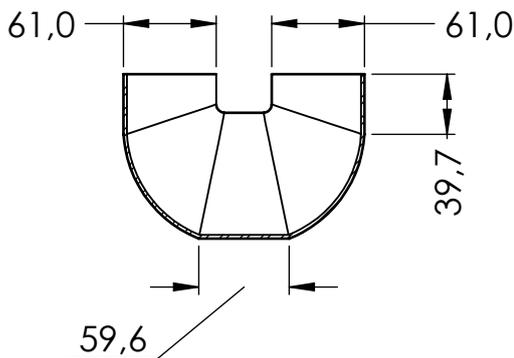
**VISTA SUPERIOR
BOQUILLA DE DESCARGA**



SECCIÓN B-B



SECCIÓN C-C



**VISTA ISOMÉTRICA
BOQUILLA DE ALIMENTACIÓN
A TRANSPORTADOR**

ESCALA 1:2



1	01	BOQUILLA DE DESCARGA	120X160X2	01	0,250	ACERO INOX. AISI 304
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	UNIT [Kg]	TOTAL [Kg]	OBSERVACIONES

NOMBRE	FECHA	PESO [Kg]
DIBUJADO POR. ÑUFLO FLORES INDER ADALID	2-11-2022	
APROBADO POR. SIÑANI VILTE JOSÉ	2-11-2022	

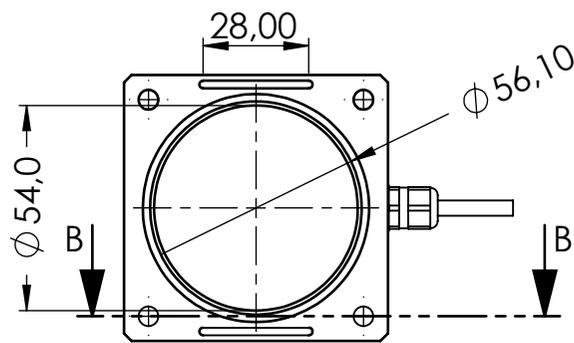
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS: +0,5;-0,5



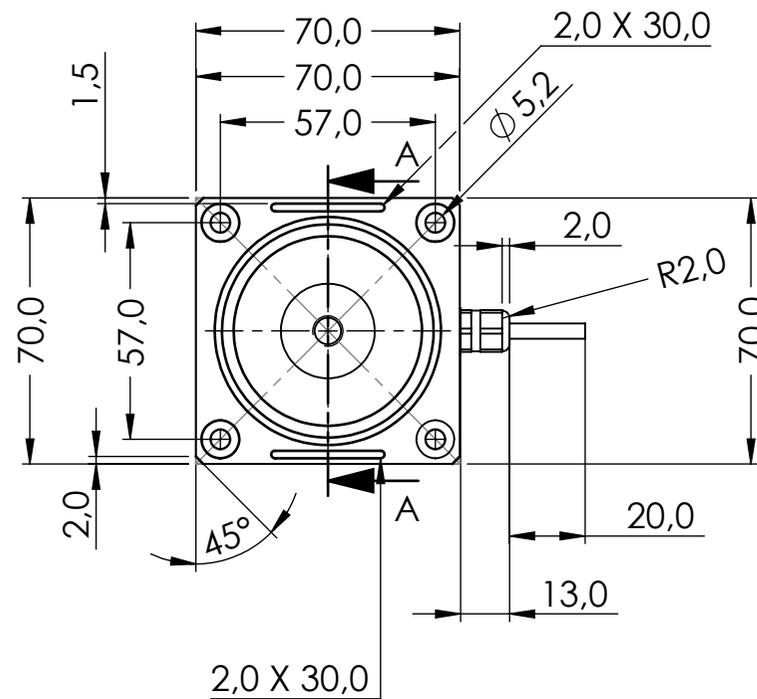
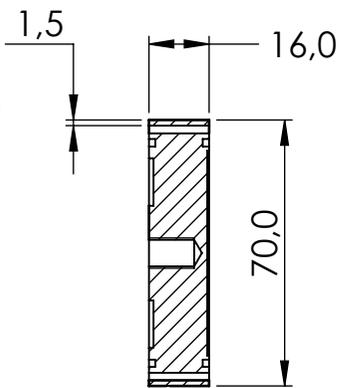
PROYECTO ING. ELECTROMECAÁNICA: DISEÑO DE UNA MÁQUINA REVOCADORA Y MEZCLADORA DE MORTERO

NORMA	DIN	A4
U.M.S.A. FACULTAD DE INGENIERÍA		FIRMA
NOMBRE DEL ARCHIVO.	SDM-MEZ-007	

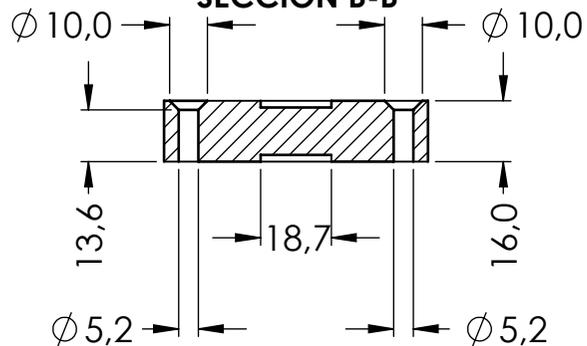
ÁREA:	MECÁNICA
SISTEMA:	MEZCLADORA
NOMBRE DE PIEZA:	SALIDA EN LA DESCARGA DE MORTERO
ESCALA:1:5	HOJA 1 DE 1



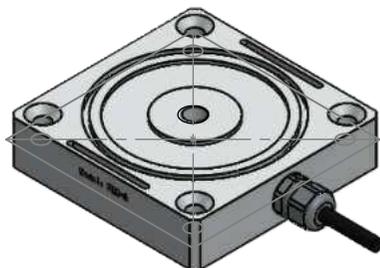
SECCIÓN A-A

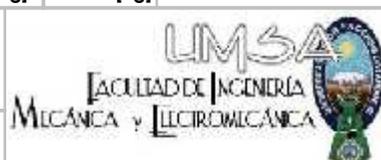


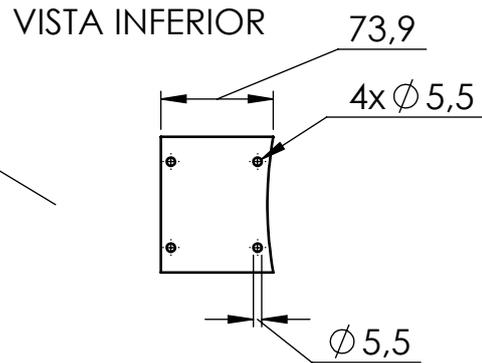
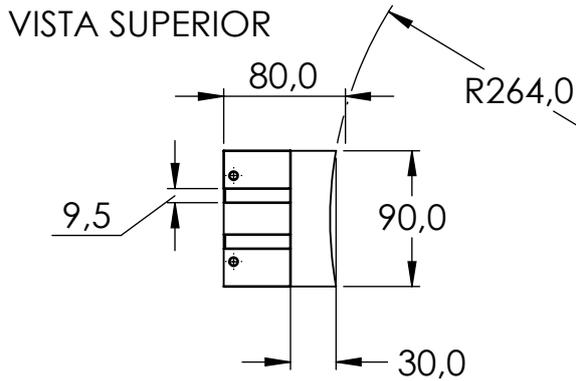
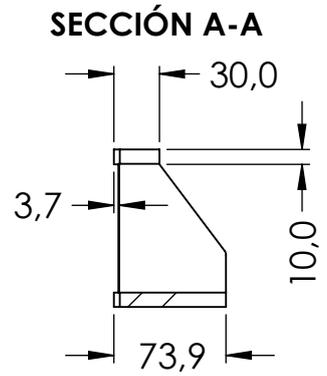
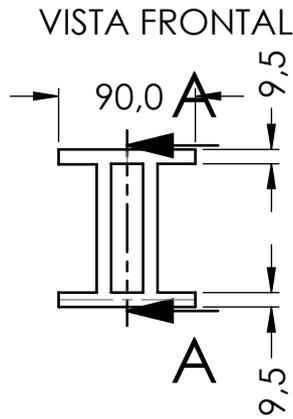
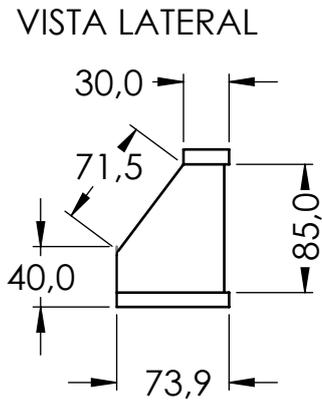
SECCIÓN B-B



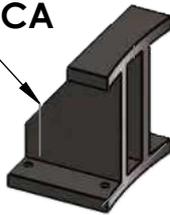
VISTA ISOMÉTRICA CELDA DE CARGA



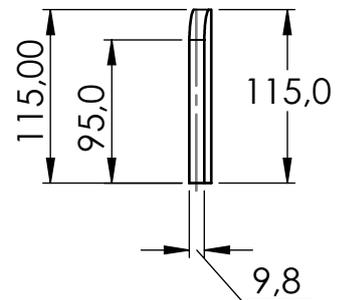
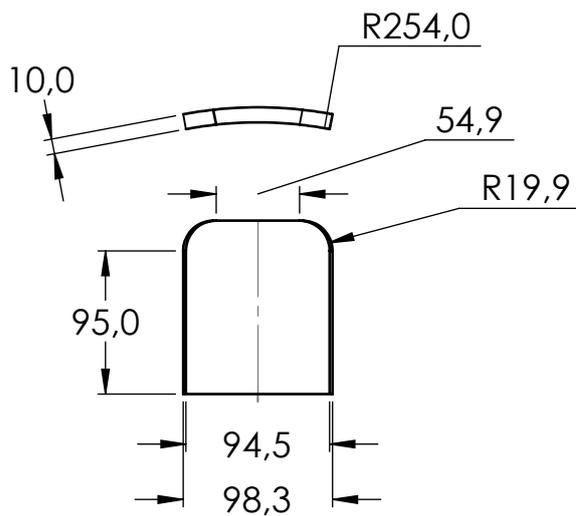
1	02	TRANSPORTE DE MORTERO	70X70X16	4	08	ALUMINIO ALLOY
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	UNIT [Kg]	TOTAL [Kg]	OBSERVACIONES
		NOMBRE	FECHA	PESO [Kg]	SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +0,5;-0,5	
DIBUJADO POR.		ÑUFLO FLORES INDER ADALID	2-11-2022			
APROBADO POR		SIÑANI VILTE JOSÉ	2-11-2022			
PROYECTO ING. ELECTROMECÁNICA: DISEÑO DE UNA MÁQUINA REVOCADORA Y MEZCLADORA DE MORTERO						
NORMA	DIN	A4	ÁREA:		MECÁNICA	
U.M.S.A.			SISTEMA:		MEZCLADORA	
FACULTAD DE INGENIERÍA			NOMBRE DE PIEZA:		CELDA DE CARGA FCB-A CAP.100 KG.	
NOMBRE DEL ARCHIVO.		CCFCB-MEZ-009	ESCALA: 1:2		HOJA 1 DE 1	



VISTA ISOMÉTRICA OREJERA-2



VISTA ISOMÉTRICA OREJERA-1



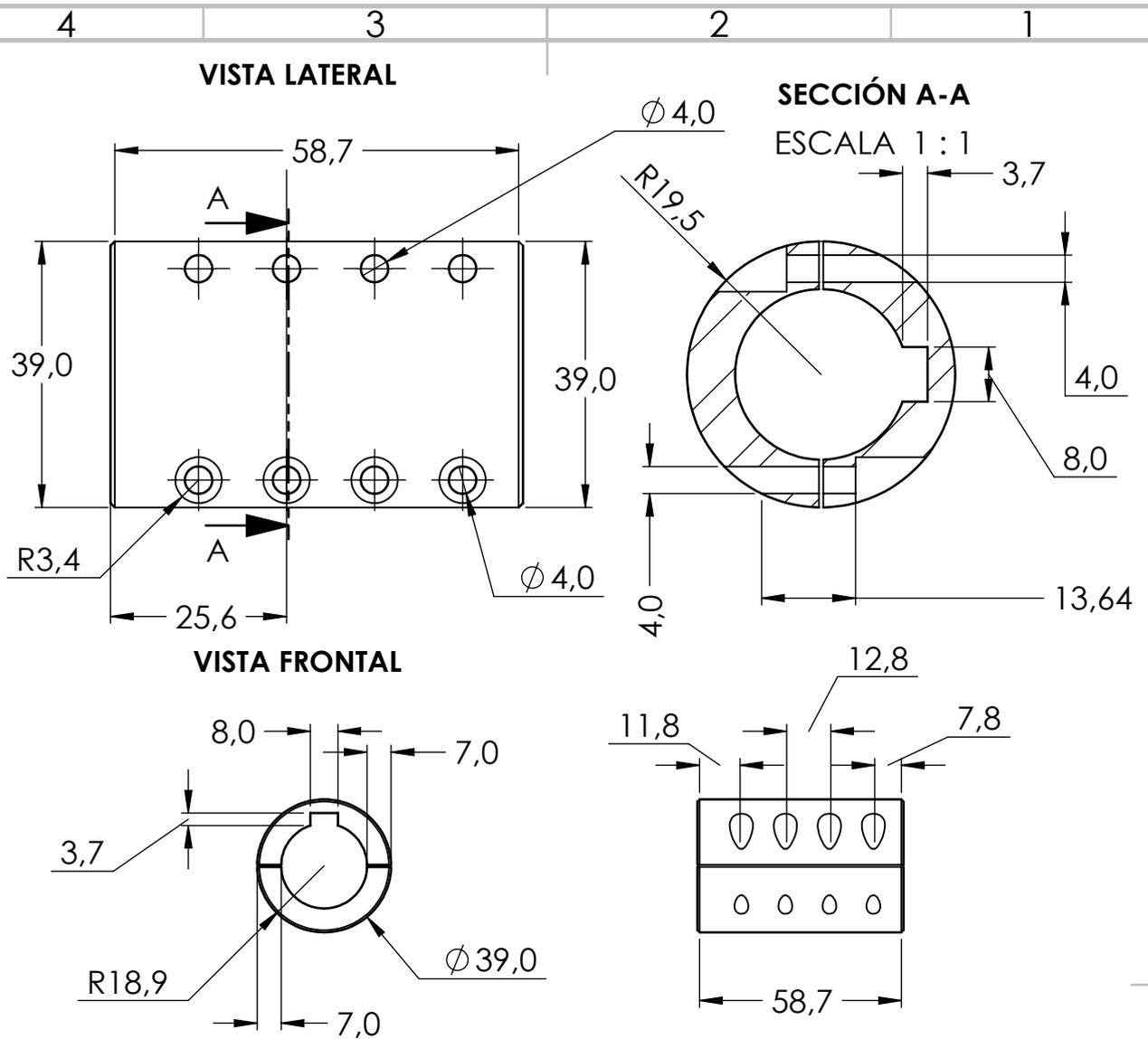
1	02	SOPORTE DE MEZCLADORA	115x74	01	1,38	ACERO INOX. AISI 304
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	UNIT [Kg]	TOTAL [Kg]	OBSERVACIONES

NOMBRE	FECHA	PESO [Kg]
ÑUFLO FLORES INDER ADALID	2-11-2022	
APROBADO POR	FECHA	
SIÑANI VILTE JOSÉ	2-11-2022	



PROYECTO ING. ELECTROMECAÁNICA: DISEÑO DE UNA MÁQUINA REVOCADORA Y MEZCLADORA DE MORTERO

NORMA	DIN	A4	ÁREA:	MECÁNICA
U.M.S.A. FACULTAD DE INGENIERÍA			SISTEMA:	MEZCLADOR
FIRMA			NOMBRE DE PIEZA:	OREJERAS DE SOSTENIMIENTO MEZCLADORA
NOMBRE DEL ARCHIVO:		OSM-MEZ-008	ESCALA:1:5	HOJA 1 DE 1



**VISTA ISOMÉTRICA
ACOPLE REDUCTOR-MEZCLADORA**



ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	UNIT [Kg]	TOTAL [Kg]	OBSERVACIONES
1	01	ACOPLE DEL PRIMER EJE	39 x 58,7 x ESP:7	0,290	0,290	ACERO INOX. AISI 304

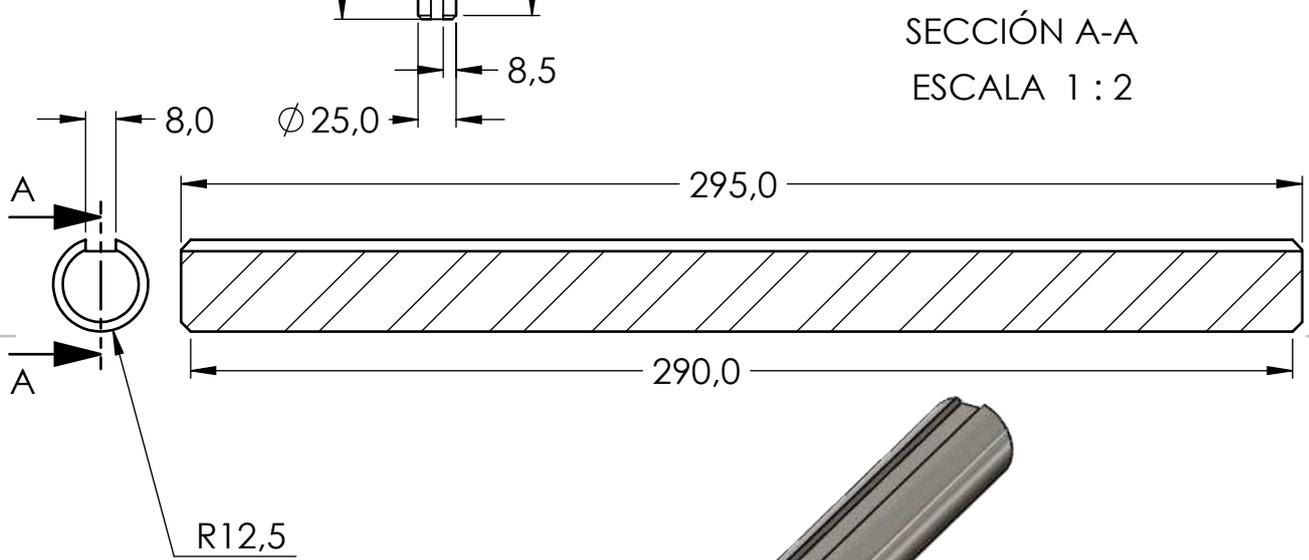
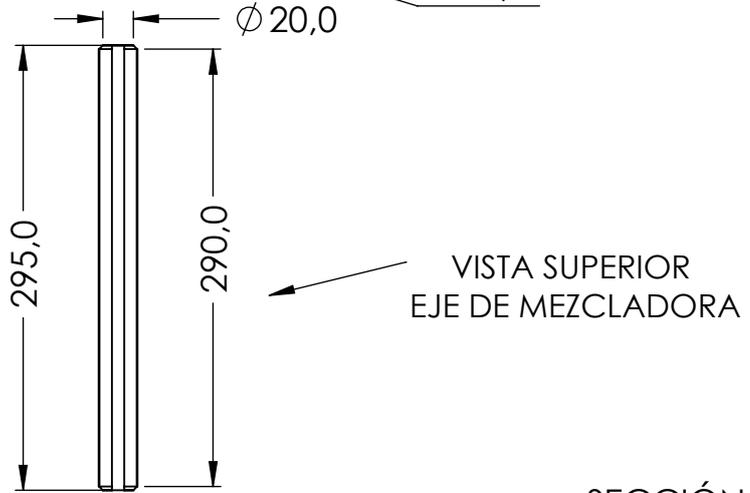
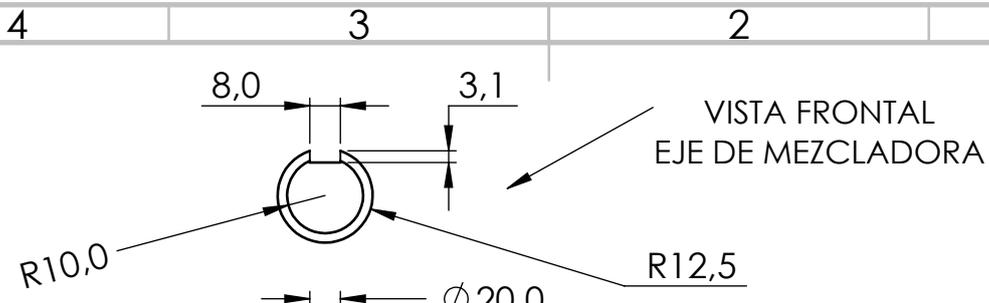
NOMBRE	FECHA	PESO [Kg]
DIBUJADO POR. ÑUFLO FLORES INDER ADALID	2-11-2022	
APROBADO POR. SIÑANI VILTE JOSÉ	2-11-2022	

