

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PROCESADORA DE DETERGENTE EN POLVO PARA MÁQUINAS LAVAPLATOS AUTOMÁTICAS CON CAPACIDAD DE 60 KG/H PARA LA EMPRESA H&H ASOCIADOS

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO**

LUIS FELIPE LASSO TAMAYO

DIRECTOR: ING. LUIS ECHEVERRÍA

CODIRECTOR: ING. CARLOS SUNTAXI

Sangolquí, 25 de noviembre del 2010

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PROCESADORA DE DETERGENTE EN POLVO PARA MÁQUINAS LAVAPLATOS AUTOMÁTICAS CON CAPACIDAD DE 60 KG/H PARA LA EMPRESA H&H ASOCIADOS” fue realizado en su totalidad por LUIS FELIPE LASSO TAMAYO, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

Ing. Luis Echeverría

DIRECTOR

Ing. Carlos Suntaxi

CODIRECTOR

Sangolquí, 25 de Noviembre del 2010

LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PROCESADORA DE DETERGENTE
EN POLVO PARA MÁQUINAS LAVAPLATOS AUTOMÁTICAS CON
CAPACIDAD DE 60 KG/H PARA LA EMPRESA H&H ASOCIADOS”**

ELABORADO POR:

Luis Felipe Lasso Tamayo

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Ing. Xavier Sánchez

DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Sangolquí, 25 de noviembre del 2010

DEDICATORIA

Este proyecto es dedicado a mi familia, a mis padres Luis Armando y Graciela que con su apoyo incondicional me han formado y me han llenado de sabiduría para vencer los obstáculos más difíciles que he tenido que afrontar a lo largo de mi vida, a mis abuelos paternos Hernando y Maruja por su gran apoyo afectivo e instinto de superación, a la memoria de mi abuela materna Dolores por los tiempos compartidos en mi infancia y en especial a mi hijo Felipe, razón de mi vida, razón de mi superación, pequeño gigante de este planeta.

LUIS FELIPE LASSO TAMAYO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a mis padres por darme la vida, a mi hermana Verónica por su gran apoyo y comprensión en todo momento, a Johanna por estar a mi lado y ayudarme a superar los retos que afronto diariamente.

Agradezco a la ESPE, en especial a los docentes de la Carrera de Ingeniería Mecánica por darme una excelente formación académica para conseguir el éxito a nivel profesional.

Agradezco al Ing. Luis Echeverría y al Ing. Carlos Suntaxi, director y codirector de este proyecto respectivamente, por la labor de seguimiento y correcciones sugeridas de manera acertada en el transcurso de desarrollo de este trabajo.

Agradezco de manera especial al Ing. Esteban Hinostroza por su enseñanza y recomendaciones para la ejecución de este proyecto.

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS	v
INDICE DE CONTENIDOS	vi
RESUMEN.....	xviii
CAPITULO 1: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.3. OBJETIVOS	2
1.3.1. GENERAL.....	2
1.3.2. ESPECÍFICOS.....	2
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO	3
1.5. ALCANCE	4
CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO	
2.1. MÉTODOS PARA LA FABRICACIÓN DE DETERGENTE EN POLVO....	5
2.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS PRESENTES EN LA FABRICACIÓN DEL DETERGENTE EN POLVO.....	10
2.3. TIPOS DE MÁQUINAS MEZCLADORAS	15
2.3.1. MÁQUINAS MEZCLADORAS SEGÚN EL TIPO DE MEZCLADO	15
2.3.2. MÁQUINAS MEZCLADORAS SEGÚN EL TIPO DE RECIPIENTE.....	20
2.4. TIPOS DE ASPAS PARA MEZCLADO	22
2.5. TIPOS DE BOMBAS PARA FLUIDOS QUÍMICOS.....	25
2.6. VARIADORES DE FRECUENCIA.....	29
2.7. TEMPORIZADORES ELÉCTRICOS.....	36
2.8. TIPOS DE DOSIFICADORES PARA LÍQUIDOS Y SÓLIDOS	38
2.8.1. DOSIFICADORES PARA SÓLIDOS (POLVO)	39
2.8.2. DOSIFICADORES PARA LÍQUIDOS (SOLUCIÓN)	43

CAPITULO 3: ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

3.1	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.....	47
3.2	SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA	48

CAPITULO 4: DISEÑO

4.1	DISEÑO SISTEMA MECÁNICO.....	53
4.1.1	DISEÑO TOLVA	54
4.1.2	DISEÑO ASPA TIPO TORNILLO	58
4.1.3	DISEÑO EJE.....	92
4.1.4	DISEÑO BASTIDOR.....	107
4.1.5	DISEÑO SISTEMA DE BOMBEO.....	109
4.2	DISEÑO SISTEMA DOSIFICADOR DE PRODUCTO TERMINADO	111
4.3	DISEÑO SISTEMA ELÉCTRICO	112

CAPITULO 5: CONSTRUCCIÓN

5.1.	LISTA DE MATERIALES.....	113
5.2.	PROCESO DE CONSTRUCCIÓN	115
5.2.1	EQUIPOS NECESARIOS PARA LA FABRICACIÓN.....	225
5.2.2	DIAGRAMAS DE PROCESO DE LOS ELEMENTOS A FABRICARSE	120
5.3.	MONTAJE	139

CAPITULO 6: PRUEBAS Y CALIBRACIÓN

6.1.	PRUEBAS.....	145
6.2.	CALIBRACIÓN.....	150

CAPITULO 7: EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA

7.1.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	153
7.2.	EVALUACIÓN FINANCIERA	157

CAPITULO 8: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1.	CONCLUSIONES.....	159
8.2.	RECOMENDACIONES.....	160

BIBLIOGRAFÍA.....161

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Comparación de las características de funcionamiento de un motor asíncrono con y sin variador de frecuencia.....	30
Tabla 2.2 Tipos de dosificadores.....	39
Tabla 3.1 Selección del tipo de aspa	48
Tabla 3.2 Selección del sistema de transmisión	49
Tabla 3.3 Selección de la forma de la tolva	50
Tabla 3.4 Ubicación de tapa para dosificación.....	51
Tabla 4.1 Características motoreductor	95
Tabla 5.1 Lista de elementos para maquinarse	113
Tabla 5.2 Lista de elementos normalizados.....	114
Tabla 6.1 Calibración de la velocidad del motor (frecuencia) en función de la carga para proceso de fabricación	150
Tabla 6.2 Calibración del tiempo de dosificado de insumo líquido según la carga.....	151
Tabla 6.3 Calibración de la velocidad del motor (frecuencia) para extracción de producto terminado	152
Tabla 7.1 Costo de materiales directos.....	154
Tabla 7.2 Costos máquinas-herramientas	155
Tabla 7.3 Costos mano de obra.....	155
Tabla 7.4 Costos Indirectos	156
Tabla 7.5 Costos de diseño	156
Tabla 7.6 Costo total procesadora de detergente	156
Tabla 7.7 Valores esperados de utilidad neta por producción de detergente..	157
Tabla 7.8 Cálculo del VAN	158
Tabla 7.9 Cálculo de la TIR.....	158

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Proceso de fabricación de la suspensión pastosa (SLURRY).....	6
Figura 2.2	Proceso de secado por atomización	7
Figura 2.3	Clasificación de tensoactivos	11
Figura 2.4	Mezclador cilíndrico inclinado.....	20
Figura 2.5	Mezclador de doble cono	21
Figura 2.6	Mezclador en “V”	22
Figura 2.7	Aspas de rastrillo.....	23
Figura 2.8	Aspas de herradura.....	23
Figura 2.9	Paletas de doble movimiento	24
Figura 2.10	Aspas de doble cinta helicoidal	24
Figura 2.11	Aspas tipo barra Z.....	25
Figura 2.12	Bomba de un tornillo para aplicaciones químicas	26
Figura 2.13	Bomba de diafragma	28
Figura 2.14	Bomba turbina horizontal regenerativa de un solo paso	28
Figura 2.15	Bomba de movimiento magnético para servicio de cero fuga....	29
Figura 2.16	Comparación de las gráficas par – velocidad de un motor a) sin variador de frecuencia b) con variador de frecuencia.....	31
Figura 2.17	Principio de funcionamiento de la regulación de velocidad.....	33
Figura 2.18	Composición general de un variador de frecuencia	36
Figura 2.19	Diagrama de estado y tiempo de temporizador con retardo a la conexión.....	36
Figura 2.20	Diagrama de estado y tiempo de temporizador con retardo a la desconexión.....	37
Figura 2.21	Diagrama de estado y tiempo de temporizador con retardo a la conexión y desconexión.....	37
Figura 2.22	Diagrama de estado y tiempo de temporizador monoestable de disparo único.....	37
Figura 2.23	Diagrama de estado y tiempo de temporizador monoestable redesparable.....	38
Figura 2.24	Disposiciones de válvula alveolar	40
Figura 2.25	Dosificador tipo tornillo	40
Figura 2.26	Dosificador gravimétrico por pérdida de peso.....	41

Figura 2.27	Dosificador gravimétrico de correa transportadora	42
Figura 2.28	Dosificador de balanza multicabezal.....	42
Figura 2.29	Dosificador de canales vibratorios	43
Figura 2.30	Dosificador de pistón.....	44
Figura 2.31	Funcionamiento de bomba de dosificación peristáltica	45
Figura 2.32	Dosificador por gravedad	45
Figura 2.33	Dosificador por gravedad de vertedero	46
Figura 4.1	Esquema de la máquina	53
Figura 4.2	Esquema de la tolva.....	54
Figura 4.3	Colocación de cargas en tolva	55
Figura 4.4	Gráfica de esfuerzos en tolva.....	56
Figura 4.5	Gráfica de deflexión en tolva	57
Figura 4.6	Gráfica de factor de seguridad en tolva.....	57
Figura 4.7	Esquema del aspa tipo tornillo	58
Figura 4.8	Tramo de análisis para determinar las fuerzas en el aspa	59
Figura 4.9	Viga en voladizo de doble empotramiento	60
Figura 4.10	Diagrama de fuerza cortante en aspa por fuerza (F_{as}).....	60
Figura 4.11	Diagrama de momento flector en aspa por fuerza (F_{as}).....	61
Figura 4.12	Sección transversal del aspa	61
Figura 4.13	Diagrama de deflexión en aspa por fuerza (F_{as})	62
Figura 4.14	Diagrama de fuerza cortante en aspa por fuerza (F_{sob}).....	63
Figura 4.15	Diagrama de momento flector en aspa por fuerza (F_{sob}).....	64
Figura 4.16	Diagrama de deflexión en aspa por fuerza (F_{sob})	65
Figura 4.17	Esquema de fuerzas actuantes en el aspa	66
Figura 4.18	D.C.L. aspa	68
Figura 4.19	Gráfica de esfuerzos en aspa	72
Figura 4.20	Gráfica de deflexión en aspa.....	73
Figura 4.21	Gráfica de factor de seguridad en aspa	73
Figura 4.22	Propiedades mecánicas aporte AWS ER308L.....	74
Figura 4.23	Sección transversal del cordón de soldadura.....	75
Figura 4.24	D.C.L. soldadura del aspa.....	76
Figura 4.25	Esquema barras circulares (azules).....	78
Figura 4.26	Esquema de fuerzas actuantes sobre barra circular	79
Figura 4.27	D.C.L. barra circular	81

Figura 4.28	D.C.L. para momentos y cortantes barra circular	82
Figura 4.29	Viga en voladizo con carga distribuida	84
Figura 4.30	Diagrama de fuerza cortante en barra circular eje Z	84
Figura 4.31	Diagrama de momento flector en barra circular eje Z	85
Figura 4.32	Diagrama de deflexión en barra circular eje Z	85
Figura 4.33	Viga en voladizo con carga en el extremo	86
Figura 4.34	Diagrama de fuerza cortante en barra circular eje X	86
Figura 4.35	Diagrama de momento flector en barra circular eje X	87
Figura 4.36	Diagrama de deflexión en barra circular eje X	87
Figura 4.37	Gráfica de esfuerzo en barra circular	88
Figura 4.38	Gráfica de deflexión en barra circular	88
Figura 4.39	Gráfica de factor de seguridad en barra circular	89
Figura 4.40	D.C.L. soldadura en barra circular	90
Figura 4.41	D.C.L. para momentos y fuerzas cortantes en soldadura de la barra circular	91
Figura 4.42	Esquema eje	92
Figura 4.43	Esquema de fuerzas actuantes sobre eje	93
Figura 4.44	Ingreso datos para diseño preliminar eje (MITCalc)	96
Figura 4.45	Ingreso datos para forma y dimensiones de eje (MITCalc)	96
Figura 4.46	Ingreso datos de muescas en eje (MITCalc)	97
Figura 4.47	Ingreso cargas en eje (MITCalc)	97
Figura 4.48	Ingreso masas que rotan (MITCalc)	98
Figura 4.49	Ingreso material y tipo de carga del eje (MITCalc)	98
Figura 4.50	Resultados de cálculo (MITCalc)	99
Figura 4.51	Gráfico – Desviación, ángulo de deflexión del eje (MITCalc)	99
Figura 4.52	Gráfico Momento flector, tensión de flexión del eje (MITCalc)	100
Figura 4.53	Gráfico Fuerza radial, tensión en esquileo del eje (MITCalc)	100
Figura 4.54	Gráfico – Fuerza axial, momento torsional del eje (MITCalc)	100
Figura 4.55	Gráfico Ángulo torsional, tensión reducida del eje (MITCalc)	101
Figura 4.56	Diagrama de fuerzas en chavetas	101
Figura 4.57	Cargas en rodamientos	105
Figura 4.58	Gráfica de factor de seguridad en estructura	107
Figura 4.59	Diagrama de esfuerzos en estructura	108
Figura 4.60	Diagrama de deflexión en estructura	108

Figura 4.61	Esquema sistema de bombeo.....	109
Figura 4.62	Aspersor de líquido YAMAHO.....	110
Figura 4.63	Sistema dosificador de producto terminado	111
Figura 5.1	Máquina de soldadura SMAW.....	115
Figura 5.2	Máquina de soldadura TIG.....	116
Figura 5.3	Antorcha de soldadura TIG	116
Figura 5.4	Torno paralelo	117
Figura 5.5	Fresadora.....	117
Figura 5.6	Taladro de pedestal.....	118
Figura 5.7	Moladora	118
Figura 5.8	Pantógrafo CNC.....	119
Figura 5.9	Roladora.....	119
Figura 5.10	Diagrama de procesos eje principal aspa	120
Figura 5.11	Eje principal del aspa $\varnothing = 35\text{mm}$; $L = 1500\text{ mm}$	121
Figura 5.12	Eje principal del aspa construido.....	121
Figura 5.13	Diagrama de proceso barra circular	122
Figura 5.14	Barra circular para soporte de aspa	122
Figura 5.15	Barra circular construida	123
Figura 5.16	Diagrama de proceso aspas	123
Figura 5.17	Aspa.....	124
Figura 5.18	Aspas cortadas	124
Figura 5.19	Diagrama de proceso tolva	125
Figura 5.20	Tapa lateral de tolva construida	125
Figura 5.21	Diagrama de proceso placa soporte del motor.....	126
Figura 5.22	Placa soporte del motor construida.....	126
Figura 5.23	Diagrama de proceso orejas para sujeción de tolva	127
Figura 5.24	Orejas para sujeción de tolva construidas	127
Figura 5.25	Diagrama de proceso para maquinar acople LOVEJOY L-110.....	128
Figura 5.26	Acople LOVEJOY L-110 maquinado.....	128
Figura 5.27	Diagrama de proceso placas de anclaje	129
Figura 5.28	Placa de anclaje construida	129
Figura 5.29	Diagrama de proceso placa soporte chumacera.....	130
Figura 5.30	Placa soporte chumacera construido	130
Figura 5.31	Diagrama de proceso perfil omega	131

Figura 5.32	Perfil omega construido	131
Figura 5.33	Diagrama de proceso estructura	132
Figura 5.34	Estructura.....	133
Figura 5.35	Estructura construida	133
Figura 5.36	Diagrama de procesos ensamblaje aspa	134
Figura 5.37	Esquema aspa ensamblada.....	134
Figura 5.38	Aspa ensamblada	135
Figura 5.39	Diagrama de proceso ensamble de tolva.....	136
Figura 5.40	Tolva ensamblada.....	136
Figura 5.41	Diagrama de proceso recipiente para líquido.....	137
Figura 5.42	Recipiente para líquido construido	137
Figura 5.43	Diagrama de proceso sistema eléctrico	138
Figura 5.44	Sistema eléctrico ensamblado	138
Figura 5.45	Diagrama de montaje de la máquina	139
Figura 5.46	Procesadora de detergente en polvo construida.....	142
Figura 5.47	Interior procesadora de detergente en polvo construida	143
Figura 6.1	Prueba del sistema eléctrico	145
Figura 6.2	Detergente blanco para prueba de mezclado	146
Figura 6.3	Resultado prueba de mezclado.....	146
Figura 6.4	Prueba de salida de producto a través de canaleta	147
Figura 6.5	Prueba de dosificación de líquido a través de aspensor	147
Figura 6.6	Prueba de fabricación ingreso de carbonato a la tolva.....	148
Figura 6.7	Prueba de fabricación ingreso de trifosfato a la tolva.....	148
Figura 6.8	Prueba de fabricación mezclando a los 10 minutos	149
Figura 6.9	Prueba de fabricación producto a los 30 minutos de mezcla ...	149

NOMENCLATURA

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDADES
A	Área de la sección transversal	mm ²
C	Capacidad dinámica	N
E	Modulo de elasticidad	GPa
F	Fuerza	N
Facs	Factor de servicio	
Fas	Fuerza que ejerce el aspa	N
FS	Factor de seguridad	
Fsob	Fuerza sobre el aspa	N
Ftem	Fuerza tangencial	N
hsol	Altura de la soldadura	mm
I	Momento de inercia	mm ⁴
J	Momento polar de inercia	mm ⁴
Lch	Longitud de chaveta	mm
M	Momento flector	N*mm
n	Velocidad angular	rpm
Ps	Potencia del motor	KW
R	Reacciones en soportes	N
rx	Componente vectorial en x	mm
ry	Componente vectorial en y	mm
rz	Componente vectorial en z	mm
Su	Resistencia última	MPa
Sy	Límite a la fluencia	MPa
T	Torque	N*mm
t	Largo de la garganta de la soldadura	mm
τ	Esfuerzo cortante	MPa
TIR	Tasa interna de retorno	%
UFsax	Unitario de fuerza en x	
UFsay	Unitario de fuerza en y	
V	Fuerza cortante	N

VAN	Valor actual neto	USD
w	Ancho de chaveta	mm
wn	Peso	N
y _{max}	Deflexión máxima	mm
ρ _{ai}	Densidad AISI 304	kg/ m ³
ρ _{det}	Densidad del detergente	kg/ m ³
σ	Esfuerzo normal	MPa

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A: CARACTERISTICAS ACERO BOHLER A600 (AISI 304).....	163
ANEXO B: SOLDADURA DE ACEROS INOXIDABLES Y ELECTRODOS PARA SOLDADURA TIG.....	175
ANEXO C: ESPECIFICACIONES DE SOFTWARE MITCALC, PROCESO DE INGRESO DE DATOS Y RESULTADOS.....	179
ANEXO D: RECOMENDACIONES PARA DIMENSIONES DE CHAVETAS..	193
ANEXO E: PROPIEDADES ACERO 1006 HR.....	195
ANEXO F: CATALOGO CHUMACERA Y RODAMIENTO DE BOLA.....	197
ANEXO G: FACTOR DE SERVICIO ACOPLE LOVEJOY.....	199
ANEXO H: CARACTERISTICAS ACOPLE LOVEJOY.....	201
ANEXO I: CARACTERISTICAS BOMBA CENTRIFUGA.....	203
ANEXO J: CARACTERISTICAS ASPERSOR YAMAHO.....	205
ANEXO K: CARACTERISTICAS VARIADOR DE FRECUENCIA SIEMENS G110.....	207
ANEXO L: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	233
ANEXO M: PLANOS DE CONJUNTO Y DE DETALLE.....	237

RESUMEN

En este proyecto se diseñó y construyó una procesadora de detergente en polvo para máquinas lavaplatos automáticas, el principal motivo asociado para la ejecución es la falta de tecnología actual para la fabricación de este insumo en la empresa H&H ASOCIADOS, por esta razón la empresa no puede incursionar en el mercado local y con la elaboración de esta máquina se plantea satisfacer esta necesidad expuesta.