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS: +0.5;-0.5



PROYECTO ING. ELECTROMECÁNICA: DISEÑO DE UNA MÁQUINA REVOCADORA Y MEZCLADORA DE MORTERO

NORMA	DIN	A4	ÁREA:	MECÁNICA
U.M.S.A. FACULTAD DE INGENIERÍA			SISTEMA:	MEZCLADORA
FIRMA			NOMBRE DE PIEZA:	ACOPLE REDUCTOR- MEZCLADORA
NOMBRE DEL ARCHIVO.		ACOP-MEZ-009	ESCALA:1:2	HOJA 1 DE 1

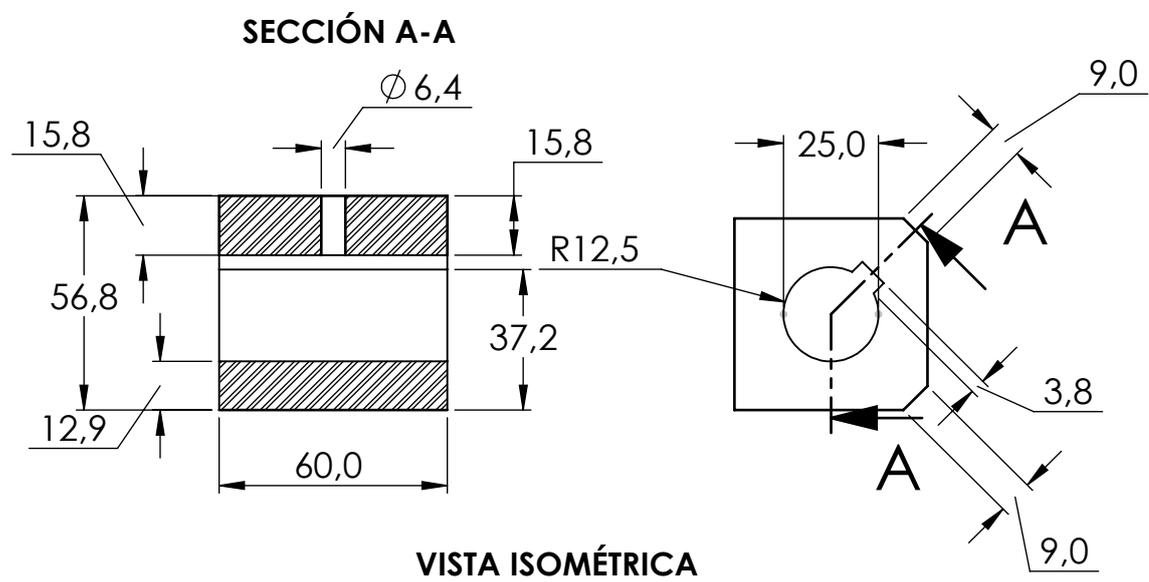
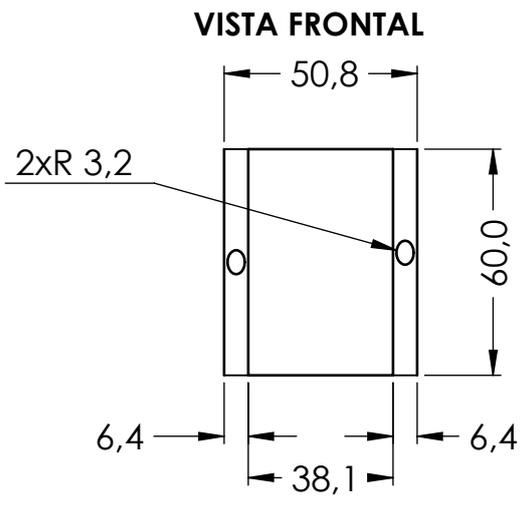
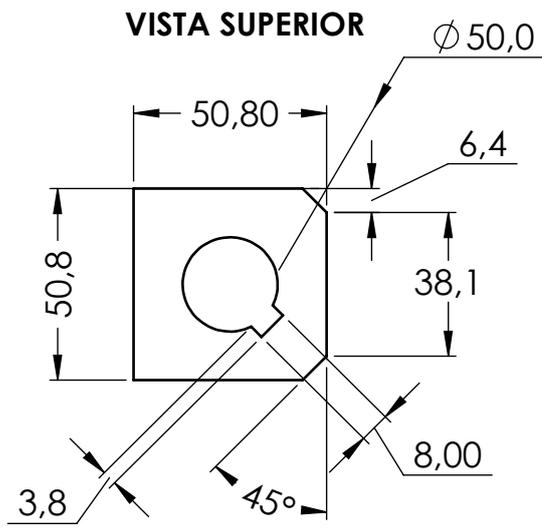


1	01	EJE DE ROTACIÓN	25,4x295	1,08	1,08	ACERO INOX. AISI 304
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	UNIT [Kg]	TOTAL [Kg]	OBSERVACIONES

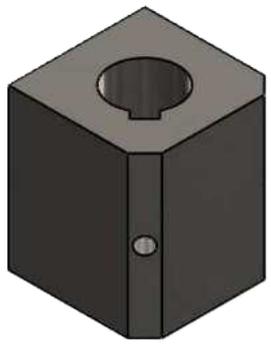
DIBUJADO POR.	ÑUFLO FLORES INDER ADALID	FECHA	3-11-2022	SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +0.5;-0.5
APROBADO POR	SIÑANI VILTE JOSÉ	FECHA	3-11-2022	



PROYECTO ING. ELECTROMECAÁNICA: DISEÑO DE UNA MÁQUINA REVOCADORA Y MEZCLADORA DE MORTERO			
NORMA	DIN	A4	ÁREA: MECÁNICA
U.M.S.A.		FIRMA	SISTEMA: MEZCLADORA
FACULTAD DE INGENIERÍA			NOMBRE DE PIEZA: EJE DE MEZCLADORA
NOMBRE DEL ARCHIVO.	EJE-MEZ-010	ESCALA:1:5	HOJA 1 DE 1



VISTA ISOMÉTRICA
CUBO DE SOSTENCIÓN PALETAS



1	01	CONTENEDOR DE MORTERO	50,8x50,8x60	0,56	0,56	ACERO INOX. AISI 304
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	UNIT [Kg]	TOTAL [Kg]	OBSERVACIONES

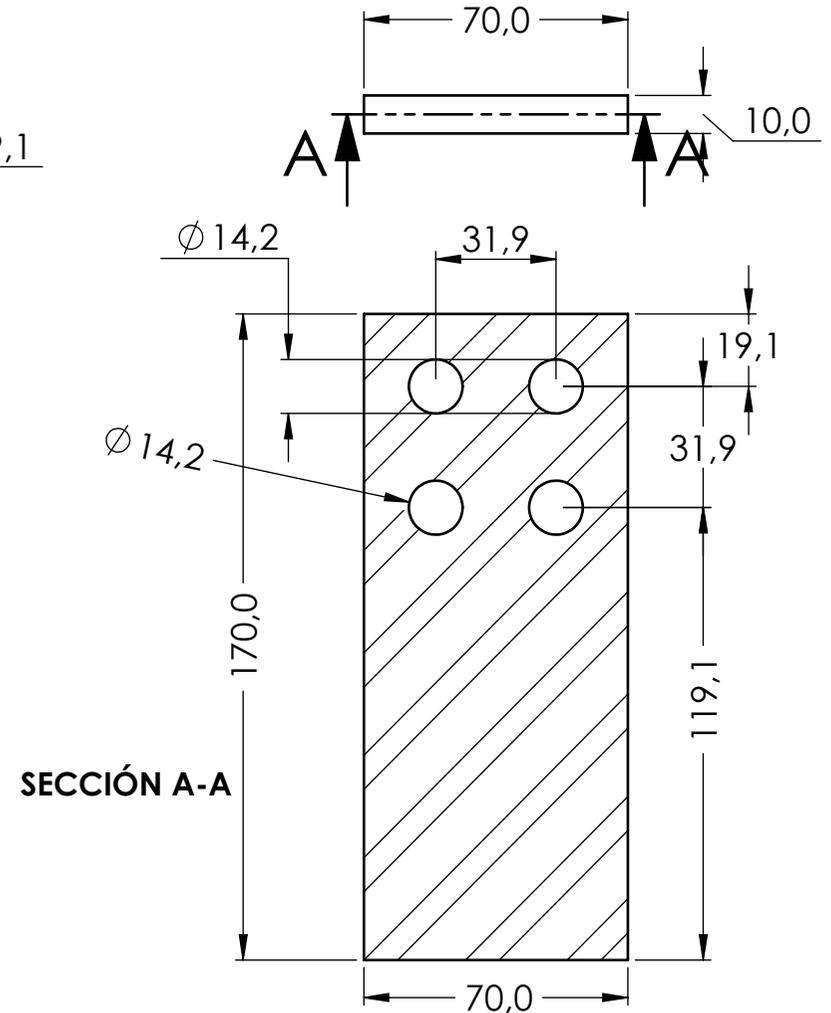
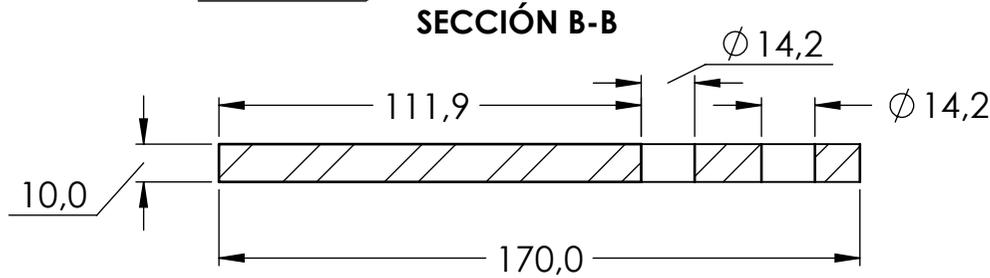
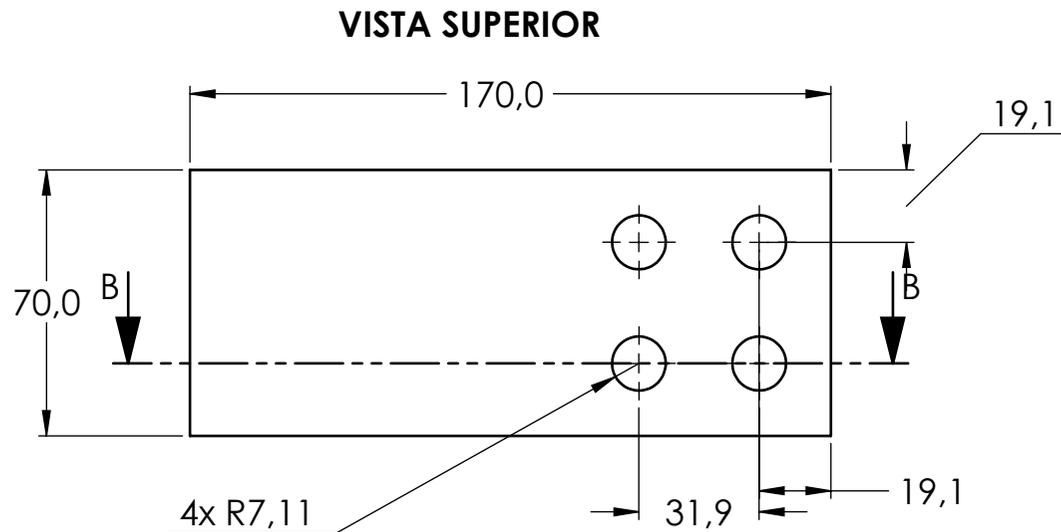
NOMBRE	FECHA	PESO [Kg]
ÑUFLO FLORES INDER ADALID	2-11-2022	
APROBADO POR	FECHA	PESO [Kg]
SIÑANI VILTE JOSÉ	2-11-2022	

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS: +0,5;-0,5



PROYECTO ING. ELECTROMECÁNICA: DISEÑO DE UNA MÁQUINA REVOCADORA Y MEZCLADORA DE MORTERO

NORMA	DIN	A4	ÁREA:	MECÁNICA
U.M.S.A. FACULTAD DE INGENIERÍA			SISTEMA:	MEZCLADORA
FIRMA			NOMBRE DE PIEZA:	CUBO SOSTEN DE PALETAS
NOMBRE DEL ARCHIVO:		ROT-MEZ-012	ESCALA:1:2	HOJA 1 DE 1

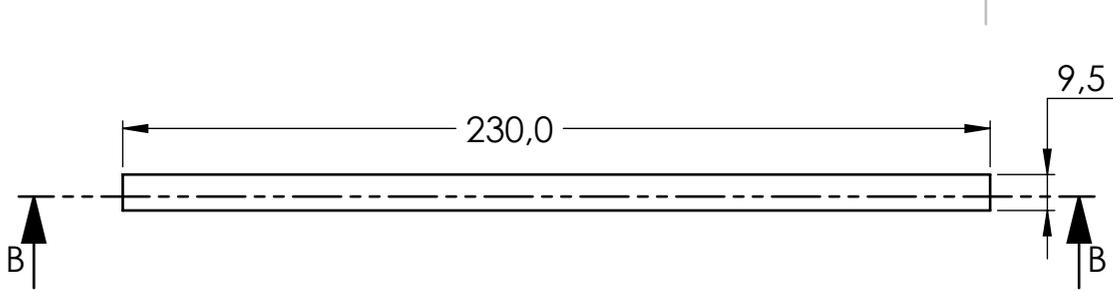


**VISTA ISOMÉTRICA
BRAZO DE PALETA MEZCLADORA**

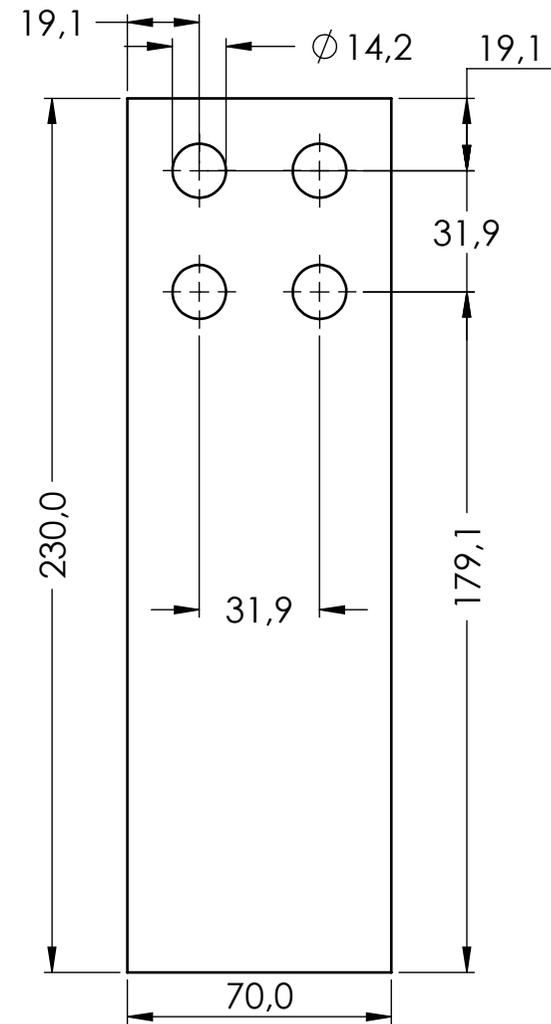
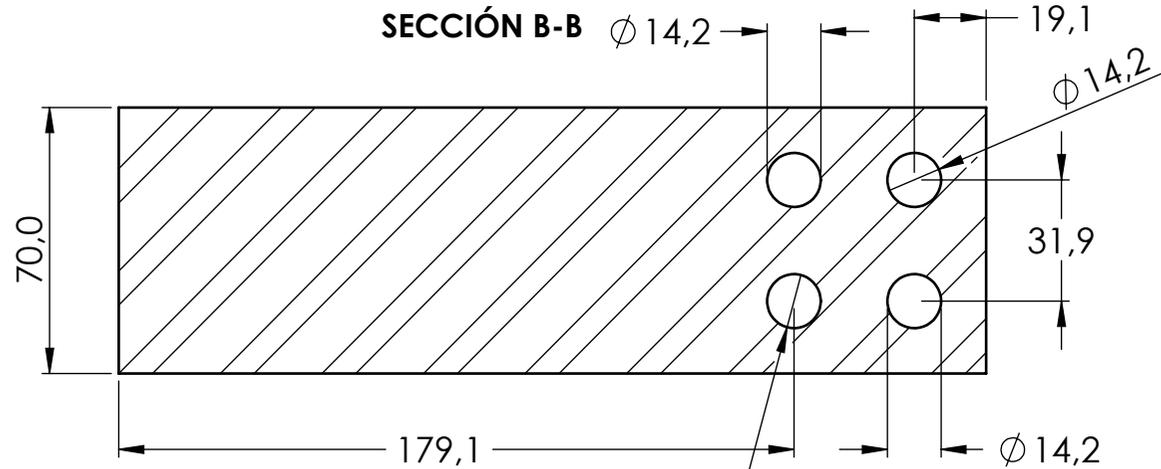


ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	UNIT [Kg]	TOTAL [Kg]	OBSERVACIONES
1	04	BRAZO ACOPLADO AL EJE	70X170X10	0,90	3,60	ACERO INOX. AISI 304

NOMBRE		FECHA	PESO [Kg]	SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +0,5;-0,5		
DIBUJADO POR.	ÑUFLO FLORES INDER ADALID	2-11-2022				
APROBADO POR	SIÑANI VILTE JOSÉ	2-11-2022				
PROYECTO ING. ELECTROMECÁNICA: DISEÑO DE UNA MÁQUINA REVOCADORA Y MEZCLADORA DE MORTERO						
NORMA	DIN	A4	ÁREA:		MECÁNICA	
U.M.S.A. FACULTAD DE INGENIERÍA			SISTEMA:		MEZCLADOR	
FIRMA			NOMBRE DE PIEZA: BRAZO DE LA PALETA MEZCLADORA			
NOMBRE DEL ARCHIVO.			ROT-MEZ-010		ESCALA:1:2	
					HOJA 1 DE 1	