Para la fabricación del detergente se mezclan los insumos sólidos y se dosifican los insumos líquidos de manera que se produce una reacción química y se forma el grano de detergente en polvo.

La máquina posee un diseño versátil que promueve el mezclado con una eficiencia acumulada entre los tipos de aspas más comunes para este fin como los son el aspa de paletas y el aspa de doble cinta helicoidal, diseñando y construyendo por este motivo el aspa de tipo tornillo, el cual a su vez sirve para expulsar el producto terminado para continuar con el proceso de empaquetado o almacenamiento en bodega.

La máquina cuenta con un sistema de control el cual es muy amigable para el operador, ya que solo debe mover tres interruptores para iniciar el proceso de fabricación de manera automática, además puede alterar la velocidad del motor según los requerimientos o especificaciones del tipo de detergente a fabricarse, también se puede variar la cantidad de insumo líquido variando el tiempo de encendido de la bomba dosificadora.

La máquina fue fabricada en la empresa H&H ASOCIADOS y se contrató servicios especializados externos para los procesos de maquinado y conformado que no se contaban en la empresa. En la última etapa del proyecto se realizaron pruebas y calibraciones de la máquina, la cual fue aceptada por la empresa ya que cuenta con las especificaciones demandadas y satisfizo las expectativas esperadas.

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1. ANTECEDENTES

La empresa H&H ASOCIADOS trabaja en el campo de suministros de limpieza industrial y prestación de servicios de mantenimiento mecánico industrial, los insumos de limpieza H&H son fabricados en la planta industrial, estos productos son: jabones líquidos para manos, desengrasantes, cloro, desinfectantes y detergente líquido para ropa.

La empresa desea incursionar en la producción de detergente en polvo para máquinas lavaplatos automáticas, por lo que ha considerado conveniente construir una procesadora de detergente para la producción industrial de dicho producto.

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En el Ecuador se está promoviendo la adquisición de máquinas lavaplatos automáticas para hogares e industrias, ya que entre sus beneficios está el uso preciso de la cantidad de agua, además de disminuir el tiempo empleado para esta labor.

El incremento de ventas de las máquinas lavaplatos automáticas en el año 2009 fue de aproximadamente del 10% según almacenes SUKASA y almacenes JAPON.

El principal insumo de este tipo de máquina es el detergente en polvo y actualmente el mercado nacional es muy limitado a la oferta del mismo ya que solo existen dos empresas nacionales que venden este producto las cuales son PROQUIM S.A. (DISHLAB) y OZZ (ACUAMATIC) además de existir solo dos marcas importadoras como son CASCADE (USA) y FINISH (ARGENTINA) importado por QUIFATEX.

La empresa H&H ASOCIADOS ha decidido incursionar en el mercado del detergente en polvo para máquinas lavaplatos automáticas, ya que existe una

demanda insatisfecha de este producto y busca aprovechar la oportunidad que se tiene para generación de utilidad e incursión en el mercado con su línea de productos para limpieza industrial.

La empresa ha realizado un estudio de composición de los tipos de detergentes que va a fabricar, desarrollando así sus propias fórmulas patentadas y los registros sanitarios pertinentes para la venta al público.

Por lo tanto la empresa quiere fabricar el producto de manera industrial para satisfacer la demanda. La empresa no posee una máquina para realizar esta actividad, solo podría fabricar el detergente de una manera artesanal y en bajas cantidades contando con el personal disponible, lo que se traduce en un proceso de producción muy lento y costoso para la empresa.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. GENERAL

Diseñar y construir una procesadora de detergente en polvo para máquinas lavaplatos automáticas con capacidad de 60 kg/h para la empresa H&H ASOCIADOS.

1.3.2. ESPECÍFICOS

1. Investigar los métodos para la fabricación de detergente en polvo.
2. Investigar los tipos de dosificadores para líquidos y sólidos.
3. Diseñar los elementos de la máquina.
4. Diseñar el sistema de control.
5. Construir y ensamblar la máquina.
6. Realizar pruebas de la máquina para verificar especificaciones requeridas.
7. Realizar manual de usuario y mantenimiento de la máquina.
8. Realizar una evaluación económica y financiera.

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO

La empresa H&H ASOCIADOS no dispone de tecnología para realizar la fabricación del detergente en polvo de manera industrial, por lo que se necesita una máquina para realizar esta labor, con el fin de satisfacer a la demanda de detergente en polvo para máquinas lavaplatos automáticas.

En el país hay solo dos fábricas de insumos para máquinas lavaplatos automáticas (PROQUIM S.A. y OZZ) y no se cuenta con industrias nacionales para la construcción y diseño de máquinas que se especialicen en la fabricación de detergente en polvo. En el mercado internacional se encuentran máquinas similares pero de gran costo y capacidad, motivo por el cual no son una alternativa para la empresa H&H ASOCIADOS debido a que su presupuesto no abastecería esta inversión. Por esta razón la empresa ha optado por fabricar la máquina en el país. El diseño y construcción de la máquina para fabricación de detergente en polvo impulsaría la actividad productiva de la empresa H&H ASOCIADOS brindándole una mayor participación en el mercado y aumentando la rentabilidad del producto.

La principal innovación en el diseño de la máquina para la elaboración de detergente en polvo, es la fabricación de un tipo de aspa que facilite la extracción del producto terminado, razón por la cual se innovaría los diseños de máquinas para este fin, ya que tradicionalmente no poseen este sistema. El proyecto además promueve el desarrollo tecnológico del país y la aplicación de los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica del Ejército.

En lo personal el proyecto es de mucho interés, debido a su relación directa con la carrera de Ingeniería Mecánica y representa un reto en la búsqueda de innovación y selección de alternativas para aumentar la capacidad productiva de la empresa H&H ASOCIADOS a bajo costo.

1.5. ALCANCE

El alcance de este proyecto es el diseño, construcción y realización de pruebas de operación de una procesadora apta para la fabricación de detergente en polvo, el cual se va a utilizar en máquinas lavaplatos automáticas de capacidad media e industrial.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. MÉTODOS PARA LA FABRICACIÓN DE DETERGENTE EN POLVO

Los métodos para la fabricación del detergente en polvo persiguen tener un mezclado homogéneo de los ingredientes, además de obtener un producto sólido que contenga hasta 10% de agua. El detergente no debe contener polvillos, pero debe ser inmediatamente soluble en agua. En la actualidad existen tres métodos para obtener este tipo de producto.

El primero consiste en obtener una mezcla de ingredientes pastosa, denominada por su traducción al inglés "SLURRY", la cual contiene 30% de agua y luego se la seca por un proceso de atomización denominado por su significado en inglés como "SPRAY DRYING", el cual posteriormente se lo seca mediante una corriente de gases calientes. Este método se lo conoce como secado por atomización y brinda una perfecta homogenización, pero su costo energético y la desestabilización molecular de ingredientes debido al proceso de secado, ha inducido a la creación de otros dos métodos de producción, los cuales son: método por neutralización en seco y método por aglomeración.

Secado por atomización:

Este proceso inicia con la fabricación de una suspensión pastosa (SLURRY), la cual contiene aproximadamente un 30% de agua. La figura 2.1 indica el proceso de fabricación continua de la suspensión pastosa (SLURRY).

Los componentes sólidos son dosificados a una banda transportadora, mientras que los componentes líquidos se extraen de los tanques de almacenamiento y se dosifican mediante bombas, las cuales por su función realizan un proceso de premezclado, luego las dos líneas de fluido ingresan al tanque mezclador.

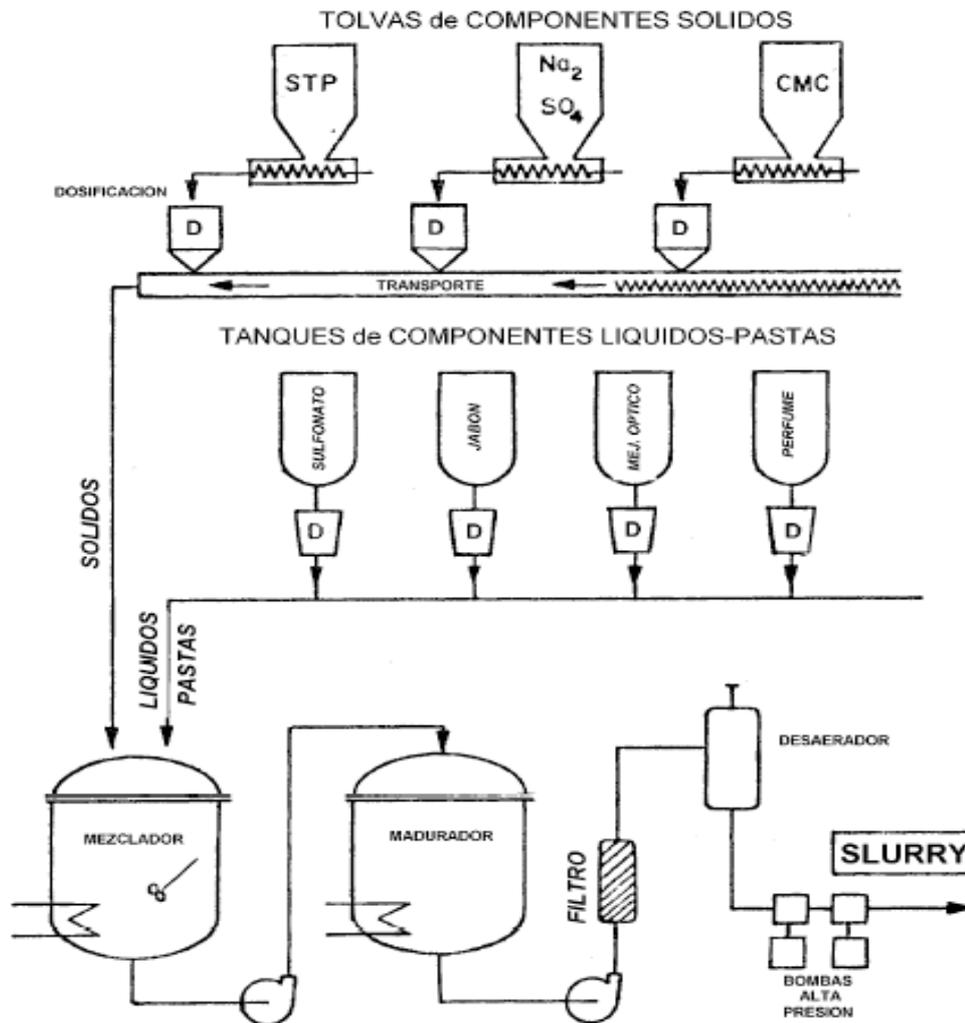


Figura 2.1 Proceso de fabricación de la suspensión pastosa (SLURRY)

Fuente: JEAN LOUIS SALAGER, Detergentes

El mezclador es un dispersor de alta velocidad, el cual elimina los residuos aglomerados y homogenizan el SLURRY.

Posteriormente el SLURRY pasa a un tanque de maduración, aproximadamente reposa allí 20 minutos, esta fase permite la hidratación de ciertas sustancias y unas características reológicas¹ estables.

¹ Algunas de las propiedades reológicas más importantes son: Viscosidad aparente (relación entre esfuerzo de corte y velocidad de corte); Coeficientes de esfuerzos normales; Viscosidad compleja (respuesta ante esfuerzos de corte oscilatorio); Módulo de almacenamiento y módulo de pérdidas (comportamiento visco elástico lineal); Funciones complejas de visco elasticidad no lineal.

La siguiente etapa es la de filtrado y bombeo homogenizado de alta presión (100atm), para alimentar los atomizadores de la torre de secado. Las variables en esta etapa dependen de los gases requerimientos de bombeo, agitación y el desprendimiento del calor de reacción.

El SLURRY se atomiza a alta presión, mediante atomizadores de aproximadamente 3 mm de diámetro, los cuales se ubican en la parte superior de la torre de secado, este proceso de secado por atomización se ilustra en la figura 2.2.

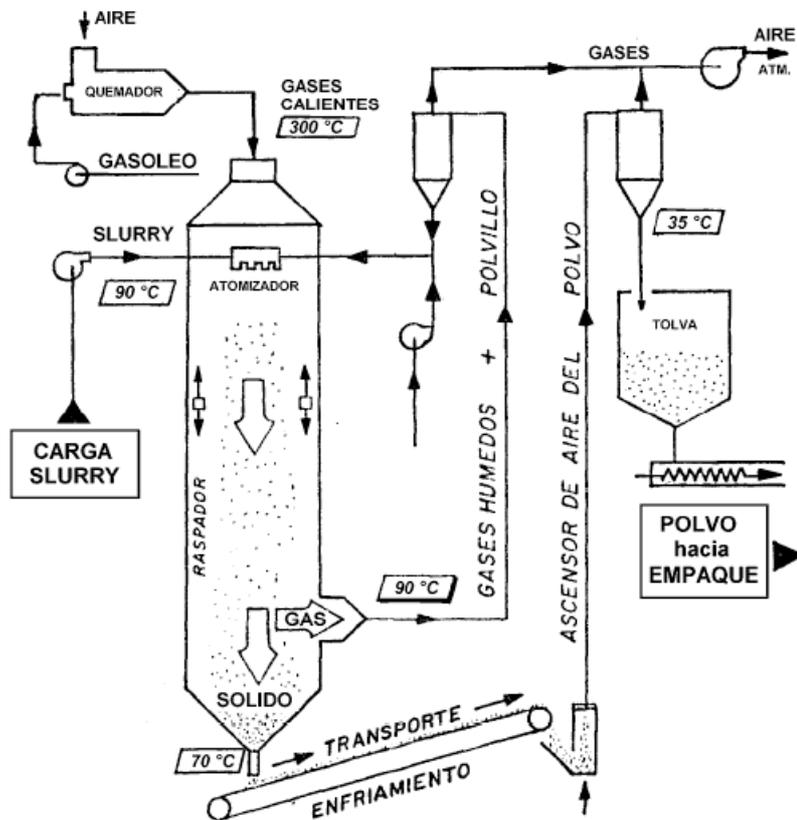


Figura 2.2 Proceso de secado por atomización

Fuente: JEAN LOUIS SALAGER, Detergentes

Generalmente existen varios sistemas de atomización, cada uno dispone de un dispositivo de inyección de vapor para su limpieza. En el dispositivo a co-corriente de la figura 2.2, los gases calientes (300°C) provienen de un quemador de gasóleo, los cuales entran por la parte superior de la torre.

Es indispensable que las gotas de SLURRY no entren en contacto con las paredes, por eso la torre es en general ancha (3-10 m de diámetro). Como siempre existe una pequeña fracción de las gotas que adhieren a las paredes, para esto la torre está provista con un sistema raspador para la limpieza. La altura de la torre varía entre 15 y 30 m. El dispositivo de la figura 2.2 es a co-corriente descendiente. Puede usarse también este tipo de aparato a contracorriente, con la entrada de gases calientes en la parte baja y la salida en la parte alta.

El proceso en contracorriente requiere una torre menos alta pero tiene ciertas desventajas. De una parte, hay un mayor arrastre de partículas en los gases; y por otra parte la distribución de tiempo de residencia de las gotas es más amplia, lo que resulta en un porcentaje de partículas demasiadas secas. Por eso se prefiere en general el proceso a co-corriente descendiente.

Si se considera el proceso de evaporación a la escala de una gota de SLURRY, se seca primero la parte externa, y luego existen dos fenómenos contrarios: la difusión del sólido externa hacia el centro, y el flujo (capilar) de agua del centro hacia el exterior.

Como el segundo proceso es más rápido que el primero, el producto seco es en general una partícula porosa y a menudo de interior hueco, lo que explica la baja densidad del polvo obtenido. En la parte cónica inferior de la torre se recolecta el polvo seco (10% de humedad), el cual se envía a una tolva de almacenamiento mediante un transporte por cinta y ascensor de aire, lo cual lo enfría.

Los gases que salen de la torre arrastran el polvillo fino, que es indeseable en el producto comercial. Este polvillo se separa en un sistema de ciclones y se vuelve a mezclar con el SLURRY en su etapa de preparación. En la figura 2.2 se ha indicado un sistema de retorno al atomizador para esquematizar este reciclo.

Neutralización en seco:

Los detergentes en polvo contienen en general alquilbenceno sulfonados o alcohol sulfatos, jabones, y surfactantes no-iónicos. La tendencia actual es aumentar la proporción de no iónicos del tipo alcohol etoxilado. Tal tendencia lleva consigo ciertas dificultades en el proceso de secado por atomización, tales como polvo pegajoso y con cierta fragilidad mecánica, sin contar con los problemas de termo degradación de los surfactantes² no iónicos.

El proceso de neutralización en seco consiste en mezclar no iónicos y/o ácidos alquil sulfónicos y ácidos grasos con una carga de mejoradores alcalinos sólidos. La neutralización de los ácidos se efectúa al contacto de los mejoradores en presencia de una pequeña cantidad (3%) de solución de hidróxido de sodio que actúa como iniciador. Típicamente no se requiere más de 10 minutos de mezclado para producir un polvo neutro y homogéneo.

El aparato de mezclado es de tipo rotatorio con cuchillas que pasan muy cerca de las paredes, con el fin de desintegrar los aglomerados. Se obtiene con este proceso un polvo de alta densidad (600-900 Kg/m³), lo que corresponde también a la tendencia actual. Este proceso tiene la ventaja de que se pueden añadir sustancias sensibles a la temperatura, ya que al calor de neutralización no supera los 40°C.

En ciertos casos se combinan los procesos de secado por atomización y neutralización seca. Tal combinación permite una gran flexibilidad en cuanto a la formulación y a la densidad del polvo detergente.

Aglomeración:

Si se requiere un polvo de baja densidad, el proceso de neutralización en seco no es adecuado. Se utiliza más bien en un proceso de aglomeración, empleado ampliamente en la industria farmacéutica, para manufacturar un producto semi-seco con 16-20% de humedad.

² Los surfactantes aniónicos (sulfonatos, ester-sulfatos, jabones) y noiónicos (alcoholes o fenoles etoxilados) actúan como agentes de mojabilidad del sustrato, rebajan la tensión interfacial, se adsorben y cambian el potencial superficial, emulsionan el sucio líquido, y dispersan las partículas sólidas.

En el proceso de aglomeración se mezcla una carga de mejoradores sólidos (carbonato, fosfato, sulfato), especialmente tratados por su poder adsorbente, en un mezclador rotatorio horizontal. Al rotar el aparato, el polvo cae en forma de cascada (como en un molino de bolas) y está expuesta a un líquido finamente dividido que contiene los ingredientes hidrosolubles. Se trata por lo tanto de una pulverización de líquido sobre un polvo suspendido en el espacio.

Tal tecnología permite mezclar los ingredientes sólidos y líquidos del detergente y mantener una baja densidad. El tipo más común de mezclador es el aparato rotatorio horizontal de tipo zig-zag con pulverizador sobre el eje central. Tales aparatos permiten un funcionamiento continuo, a un costo energético más bajo que el secado por atomización. Permite también incorporar sustancias termosensibles. Sin embargo el producto obtenido tiene una densidad relativamente alta (500 Kg/m³).

2.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS PRESENTES EN LA FABRICACIÓN DEL DETERGENTE EN POLVO

Las sustancias químicas presentes en la fabricación del detergente en polvo se pueden agrupar en tres categorías esenciales: tensoactivos, coadyuvantes o "builders" y aditivos.

TENSOACTIVOS

Los tensoactivos o surfactantes son agentes de actividad superficial, son sustancias que son capaces de modificar las propiedades físicas, de una superficie o de una interface, reduciendo la tensión superficial.

Existen cuatro grupos grandes de tensoactivos, los cuales se muestran a continuación en el esquema de la figura 2.3.

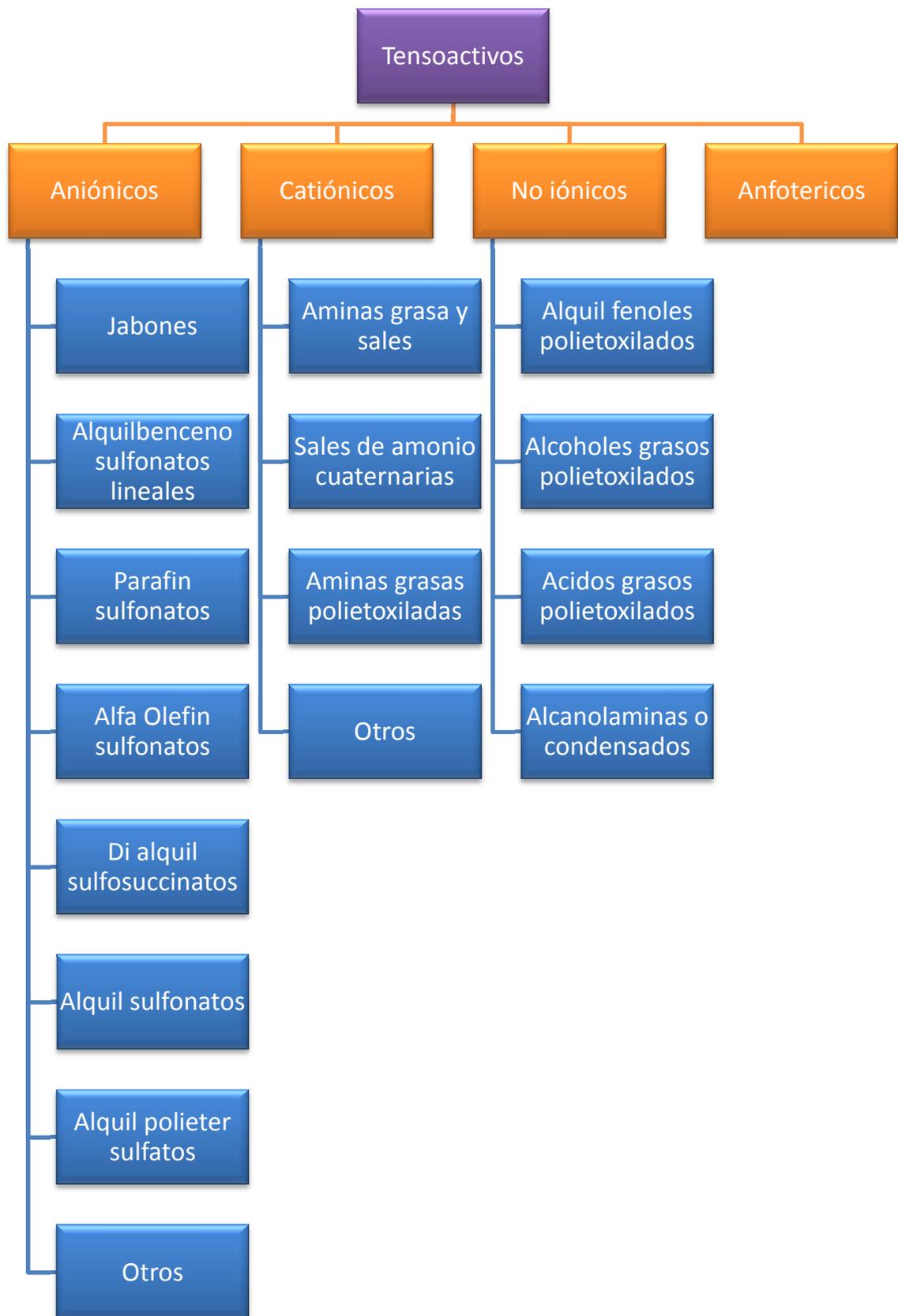


Figura 2.3 Clasificación de tensoactivos

Fuente: ING. JESSICA NUÑES, Tensoactivos y Auxiliares

Los tensoactivos aniónicos comprenden a aquellos que poseen uno o varios grupos funcionales que se ionizan en disolución acuosa originando iones orgánicos con carga negativa y responsables de la actividad superficial. Son los más usados en composiciones detergentes en polvo así como en productos líquidos para el lavado de ropa.

Dentro de esta categoría se pueden distinguir distintos tipos cuyas características se citan a continuación:

Sales sódicas de ácidos grasos lineales (jabones)

Poseen un resto hidrófobo alquílico y un grupo polar carboxílico. Son de fácil preparación por neutralización de ácidos grasos o por saponificación de acilgliceroles, y poseen excelentes propiedades para su uso como jabones de tocador o como aditivos en composiciones detergentes. Presentan la gran desventaja de su gran inestabilidad en aguas duras y en disoluciones a pH ácido, así como su gran insolubilidad en presencia de electrólitos.

Alquilbenceno Sulfonato Lineales (LAS)

Dentro de su grupo después de los jabones son los más utilizados, debido a sus excelentes propiedades deterativas y su bajo coste. Se obtienen por reacción del correspondiente alquilbenceno, con ácido sulfúrico o trióxido de azufre, para dar el ácido sulfónico, el cual es neutralizado dando la sal deseada, normalmente sal de sodio.

Parafin Sulfonatos

Debido a que las parafinas son realmente inertes al ácido sulfúrico han de obtenerse por sulfo-oxidación catalítica de las mismas. Son productos impuros con gran cantidad de parafinas no sulfonadas. Son muy solubles en agua y fácilmente biodegradables a baja temperatura y se utilizan en la industria de curtiembres.

COADYUVANTES O BUILDERS

Estos compuestos son sustancias que se incorporan a la formulación de un detergente para mejorar y proteger la eficacia detergente del tensoactivo. Entre los más frecuentes se consideran los polifosfatos, silicatos, carbonatos, citratos, etc. El más utilizado es el tripolifosfato sódico (TPP) cuya fórmula es $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ y que se emplea tanto en los detergentes en polvo para el lavado de ropas como en los detergentes para lavavajillas automáticas.

Las principales funciones que realizan estos compuestos en relación con el lavado son las siguientes:

- Ablandar el agua de lavado secuestrando los iones cálcicos y magnésicos, y en menor grado los iones de hierro manganeso, formando grandes iones solubles en agua. De esta manera los iones metálicos no pueden interferir con la acción del tensoactivo.
- Actuar como emulsionante de la grasa y como dispersante de las partículas sólidas de la suciedad, impidiendo su redeposición.
- Debido a que sufren una reacción de hidrólisis con el agua de lavar permiten el mantenimiento de una alcalinidad idónea en el baño de lavado necesaria para una eliminación efectiva de la suciedad.
- Ejercer una acción sinérgica con los tensoactivos, mejorando notablemente el efecto del lavado.

Los coadyuvantes con polifosfatos son motivo de polémica ya que tanto ellos como los productos resultantes de su hidrólisis contienen obviamente fósforo, que se halla implicado en el proceso de la eutrofización³ de lagos y embalses. Se están utilizando otros compuestos como sustitutos de los fosfatos como son el carbonato sódico, silicatos, citratos, zeolitas, nitriloacetato sódico, etc. No obstante no se conocen los efectos que puede tener a largo plazo la introducción de grandes cantidades de estas sustancias en el medio ambiente, dándose el caso de que algunos de estos productos han sido prohibidos en algunos países. Por otro lado los fosfatos presentan una serie de ventajas

³ En ecología el término eutrofización designa el enriquecimiento en nutrientes de un ecosistema. Eutrofizado es aquel ecosistema o ambiente caracterizado por una abundancia anormalmente alta de nutrientes.

como son su seguridad e inocuidad, tanto frente a la piel humana como frente a las fibras, colorantes y estructura interna de la máquina de lavado, además se pueden eliminar satisfactoriamente en las plantas depuradoras, no interfieren con otros procedimientos de tratamiento de residuos.

Aditivos

Un aditivo es un componente complementario de un detergente que aporta propiedades ajenas a la acción detergente. Dentro de esta categoría se encuentran los blanqueadores fluorescentes, que son compuestos orgánicos complejos y que tienen la propiedad de absorber radiaciones ultravioletas invisibles, parte de cuya energía la emiten luego en forma de radiaciones de color azul. De esta forma se incrementa la luz visible reflejada por los tejidos, aumentando su brillo y su grado de blanco.

También se consideran como aditivos: los agentes inhibidores de la corrosión, como por ejemplo los silicatos sódicos que a baja concentración forman una película sobre las superficies metálicas protegiéndolas contra la corrosión; los agentes antirredeposición muy importantes en los detergentes para ropa, pues impiden que las suciedades separadas de los tejidos durante el lavado vuelvan a depositarse sobre los mismos.

El compuesto más usado para este fin es la carboximetilcelulosa. Por último también son considerados como aditivos los perfumes, colorantes, suavizantes y agentes para control de espuma.

Además de los tensoactivos, coadyuvantes y aditivos, los detergentes suelen llevar también en su formulación auxiliares de presentación o carga de compuestos minerales y orgánicos, que sirven para proporcionar al producto acabado un determinado aspecto, y conseguir que la concentración de uso sea la adecuada. Entre los más frecuentes, suelen utilizarse el sulfato sódico y el agua.

2.3. TIPOS DE MÁQUINAS MEZCLADORAS

Los tipos principales de máquinas mezcladoras se los distingue por su tipo de mezclado, el cual muchas veces es determinado por la forma del recipiente y la forma del aspa.

2.3.1. MÁQUINAS MEZCLADORAS SEGÚN EL TIPO DE MEZCLADO

2.3.1.1 Máquinas mezcladoras de flujos o corrientes

Para este tipo de máquina se introducen los materiales por medio de una bomba y la mezcla se produce por interferencia de sus flujos corrientes, dentro de este tipo de máquinas podemos encontrar:

Mezcladores de Chorro

Se basan en el choque de dos o más chorros de fluidos, generalmente a altas presiones, en su mayoría se emplea para la mezcla de líquidos, pero su mayor aplicación está en mezcla de combustibles gaseosos para su posterior combustión.

Este tipo de mezcladores usan inyectores, los cuales consisten en esencia en un tubo principal, y en un tubo, un surtidor, una tobera o un orificio auxiliar por el que se inyecta un segundo ingrediente en la corriente principal. Este tipo de mezclador es sencillo y poco costoso, se emplea mucho para mezclar, en cualesquiera proporciones, gases con gases, gases con líquidos, y líquidos con líquidos. Son ejemplo de mezcladores de este tipo, para la mezcla de líquidos mutuamente insolubles, los mecheros Bunsen, los quemadores de petróleo, las pistolas pulverizadoras, los carburadores, los atomizadores y los mezcladores de tobera. En algunos casos la velocidad de la corriente en la tubería principal induce la circulación del material en la tubería auxiliar debido al efecto venturi. En otros casos se alimenta el material por la tubería auxiliar a presión y velocidad suficiente para que circule por la tubería principal.

Bombas centrífugas

Se las emplea para mezclar líquidos previamente medidos y controlados por el caudal de flujo, el tiempo de retención dentro de la bomba es mínimo pero suficiente para producir reacciones instantáneas entre materiales inmiscibles.

2.3.1.2 Máquina mezcladora de paletas o brazos

Consiste en esencia en una o varias paletas horizontales, verticales o inclinadas unidas a un eje horizontal, vertical o inclinado que gira axialmente dentro del recipiente, el cual no siempre es concéntrico. De esta manera el material que se mezcla es empujado o arrastrado alrededor del recipiente siguiendo una trayectoria circular. Cuando se trata de líquidos pocos espesos en recipientes sin placas desviadoras, las paletas imprimen siempre un movimiento de remolino a todo el contenido del recipiente. Las paletas carecen de medios eficaces para producir, en dirección perpendicular a ellas, fuerzas que corten transversalmente los estratos de materiales y que los mezcle uno con otros. Este es su principal defecto. La estratificación se destruye en gran parte instalando en el recipiente placas desviadoras; las paletas pueden trabajar lentamente, acortándose para que la potencia necesaria sea razonablemente baja. Doblando las paletas se aumenta la circulación axial en un recipiente con placas desviadoras, pero no tiene prácticamente efecto con un líquido de baja viscosidad en uno sin dichas placas.

Cubetas giratorias con paletas excéntricas

El recipiente gira sobre una mesa giratoria y paletas excéntricas giran también dentro del mismo. Este tipo es de uso corriente para mezclar pequeñas cantidades de pintura espesa y de pasta para tintas.

2.3.1.3 Máquina mezcladora de hélices

Los mezcladores de hélices proporcionan un medio poco costoso, sencillo y compacto, para mezclar materiales en un gran número de casos. Su acción mezcladora se deriva de que sus aletas helicoidales al girar empujan constantemente hacia delante, lo que para todos los fines puede considerarse

un cilindro continuo de material, aunque el deslizamiento produce corrientes que modifican bastante esta forma cilíndrica. Puesto que la hélice hace que un cilindro de material se mueva en línea recta, es evidente que la forma del recipiente decidirá la disposición subsiguiente de esta corriente. Por esta razón, es particularmente importante en este caso la forma del recipiente. Las hélices son eficaces con los líquidos cuya viscosidad aparente no sea superior a 2000 centipoises, con la presencia de sólidos ligeros o sin ella, aunque pueden utilizarse con viscosidades hasta de 4000 centipoises.

Con sólidos con densidad muy diferentes a las de los líquidos, se tropieza con algunas dificultades para impedir la sedimentación, ya que es prácticamente imposible dirigir la corriente producida por la hélice a todas las partes del tanque. La situación de la hélice dentro del tanque influye sobre la naturaleza de la mezcla producida.

Hélices como dispositivos para mezclar gases

A veces se emplea una hélice, un disco o un ventilador dentro de una cámara mezcladora, con objeto de activar la circulación de los gases y mezclarlos. Se usa también para mezclar gases en circulación continua.

Hélice con eje vertical

Estos mezcladores se usan en combinaciones de una, dos o más hélices sobre un mismo eje. El empuje de las hélices puede ser totalmente ascendente, descendente o bien de doble efecto; este último es el más conveniente para recipientes pequeños.

Hélice descentrada y con su eje inclinado penetrando por arriba

Este tipo de hélice se monta en el costado del recipiente o cerca de él con su eje inclinado con respecto a la vertical. Para viscosidades hasta 300 centipoises, se emplea un motor eléctrico directamente conectado al eje de la hélice que funcione a su plena velocidad, pero, para viscosidades mayores, deberá usarse una máquina con transmisión por engranajes. Los mezcladores más pequeños de éste tipo (de 1/8 a 1 hp.) son portátiles y llevan a su costado

un dispositivo para sujetarlos a un costado del recipiente o tanque, por lo que son compactos y cómodos.

Hélice al costado del recipiente

El eje de este tipo de hélice no se coloca de ordinario radialmente. El remolino producido hace que la hélice influya gradualmente en todo el contenido del recipiente. Este movimiento es particularmente útil cuando se mezclan grandes cargas de líquido ligero, como gasolina o soluciones acuosas, sin que sea necesaria una mezcla muy rápida. En estos casos, éste tipo de aparato produce mezclas satisfactorias en recipientes hasta de 757000 lts de capacidad y es uno de los mejores medios de mezclar líquidos ligeros en depósitos muy grandes. En éstos depósito suele ser conveniente poner dos o más hélices repartidas regularmente alrededor de la periferia.

Hélice en un tubo de aspiración

Una o varias hélices están rodeadas por un tubo, quedando por lo general un pequeño espacio entre él y las aletas de la hélice. El tubo sirve para guiar el fluido a través de la hélice, venciendo apreciablemente el deslizamiento lateral de las corrientes. Si la forma del recipiente está bien diseñada, tiene lugar una circulación muy completa de gran intensidad con la consiguiente uniformidad de la acción mezcladora. Este tipo es probablemente el que proporciona una circulación axial más eficaz de los mezcladores de hélice.

2.3.1.4 Máquina mezcladora de turbina o impulsor centrífugo

En el mezclador de turbina el material entra en el impulsor axialmente por su abertura central. Los álabes aceleran el material y lo descargan del impulsor tangencialmente a una velocidad elevada. La turbina puede llevar una corona directriz con paletas curvas fijas (difusores) que desvían esas corrientes tangenciales hasta hacerlas radiales. Todo el cambio de dirección de vertical a horizontal y radial se realiza suavemente con la menor pérdida posible de energía cinética, y en consecuencia, las corrientes radiales llegan aun a gran velocidad a las partes más alejadas del recipiente.

Los mezcladores de turbinas son esencialmente útiles para mezclar líquidos viscosos o lodos espesos, suspender sólidos pesados, efectuar disoluciones rápidas, realizar buenas dispersiones y hacer mezclas en recipientes de formas irregulares.