SECCIÓN B-B $\phi 14,2$

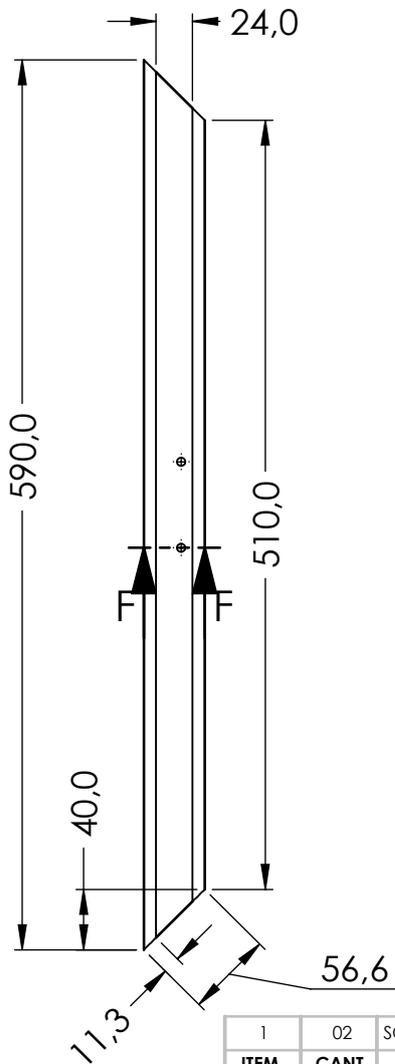
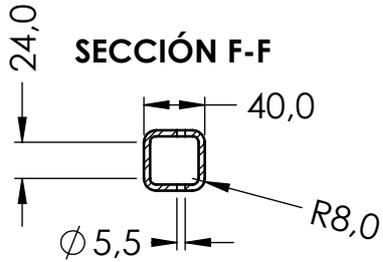
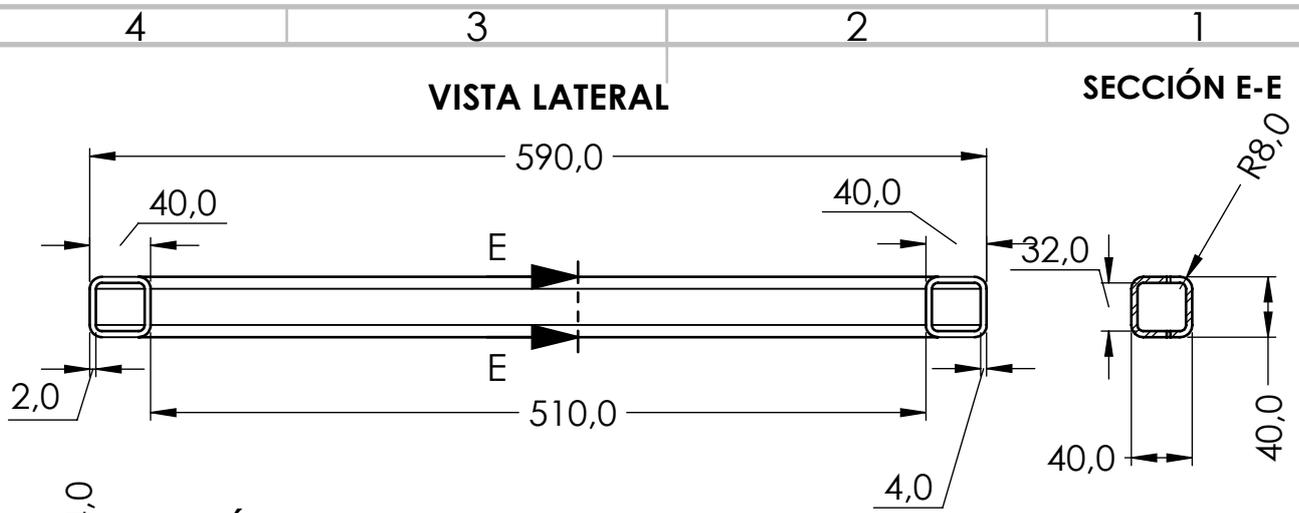


VISTA ISOMÉTRICA
PALETA LARGA

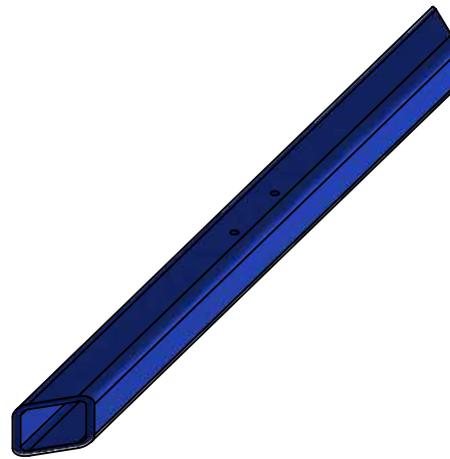


1	04	PALETA MEZCLADORA	230x70x9,5	1,10	4,40	ACERO INOX. AISI 304
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	UNIT [Kg]	TOTAL [Kg]	OBSERVACIONES

DIBUJADO POR.	ÑUFLO FLORES INDER ADALID	FECHA	3-11-2022	SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +0,5;-0,5	
APROBADO POR	SIÑANI VILTE JOSÉ	FECHA	3-11-2022		
PROYECTO ING. ELECTROMECÁNICA: DISEÑO DE UNA MÁQUINA REVOCADORA Y MEZCLADORA DE MORTERO					
NORMA	DIN	A4		ÁREA:	MECÁNICA
U.M.S.A.				SISTEMA:	TRANSPORTADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA			FIRMA	NOMBRE DE PIEZA:	PALETA MEZCLADORA LARGA
NOMBRE DEL ARCHIVO.	ROT-MEZ-013		ESCALA:	1:2	HOJA 1 DE 1



VISTA ISOMÉTRICA
PERFIL LATERAL SUPERIOR



1	02	SOPORTE CELDA DE CARGA	40x40x590	1,232	2,464	ACERO LISO AISI 1020
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	UNIT [Kg]	TOTAL [Kg]	OBSERVACIONES

NOMBRE	FECHA	PESO [Kg]
DIBUJADO POR. ÑUFLO FLORES INDER ADALID	2-11-2022	
APROBADO POR SIÑANI VILTE JOSÉ	2-11-2022	

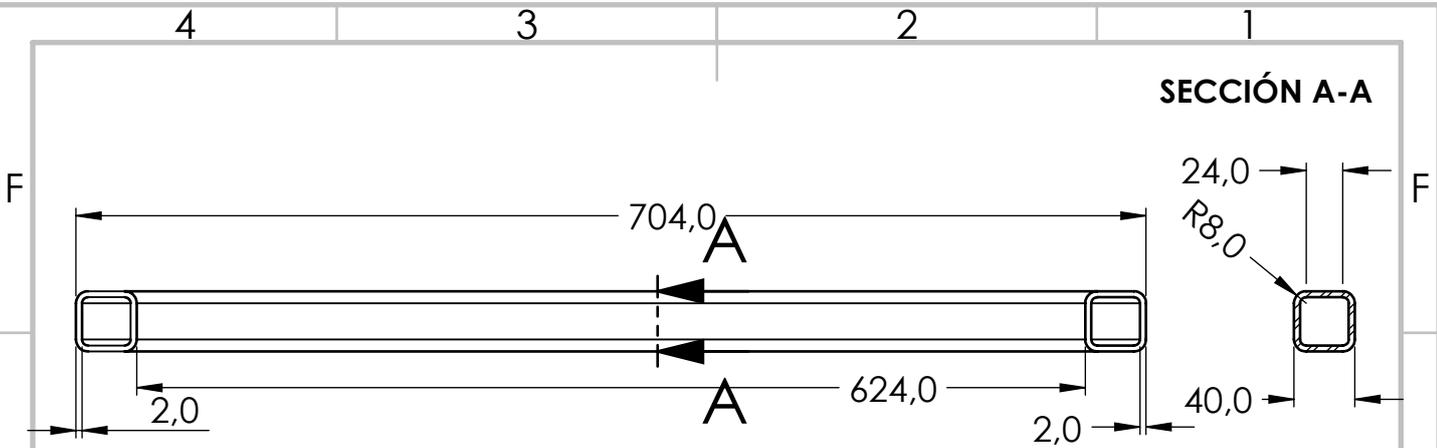
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS: +0.5;-0.5



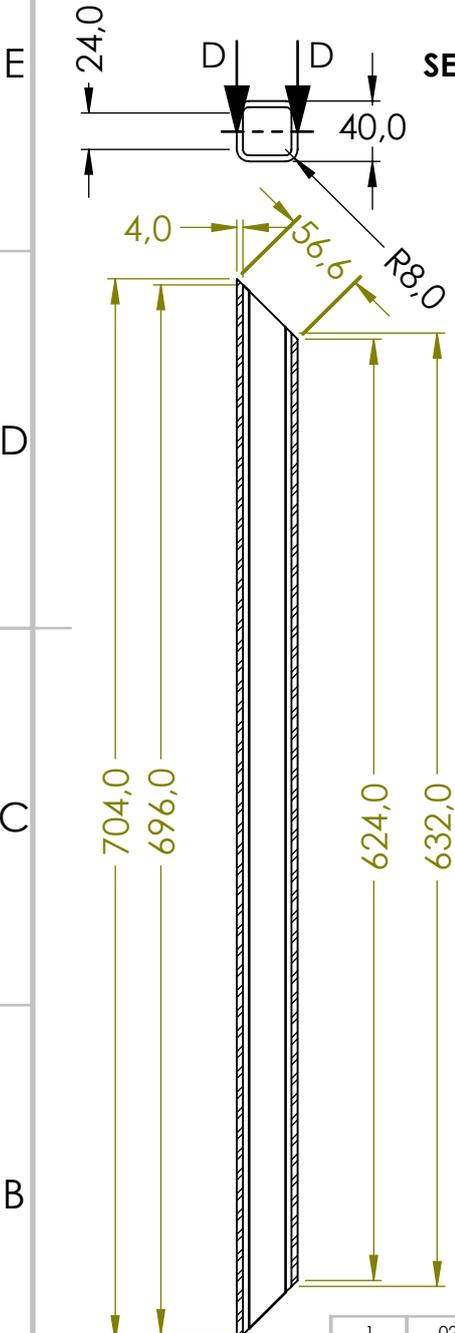
PROYECTO ING. ELECTROMECAÁNICA: DISEÑO DE UNA MÁQUINA REVOCADORA Y MEZCLADORA DE MORTERO

NORMA	DIN	A4	ÁREA:	MECÁNICA
U.M.S.A. FACULTAD DE INGENIERÍA			SISTEMA:	ESTRUCTURA
FIRMA			NOMBRE DE PIEZA:	PERFIL LATERAL SUPERIOR
NOMBRE DEL ARCHIVO.	PLS-EST-001	ESCALA:1:5	HOJA 1 DE 1	

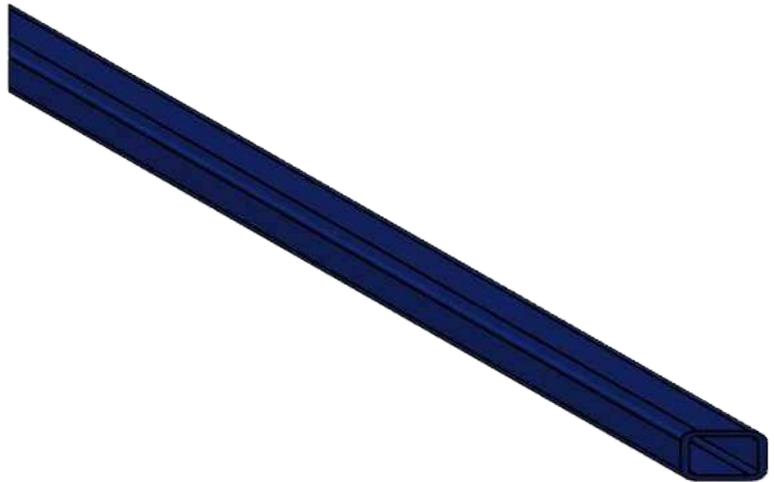
SECCIÓN A-A



SECCIÓN D-D



VISTA ESTRUCTURAL
PERFIL SUPERIOR- BASE DE CONTENEDOR



1	02	CONTENEDOR DE MORTERO	4040x740	1,487	2,974	ACERO INOX. AISI 304
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	UNIT [Kg]	TOTAL [Kg]	OBSERVACIONES

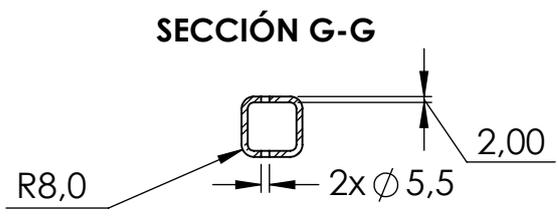
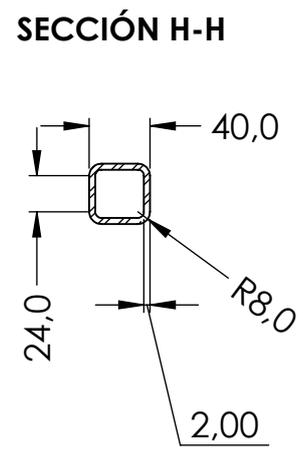
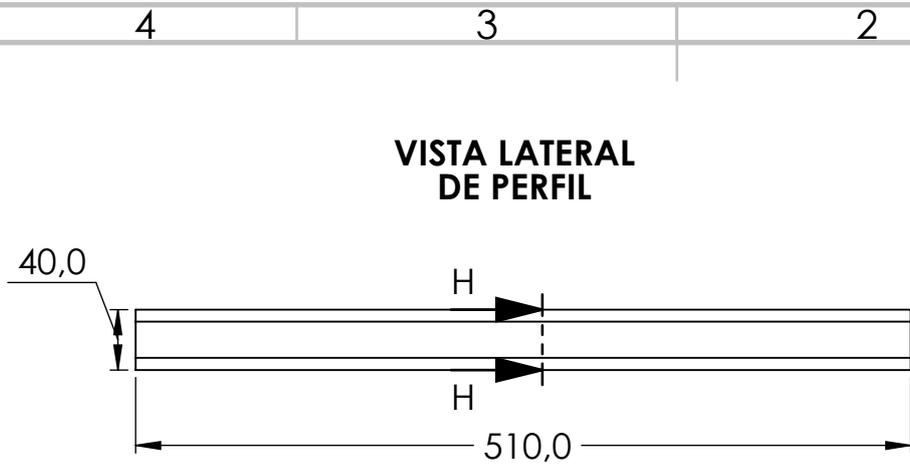
NOMBRE	FECHA	PESO [Kg]
DIBUJADO POR. ÑUFLO FLORES INDER ADALID	3-11-2022	
APROBADO POR. SIÑANI VILTE JOSÉ	3-11-2022	

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS: +0,5;-0,5

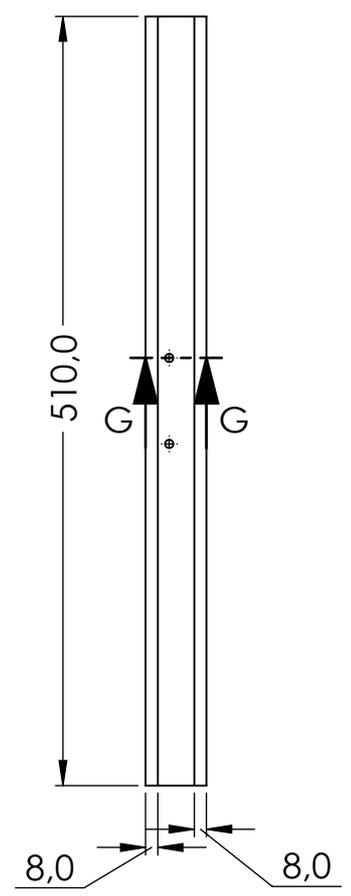


PROYECTO ING. ELECTROMECAÁNICA: DISEÑO DE UNA MÁQUINA REVOCADORA Y MEZCLADORA DE MORTERO

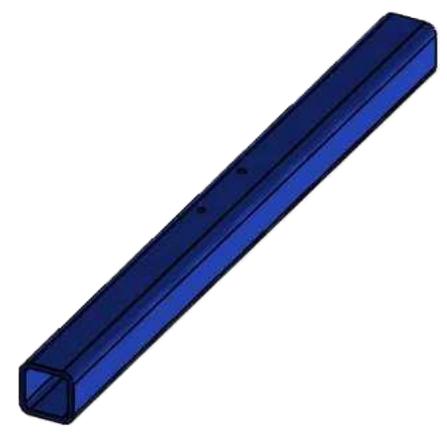
NORMA	DIN	A4	ÁREA:	MECÁNICA
U.M.S.A. FACULTAD DE INGENIERÍA			SISTEMA:	ESTRUCTURA
FIRMA			NOMBRE DE PIEZA:	PERFIL SUPERIOR BASE DE CONTENEDOR
NOMBRE DEL ARCHIVO. PSB-EST-002		ESCALA:1:5	HOJA 1 DE 1	



VISTA SUPERIOR DE PERFIL



VISTA ESTRUCTURAL
PERFIL SUPERIOR
BASE DE CELDA DE CARGA



1	02	BASE DE CELDA DE CARGA	40X40X510	1,142	2,28	ACERO LISO AISI 1020
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	UNIT [Kg]	TOTAL [Kg]	OBSERVACIONES

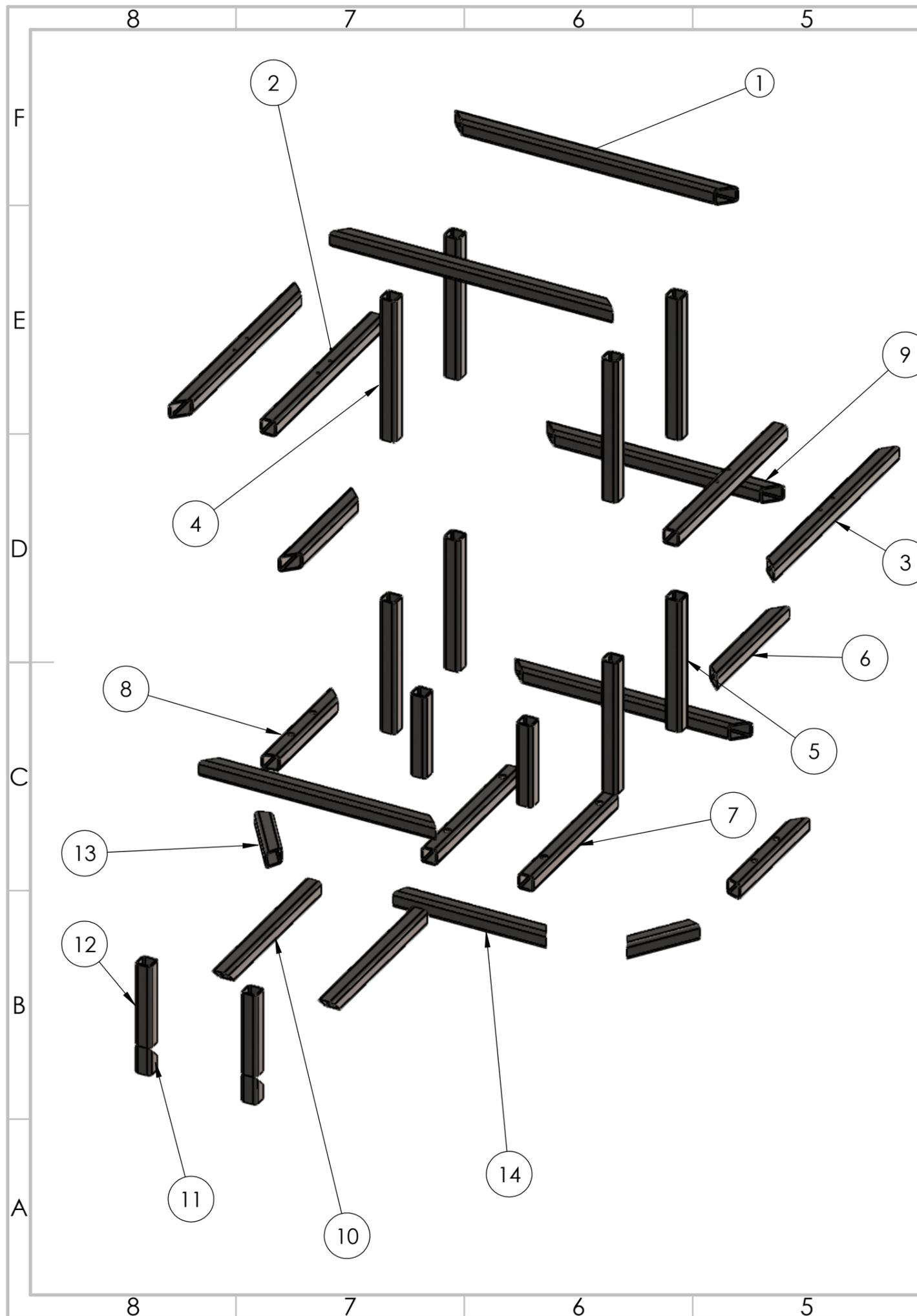
NOMBRE	FECHA	PESO [Kg]
ÑUFLO FLORES INDER ADALID	2-11-2022	
APROBADO POR	FECHA	PESO [Kg]
SIÑANI VILTE JOSÉ	2-11-2022	