Soplante de turbina o ventilador centrífugo:

Este tipo de máquina mezcla gases muy íntimamente cuando se les hace llegar a él en forma continua y en las proporciones deseadas. Se usa también para mezclar determinadas cantidades de gases en forma intermitente, colocándolo dentro o fuera de la cámara mezcladora. Manipula grandes volúmenes de gases con un consumo de potencia pequeño.

Mezclador Sencillo de turbina

Es particularmente conveniente para mezclar líquidos de viscosidad media o baja, en especial cuando se lo coloca excéntrico en el recipiente. Funciona bien en la manipulación de limos de consistencia baja o media y con materiales fibrosos de consistencia media, como la pasta de papel, en suspensión.

Mezclador de turbina con paletas directrices fijas

Con este tipo pueden usarse uno o más impulsores o rodetes. Se caracteriza por la intensa acción cortante del rodete, por la pronunciada circulación tangencial-radial al salir de los elementos del estator y por la buena circulación en los puntos alejados del rodete. Es, por consiguiente, más adecuado para materiales de viscosidad baja o media, puesto que con líquidos de altas viscosidad las corrientes de circulación son demasiado amortiguadas por la corriente directriz. Cuando se utiliza un rodete en el fondo del recipiente, conviene que dicho fondo sea en forma de plato para que dirija la circulación hacia arriba al salir del elemento mezclador.

Turbodispersador

Este tipo consiste en un rodete de turbina que gira con un tamiz o una placa perforada, interpuesto entre dichos rodetes y las paletas directrices fijas. Los álabes del rodete están muy cerca del tamiz. Su alto esfuerzo cortante, su

acción de extrusión y la intensa circulación, lo que contribuyen la generación de dispersiones y a la disolución de materiales de una manera muy eficaz.

2.3.2. MÁQUINAS MEZCLADORAS SEGÚN EL TIPO DE RECIPIENTE

Mezcladores cilíndricos

Consiste en una carcasa cilíndrica que se puede rotar a lo largo de su eje para producir flujo cruzado del material, puede estar de manera inclinada, vertical (Tambor) u horizontal. Se pueden adicionar obstáculos laterales para mejorar la acción de mezclado. Este tipo de mezclador es móvil-giratorio y trabaja por difusión, la cual se produce mediante la transferencia de partículas aisladas de un componente a regiones ocupadas por otro.

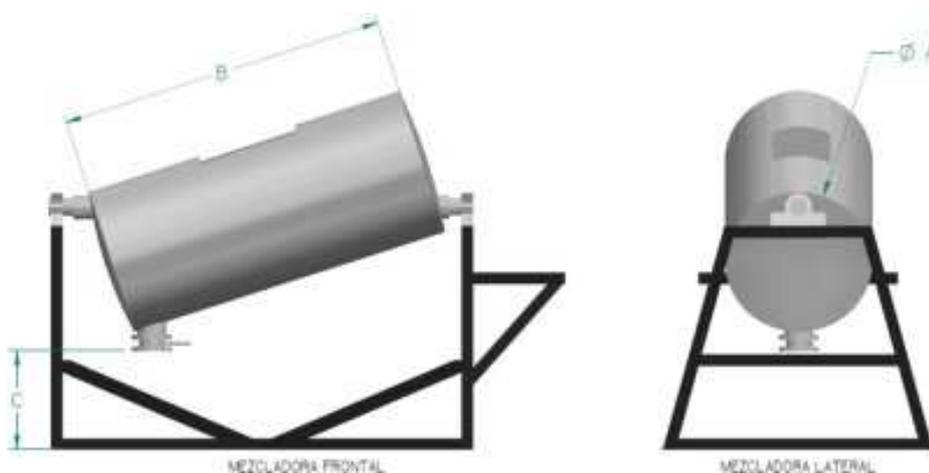


Figura 2.4 Mezclador cilíndrico inclinado

Fuente: VEYCO

Mezcladores cónicos

El principio de operación es igual que los mezcladores cilíndricos, pero por su forma facilita la carga de materiales para el mezclado, además se fabrican también mezcladores de doble cono, por lo que la carga y descarga se produce de una manera muy rápida.

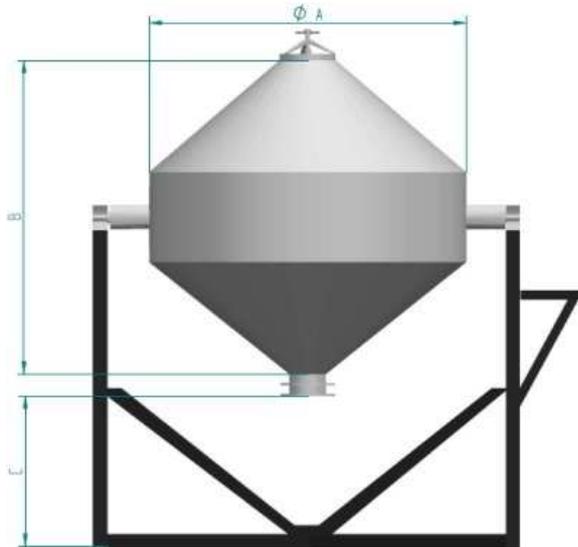


Figura 2.5 Mezclador de doble cono

Fuente: VEYCO

Mezcladores en “V”

Consiste de dos cilindros unidos en sus extremos con una angulación que oscila entre 45 y 90°. El principal mecanismo de mezclado que produce es por convención, pero posee unas placas en el eje de rotación que producen deslizamientos entre los planos. Este mezclador se recomienda para polvos de baja cohesividad. La rotación del equipo ocurre en un solo plano y su acción cambia la orientación del polvo en 90 o 45° dependiendo del modelo.

El eje central intensifica la acción del mezclado, pero dificulta la limpieza del equipo. Este equipo produce un mezclado suave y por esta razón se utiliza para la adición de aglutinantes, permitiendo la adición uniforme del lubricante a los gránulos en un corto periodo de tiempo sin erosionarlos. Como estos equipos son herméticos, pueden producir vacío y secado además de no contaminar ni de empolvar. Además, poseen altas capacidades, bajo consumo de energía, son de fácil mantenimiento, son de fácil operación y se pueden cargar con el ápice invertido.

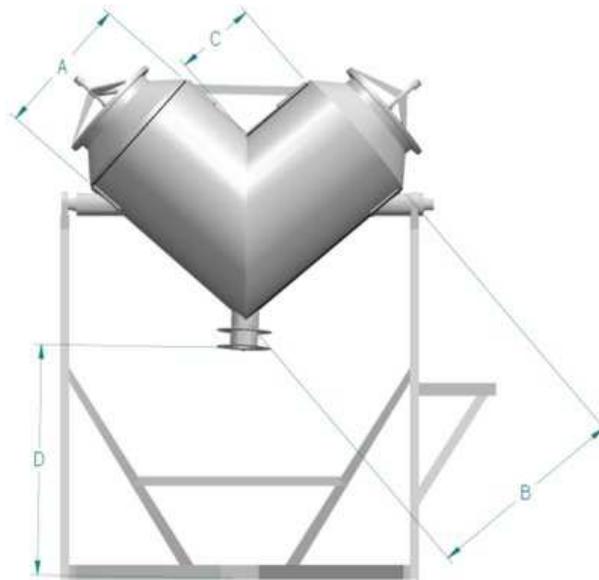


Figura 2.6 Mezclador en “V”

Fuente: VEYCO

2.4. TIPOS DE ASPAS PARA MEZCLADO

Aspas de paletas rectas

Este es el modelo más corriente de mezclador, y puede ser horizontal o vertical. Las paletas pueden ser planas o dobladas, a fin de producir un empuje ascendente o descendente en el líquido.

Aspas de rastrillo

El mezclador de rastrillos, es una modificación del de paletas rectas. Paletas con lengüetas o dedos fijos intercalados, este tipo de mezclador puede ser horizontal o vertical. En los líquidos poco densos, las lengüetas fijas tienden a impedir la formación de un remolino en toda la masa y contribuyen además a producir corrientes más o menos en ángulo recto con las lengüetas, facilitando así la mezcla. Éste tipo se usa también para mezclar líquidos densos, pastas y amasados, como pinturas, pastas de almidón y colas, y en este caso las paletas fijas facilitan el estirado, el corte y el doblado de los materiales, y por consiguiente, su mezcla.



Figura 2.7 Aspás de rastrillo

Fuente: VEYCO

Aspas de herradura o ancla

Este tipo se utiliza en las marmitas, por lo general en trabajos rudos, como la mezcla de grasas, las fusiones de cáusticos, el amasado de pastas espesas, etc. Una característica distintiva de este mezclador es que el elemento mezclador se amolda siempre a las paredes del recipiente, barriéndolas o incluso rascándolas para arrancar el material pastoso o sólido apelmazado sobre ellas.

Es especialmente importante impedir este apelmazamiento en las paredes en el caso de mezclas que puedan quemarse cuando se recalientan localmente o en los casos en que las paredes hayan de mantenerse limpia para permitir una buena transmisión del calor.



Figura 2.8 Aspás de herradura

Fuente: VEYCO

Paletas de doble movimiento

Este tipo se utiliza mucho para los materiales pastosos, como los adhesivos, las grasas y los cosméticos, y también para la confección de helados. Dos grupos de paletas giran en direcciones opuestas. El barrido mas exterior se realiza a menudo con rascadores que mantienen limpias las paredes de recipiente. Esto conduce a una mejor transmisión del calor y hace posible calentar o enfriar cargas en la cuarta parte del tiempo necesario en recipientes no provistos de agitadores con rascadores.



Figura 2.9 Paletas de doble movimiento

Fuente: VEYCO

Aspas de doble cinta helicoidal

La rotación alrededor del eje de una sola cinta produce un movimiento radial alrededor de la parte interna del mezclador, al mismo tiempo otra cinta curvada produce un movimiento axial alrededor de la parte interna del mezclador. Estos movimientos evitan que los polvos se acumulen en uno de los extremos. El principal mecanismo de mezclado es el de planos de las diferentes partículas rompiendo los aglomerados.



Figura 2.10 Aspas de doble cinta helicoidal

Fuente: VEYCO

Aspas tipo barra Z

Se utilizan dos ejes paralelos (cuchillas espirales) que rotan en direcciones opuestas y que producen un movimiento tangencial de choque. Son muy efectivos en la distribución de fluidos en la masa del polvo. Se aplica en el mezclado de masas pegajosas, duras y densas (gomas), granulados, adhesivos dentales y polímeros.



Figura 2.11 Aspas tipo barra Z

Fuente: VEYCO

2.5. TIPOS DE BOMBAS PARA FLUIDOS QUÍMICOS

Las industrias químicas son los principales usuarios de las bombas de todos los tipos, los constructores de bombas usan para la construcción de las partes principales materiales como el bronce, fierro, aceros al carbón o de aleaciones, vidrio, plástico, grafito, hule duro, porcelanas, acero inoxidable, entre otros metales y sintéticos resistentes a la corrosión y a la erosión. El objetivo principal de diseño es una resistencia completa a la corrosión – erosión cuando se maneja ácidos, álcalis y otros líquidos.

Las bombas centrifugas tienen un uso muy extenso en las industrias de procesos químicos porque son adecuadas casi para cualquier servicio. Están además disponibles con una enorme variedad de materiales resistentes a la corrosión. Este tipo de bombas no se las construye generalmente en grandes tamaños, son comúnmente de capacidades entre 5000 y 6000 gpm. Las cargas pueden ser hasta de 500 a 600 pies con motores eléctricos de velocidad

estándar. Estas bombas se suelen montar horizontales o verticales suspendidas dentro de un tanque o colgadas de la tubería.

Las desventajas son los rendimientos menores que se presentan cuando se manejan líquidos viscosos de más de 550 SSU⁴ y la tendencia a perder el cebado cuando el líquido contiene cantidades pequeñas de aire o de vapores.

Las bombas rotatorias de engranes, tornillo, álabes deformables, álabes deslizables y de pistón axial se utilizan en servicios que requieren una presión de descarga de 500 a 1000 psi y son aplicables para líquidos de alta viscosidad o de baja presión de vapor.

En la figura 2.12 se puede apreciar una bomba de tipo tornillo, se lo usa para gran variedad de cáusticos, ácidos, colorantes, solventes, jabones, látex, resinas, entre otros. Esta bomba puede desarrollar presiones de hasta 70 Kg/cm². El deslizamiento constante a una velocidad fija las hace ideales para dosificar pequeñas cantidades de líquido. Ya que son de desplazamiento positivo se las puede considerar autocebantes. Si se hacen con materiales susceptibles de rayarse o pegarse si tienen contacto friccional, se recomienda aumentar las holguras entre las piezas correlativas, de manera que la eficiencia se reduce. Las bombas de engranes y de álabes deslizables, por lo general, sólo se utilizan con líquidos limpios, no abrasivos.



Figura 2.12 Bomba de un tornillo para aplicaciones químicas

Fuente: HICKS TYLER, Bombas su selección y aplicación

⁴ Segundos Saybolt Universales

Las bombas reciprocantes han sido sustituidas en su mayor parte por las centrífugas o las rotatorias, excepto para aplicaciones especiales. A pesar de esto todavía se emplean mucho cuando las características de velocidad y de carrera variables son parte importante del proceso. Ésta característica, además de la capacidad inherente para manejar líquidos volátiles y muy viscosos, las hace adecuadas en especial para sistemas de dosificación e inyección, los cuales funcionan con baja capacidad y cargas elevadas. Están disponibles para presiones de descarga hasta de 50 000 psi. Sus desventajas incluyen que requieren una NPSH bastante alta, la susceptibilidad de las válvulas de retención a los líquidos químicos y un rendimiento un poco deficiente cuando el líquido de proceso incluye sólidos, abrasivos o cuerpos extraños.

La mayoría de bombas reciprocantes disponibles son de cilindros múltiples, o sean las llamadas dúplex, tríplex o quíntuplex, para suavizar las pulsaciones ocasionadas por el movimiento alternativo.

Las bombas de diafragma también se las considera como de desplazamiento positivo, debido a la acción del diafragma, el cual actúa como pistón de desplazamiento limitado. La acción de bombeo se obtiene cuando se imprime movimiento alternativo en el diafragma con un eslabonamiento mecánico, aire comprimido o aceite a pulsaciones desde una fuente externa.

Esta constitución elimina cualquier conexión entre el líquido que se bombea y la fuente de energía, además se elimina la posibilidad de fugas, particularidad importante cuando se manejan líquidos tóxicos o muy costosos. Las desventajas son una selección reducida de materiales resistentes a la corrosión, carga y capacidad limitadas y la necesidad de utilizar válvulas de retención tipo check en las boquillas de succión y descarga. Este tipo de bomba se ilustra en la figura 2.13.

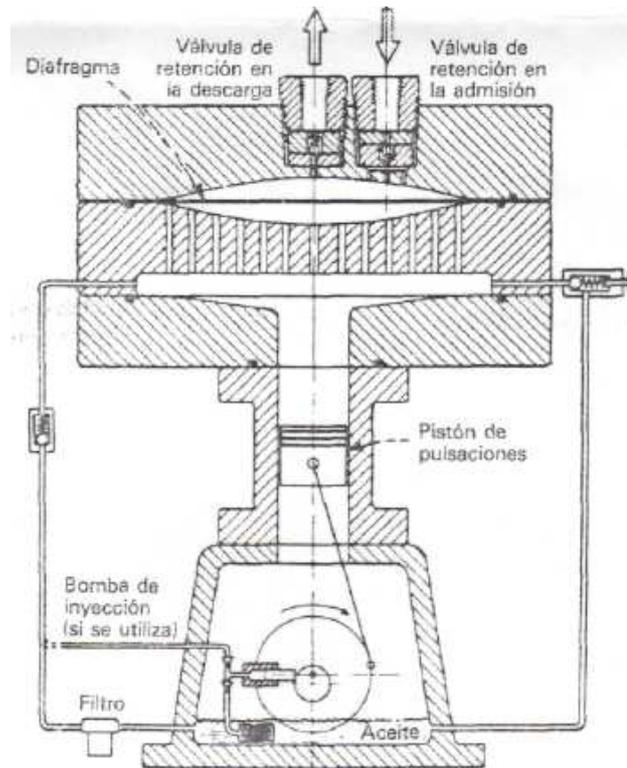


Figura 2.13 Bomba de diafragma

Fuente: MCNAUGHTON KENNET, Bomba, selección uso y mantenimiento

Las bombas regenerativas de turbina pueden trabajar con caudales hasta de 100 gpm y cargas de 700 ft. Cuando se utilizan con productos químicos hay que aumentar las holguras internas para evitar el contacto por fricción, lo cual les disminuye la eficiencia. Se utilizan para manejar ácidos, acetatos, sales, propano, butano, etano, freón, entre otros. En la figura 2.14 se ilustra este tipo de bomba.

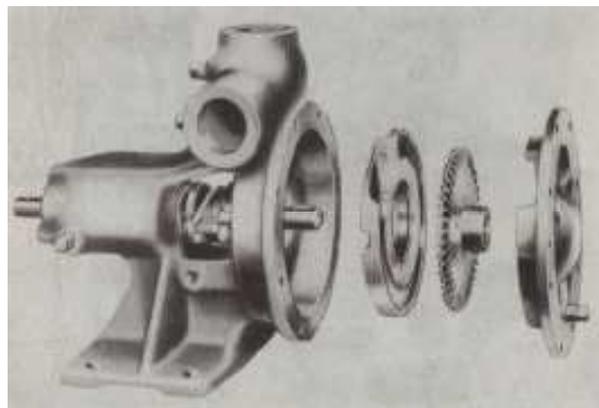


Figura 2.14 Bomba turbina horizontal regenerativa de un solo paso

Fuente: HICKS TYLER, Bombas su selección y aplicación

Las bombas de movimiento magnético se construyen tanto para diseño horizontales como verticales. Los extremos de movimiento y mojado están completamente separados por un diafragma no magnético. El líquido bombeado sirve como lubricante para la bomba. Éste diseño es adecuado para líquidos peligrosos, tóxicas, odoríferos, extremadamente calientes o fríos. Las capacidades llegan hasta 9.5 lps, las columnas hasta 21 m. Puesto que en la bomba no se usa empaques, sellos o lubricantes externos, es completamente a prueba de fuga y puede usarse siempre que se requiera una seguridad completa de que no existan fugas. Este tipo de bomba se ilustra en la figura 2.15.

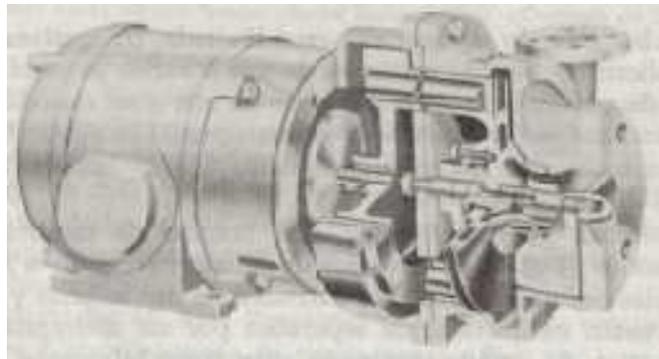


Figura 2.15 Bomba de movimiento magnético para servicio de cero fuga.

Fuente: HICKS TYLER, Bombas su selección y aplicación

2.6. VARIADORES DE FRECUENCIA

En la industria se utilizan equipos que funcionan a velocidades variables, como por ejemplo los trenes laminadores, los mecanismos de elevación, máquinas herramientas, entre otros. En la mayoría de estos equipos se requiere un control preciso de velocidad para lograr una adecuada productividad, un buen acabado de producto, seguridad de personas y bienes, así como controlar las mezclas de máquinas destinadas a este fin.

La máquina de inducción alimentada con corriente C.A., especialmente utiliza un rotor en jaula de ardilla, es el motor eléctrico más común utilizado en todo tipo de aplicaciones industriales. El motor de corriente alterna, a pesar de ser un motor robusto, de poco mantenimiento, liviano e ideal para la mayoría de las

aplicaciones industriales, tiene el inconveniente de ser un motor rígido en cuanto a su velocidad.

La velocidad del motor asincrónico depende de la forma constructiva del motor y de la frecuencia de alimentación. Como la frecuencia de alimentación que entregan las compañías de electricidad es constante, la velocidad de los motores asincrónicos es constante, salvo que se varíe el número de polos, el resbalamiento o la frecuencia.

El método más eficiente de controlar la velocidad de un motor eléctrico es por medio de un variador electrónico de frecuencia. El variador de frecuencia regula la frecuencia del voltaje aplicado al motor, logrando modificar su velocidad.

Sin embargo, simultáneamente con el cambio de frecuencia, debe variarse el voltaje aplicado al motor para evitar la saturación del flujo magnético con una elevación de la corriente que dañaría el motor.

Tabla 2.1 Comparación de las características de funcionamiento de un motor asíncrono con y sin variador de frecuencia

MOTOR ASÍNCRONO	Sin variador de frecuencia (uso normal)	Con variador de frecuencia
Corriente de arranque	Elevada, del orden de 6 a 8 veces la corriente nominal en valor eficaz, 15 – 20 veces en valor cresta	Limitado en el motor (en general cerca de 1.5 veces la corriente nominal)
Par de arranque C_d	Elevado y no controlado, del orden de 2 a 3 veces el par nominal C_n	Del orden de 1.5 veces el par nominal C_n y controlado durante toda la aceleración
Arranque	Violento, cuya duración solo depende de las características del motor y de la carga arrastrada (Par resistente, inercia)	Progresivo, sin brusquedades y controlado (rampa lineal de velocidad)

Fuente: Propia

Tabla 2.1 Comparación de las características de funcionamiento de un motor asíncrono con y sin variador de frecuencia (continuación)

Velocidad	Variado ligeramente según la carga (próxima de la velocidad de sincronismo N_s)	Variación posible a partir de cero hasta un valor superior a la velocidad de sincronismo N_s
Par máximo C_m	Elevado, del orden de 2-3 veces el par nominal C_n	Elevado disponible para todo el rango de velocidades (del orden de 1,5 veces el par nominal)
Frenado eléctrico	Relativamente complejo, necesita protecciones y un esquema particular	Fácil e inmediato
Riesgo de bloqueo	Medio-alto, en caso de exceso de par o en caso de bajada de tensión	No

Fuente: Propia

En la Figura 2.16 se puede comparar las gráficas de par – velocidad de un motor, en el caso a) el motor está alimentado directamente a la fuente sin variador de frecuencia, en el caso b) el motor está con un variador de frecuencia.

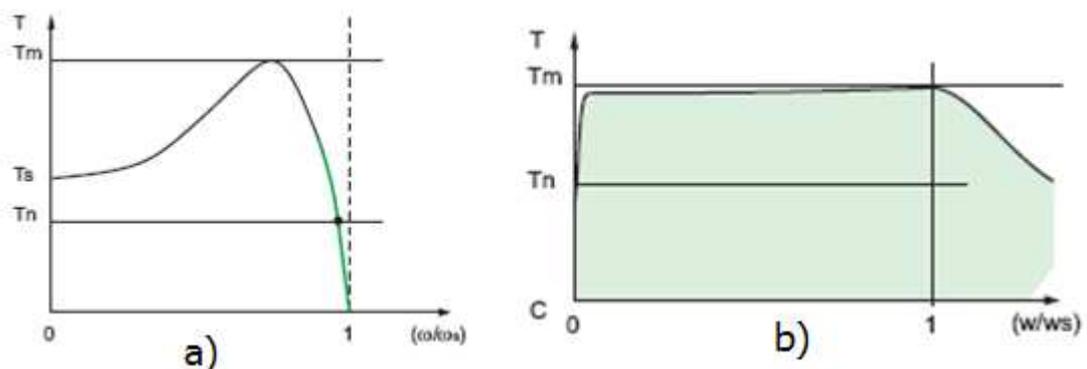


Figura 2.16 Comparación de las gráficas par – velocidad de un motor a) sin variador de frecuencia b) con variador de frecuencia

Fuente: Propia

Principales funciones de los variadores de velocidad electrónicos

Aceleración controlada

La aceleración del motor se controla mediante una rampa de aceleración lineal. Generalmente, esta rampa es controlable y permite por tanto elegir el tiempo de aceleración adecuado para la aplicación.

Variación de velocidad

Un variador de velocidad no puede ser al mismo tiempo un regulador. En este caso, es un sistema, rudimentario, que posee un mando controlado mediante las magnitudes eléctricas del motor con amplificación de potencia, pero sin bucle de realimentación: es lo que se llama «en bucle abierto».

La velocidad del motor se define mediante un valor de entrada (tensión o corriente) llamado consigna o referencia. Para un valor dado de la consigna, esta velocidad puede variar en función de las perturbaciones (variaciones de la tensión de alimentación, de la carga, de la temperatura). El margen de velocidad se expresa en función de la velocidad nominal.

Regulación de la velocidad

Un regulador de velocidad es un dispositivo controlado. El valor de la consigna de velocidad se compara permanentemente con la señal de alimentación, imagen de la velocidad del motor. Esta señal la suministra un generador tacométrico o un generador de impulsos colocado en un extremo del eje del motor.

Si se detecta una desviación como consecuencia de una variación de velocidad, las magnitudes aplicadas al motor (tensión y/o frecuencia) se corrigen automáticamente para volver a llevar la velocidad a su valor inicial, de manera que es insensible a las perturbaciones.

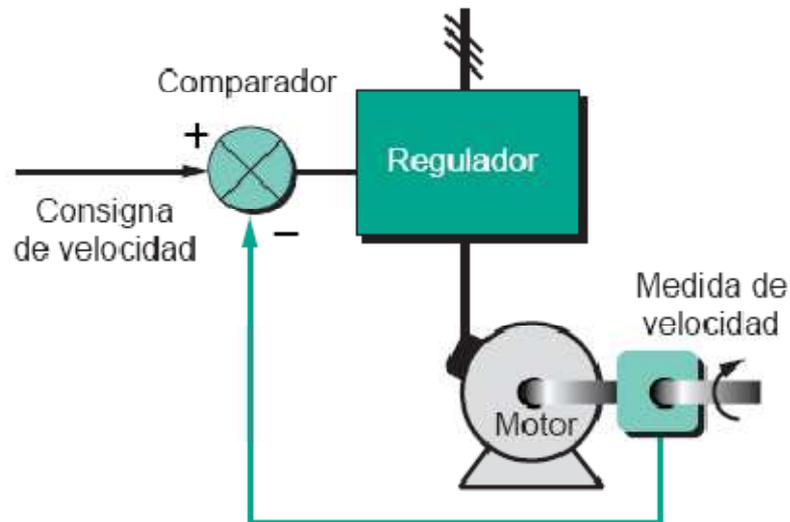


Figura 2.17 Principio de funcionamiento de la regulación de velocidad.

Fuente: Cuaderno Técnico No 208 Schneider Electric

Deceleración controlada

Cuando se desconecta un motor, su deceleración se debe únicamente al par resistente de la máquina (deceleración natural).

Los arrancadores y variadores electrónicos permiten controlar la deceleración mediante una rampa lineal, generalmente independiente de la rampa de aceleración. Esta rampa puede ajustarse de manera que se consiga un tiempo para pasar de la velocidad de régimen fijada a una velocidad intermedia o nula:

- Si la deceleración deseada es más rápida que la natural, el motor debe desarrollar un par resistente que se debe sumar al par resistente de la máquina; se habla entonces de frenado eléctrico, que puede efectuarse reenviando energía a la red de alimentación, o disipándola en una resistencia de frenado.
- Si la deceleración deseada es más lenta que la natural, el motor debe desarrollar un par motor superior al par resistente de la máquina y continuar arrastrando la carga hasta su parada.

Inversión del sentido de marcha

La mayoría de los variadores actuales tienen implementada esta función. La inversión de la secuencia de fases de alimentación del motor se realiza automáticamente o por inversión de la consigna de entrada, o por una orden lógica en un borne.

Frenado

Este frenado consiste en parar un motor pero sin controlar la rampa de desaceleración. Con los arrancadores y variadores de velocidad para motores asíncronos, esta función se realiza de forma económica inyectando una corriente continua en el motor, haciendo funcionar de forma especial la etapa de potencia. Toda la energía mecánica se disipa en el rotor de la máquina y, por tanto, este frenado sólo puede ser intermitente. En el caso de un variador para motor de corriente continua, esta función se realiza conectando una resistencia en bornes del inducido.

Protección integrada

Los variadores modernos aseguran tanto la protección térmica de los motores como su propia protección. A partir de la medida de la corriente y de una información sobre la velocidad (si la ventilación del motor depende de su velocidad de rotación), un microprocesador calcula la elevación de temperatura de un motor y suministra una señal de alarma o de desconexión en caso de calentamiento excesivo.

Composición de un variador de frecuencia

Los variadores de frecuencia están compuestos por:

Etapa Rectificadora. Convierte la tensión alterna en continua mediante rectificadores de diodos, tiristores, etc.

Etapa intermedia. Filtro para suavizar la tensión rectificada y reducir la emisión de armónicos.

Inversor o "Inverter". Convierte la tensión continua en otra de tensión y frecuencia variable mediante la generación de pulsos. Actualmente se emplean IGBT's (Isolated Gate Bipolar Transistors) para generar los pulsos controlados de tensión. Los equipos más modernos utilizan IGBT's inteligentes que incorporan un microprocesador con todas las protecciones por sobrecorriente, sobretensión, baja tensión, cortocircuitos, excesos de temperaturas, etc.

Etapas de control. Esta etapa controla los IGBT para generar los pulsos variables de tensión y frecuencia. Los variadores más utilizados utilizan modulación PWM (Modulación de Ancho de Pulsos) y usan en la etapa rectificadora puente de diodos rectificadores. En la etapa intermedia se usan condensadores y bobinas para disminuir las armónicas y mejorar el factor de potencia.

El Inversor o Inverter convierte la tensión continua de la etapa intermedia en una tensión de frecuencia y tensión variables. Los IGBT envían pulsos de duración variable y se obtiene una corriente casi senoidal en el motor. La frecuencia portadora de los IGBT se encuentra entre 2 a 16kHz. Una portadora con alta frecuencia reduce el ruido acústico del motor pero disminuye el rendimiento del motor y la longitud permisible del cable hacia el motor. Por otra parte, los IGBT's generan mayor calor.

Las señales de control para arranque, parada y variación de velocidad (potenciómetro o señales externas de referencia) estén aisladas galvánicamente para evitar daños en sensores o controles y evitar ruidos en la etapa de control.

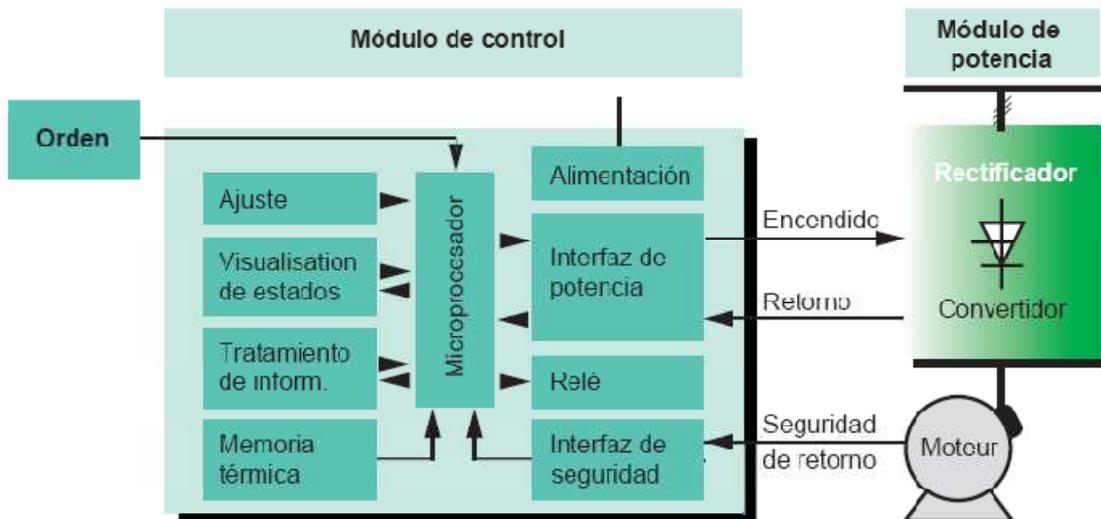


Figura 2.18 Composición general de un variador de frecuencia

Fuente: Cuaderno Técnico No 208 Schneider Electric

2.7. TEMPORIZADORES ELÉCTRICOS

Los temporizadores eléctricos proporcionan períodos de tiempo, fijos o ajustables, para aplicaciones como ensayos o prueba de aparatos, temporización de operaciones o limitación de tiempos de accionamiento. El temporizador se tiene que tomar como un relé normal, que cuando pasa el tiempo seleccionado activa sus contactos.

Podemos distinguir varias aplicaciones con los temporizadores:

- Retardo a la conexión

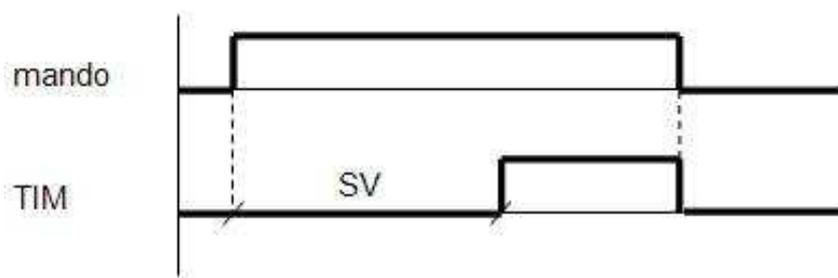


Figura 2.19 Diagrama de estado y tiempo de temporizador con retardo a la conexión.

Fuente: Portal Electrozona

- Retardo a la desconexión

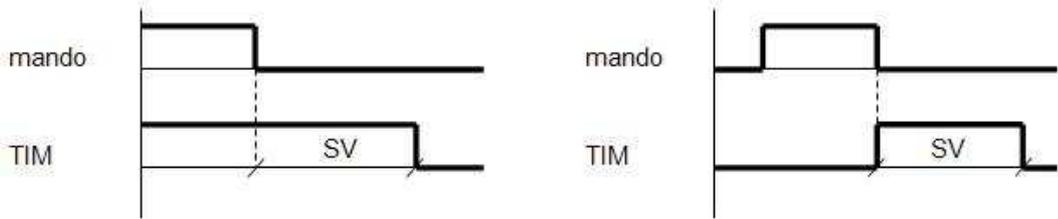


Figura 2.20 Diagrama de estado y tiempo de temporizador con retardo a la desconexión.

Fuente: Portal Electrozona

- Retardo a la conexión y desconexión

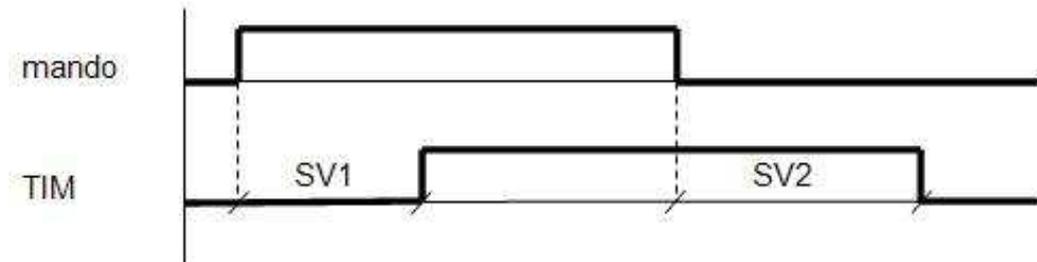


Figura 2.21 Diagrama de estado y tiempo de temporizador con retardo a la conexión y desconexión.

Fuente: Portal Electrozona

- Monoestable de disparo único

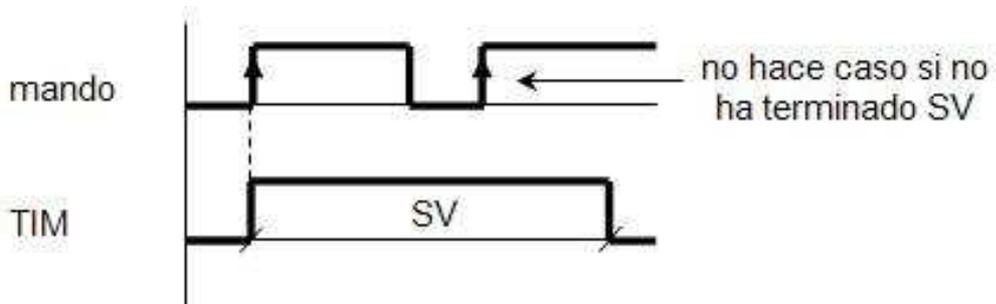


Figura 2.22 Diagrama de estado y tiempo de temporizador monoestable de disparo único.

Fuente: Portal Electrozona

- Monoestable redisparable

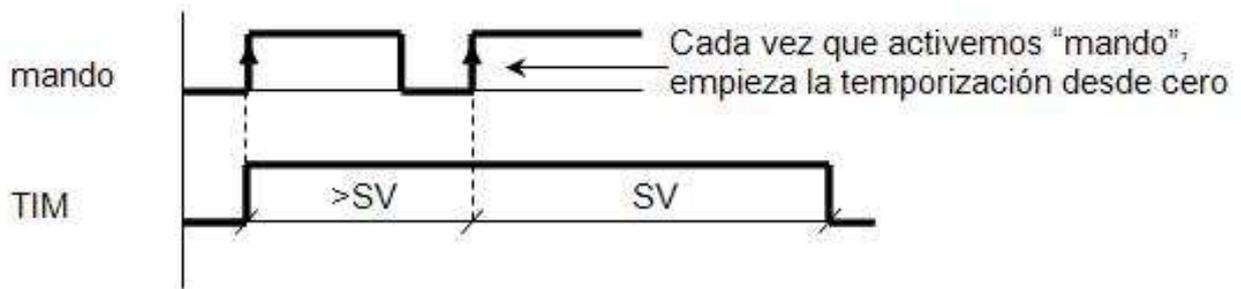


Figura 2.23 Diagrama de estado y tiempo de temporizador monoestable redisparable.