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS: +0,5;-0,5



PROYECTO ING. ELECTROMECAÁNICA: DISEÑO DE UNA MÁQUINA REVOCADORA Y MEZCLADORA DE MORTERO

NORMA	DIN	A4	ÁREA:	MECÁNICA
U.M.S.A. FACULTAD DE INGENIERÍA			SISTEMA:	ESTRUCTURA
FIRMA			NOMBRE DE PIEZA:	PERFIL LATERAL SUPERIOR
NOMBRE DEL ARCHIVO.		PLS-EST-003	ESCALA:1:5	HOJA 1 DE 1

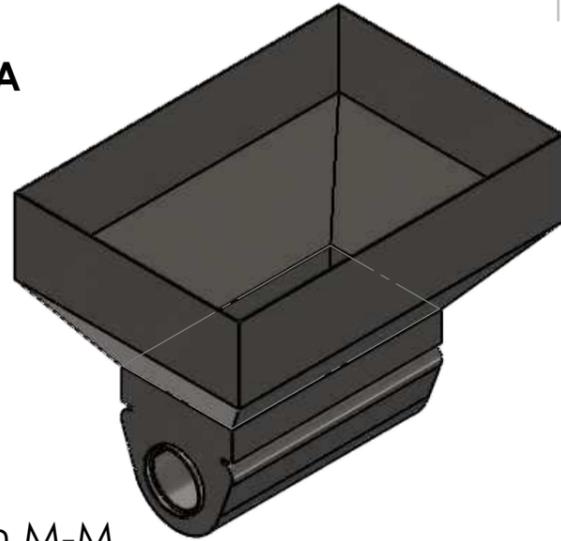


	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	LONGITUD [mm]	PESO UNIT. [Kg]	PESO TOTAL [Kg]
1	2	Pasante superior para soportedel recipiente de Contención	704	1,487	2,974
2	2	Larguero superior para base de las celdas de carga	510	1,142	2,284
3	2	Larguero superior para apoyo de las celdas de carga	590	1,232	2,464
4	4	Columna superior de estructura	360	0,806	3,224
5	4	Columna inferior de estructura	335	0,750	3,00
6	2	Larguero poscionado a la mitad	340	0,672	1,344
7	2	Soporte del segundo motor	395	0,885	1,770
8	2	Larguero para soporte de chumacera	326.386	0,730	1,460
9	3	Travesal posicionado a la mitad	590	1,232	3,696
10	2	Larggueros inferiores para soporte del tornillo transportador	445	0,952	1,904
11	2	Columnas inferiores para soporte de la bomba de cavidad progresiva	70	0,112	0,224
12	4	Columnas inferiores para soporte de la bomba de cavidad progresiva	208	0,465	1,860
13	2	Perfiles pasantes	182.358	0,286	0,572
14	1	Travesal inferior	380.764	0,752	0,752
TOTAL			5436,0	11,502	27,53
LONGITUD TOTAL DE PERFIL CUADRADO			12,885 metros		

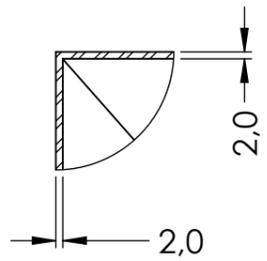
1	01	ESTRUCTURA DE PROYECTO	470x200	01	26,66	PERFIL ACERO AISI 1020
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	UNIT [Kg]	TOTAL [Kg]	OBSERVACIONES
DIBUJADO POR.	ÑUFLO FLORES INDER ADALID		FECHA	2-11-2022	PESO[Kg/m]	SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM. ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +0,5;-0,5
APROBADO POR	SIÑANI VILTE JOSÉ		FECHA	2-11-2022		
PROYECTO ING. ELECTROMECAÁNICA: DISEÑO DE UNA MÁQUINA REVOCADORA Y MEZCLADORA DE MORTERO						
NORMA	DIN	A3	ÁREA:		MECÁNICA	
U.M.S.A.			SISTEMA:		ESTRUCTURAL	
FACULTAD DE INGENIERÍA			NOMBRE DE PIEZA:		ESTRUCTURA DE MEZCLADOR Y REVOCADORA	
NOMBRE DEL ARCHIVO.			EST-EST-001		ESCALA:1:10	
					HOJA 1 DE 1	



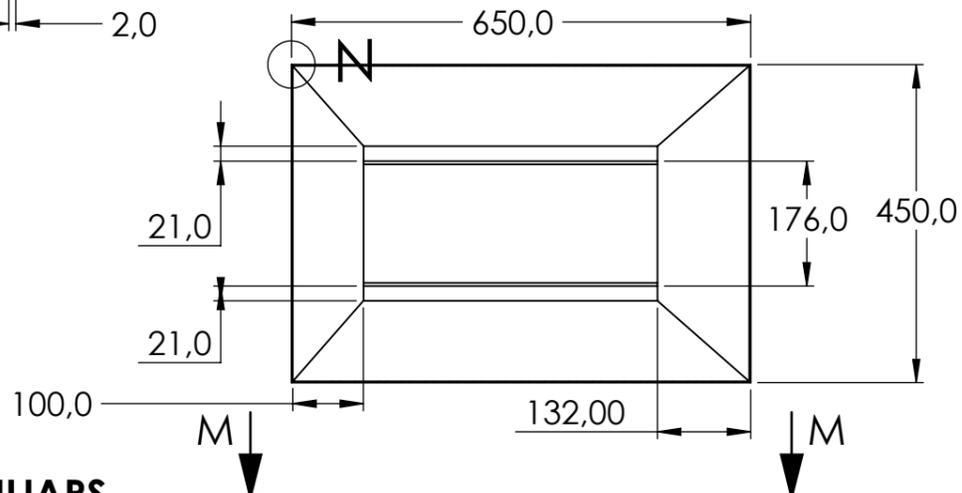
**VISTA ISOMÉTRICA
TOLVA DE
ALMACENAJE**



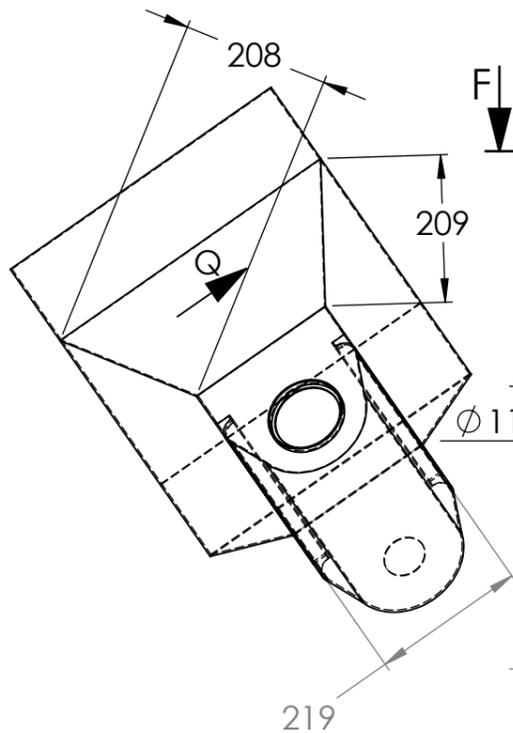
DETALLE N
ESCALA 1 : 2



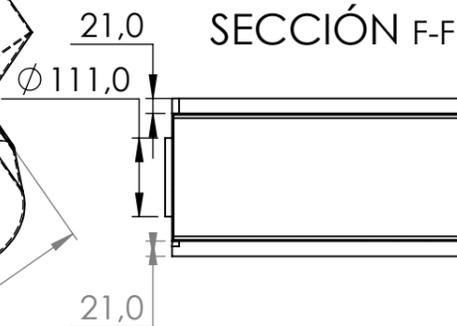
Sección M-M



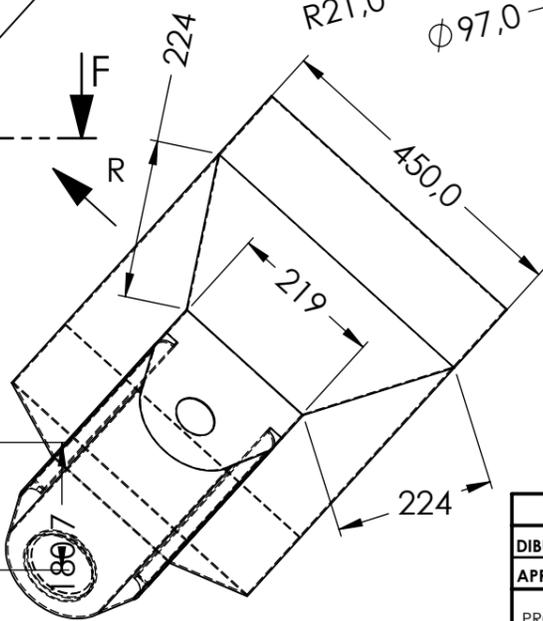
**VISTA AUXILIARS
INCLINACION Q**



SECCIÓN F-F

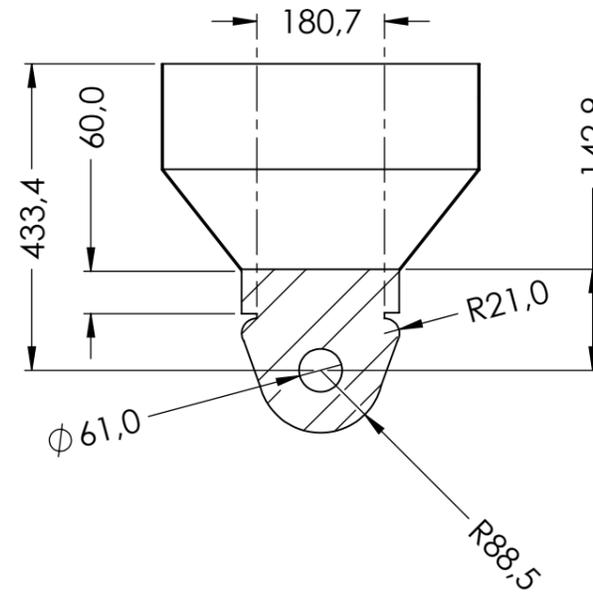


**VISTA AUXILIAR
INCLINACION R**

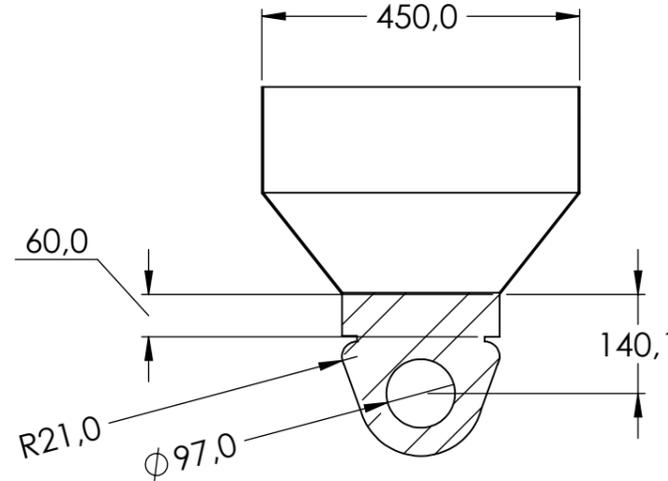


VISTA POSTERIOR DE LA TOLVA

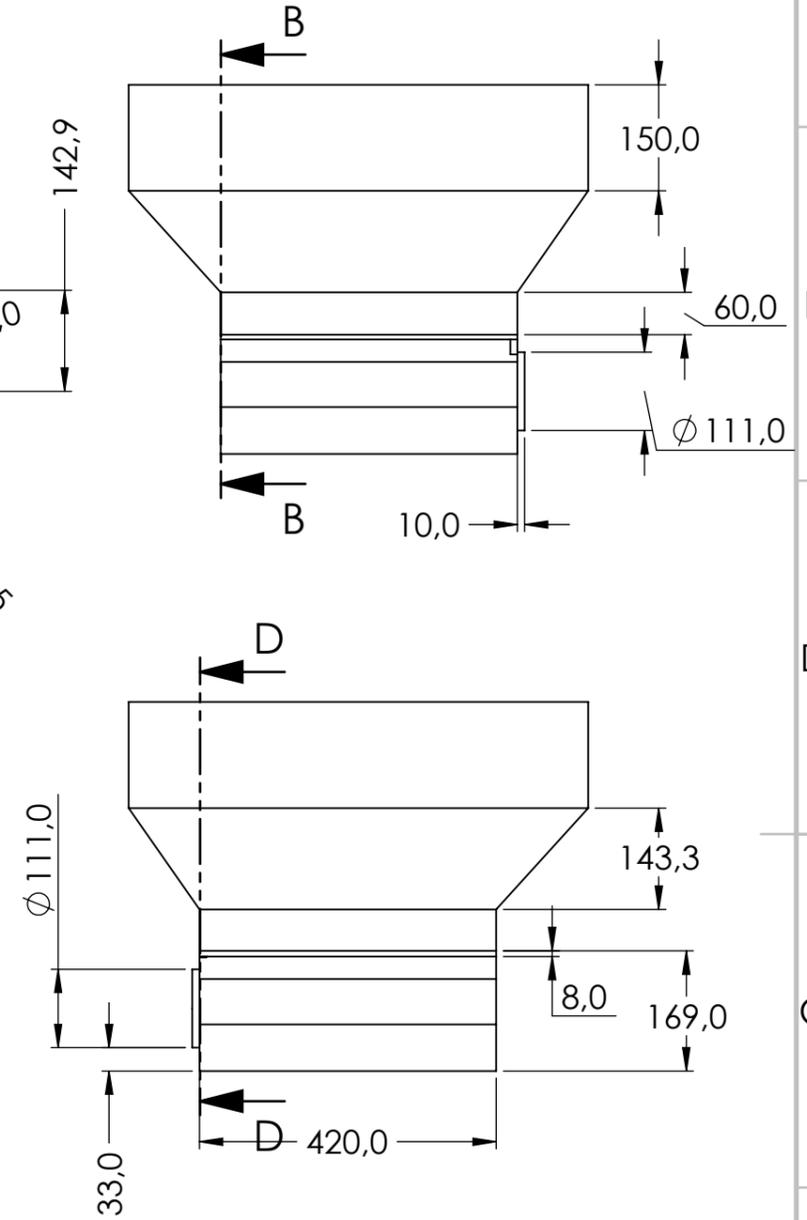
Sección B-B



Sección D-D



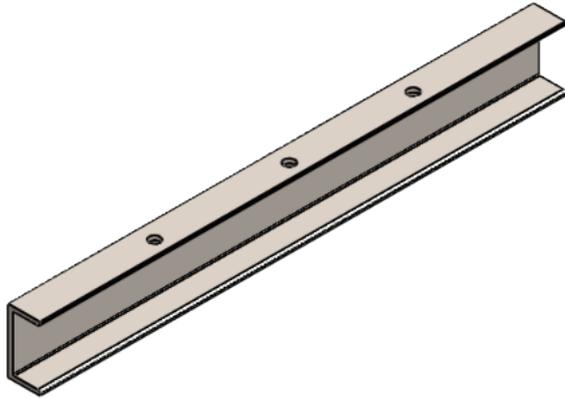
VISTA FRONTAL DE LA TOLVA



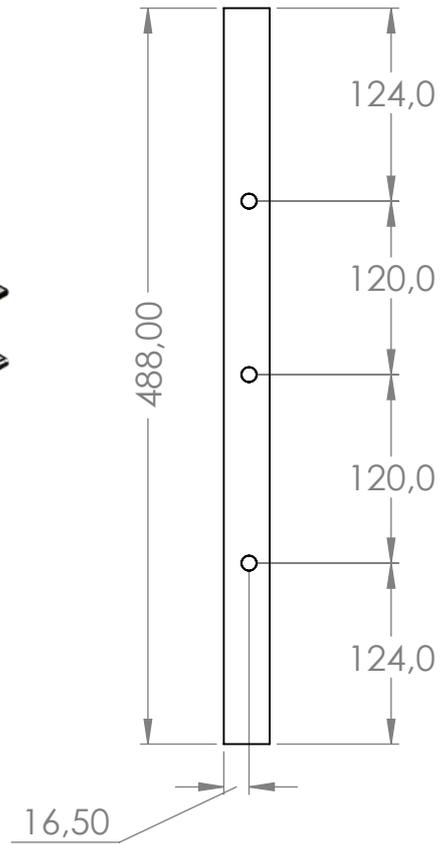
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	UNIT [Kg]	TOTAL [Kg]	OBSERVACIONES
1	01	ALMACENAJE DE MORTERO	650x450x434	01	26,66	PERFIL ACERO AISI 1020
<p>PROYECTO ING. ELECTROMECAÁNICA: DISEÑO DE UNA MÁQUINA REVOCADORA Y MEZCLADORA DE MORTERO</p>						
NORMA		DIN	A3	ÁREA: MECÁNICA		
DIBUJADO POR.		ÑUFLO FLORES INDER ADALID	2-11-2022	SISTEMA: TRANSPORTE		
APROBADO POR.		SIÑANI VILTE JOSÉ	2-11-2022	NOMBRE DE PIEZA: TOLVA DE ALMACENAMIENTO		
NOMBRE DEL ARCHIVO.		TOL-TRAN-001		ESCALA:1:10		HOJA 1 DE 1



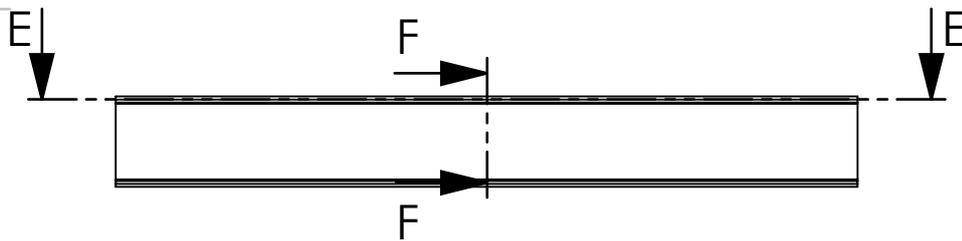
VISTA ISOMÉTRICA PERFIL TIPO C



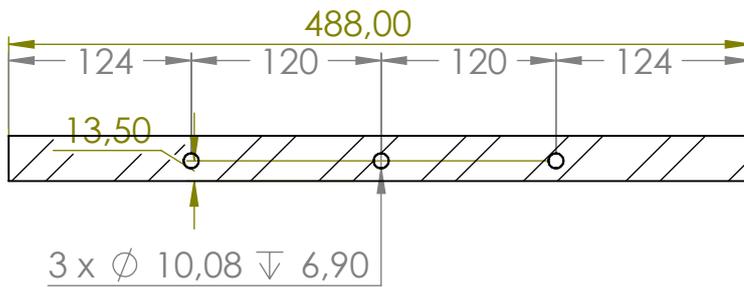
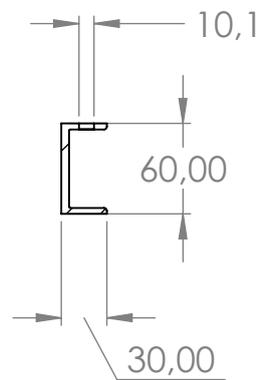
VISTA SUPERIOR PERFIL TIPO C



VISTA LATERAL PERFIL TIPO C



Sección F-F



Sección E-E

1	02	PERFIL TIPO C LONGITUDINAL	488X30X60	1,08	1,08	ACERO LISO AISI 1020
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	UNIT [Kg]	TOTAL [Kg]	OBSERVACIONES