Fuente: Portal Electrozona

- Astable (intermitente)

2.8. TIPOS DE DOSIFICADORES PARA LÍQUIDOS Y SÓLIDOS

La dosificación o aplicación de sustancias químicas se efectúa mediante dosificadores o dispositivos capaces de liberar cantidades prefijadas de productos químicos en una unidad de tiempo.

Disponen de controles que permiten fijar la cantidad que se debe liberar dentro de límites que caracterizan su capacidad.

Los dosificadores se clasifican dependiendo del estado de la sustancia a dosificar. En la Tabla 2.3 se presentan los tipos de dosificadores.

Tabla 2.2 Tipos de dosificadores

Estado	Grupo	Subgrupo
Sólidos (en polvo)	Volumétricos	Válvula Alveolar Plato Garganta Cilindro Tornillo Estrella Correa
	Gravimétricos	Correa transportadora Pérdida de peso Balanza multicabezal Cabales vibratorios
Líquidos (solución)	Gravedad	Orificio de carga constante o regulable Torre de saturación
	Bombeo	Desplazamiento rotatorio Desplazamiento positivo
	Boquillas	
Gas	Solución al vacío	
	Aplicación directa	

Fuente: Propia

2.8.1. DOSIFICADORES PARA SÓLIDOS (POLVO)

Los dosificadores para sólidos (polvo) pueden ser volumétricos o gravimétricos. Para efectuar la selección del dosificador se debe tener en cuenta la precisión requerida, el tipo de producto, y el rango de caudal de trabajo.

Volumétricos

En este tipo de dosificadores se determina la dosis midiendo el volumen del material que se libera de una superficie que se desplaza a velocidad constante, los más utilizados dentro de este grupo son: la válvula alveolar, disco giratorio, cilindro giratorio, plato oscilante y de tornillo.

La válvula alveolar es un dosificador de poca precisión que se emplea en un rango de caudales de 0.5 a 1.0 m³/h. Las ejecuciones de las válvulas rotativas alveolares son de tres tipos: con cabo de eje libre (disposición TV), con

accionamiento perpendicular al eje de la válvula (disposición B3) y con accionamiento coaxial al eje de la válvula (disposición DB5).

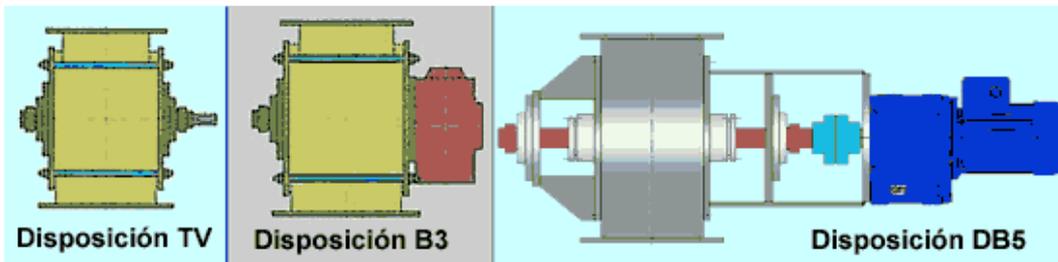


Figura 2.24 Disposiciones de válvula alveolar

Fuente: Gruber Herm.

El dosificador de disco giratorio está compuesto por una base que gira a velocidad constante sobre la cual una cuchilla con ángulo regulable separa una parte del producto, el cual se vierte a un depósito de preparación de solución, la cual puede estar equipada con un agitador. La precisión de este equipo es buena, se lo utiliza para dosificar sulfato de aluminio, cal, carbonato de sodio o calcio.

El dosificador de tornillo está constituido por una tolva de alimentación u un tornillo de dosificación provisto de un brazo rascador que arrastra el producto a dosificar a través de un tubo calibrado. Previamente se homogeniza el producto por medio de un agitador de paletas, de eje horizontal, destinado igualmente a evitar la formación de zonas inaccesibles a la entrada del tornillo de dosificación.



Figura 2.25 Dosificador tipo tornillo

Fuente: Cavicchi Impianti

Gravimétricos

La cantidad de producto dosificado se mide pesando el material o en base a una pérdida de peso constante del mismo, el cual se deposita en una tolva. Entre éstos los más comunes son los de correa transportadora, pérdida de peso, balanza multicabezal y dosificador de canales vibratorios.

El dosificador gravimétrico de pérdida de peso, mide la cantidad a dosificar por pesaje de un silo o tolva, la cual contiene el material y se apoya en una balanza equilibrada por un contrapeso móvil, éste se desplaza proporcionalmente a la dosificación deseada.

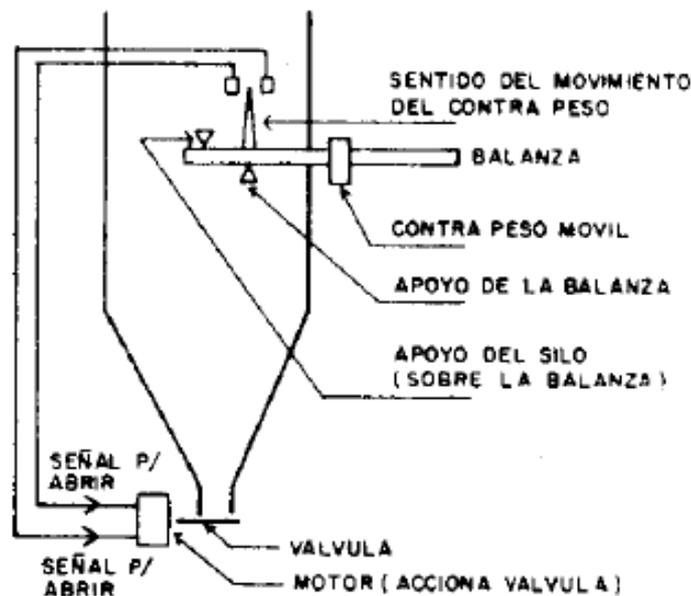


Figura 2.26 Dosificador gravimétrico por pérdida de peso

Fuente: cepis.ops-oms.org

El dosificador gravimétrico de correa transportadora, el material depositado en la tolva cae en una correa transportadora que se desplaza sobre la plataforma de una balanza, la cual se regula para recibir el peso que corresponde a la dosis deseada. Cuando el peso del producto sobre la correa no es igual al peso prefijado, una válvula situada en la salida de la tolva modifica su abertura para regular la cantidad. El rango de dosificación se puede modificar alterando la velocidad de la correa.

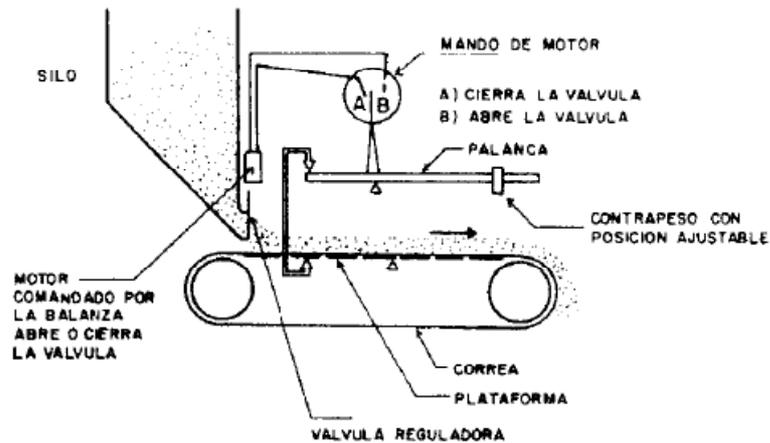


Figura 2.27 Dosificador gravimétrico de correa transportadora

Fuente: cepis.ops-oms.org

El dosificador por medio de balanza multicabezal es el medio más preciso y rápido en la actualidad para el dosificado de sólidos homogéneos y no homogéneos. Dada su gran velocidad este tipo de dosificador no puede ser alimentado de forma manual, es obligatorio para él el uso de un elevador de producto. Consiste de múltiples recipientes donde se aloja el producto a envasar, éstos contienen celdas de cargas en su interior para medir el peso que tienen. Cada recipiente tiene un peso menor que el del envase, mediante la mejor combinación de los distintos pesos que contiene cada recipiente se logra llegar al peso buscado para el envase. Se utiliza para envasar todo tipo de sólidos homogéneos y no homogéneos como legumbres en general, snacks, confites, caramelos, gomitas, tornillos y un largo etcétera.



Figura 2.28 Dosificador de balanza multicabezal

Fuente: Vescovo

El dosificador con canales vibratorios se utiliza con productos de fácil caída, como pasta, caramelos, productos deshidratados, partículas no homogéneas, etc., así como con otros productos que no pueden ser dosificados con un dosificador convencional. El dosificador vibratorio está compuesto por una tolva vibratoria de acero inoxidable y canales vibratorios grandes y chicos que va dosificando el producto continuamente a una balanza, sincronizados automáticamente con cada ciclo de máquina. La intensidad de la vibración se adecua a las características de cada producto. La cantidad de conjuntos canales + balanzas depende del producto y la producción buscada.



Figura 2.29 Dosificador de canales vibratorios

Fuente: Vescovo

2.8.2. DOSIFICADORES PARA LÍQUIDOS (SOLUCIÓN)

En este tipo de dosificadores se gradúa la dosis directamente con el coagulante en solución. Pueden ser de dos tipos: por bombeo y por gravedad, en los sistemas de bombeo los más usuales son los de pistón, de diafragma y la bomba peristáltica.

Dosificador por bombeo

El dosificador a pistón se utiliza para productos líquidos y semilíquidos. Este consiste en uno o más recipientes herméticos donde se ubica el líquido y mediante uno o más pistones el producto es desalojado del recipiente y llevado hacia un pico que se ubica en el interior de la bolsa ya confeccionada por la envasadora. Este dosificador es ideal para productos líquidos densos o viscosos como shampoo, yogur, grasa, tomate triturado, jaleas, etc. También se puede utilizar para líquidos como agua, jugos, vinos, etc.

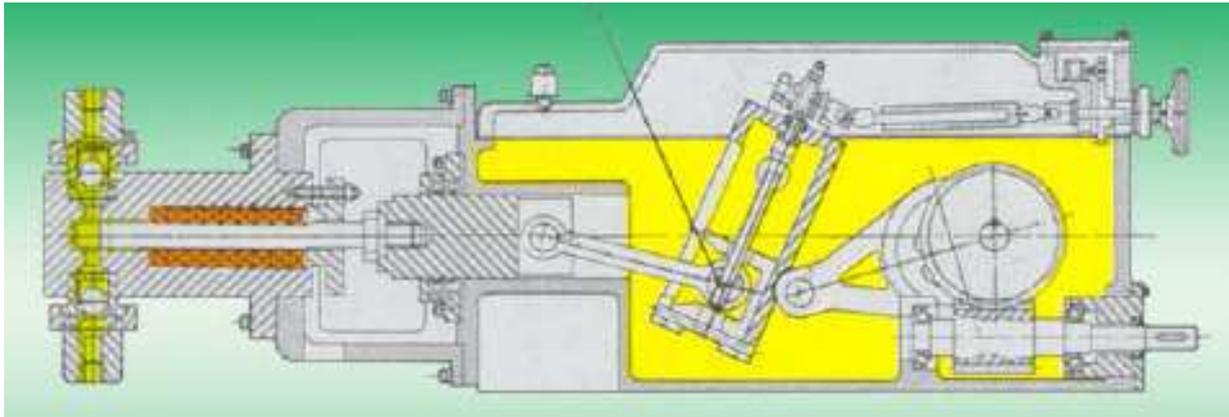


Figura 2.30 Dosificador de pistón

Fuente: Omel

La bomba dosificadora de diafragma accionada hidráulicamente es de gran precisión y se utiliza para líquidos corrosivos, tóxicos, abrasivos, pudiendo tener ya sea diafragma simple o doble. El caudal en este tipo de bombas dosificadoras puede llegar a los 2 500 l/h, a grandes presiones.

La bomba de dosificación peristáltica imita el sistema de digestión humana conocido como movimiento “peristáltico” consistente en la contracción y sucesiva relajación de un músculo alrededor de un tubo que así mueve su contenido.

En el caso de la bomba, un tubo flexible es aplastado continuamente por rodillos colocados adecuadamente. Entre un paso y el otro del rodillo impulsor, el tubo recupera su diámetro original generando un vacío para transportar el producto a bombear. El mecanismo más común cuenta con dos o tres rodillos que giran en un compartimiento circular comprimiendo en forma progresiva una manguera especial flexible.

La siguiente figura muestra una bomba peristáltica de tres rodillos.

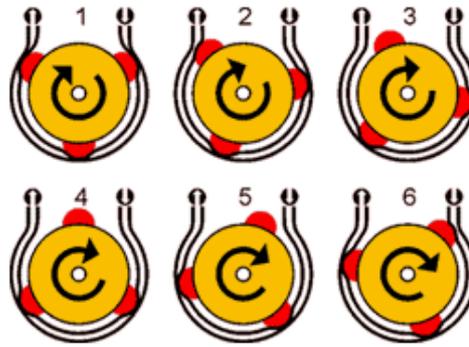


Figura 2.31 Funcionamiento de bomba de dosificación peristáltica

Fuente: Quiminet

Dosificador por gravedad

Los dosificadores por gravedad se emplean especialmente en plantas pequeñas y medianas. Los más comunes son los de carga constante y carga regulable. El principio de funcionamiento consiste en tener una carga constante de agua sobre un orificio para obtener un caudal de dosificación constante, el caudal se regula a la salida mediante una válvula (Figura 2.32 b) o se regula variando la carga sobre el orificio (Figura 2.32 a). Estos dosificadores pueden ser fabricados de una manera sencilla.

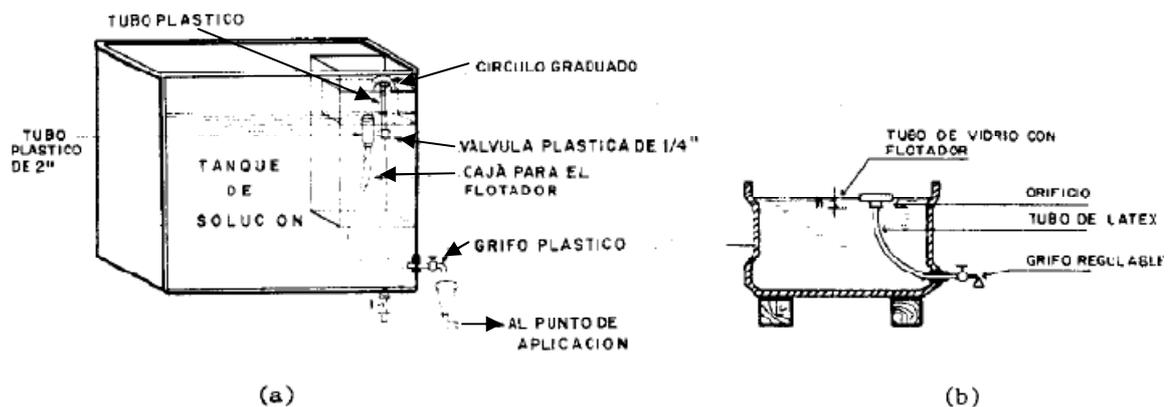


Figura 2.32 Dosificador por gravedad

Fuente: cepis.ops-oms.org

El dosificador de gravedad puede ser del tipo vertedero, el cual consta de una cámara de quietamiento, una válvula para graduar el caudal y el vertedero para ajustar la dosis.

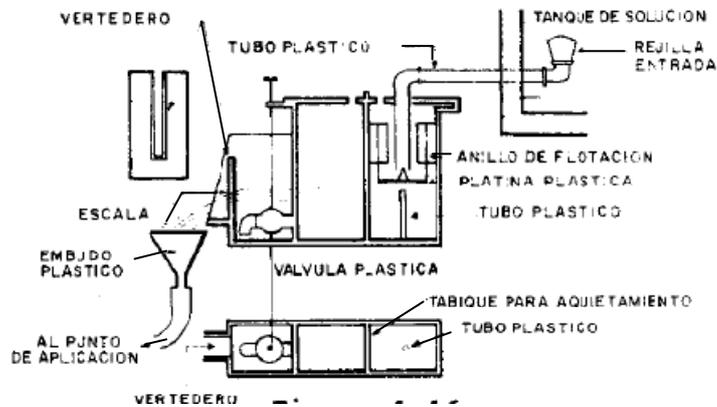


Figura 2.33 Dosificador por gravedad de vertedero

Fuente: cepis.ops-oms.org

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

3.1 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Sistema de transmisión del motoreductor al eje del aspa

En este caso la transmisión se puede dar mediante bandas y poleas, cadenas y catarinas, engranajes o mediante un acople flexible directo de ejes conocido en el mercado nacional como “matrimonio para ejes o acople LOVEJOY”, este dispositivo cuenta con un caucho amortiguador en la unión para eliminar el impacto inicial al encender el motor, además corrige cualquier error de concentricidad entre los ejes involucrados. Para cualquier tipo de transmisión es indispensable colocar el variador de frecuencia para controlar las variables de mezcla de producto, además de dar una protección adicional al motor.

Tipo de aspa

Los tipos de aspa a emplearse en esta máquina, pueden ser de tipo paletas rectas, helicoidales, o de tipo tornillo (en este caso es una mezcla entre aspas de paletas y helicoidales), estos tipos de aspas son aptos para mezclar productos polvorosos.

Forma de la tolva

La forma de la tolva puede ser de forma cilíndrica, semicilíndrica o rectangular. Este tipo de tolva se utiliza con mucha frecuencia en estos tipos de maquinaria. La forma de la tolva es dependiente del tipo de aspa, por lo que se recomienda que sean de la misma forma para un barrido eficiente del producto.

Ubicación de tapa para dosificación

La dosificación del producto terminado se puede realizar mediante una tapa ubicada en la parte inferior de la tolva o en la cara lateral. La dosificación del producto también depende mucho del tipo de aspa ya que se la puede utilizar como fuente motriz para la extracción de producto. Para este tipo de productos

no se recomienda utilizar un transportador de polvos como es el caso de sopladores industriales, debido a que extrae toda la humedad ganada por el detergente y por lo tanto regresaría a su estado original sin mantener la granulometría y contextura deseada.