NOMBRE	FECHA	PESO [Kg]
ÑUFLO FLORES INDER ADALID	3-11-2022	
APROBADO POR	FECHA	PESO [Kg]
SIÑANI VILTE JOSÉ	3-11-2022	

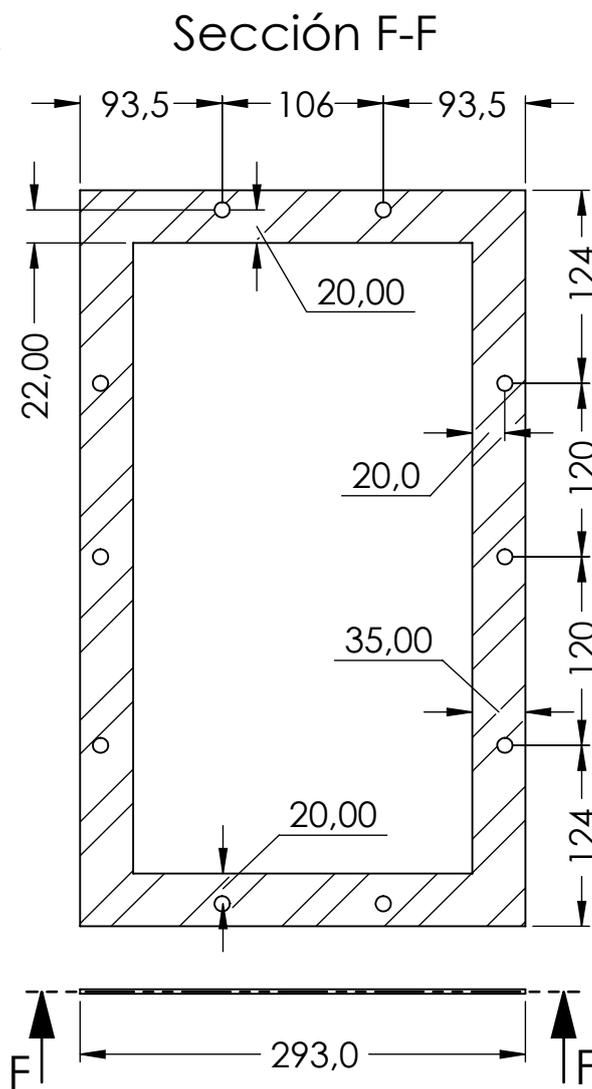
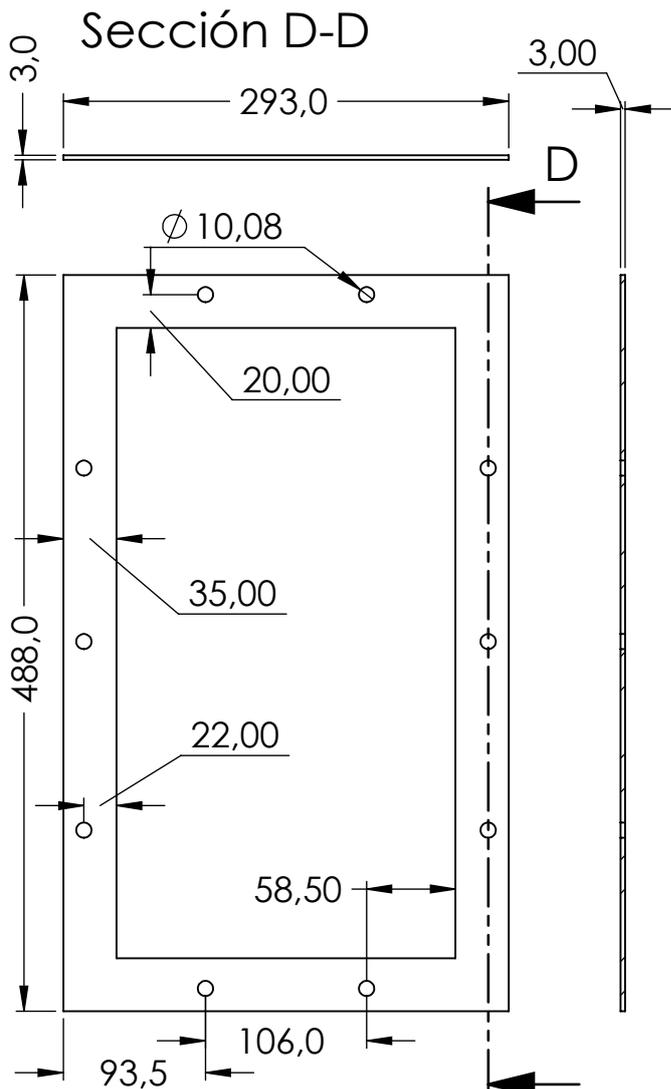
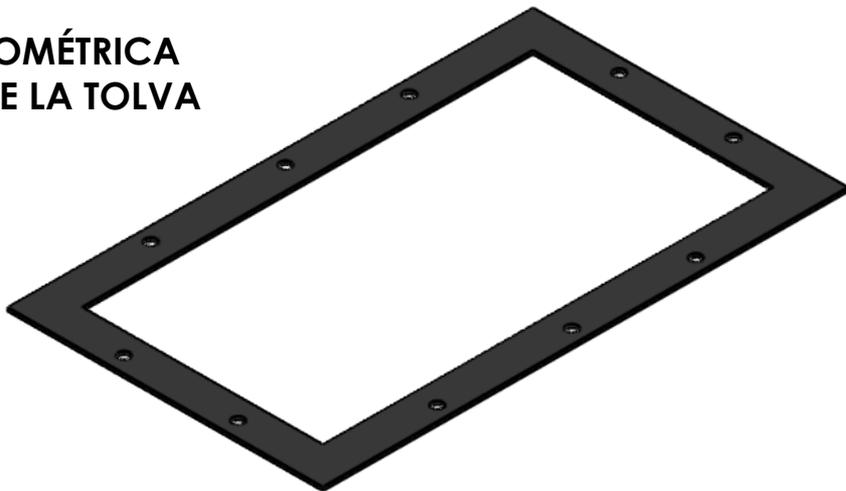
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS: +0,5;-0,5



PROYECTO ING. ELECTROMECAÁNICA: DISEÑO DE UNA MÁQUINA REVOCADORA Y MEZCLADORA DE MORTERO

NORMA	DIN	A4	ÁREA:	MECÁNICA
U.M.S.A.		FIRMA	SISTEMA:	TRANSPORTE DE MORTERO
FACULTAD DE INGENIERÍA			NOMBRE DE PIEZA:	PERFIL TIPO C DE SOPORTE PARA LA TOLVA
NOMBRE DEL ARCHIVO.	PTC-TRAN-003	ESCALA:1:5	HOJA 1 DE 1	

VISTA ISOMÉTRICA PLACA DE LA TOLVA



VISTA SUPERIOR PERFIL TIPO C

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	UNIT [Kg]	TOTAL [Kg]	OBSERVACIONES
1	01	PLACA SOLDADA A TOLVA	480x295x3	1,03	1,03	ACERO INOX. AISI 304

NOMBRE	FECHA	PESO [Kg]
DIBUJADO POR. ÑUFLO FLORES INDER ADALID	3-11-2022	
APROBADO POR. SIÑANI VILTE JOSÉ	3-11-2022	

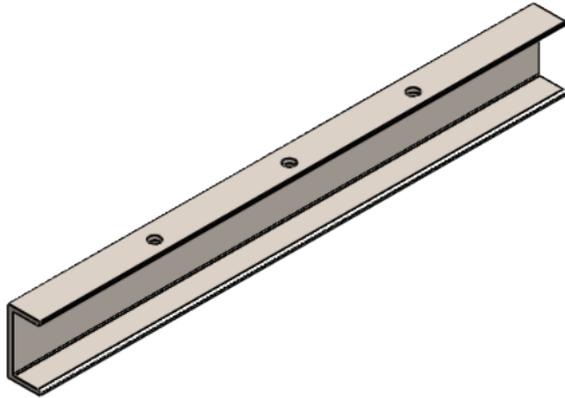
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS: +0.5;-0.5



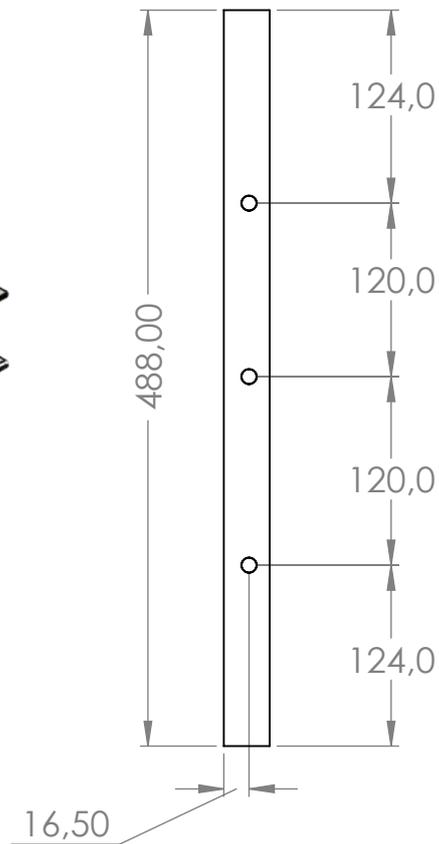
PROYECTO ING. ELECTROMECAÁNICA: DISEÑO DE UNA MÁQUINA REVOCADORA Y MEZCLADORA DE MORTERO

NORMA	DIN	A4	ÁREA:	MECÁNICA
U.M.S.A. FACULTAD DE INGENIERÍA			SISTEMA:	MEZCLADORA
FIRMA			NOMBRE DE PIEZA:	PLACA BASE DE LA TOLVA PARA TRANSPORTE
NOMBRE DEL ARCHIVO.		PLB-TRAN-002	ESCALA:1:5	HOJA 1 DE 1

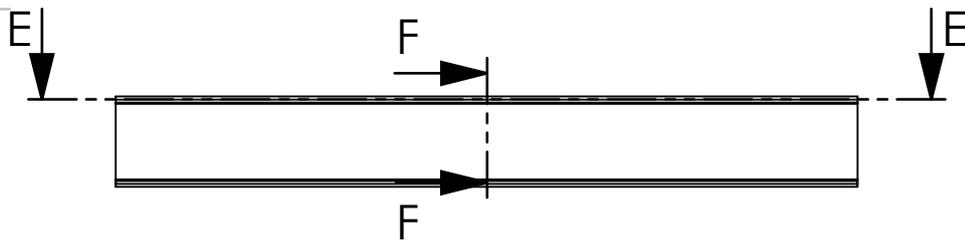
VISTA ISOMÉTRICA PERFIL TIPO C



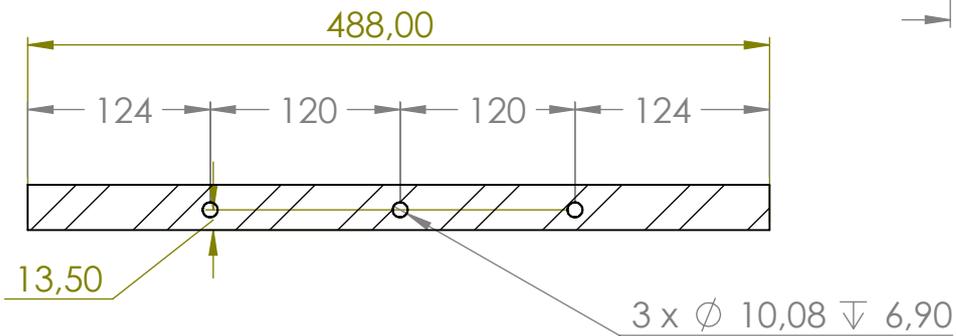
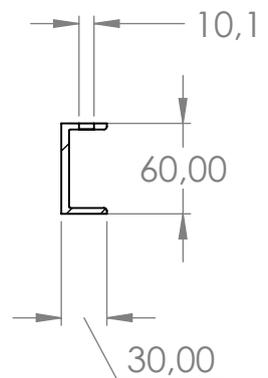
VISTA SUPERIOR PERFIL TIPO C



VISTA LATERAL PERFIL TIPO C



Sección F-F



Sección E-E

1	02	PERFIL TIPO C LONGITUDINAL	30x60x488	1,90	2,80	VIGA C AISI 1020
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	UNIT [Kg]	TOTAL [Kg]	OBSERVACIONES

NOMBRE	FECHA	PESO [Kg]
ÑUFLO FLORES INDER ADALID	3-11-2022	
APROBADO POR	FECHA	PESO [Kg]
SIÑANI VILTE JOSÉ	3-11-2022	

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS: +0,5;-0,5



PROYECTO ING. ELECTROMECAÁNICA: DISEÑO DE UNA MÁQUINA REVOCADORA Y MEZCLADORA DE MORTERO

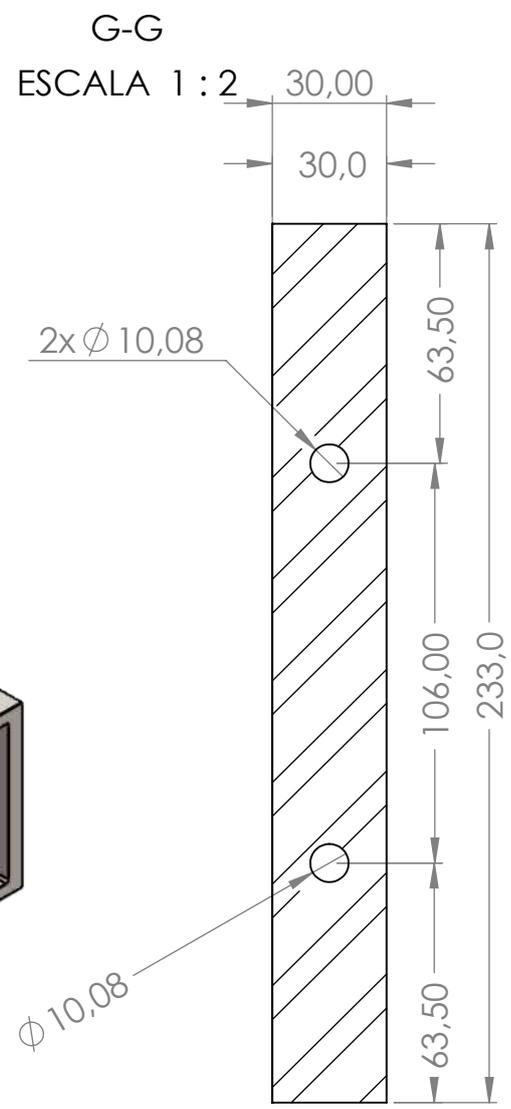
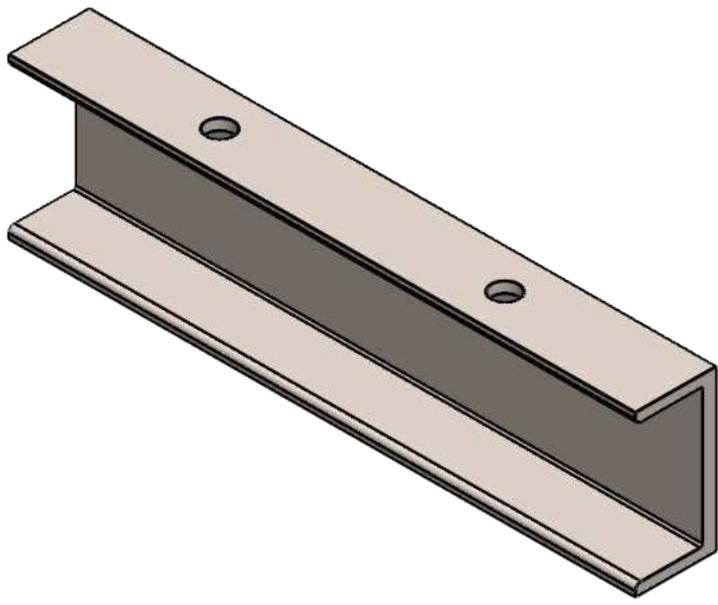
NORMA	DIN	A4	ÁREA:	MECÁNICA ESTRUCTURAL
U.M.S.A. FACULTAD DE INGENIERÍA		FIRMA	SISTEMA:	
NOMBRE DEL ARCHIVO:		BDT-EST-003	NOMBRE DE PIEZA:	PERFIL TIPO C DE SOPORTE PARA LA TOLVA
		ESCALA:1:5	HOJA 1 DE 1	

4 3 2 1

F

F

**VISTA ISOMÉTRICA
PERFIL TIPO C**



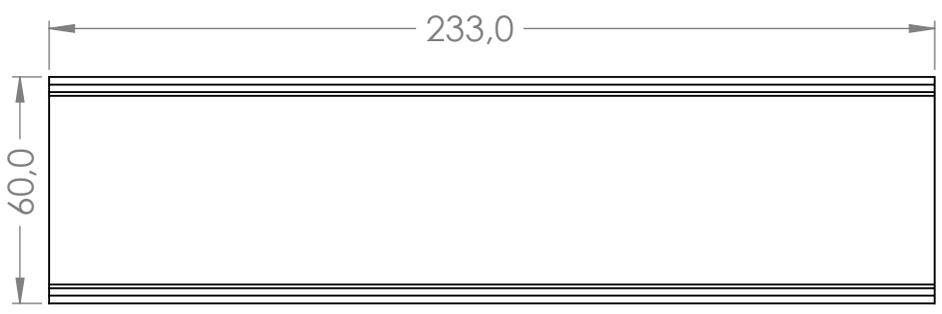
E

E

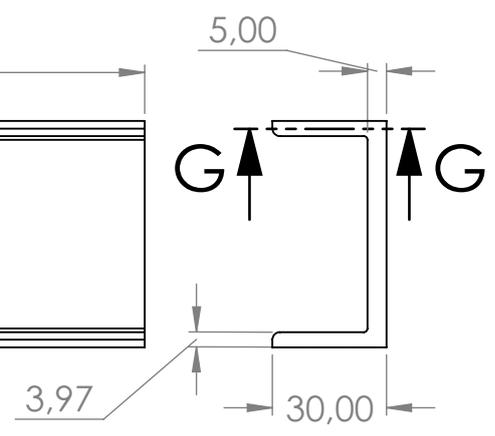
D

D

**VISTA SUPERIOR P
ERFIL TIPO C**



**VISTA LATERAL
PERFIL TIPO C**



C

C

B

B

1	02	PERFIL TIPO C TRANSVERSAL	30x60x230	0,91	1,82	VIGA DE ACERO AISI 1020
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	UNIT [Kg]	TOTAL [Kg]	OBSERVACIONES

NOMBRE	FECHA	PESO [Kg]
ÑUFLO FLORES INDER ADALID	3-11-2022	
SIÑANI VILTE JOSÉ	3-11-2022	

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS: +0,5;-0,5



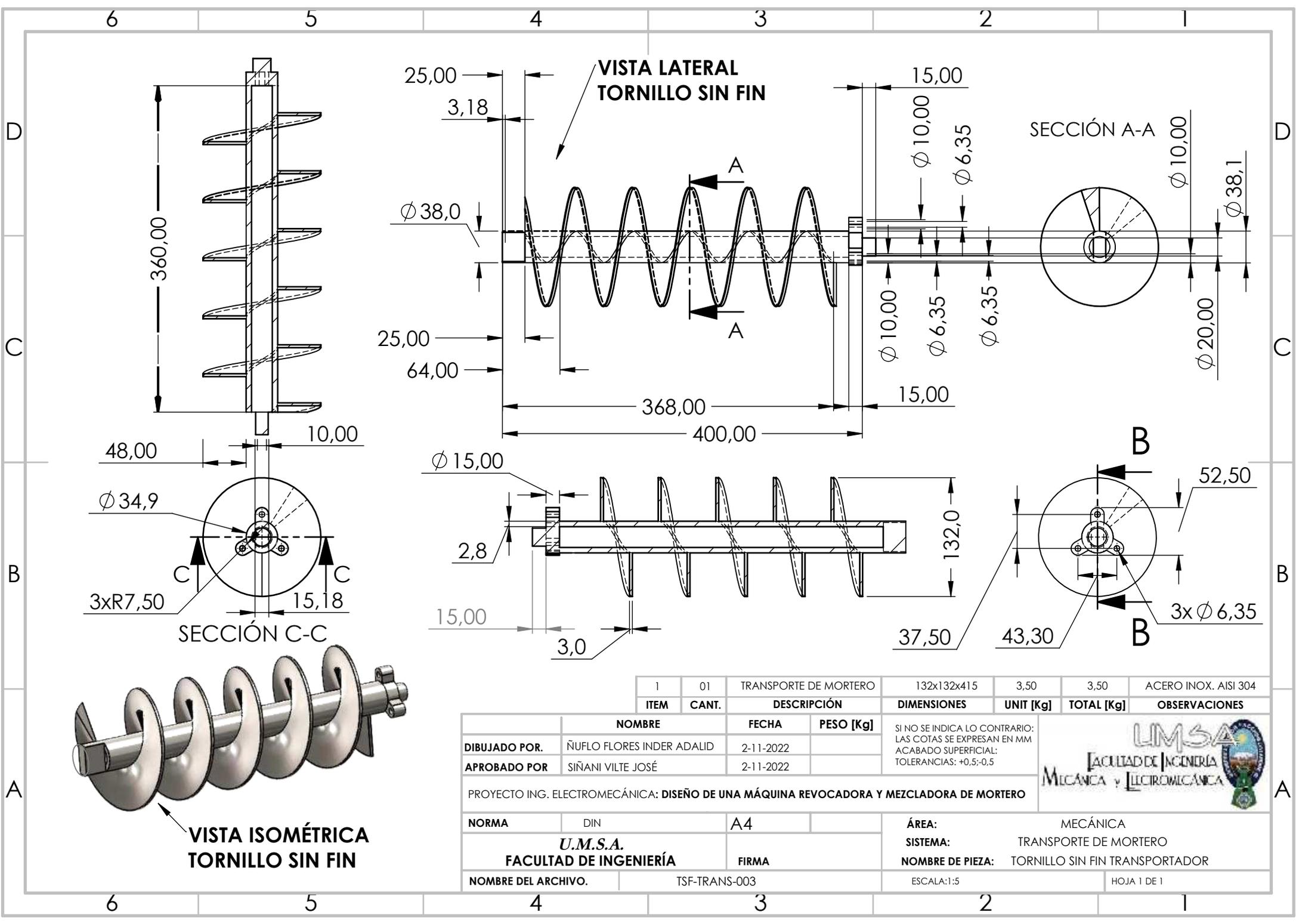
PROYECTO ING. ELECTROMECAÁNICA: DISEÑO DE UNA MÁQUINA REVOCADORA Y MEZCLADORA DE MORTERO

NORMA	DIN	A4	ÁREA:	MECÁNICA
U.M.S.A. FACULTAD DE INGENIERÍA			SISTEMA:	TRANSPORTE DE MORTERO
FIRMA			NOMBRE DE PIEZA:	PERFIL TIPO C DE SOPORTE PARA LA TOLVA
NOMBRE DEL ARCHIVO.	BDT-EST-004		ESCALA:1:5	HOJA 1 DE 1

4 3 2 1

A

A



VISTA LATERAL
TORNILLO SIN FIN

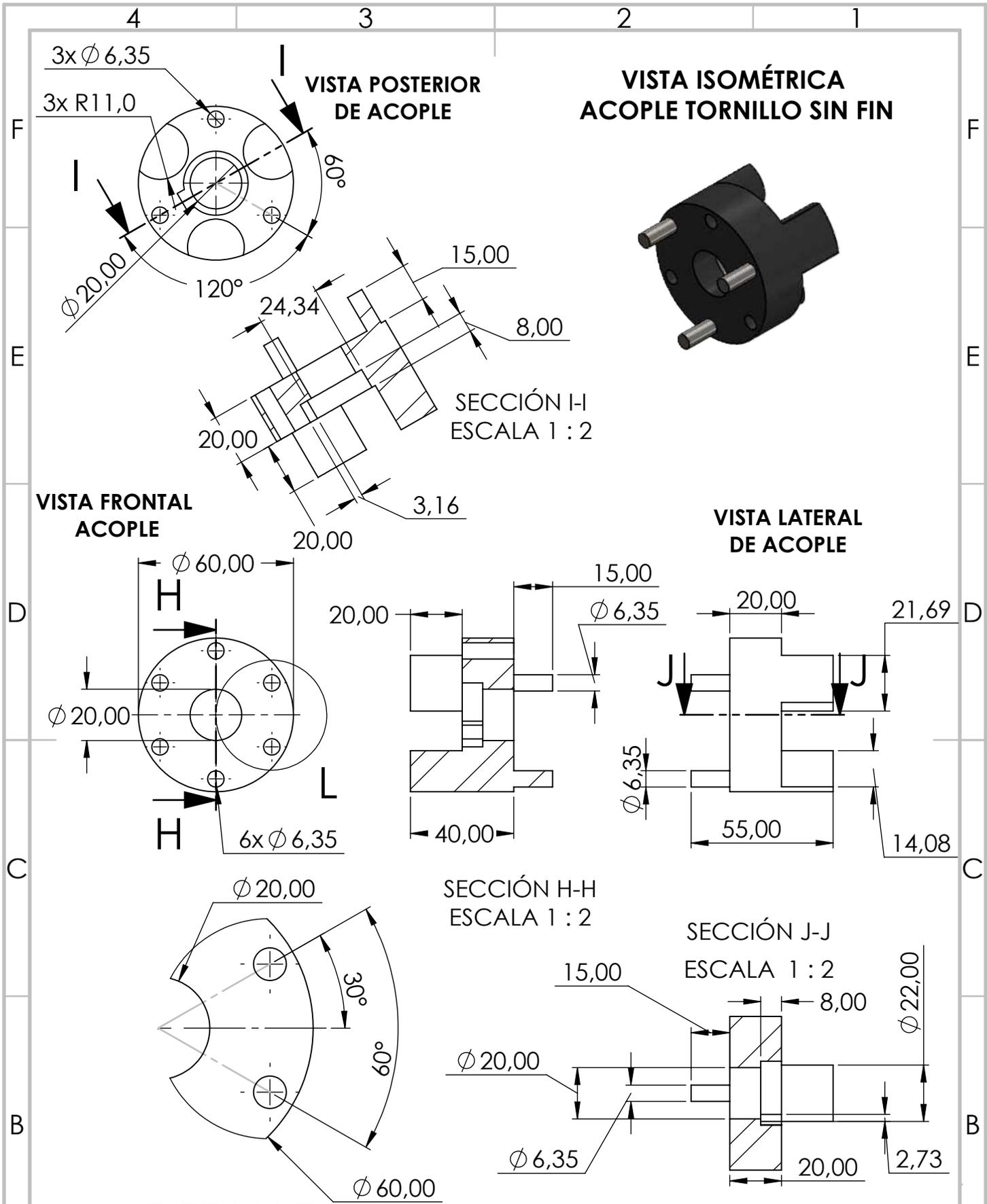
SECCIÓN A-A

SECCIÓN C-C

VISTA ISOMÉTRICA
TORNILLO SIN FIN

1	01	TRANSPORTE DE MORTERO	132x132x415	3,50	3,50	ACERO INOX. AISI 304
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	UNIT [Kg]	TOTAL [Kg]	OBSERVACIONES

DIBUJADO POR.	ÑUFLO FLORES INDER ADALID	FECHA	2-11-2022	SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +0,5;-0,5	
APROBADO POR	SIÑANI VILTE JOSÉ	FECHA	2-11-2022		
PROYECTO ING. ELECTROMECÁNICA: DISEÑO DE UNA MÁQUINA REVOCADORA Y MEZCLADORA DE MORTERO					
NORMA	DIN	A4	ÁREA: MECÁNICA		
U.M.S.A. FACULTAD DE INGENIERÍA			SISTEMA:	TRANSPORTE DE MORTERO	
NOMBRE DEL ARCHIVO.			FIRMA	NOMBRE DE PIEZA: TORNILLO SIN FIN TRANSPORTADOR	
TSF-TRANS-003			ESCALA: 1:5	HOJA 1 DE 1	



ITEM	Q1	DESCRIPCIÓN	ACOPLE DEL TORNILLO	DIMENSIONES	DIÁM20x55	UNIT [Kg]	0,51	TOTAL [Kg]	0,51	OBSERVACIONES	ACERO INOX. AISI 304
------	----	-------------	---------------------	-------------	-----------	-----------	------	------------	------	---------------	----------------------

DIBUJADO POR.	ÑUFLO FLORES INDER ADALID	FECHA	3-11-2022	SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +0,5;-0,5
APROBADO POR	SIÑANI VILTE JOSÉ	FECHA	3-11-2022	



PROYECTO ING. ELECTROMECAÁNICA: DISEÑO DE UNA MÁQUINA REVOCADORA Y MEZCLADORA DE MORTERO

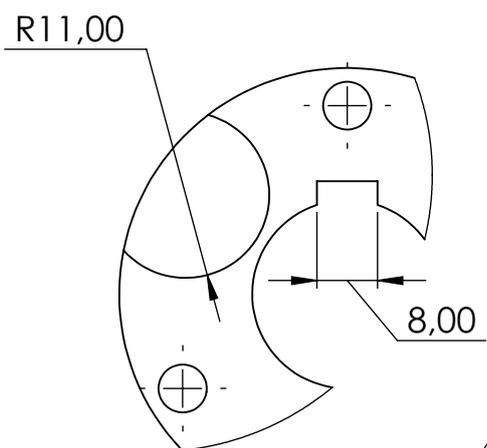
NORMA	DIN	A4	ÁREA:	MECÁNICA
U.M.S.A. FACULTAD DE INGENIERÍA			SISTEMA:	TRANSPORTE Y BOMBA BCP
FIRMA			NOMBRE DE PIEZA:	ACOPLAMIENTO DE TORNILLO SIN FIN
NOMBRE DEL ARCHIVO.		ACO-TRAN-004	ESCALA:1:1	HOJA 1 DE 1

4 3 2 1

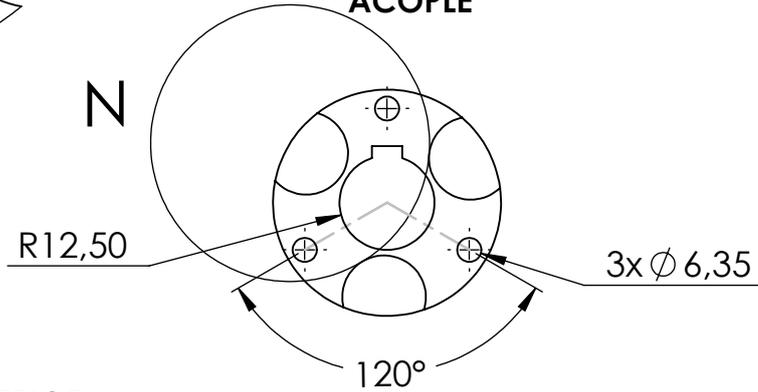
VISTA ISOMÉTRICA
ACOPLE TORNILLO SIN FIN



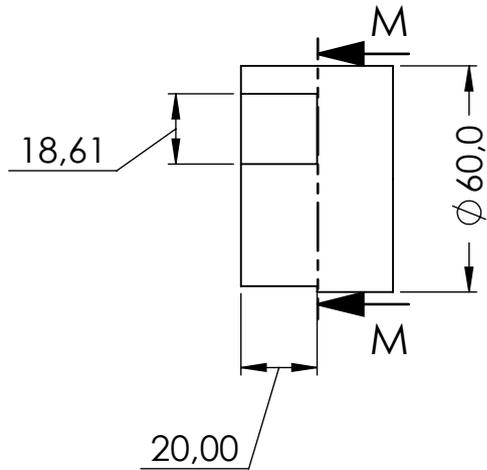
DETALLE N



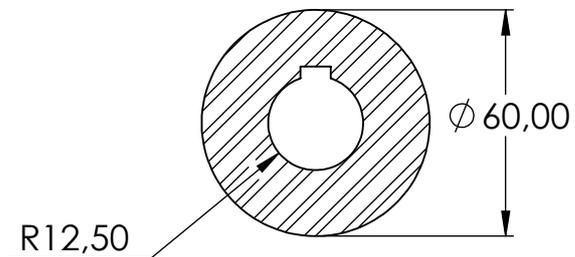
VISTA FRONTAL
ACOPLE



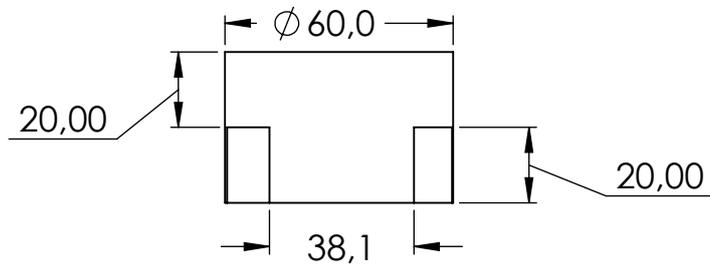
VISTA POSTERIOR
DE ACOPLE



SECCIÓN M-M
ESCALA 1 : 2



VISTA LATERAL
DE ACOPLE



1	01	ACOPLE DEL TORNILLO	DIÁM60x40	0,55	0,55	ACERO INOX. AISI 304
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	UNIT [Kg]	TOTAL [Kg]	OBSERVACIONES

NOMBRE	FECHA	PESO [Kg]
ÑUFLO FLORES INDER ADALID	3-11-2022	
APROBADO POR	FECHA	
SIÑANI VILTE JOSÉ	3-11-2022	

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS: +0,5;-0,5



PROYECTO ING. ELECTROMECAÁNICA: DISEÑO DE UNA MÁQUINA REVOCADORA Y MEZCLADORA DE MORTERO

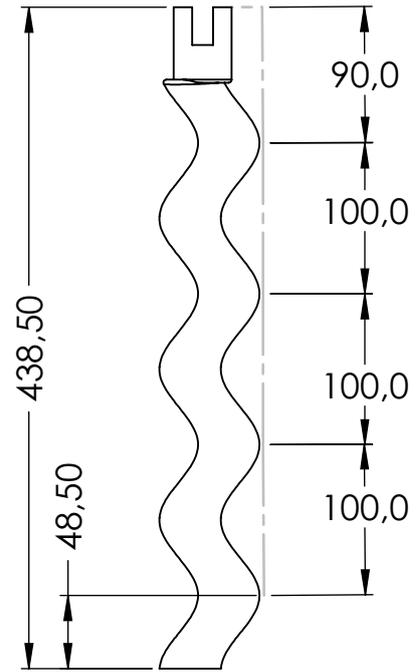
NORMA	DIN	A4	ÁREA:	MECÁNICA
U.M.S.A. FACULTAD DE INGENIERÍA			SISTEMA:	TRANSPORTE Y BOMBA BCP
FIRMA			NOMBRE DE PIEZA:	ACOPLAMIENTO Nº 2 DE TORNILLO SIN FIN
NOMBRE DEL ARCHIVO.		ACO-TRAN-005	ESCALA:1:1	HOJA 1 DE 1

4 3 2 1

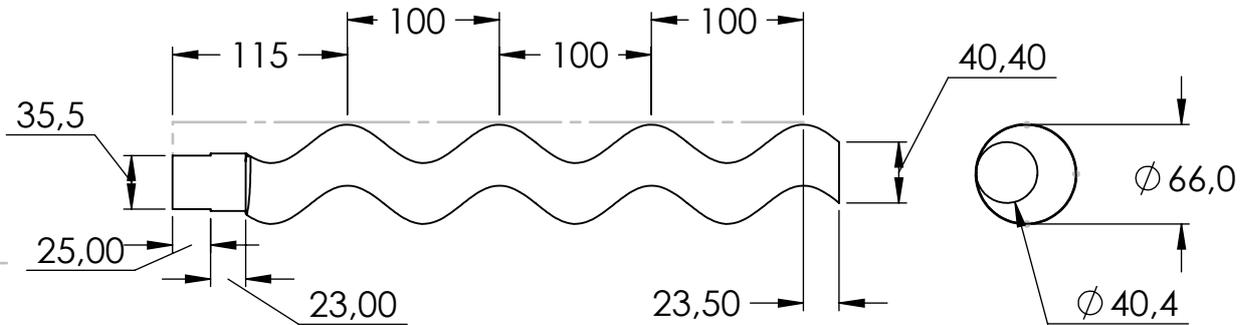
VISTA ISOMÉTRICA
BOMBA DE CAVIDAD PROGRESIVA



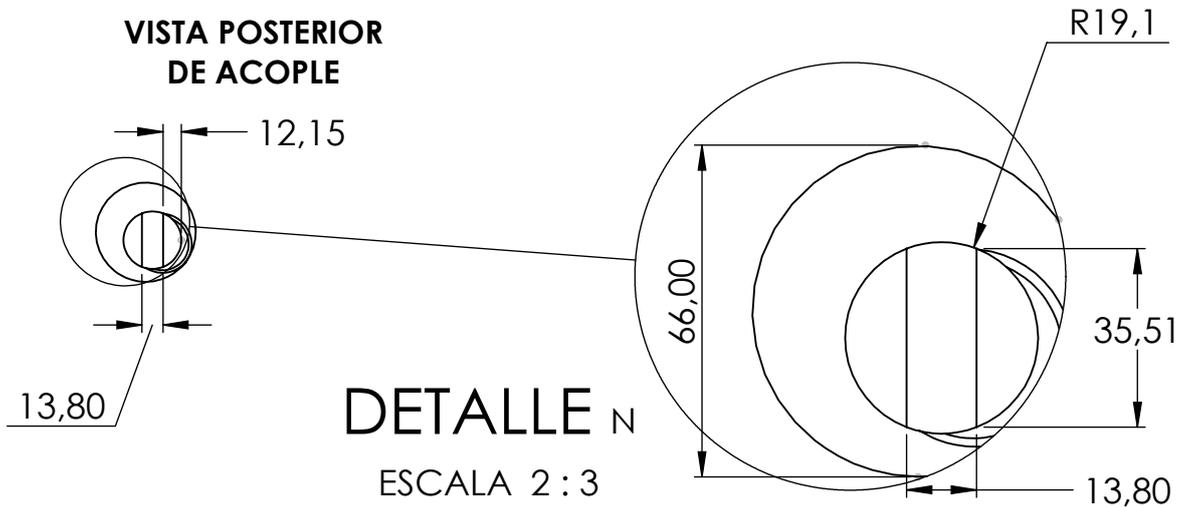
VISTA SUPERIOR
DE B.C.P.



VISTA LATERAL
DE B.C.P.