3.2 SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA

Para evaluar la mejor alternativa se van a utilizar matrices de decisión, tomando como referencia valores de 1 a 10 en importancia de cada criterio de selección, donde 1 equivale a poco importante y 10 a muy importante. También se califican con valores del 1 al 10 para cada alternativa, donde 1 equivale a menos adecuado y 10 el más idóneo para cumplir con los objetivos del proyecto.

Tabla 3.1 Selección del tipo de aspa

	Criterio de selección	Paletas rectas		Paletas helicoidales		Tipo tornillo		Importancia /10
		C	C x I	C	C x I	C	C x I	
1	Facilidad de fabricación	9	90	7	70	7	70	10
2	Eficiencia de mezclado	6	60	7	70	10	100	10
3	Facilidad de mantenimiento	8	64	7	56	7	56	8
4	Utilidad dosificante	1	10	8	80	10	100	10
5	Peso	7	35	6	30	5	25	5
6	Costo	8	32	7	28	6	24	4
	TOTAL		291		334		375	
	Valor promedio		4.9		5.6		6.3	

Fuente: Propia

Para el tipo de aspa, la mejor selección es la de tipo tornillo ya que combina las otras dos alternativas para realizar un trabajo más eficiente, además de cumplir con el autososificado de producto terminado.

Tabla 3.2 Selección del sistema de transmisión

	Criterio de selección	Banda y Poleas		Cadena y Catarinas		Engranajes		Acople para ejes		Import /10
		C	C x I	C	C x I	C	C x I	C	C x I	I
1	Facilidad de instalación	6	54	6	54	7	63	9	81	9
2	Disponibilidad en el mercado local	9	90	9	90	8	80	9	90	10
3	Facilidad de mantenimiento	8	56	8	56	7	49	10	70	7
4	Nivel de ruido	8	64	4	32	6	48	10	80	8
5	Seguridad de operación	7	70	7	70	9	90	9	90	10
6	Peso en el eje del aspa	6	48	7	56	6	48	8	64	8
7	Costo	9	54	8	48	7	42	6	36	6
8	Eficiencia de transmisión	7	56	8	64	9	72	10	80	8
9	Vida útil	7	49	8	56	9	63	9	63	7
	TOTAL		541		526		555		654	
	Valor promedio		6.0		5.8		6.2		7.3	

Fuente: Propia

Para el sistema de transmisión se va a elegir la alternativa de acople flexible para ejes (matrimonio), el cual brinda mayor facilidad de instalación y un nivel de ruido mínimo.

Un parámetro decisivo también fue la facilidad de mantenimiento, el cual en este caso es casi nulo, así como el peso del elemento en el extremo del eje.

Tabla 3.3 Selección de la forma de la tolva

	Criterio de selección	Cilíndrica		Semicilíndrica		Rectangular		Importancia /10
		C	C x I	C	C x I	C	C x I	
1	Facilidad de fabricación	6	48	8	64	9	72	8
2	Eficiencia de mezclado	8	80	9	90	4	40	10
3	Facilidad de mantenimiento	8	72	9	81	7	63	9
4	Relación con el tipo de aspa	10	100	9	90	5	50	10
5	Peso	8	40	7	35	6	30	5
6	Costo	6	42	8	56	5	35	7
	TOTAL		382		416		290	
	Valor promedio		6.4		6.9		4.8	

Fuente: Propia

La tolva se la va a diseñar de forma semicilíndrica para que, en conjunto con la forma del aspa, se posea un eficiente mezclado y una pérdida mínima de producto.

En cuanto a la facilidad de fabricación, si el espesor no es superior a 1 mm se puede realizar la forma deseada, inclusive sin pasar por un proceso de barolado por lo que los costos también disminuirían y el coeficiente de evaluación de alternativas subiría notoriamente.

La alta eficiencia de mezclado se da por la forma semicilíndrica ya que el producto no se queda en sitios como bordes o pliegues donde se podría estancar y no formar parte del proceso, lo cual generaría un desperdicio de insumo.

Tabla 3.4 Ubicación de tapa para dosificación

	Criterio de selección	Tapa en parte inferior de la tolva		Tapa en parte lateral de la tolva		Importancia /10
		C	C x I	C	C x I	I
1	Facilidad de fabricación	6	36	9	54	6
2	Eficiencia de dosificado	10	100	8	80	10
3	Seguridad para el operador	7	70	9	90	10
4	Facilidad de operación	8	64	9	72	8
5	Facilidad para automatización	7	49	9	63	7
6	Eficiencia de sellado	9	90	8	80	10
	TOTAL		409		439	
	Valor promedio		6.8		7.3	

Fuente: Propia

La tapa para dosificación se seleccionó en la parte lateral debido a que es mucho más fácil de maquinar y además presenta seguridad para el operador. Si en un futuro se desea automatizar el proceso con una cinta transportadora de producto terminado, se puede hacerlo sin mayor dificultad ya que posee un canal para depositar en la banda o en gavetas.

CAPÍTULO 4

DISEÑO

Como se pudo determinar en el marco teórico, se va a realizar el diseño de la máquina basándonos en la forma de fabricación de detergente del tipo aglomeración, debido a que es una forma muy eficiente y económica de procesar el producto.

4.1 DISEÑO SISTEMA MECÁNICO

Luego de analizar las diferentes alternativas en el capítulo anterior, en la figura 4.1 se puede apreciar un esquema de la máquina, donde consta entre los elementos principales, el aspa de tipo tornillo, la tolva semicilíndrica, el sistema de transmisión y de bombeo.

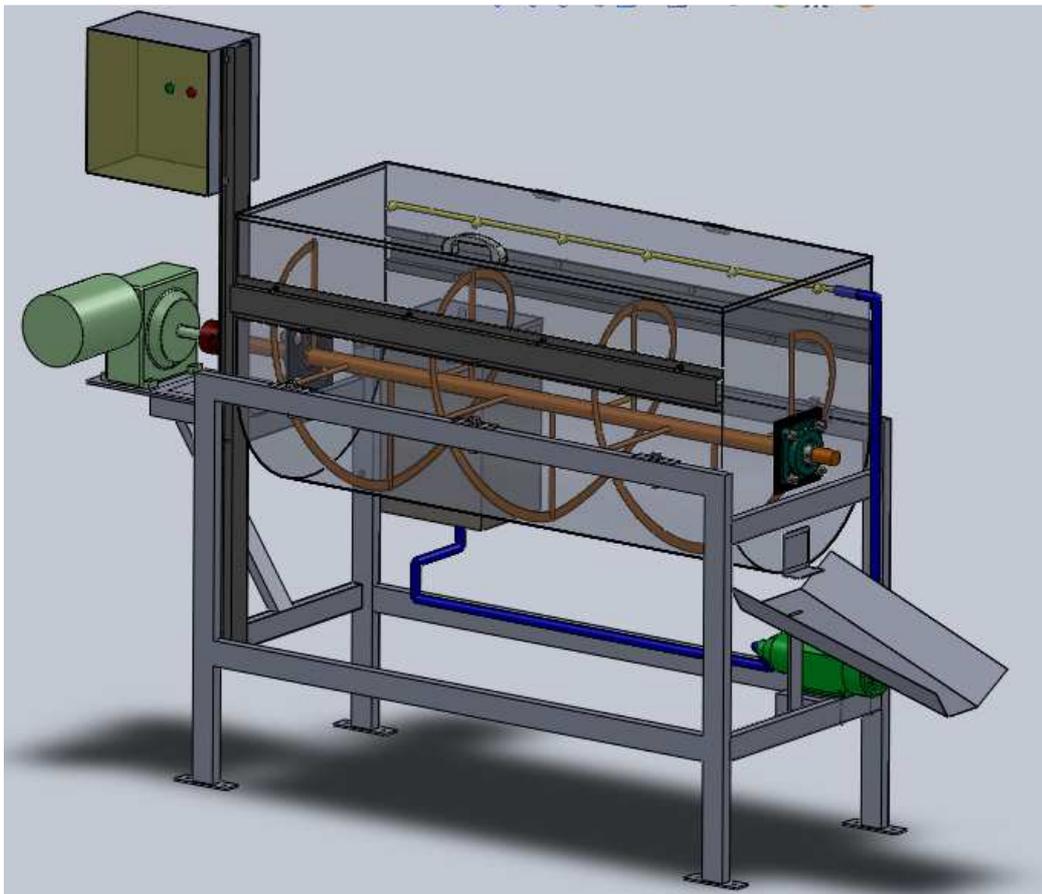


Figura 4.1 Esquema de la máquina

Fuente: propia

4.1.1 DISEÑO TOLVA

El diseño de la tolva se va a realizar en base al criterio de selección de forma semicilíndrica, ésta contará con dos tapas soldadas, una a cada lado. En la parte superior se va a colocar una tapa abatible para colocación de los insumos.

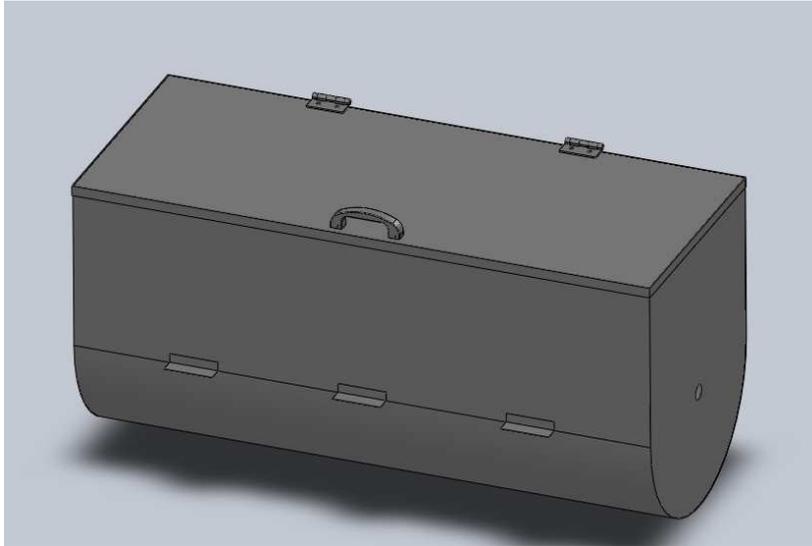


Figura 4.2 Esquema de la tolva

Fuente: propia

Para determinar las dimensiones de la tolva se hace referencia al parámetro de diseño especificado de cantidad de producto a procesarse por carga el cual es de 60 Kg. En este caso el producto debe ubicarse en la parte cilíndrica de manera que el aspa quede llena de producto hasta la mitad, de esta manera se logra tener un mezclado más eficiente ya que el producto cae por el aspa y no se aglomera demasiado en la parte interior. A continuación d representa el diámetro del semicírculo y L_t el largo de la tolva.

$$d = 497 \text{ mm} \quad L_t = 1197 \text{ mm}$$

$$\text{Volumen útil de la tolva} \quad V_{tut} = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot L_t \cdot \frac{1}{2} \cdot 10^{-6} = 0.116 \text{ m}^3 \quad (4.1)$$

Con el valor de la densidad del detergente y del volumen útil de la tolva se determina la cantidad de detergente a procesarse.

$$\text{Densidad del detergente} \quad \rho_{\text{det}} = \frac{0.116}{150 \cdot 10^{-6}} = 773 \quad \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Cant} = \rho_{\text{det}} \cdot V_{\text{tut}} = 89.8 \quad \text{Kg}$$

Esta cantidad representa el peso a ser sometida la tolva bajo proceso, pero si se sobre excede la capacidad, el peso máximo a colocarse sobre la tolva es de 200 Kg, lo cual es una carga aceptable para el diseño. Éste análisis se lo va a realizar en el programa Solidworks con la aplicación de SimulationXpress para analizar esfuerzos y deformaciones. Para este caso se va a seleccionar el material AISI 304¹ con espesor de 1.2 mm, debido a que es un producto altamente corrosivo

En la siguiente figura, las flechas verdes representan los elementos fijos y las flechas violetas representan a la fuerza aplicada, la cual en este caso es de 2000 N.

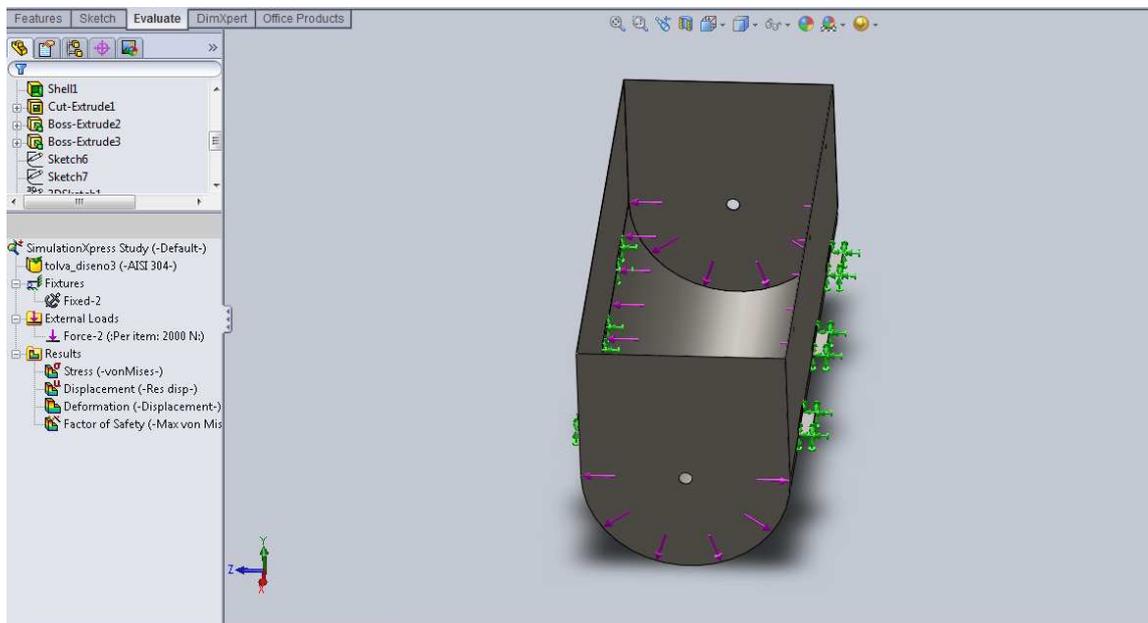


Figura 4.3 Colocación de cargas en tolva

Fuente: propia

¹ Ver propiedades mecánicas en ANEXO A

Luego de correr la simulación el software se presenta un factor de seguridad de 118.176 para el diseño sometido a carga estática, a pesar de ser un valor alto es un diseño que no se limita a la fuerza aplicada sino al volumen de producto a fabricarse, lo cual garantiza su óptimo funcionamiento bajo los esfuerzos presentados. En la siguiente figura se presentan los esfuerzos de von Mises en N/mm^2 con su respectiva representación de colores.

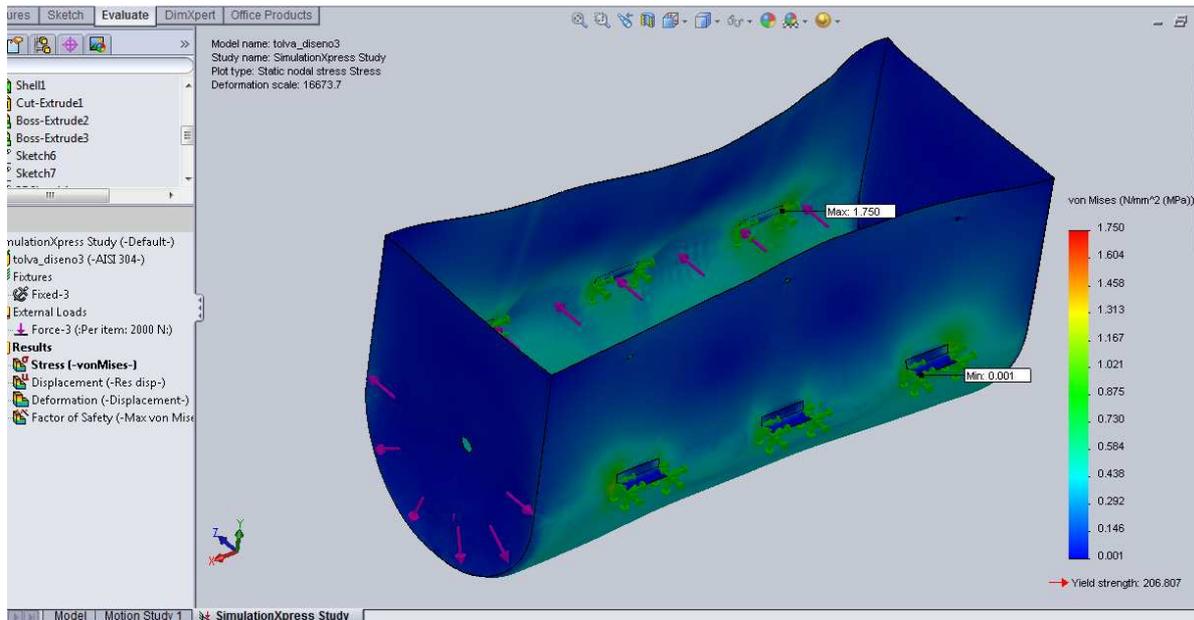


Figura 4.4 Gráfica de esfuerzos en tolva

Fuente: propia

Para el diseño se va a limitar la deformación por carga para cualquier elemento a 2 mm.

En este análisis el espesor puede ser mayor a 1.2 mm en el caso de que no se consiga el material en el mercado nacional. En la siguiente figura se aprecia el desplazamiento en mm, en este caso el programa calcula la deformación en los ejes X, Y, Z lo cual nos da una aproximación más real del fenómeno físico.

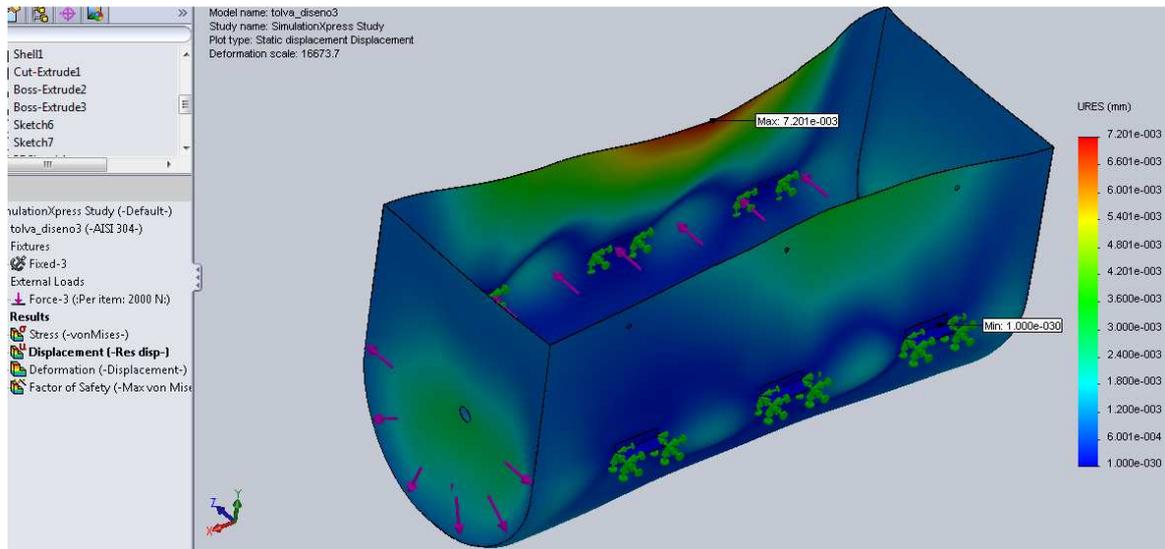


Figura 4.5 Gráfica de deflexión en tolva

Fuente: propia

En este caso la deformación máxima es de 0.0072 mm lo cual cumple con el parámetro de diseño establecido anteriormente. Con ayuda del software se puede apreciar donde empieza a fallar el elemento cuando el factor de seguridad en este caso es menor a 300, se observa claramente el lugar de falla con color rojo y el F.S. mínimo y máximo.