VISTA POSTERIOR
DE ACOUPLE



DETALLE N
ESCALA 2 : 3

1	01	PROYECCIÓN DE MORTERO	DIÁM 66x439,5	1,535	1,535	ACERO INOX. AISI 304
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	UNIT [Kg]	TOTAL [Kg]	OBSERVACIONES

NOMBRE	FECHA	PESO [Kg]
ÑUFLO FLORES INDER ADALID	2-11-2022	
APROBADO POR	SIÑANI VILTE JOSÉ	2-11-2022

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS: +0,5;-0,5



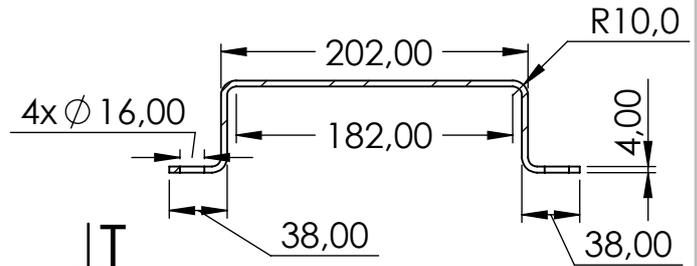
PROYECTO ING. ELECTROMECAÁNICA: DISEÑO DE UNA MÁQUINA REVOCADORA Y MEZCLADORA DE MORTERO

NORMA	DIN	A4	ÁREA:	MECÁNICA
U.M.S.A. FACULTAD DE INGENIERÍA			SISTEMA:	BOMBEO E IMPULSIÓN PARA REVOQUE
FIRMA			NOMBRE DE PIEZA:	BOMBA DE CAVIDAD PROGRESIVA
NOMBRE DEL ARCHIVO.		BCP-BOM-001	ESCALA:1:5	HOJA 1 DE 1

VISTA ISOMÉTRICA SOPORTE DEL SEGUNDO MOTOR



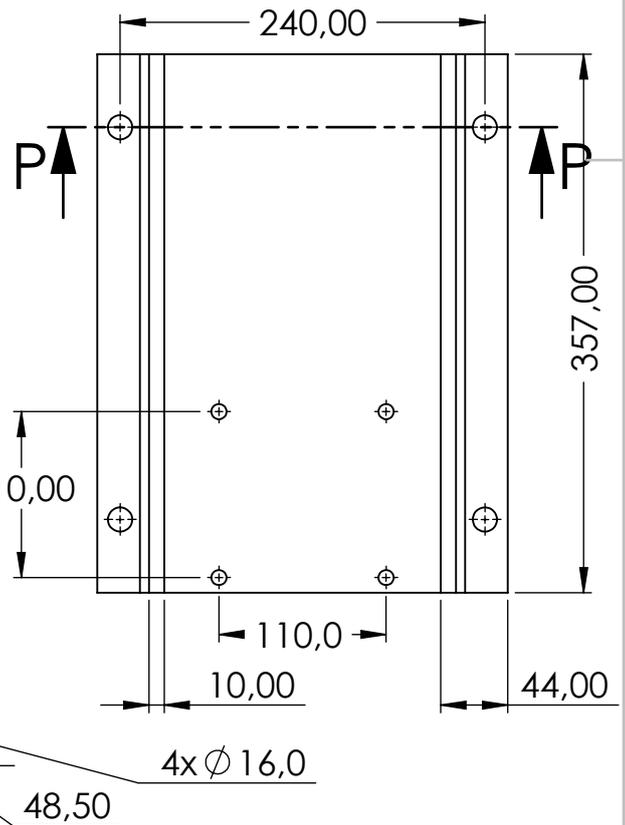
SECCIÓN P-P ESCALA 1 : 5



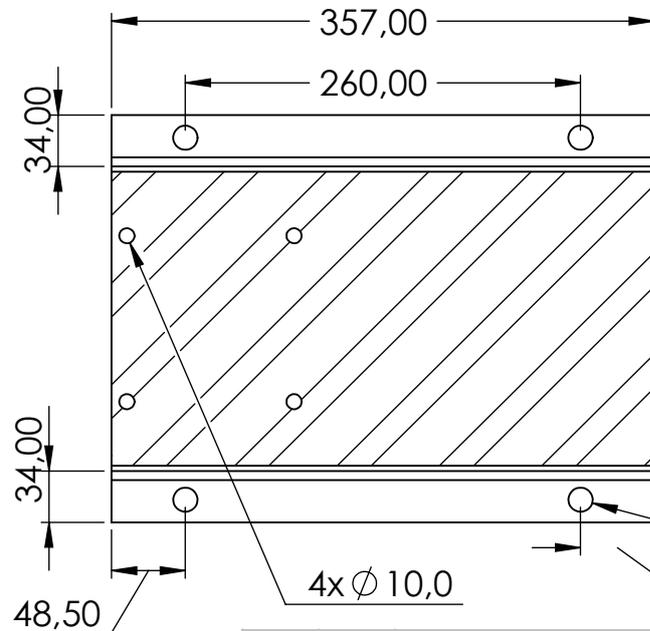
VISTA LATERAL DE SOPORTE



VISTA SUPERIOR DE SOPORTE



SECCIÓN T-T ESCALA 1 : 5



1	01	SOPORTE DE MOTOR 2	DIÁM 66x439,5	2,130	2,130	ACERO INOX. AISI 304
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	UNIT [Kg]	TOTAL [Kg]	OBSERVACIONES

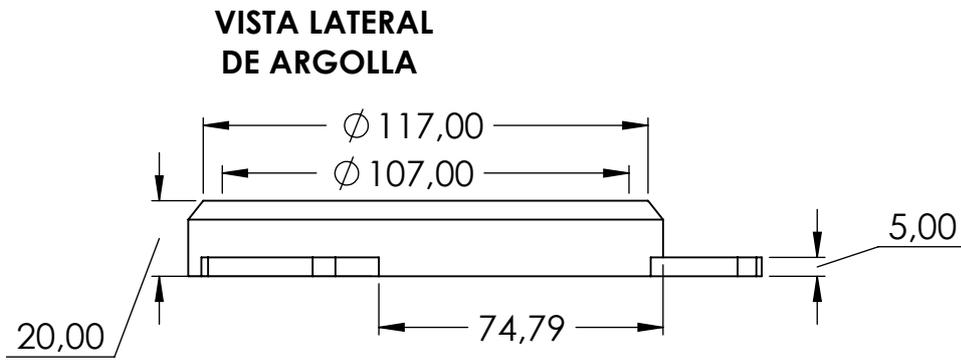
NOMBRE	FECHA	PESO [Kg]
ÑUFLO FLORES INDER ADALID	2-11-2022	
APROBADO POR	FECHA	PESO [Kg]
SIÑANI VILTE JOSÉ	2-11-2022	

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS: +0,5;-0,5

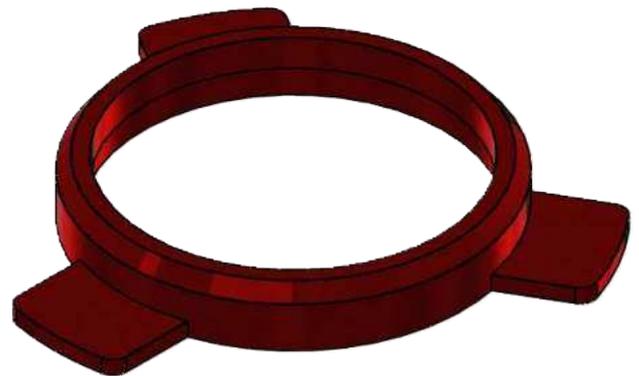


PROYECTO ING. ELECTROMECAÁNICA: DISEÑO DE UNA MÁQUINA REVOCADORA Y MEZCLADORA DE MORTERO

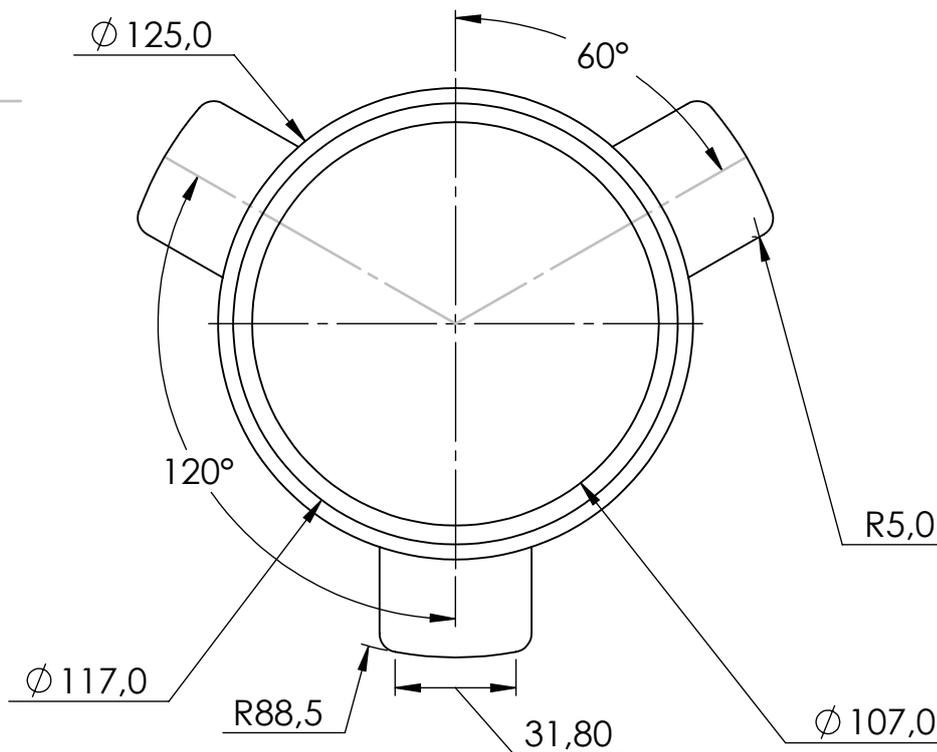
NORMA	DIN	A4	ÁREA:	MECÁNICA
U.M.S.A. FACULTAD DE INGENIERÍA			SISTEMA:	BOMBEO E IMPULSIÓN PARA REVOQUE
FIRMA			NOMBRE DE PIEZA:	BOMBA DE CAVIDAD PROGRESIVA
NOMBRE DEL ARCHIVO:	BCP-BOM-001		ESCALA:1:10	HOJA 1 DE 1



VISTA ISOMÉTRICA ARGOLLA DE PRESIÓN



VISTA SUPERIOR DE B.C.P.



1	01	ARGOLLA DE SUJECIÓN BCP.	DIÁM 88,5x20	0,550	0,550	ACERO AISI 304
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	UNIT [Kg]	TOTAL [Kg]	OBSERVACIONES

DIBUJADO POR.	ÑUFLO FLORES INDER ADALID	FECHA	2-11-2022	PESO [Kg]	
APROBADO POR	SIÑANI VILTE JOSÉ	FECHA	2-11-2022	PESO [Kg]	

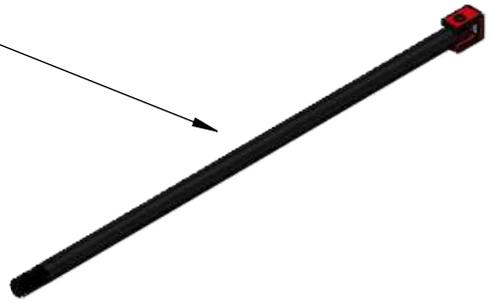
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS: +0.5;-0.5



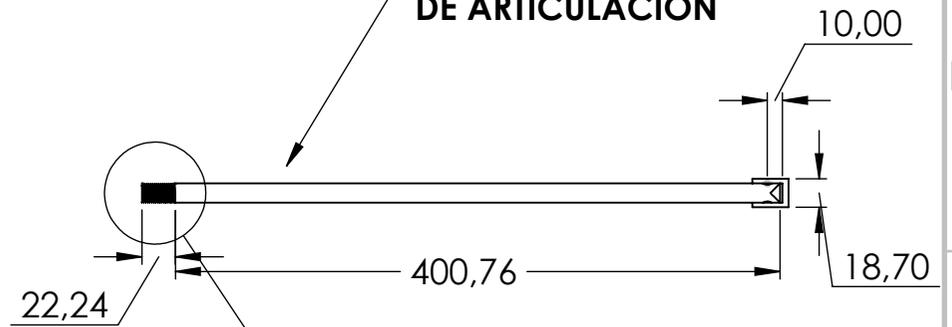
PROYECTO ING. ELECTROMECAÁNICA: **DISÑO DE UNA MÁQUINA REVOCADORA Y MEZCLADORA DE MORTERO**

NORMA	DIN	A4	ÁREA:	MECÁNICA
U.M.S.A.	FACULTAD DE INGENIERÍA	FIRMA	SISTEMA:	BOMBEO E IMPULSIÓN PARA REVOQUE
NOMBRE DEL ARCHIVO.	ARG-BOM-003		NOMBRE DE PIEZA:	ARGOLLA DE PRESIÓN
			ESCALA: 1:5	HOJA 1 DE 1

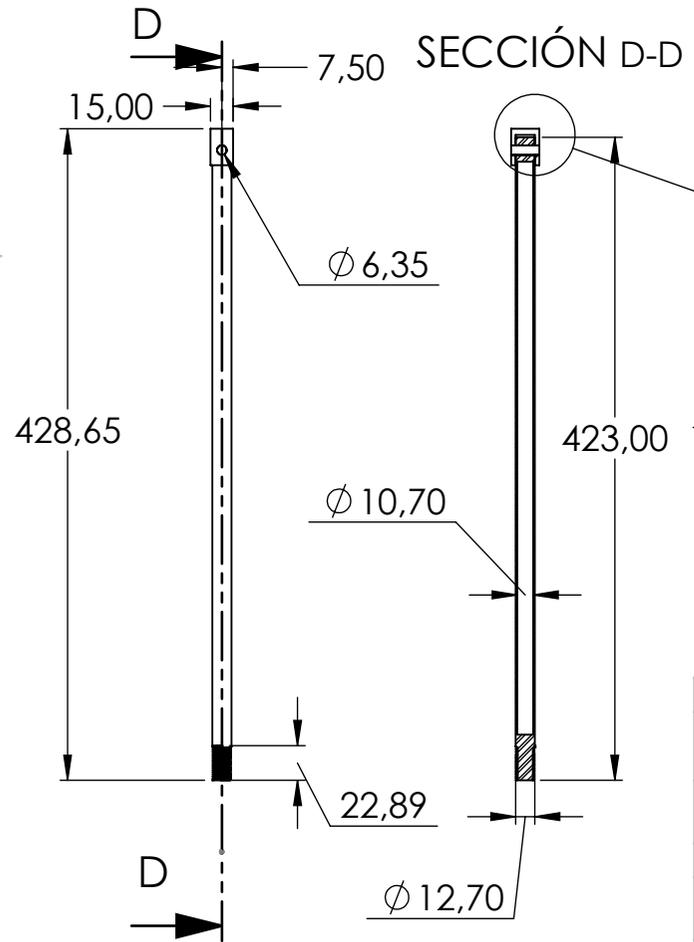
VISTA ISOMÉTRICA DE ARTICULACIÓN



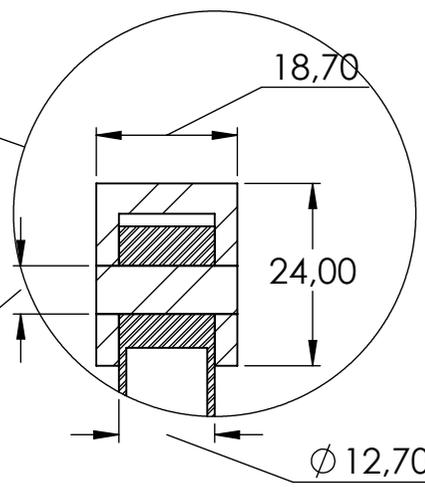
VISTA LATERAL DE ARTICULACIÓN



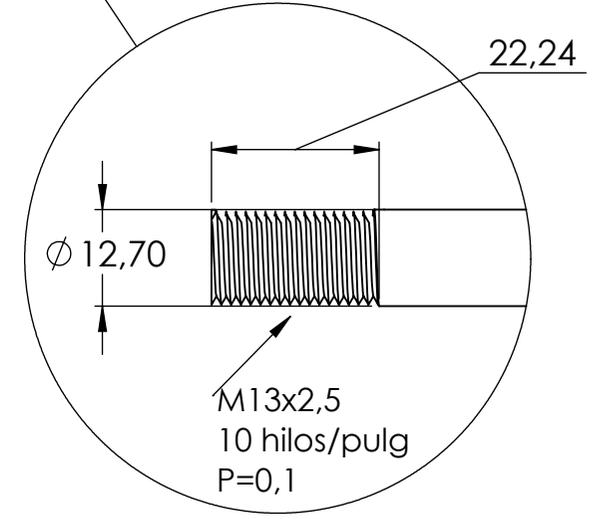
VISTA SUPERIOR DE ARTICULACIÓN



DETALLE F ESCALA 1 : 1



DETALLE H ESCALA 1 : 1

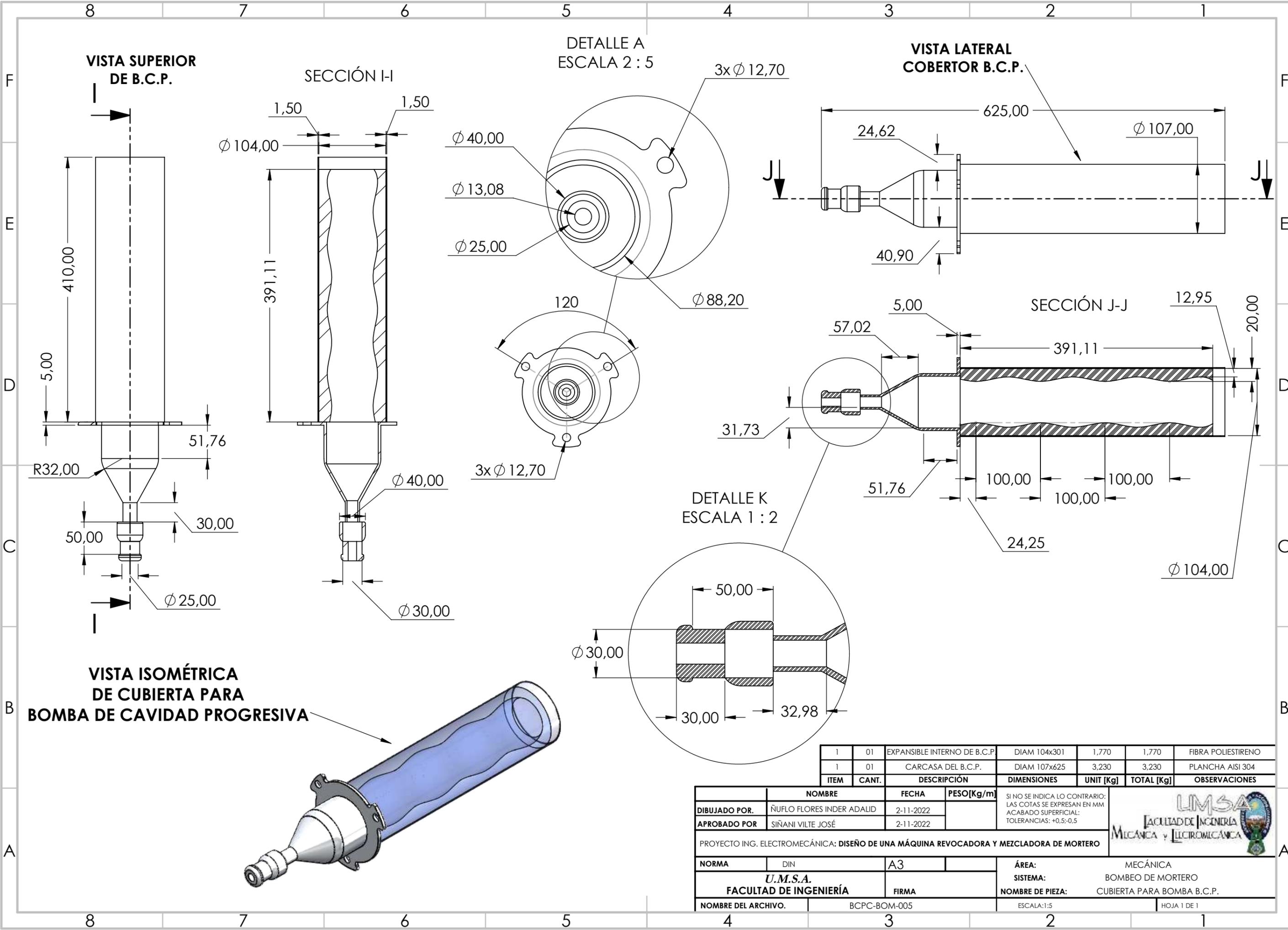


1	03	AJUSTE DE CARCASA B.C.P.	15x19x429	0,404	1,202	ACERO AISI 1020
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	UNIT [Kg]	TOTAL [Kg]	OBSERVACIONES

DIBUJADO POR.	ÑUFLO FLORES INDER ADALID	FECHA	2-11-2022	SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +0,5-0,5	
APROBADO POR	SIÑANI VILTE JOSÉ	FECHA	2-11-2022		

PROYECTO ING. ELECTROMECÁNICA: DISEÑO DE UNA MÁQUINA REVOCADORA Y MEZCLADORA DE MORTERO

NORMA	DIN	A4	ÁREA:	MECÁNICA
U.M.S.A. FACULTAD DE INGENIERÍA			SISTEMA:	BOMBEO DE MORTERO
NOMBRE DEL ARCHIVO.			NOMBRE DE PIEZA:	ARTICULACIONES DE SUJECIÓN PARA B.C.P.
ART-BOM-004		FIRMA	ESCALA:1:5	HOJA 1 DE 1



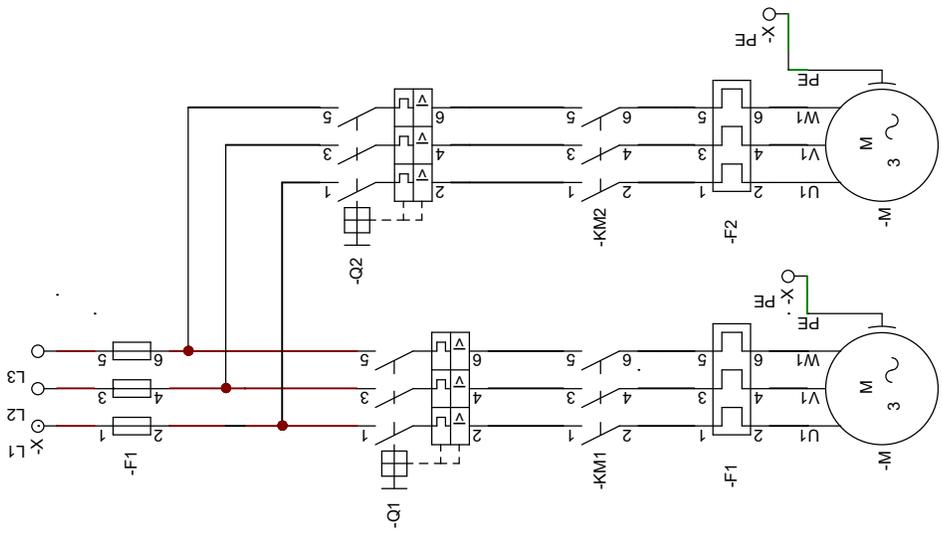
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	UNIT [Kg]	TOTAL [Kg]	OBSERVACIONES
1	01	EXPANSIBLE INTERNO DE B.C.P.	DIAM 104x301	1,770	1,770	FIBRA POLIESTIRENO
1	01	CARCARA DEL B.C.P.	DIAM 107x625	3,230	3,230	PLANCHA AISI 304

NOMBRE		FECHA	PESO [Kg/m]	SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: +0,5-0,5	
DIBUJADO POR.	ÑUFLO FLORES INDER ADALID	2-11-2022			
APROBADO POR.	SIÑANI VILTE JOSÉ	2-11-2022			
PROYECTO ING. ELECTROMECAÁNICA: DISEÑO DE UNA MÁQUINA REVOCADORA Y MEZCLADORA DE MORTERO					
NORMA	DIN	A3		ÁREA:	MECÁNICA
U.M.S.A. FACULTAD DE INGENIERÍA			FIRMA	SISTEMA:	BOMBEO DE MORTERO
NOMBRE DEL ARCHIVO.			BCPC-BOM-005	NOMBRE DE PIEZA:	CUBIERTA PARA BOMBA B.C.P.
			ESCALA: 1:5	HOJA 1 DE 1	

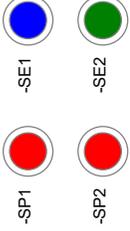
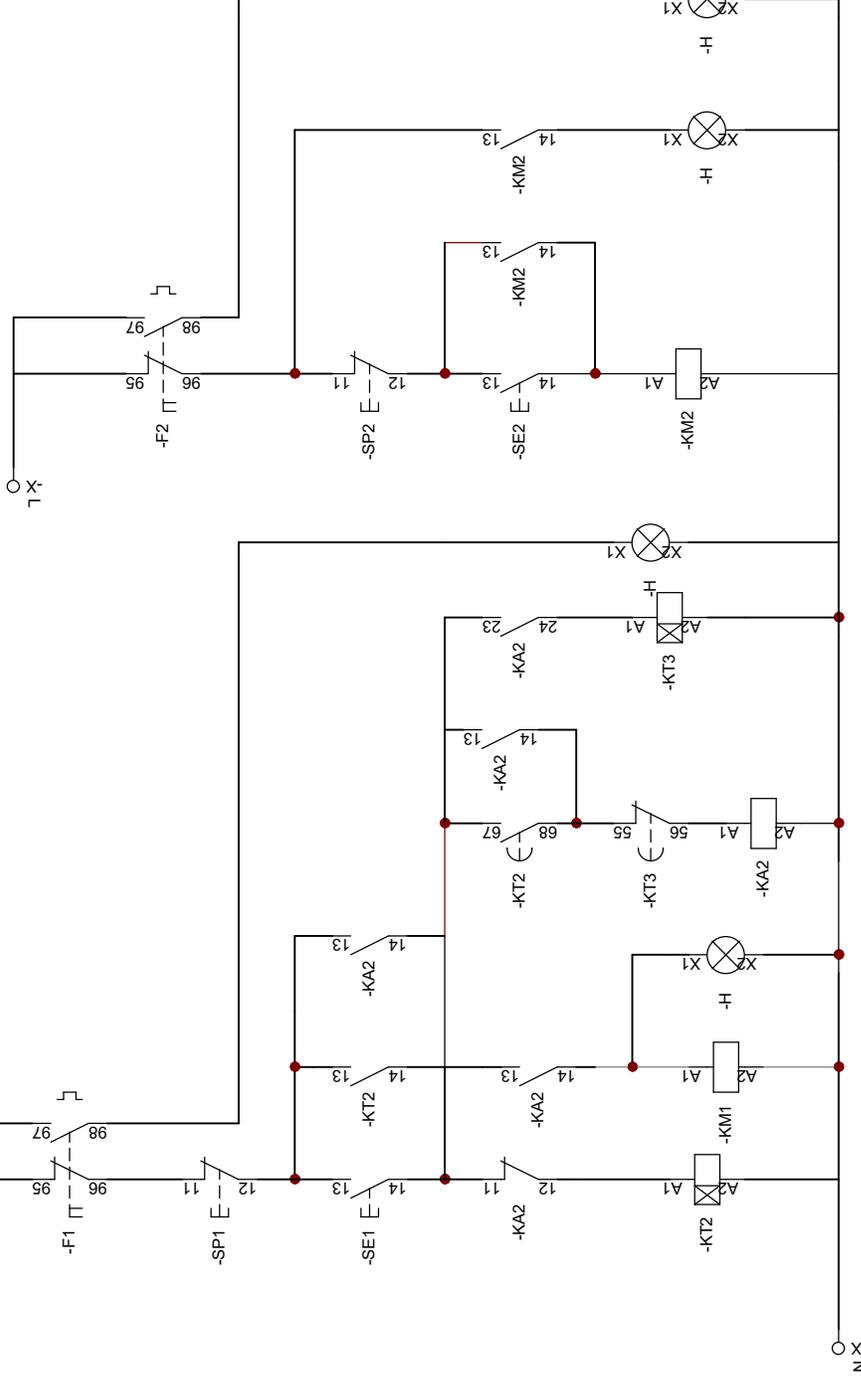
ARRANQUE DE MOTORES

MANDO DEL TABLERO

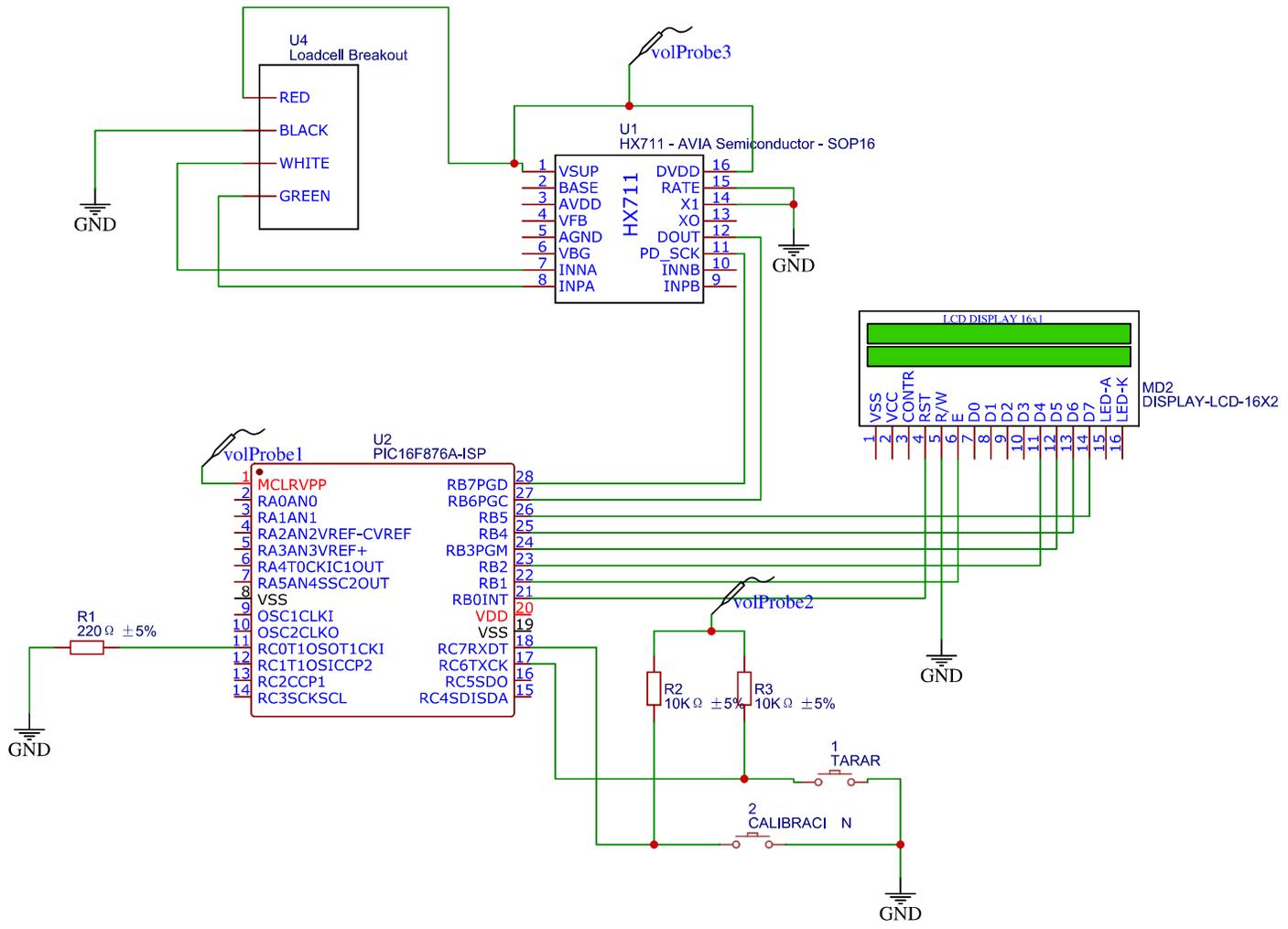
CIRCUITO DE FUERZA



CIRCUITO DE CONTROL

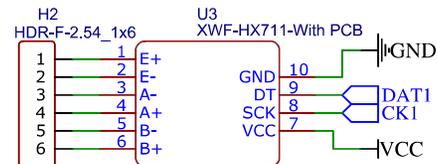
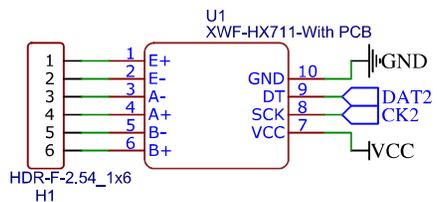


Dibujado	Comprobado	Tribunal	Marzo 2023	Fecha	Inder Nuflo	Nombre	Inder Nuflo	Firmas	Entidad
Ingeniería Electromecánica									
Proyecto: Mezcladora y Revocadora de Mortero para AEDIFICAREM S.R.L.									
Título									
Fecha 06-Abr-2023									
Número de 1									
Archivo: ARRANQUES DE MOTORES CORREJIDO 2									

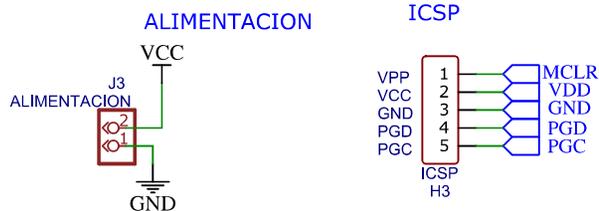


TITLE: MODULO HX 711 -PIC 16f876- PESAJE DE MORTERO		REV: 1.0
Company: Inder Adalid uflo Flores		Sheet: 1/1
Date: 2023-10-03	Drawn By: indercin12	

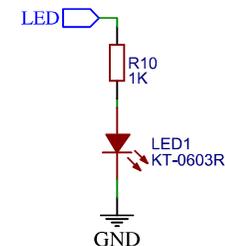
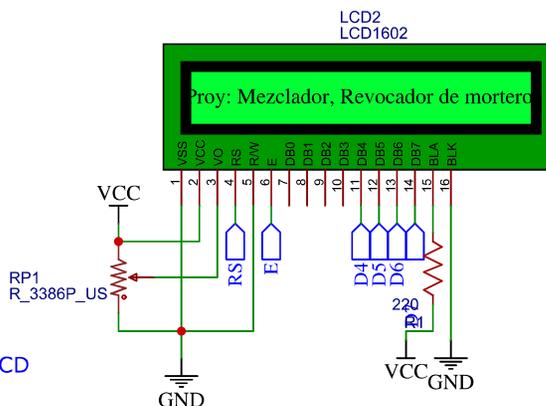




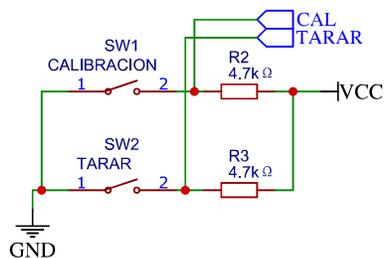
CONEXION HX711



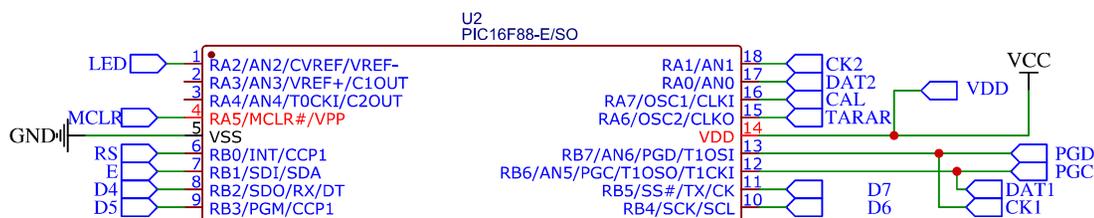
CONEXION LCD



LED INDICADOR



PULSADORES DE CONFIGURACION



MICROCONTROLADOR 16F88

TITLE: BALANZA DIGITAL - PESAJE DE MORTERO		REV: 1.0
Company: INDER ADALID UFLO FLORES		Sheet: 1/1
Date: 2023-11-03	Drawn By: INDER	

Nombres: INDER ADALID ÑUFLO FLORES

Correo electrónico: indercin12@gmail.com

Celular: 72525010



**DIRECCIÓN DE DERECHO DE AUTOR
Y DERECHOS CONEXOS
RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA NRO. 1-2066/2024
La Paz, 03 de julio de 2024**

VISTOS:

La solicitud de Inscripción de Derecho de Autor presentada en fecha **26 de junio de 2024**, por **INDER ADALID ÑUFLO FLORES** con **C.I. Nº 8344621 LP**, con número de trámite **DA 1195/2024**, señala la pretensión de inscripción del Proyecto de Grado titulado: **"Diseño de una máquina mezcladora y revocadora de mortero para la Constructora AEDIFICAREM S.R.L."**, cuyos datos y antecedentes se encuentran adjuntos y expresados en el Formulario de Declaración Jurada.

CONSIDERANDO:

Que, en observación al Artículo 4º del Decreto Supremo Nº 27938 modificado parcialmente por el Decreto Supremo Nº 28152 el *"Servicio Nacional de Propiedad Intelectual SENAPI, administra en forma desconcentrada e integral el régimen de la Propiedad Intelectual en todos sus componentes, mediante una estricta observancia de los regímenes legales de la Propiedad Intelectual, de la vigilancia de su cumplimiento y de una efectiva protección de los derechos de exclusiva referidos a la propiedad industrial, al derecho de autor y derechos conexos; constituyéndose en la oficina nacional competente respecto de los tratados internacionales y acuerdos regionales suscritos y adheridos por el país, así como de las normas y regímenes comunes que en materia de Propiedad Intelectual se han adoptado en el marco del proceso andino de integración"*.

Que, el Artículo 16º del Decreto Supremo Nº 27938 establece *"Como núcleo técnico y operativo del SENAPI funcionan las Direcciones Técnicas que son las encargadas de la evaluación y procesamiento de las solicitudes de derechos de propiedad intelectual, de conformidad a los distintos regímenes legales aplicables a cada área de gestión"*. En ese marco, la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos otorga registros con carácter declarativo sobre las obras del ingenio cualquiera que sea el género o forma de expresión, sin importar el mérito literario o artístico a través de la inscripción y la difusión, en cumplimiento a la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, Ley de Derecho de Autor Nº 1322, Decreto Reglamentario Nº 23907 y demás normativa vigente sobre la materia.

Que, la solicitud presentada cumple con: el Artículo 6º de la Ley Nº 1322 de Derecho de Autor, el Artículo 26º inciso a) del Decreto Supremo Nº 23907 Reglamento de la Ley de Derecho de Autor, y con el Artículo 4º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina.

Que, de conformidad al Artículo 18º de la Ley Nº 1322 de Derecho de Autor en concordancia con el Artículo 18º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, referentes a la duración de los Derechos Patrimoniales, los mismos establecen que: *"la duración de la protección concedida por la presente ley será para toda la vida del autor y por 50 años después de su muerte, a favor de sus herederos, legatarios y cesionarios"*

Que, se deja establecido en conformidad al Artículo 4º de la Ley Nº 1322 de Derecho de Autor, y Artículo 7º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina que: *"...No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias, artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas ni su aprovechamiento industrial o comercial"*

Que, el artículo 4, inciso e) de la ley Nº 2341 de Procedimiento Administrativo, instituye que: *"... en la relación de los particulares con la Administración Pública, se presume el principio de buena fe. La confianza, la cooperación y la lealtad en la actuación de los servidores públicos y de los"*



ciudadanos ...", por lo que se presume la buena fe de los administrados respecto a las solicitudes de registro y la declaración jurada respecto a la originalidad de la obra.

POR TANTO:

El Director de Derecho de Autor y Derechos Conexos sin ingresar en mayores consideraciones de orden legal, en ejercicio de las atribuciones conferidas.

RESUELVE:

INSCRIBIR en el Registro de Tesis, Proyectos de Grado, Monografías y Otras Similares de la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos, el Proyecto de Grado titulado: "**Diseño de una máquina mezcladora y revocadora de mortero para la Constructora AEDIFICAREM S.R.L.**" a favor del autor y titular: **INDER ADALID ÑUFLO FLORES** con **C.I. N° 8344621 LP**, quedando amparado su derecho conforme a Ley, salvando el mejor derecho que terceras personas pudiesen demostrar.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.

CASA/Im

Firmado Digitalmente por:

Servicio Nacional de Propiedad Intelectual - SENAPI

CARLOS ALBERTO SORUCO ARROYO

DIRECTOR DE DERECHO DE AUTOR Y DERECHOS CONEXOS

LA PAZ - BOLIVIA



Firma:



BdODu6Yy8Su17K

PARA LA VALIDACIÓN DEL PRESENTE DOCUMENTO INGRESAR A LA PÁGINA WEB www.senapi.gob.bo/verificacion Y COLOCAR CÓDIGO DE VERIFICACIÓN O ESCANEAR CÓDIGO QR.



Oficina Central - La Paz
Av. Montes, N° 515,
entre Esq. Uruguay y
C. Batallón Illimani.
Telfs: 2115700
2119276 - 2119251

Oficina - Santa Cruz
Av. Uruguay, Calle
prolongación Quijarro,
N° 29, Edif. Bicentenario.
Telfs: 3121752 - 72042936

Oficina - Cochabamba
Calle Bolívar, N° 737,
entre 16 de Julio y Antezana.
Telfs: 4141403 - 72042957

Oficina - El Alto
Av. Juan Pablo II, N° 2560
Edif. Multicentro El Ceibo
Ltda. Piso 2, Of. 5B,
Zona 16 de Julio.
Telfs: 2141001 - 72043029

Oficina - Chuquisaca
Calle Kilómetro 7, N° 366
casi esq. Urmilagoitia,
Zona Parque Bolívar.
Telf: 72005873

Oficina - Tarija
Av. La Paz, entre
Calles Ciro Trigo y Avaroa
Edif. Santa Clara, N° 243.
Telf: 72015286

Oficina - Oruro
Calle 6 de Octubre, N° 5837,
entre Ayacucho
y Junín, Galería Central,
Of. 14.
Telf: 67201288

Oficina - Potosí
Av. Villazón entre calles
Wenceslao Alba y San Alberto,
Edif. AM. Salinas N° 242,
Primer Piso, Of. 17.
Telf: 72018160