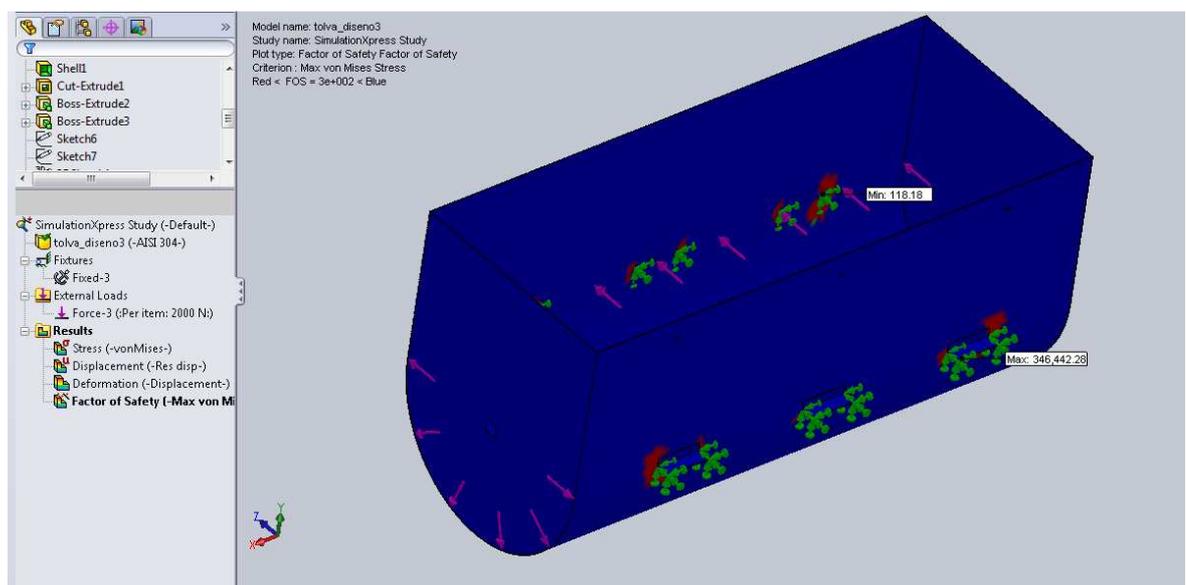


Figura 4.6 Gráfica de factor de seguridad en tolva

Fuente: propia

4.1.2 DISEÑO ASPA TIPO TORNILLO

El aspa cuenta con doce piezas para facilitar su ensamble, cada pieza es un cuarto de círculo y se suelda a unas varillas circulares que van soldadas a su vez al eje principal.

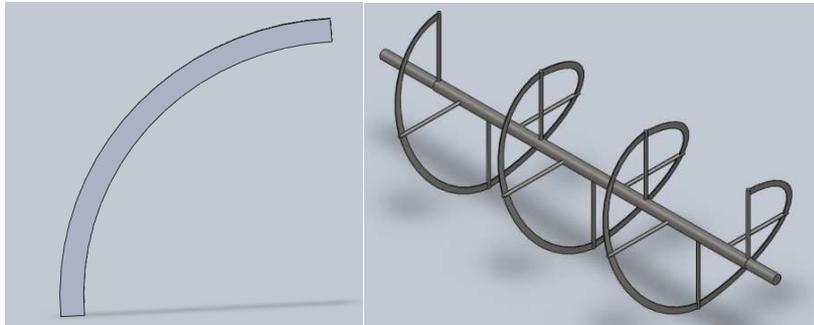


Figura 4.7 Esquema del aspa tipo tornillo

Fuente: propia

Al tener tres divisiones cada 400 mm se tiene tres vueltas completas del aspa, el volumen a ser movido por cada tramo corresponde al área proyectada en cada sección hasta el inicio de la siguiente vuelta. Para determinar las fuerzas que se ejercen en el aspa, se toma como referencia la fuerza de rozamiento que presenta el producto, el factor de rozamiento considerado para este caso es 1 debido a que representa la analogía de caucho mojado sobre acero, debido a los cambios de propiedades físicas presentes en el proceso. La normal equivale al peso y a su vez a la fuerza, a continuación los cálculos.

Fuerza ejercida en el aspa entre soportes soldados (F_{as})

$$\text{Volumen a ser movido } V_{am} = 67.48 \cdot 40 \cdot 10^{-6} = 3000 \quad \text{mm}^3$$

$$F_{as} = V_{am} \cdot \rho_{det} \cdot 9.8 = 20.5 \quad \text{N}$$

Fuerza ejercida sobre el aspa entre soportes soldados (F_{sob})

El volumen a ser soportado verticalmente por el aspa, se multiplica por dos ya que es aproximadamente el doble del área plana.

$$V_{sob} = \frac{\pi}{4} \cdot 48^2 \cdot 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{t}{10} \cdot 10^{-6} = 0.226 \quad \text{mm}^3$$

$$F_{sob} = V_{sob} \cdot \rho_{det} \cdot 9.8 = 1.714 \quad \text{N}$$

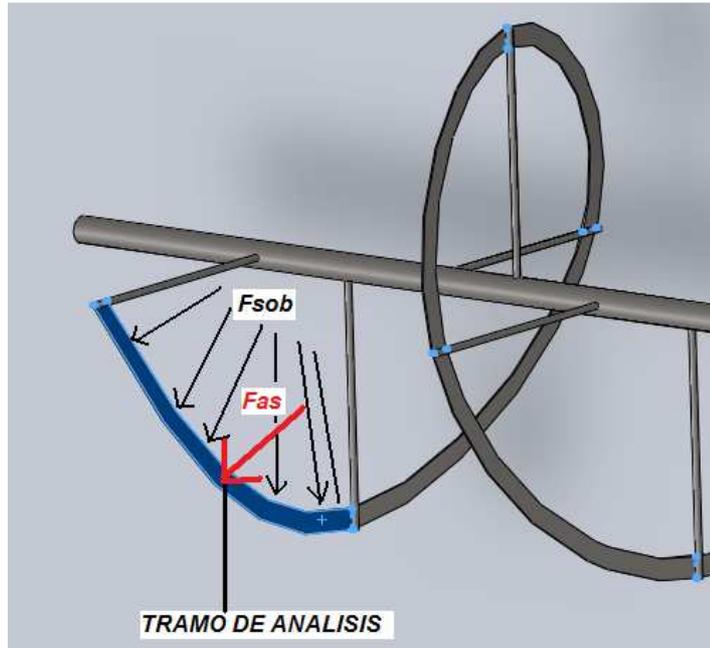


Figura 4.8 Tramo de análisis para determinar las fuerzas en el aspa

Fuente: propia

Cálculo de la deflexión del aspa por Fuerza Fas

$$L1 = 380 \cdot 10^{-3} \quad \text{m}$$

$$q1 = \frac{Fas}{L1} = 53.8 \quad \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Densidad del acero inoxidable $\rho_{ai} = 7900 \quad \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$

$$w1 = 67.48 \cdot \frac{t}{10} \cdot \frac{\rho_{ai}}{100^3} \cdot 9.8 = 1.3 \quad \text{N} \quad (4.2)$$

$$q2 = \frac{w1}{L1} = 3.437 \quad \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$qt1 = q1 + q2 = 57.3 \quad \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Determinación de reacciones, fuerza cortante, momento flector y deflexión

Para este caso se toma como una viga en voladizo de doble empotramiento debido a la soldadura en los extremos.

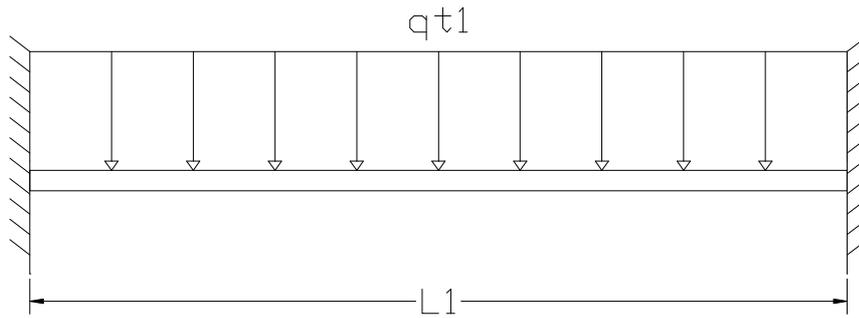


Figura 4.9 Viga en voladizo de doble empotramiento

Fuente: propia

$$R1 = qt1 \cdot \frac{L1}{2} = 11 \quad = R2 \quad N \quad (4.3)^2$$

$$x = 0, 0.01 \dots L1$$

$$V1(x) = \frac{qt1}{2} \cdot (L1 - 2 \cdot x) \quad N \quad (4.4)^3$$

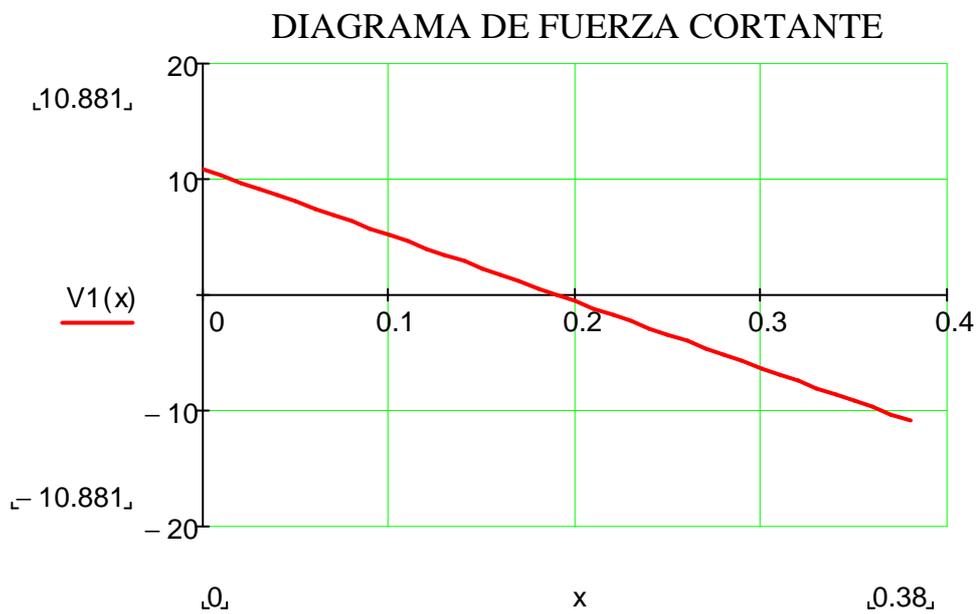


Figura 4.10 Diagrama de fuerza cortante en aspa por fuerza (Fas)

Fuente: propia

² Joseph Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica, Sexta Edición, p. 1196.

³ Joseph Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica, Sexta Edición, p. 1196.

$$M1(x) = \frac{qt1}{12} \cdot (6L1 \cdot x - 6x^2 - L1^2) \quad \text{N} \cdot \text{m} \quad (4.5)^4$$

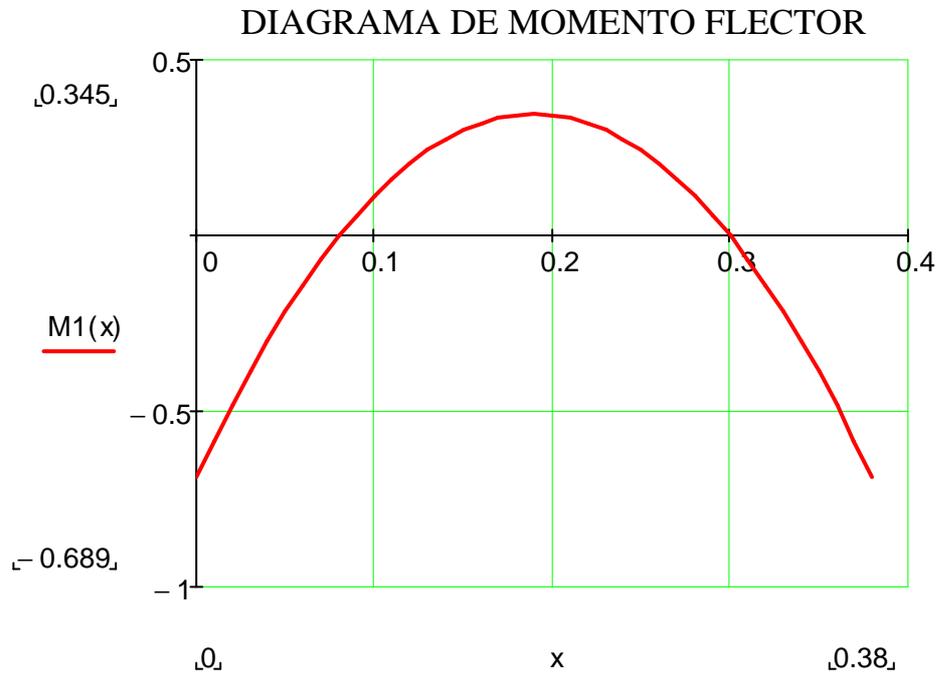


Figura 4.11 Diagrama de momento flector en aspa por fuerza (Fas)

Fuente: propia

$E1 = 200 \text{ Gpa}$ Acero inoxidable 304

$$E = E1 \cdot 10^9 = 200000000000 \quad \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

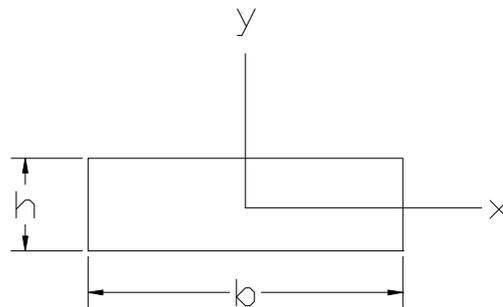


Figura 4.12 Sección transversal del aspa

Fuente: propia

⁴ Joseph Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica, Sexta Edición, p. 1196.

$$I_{1x} = \frac{b \cdot h^3}{12} = 2.604 \times 10^{-11} \quad \text{m}^4 \quad (4.6)$$

$$y_1(x) = \frac{-qt_1 \cdot x^2}{24 \cdot E \cdot I_{1x}} \cdot (L_1 - x)^2 \quad \text{m} \quad (4.7)^5$$

$$y_{1\text{max}} = \frac{-qt_1 \cdot (L_1)^4}{384 \cdot E \cdot I_{1x}} = -0.001 \quad \text{m} \quad (4.8)^6$$

$$y_{1\text{max}} \cdot 1000 = -0.597 \quad \text{mm}$$

El valor de deflexión máxima es de 0.597 mm lo cual cumple con los parámetros de diseño establecidos para este proyecto.

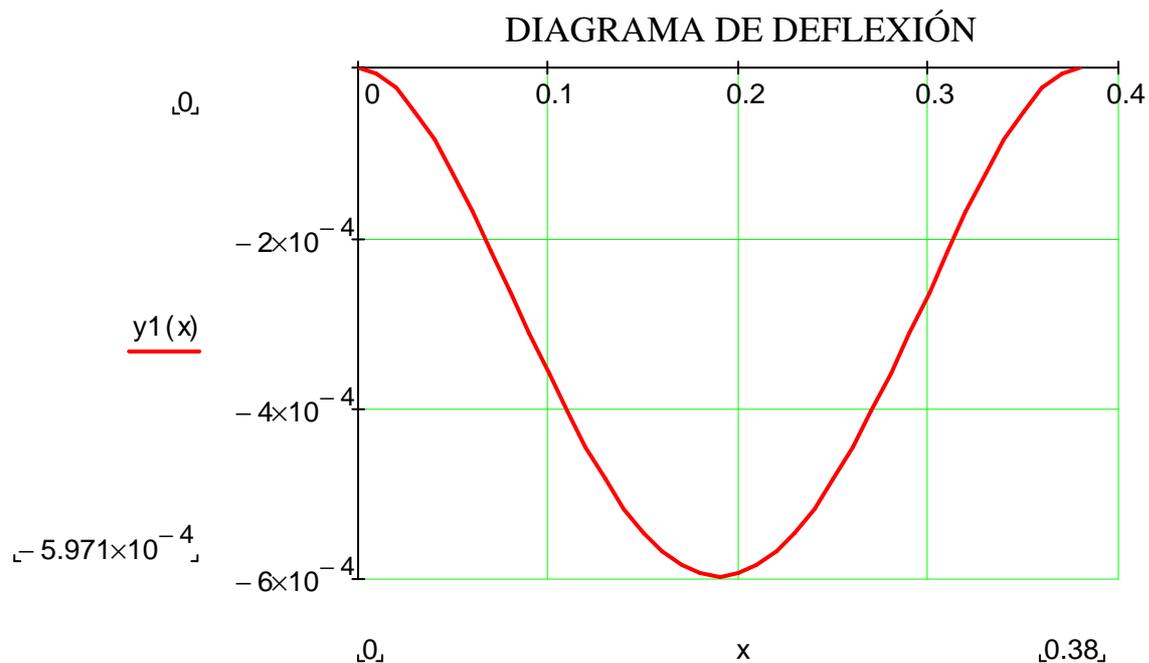


Figura 4.13 Diagrama de deflexión en aspa por fuerza (Fas)

Fuente: propia

⁵ Joseph Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica, Sexta Edición, p. 1196.

⁶ Joseph Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica, Sexta Edición, p. 1196.

Cálculo de la deflexión del aspa por Fuerza F_{sob}

$$q_{1b} = \frac{F_{sob}}{L_1} = 4.511 \quad \frac{N}{m}$$

$$q_{t2} = q_{1b} + q_2 = 7.948 \quad \frac{N}{m}$$

Determinación de reacciones, fuerza cortante, momento flector y deflexión

$$R_{1b} = q_{t2} \cdot \frac{L_1}{2} = 1.51 \quad N = R_{2b} \quad (4.9)$$

$$x = 0, 0.01 \dots L_1$$

$$V_2(x) = \frac{q_{t2}}{2} \cdot (L_1 - 2x) \quad N \quad (4.10)$$

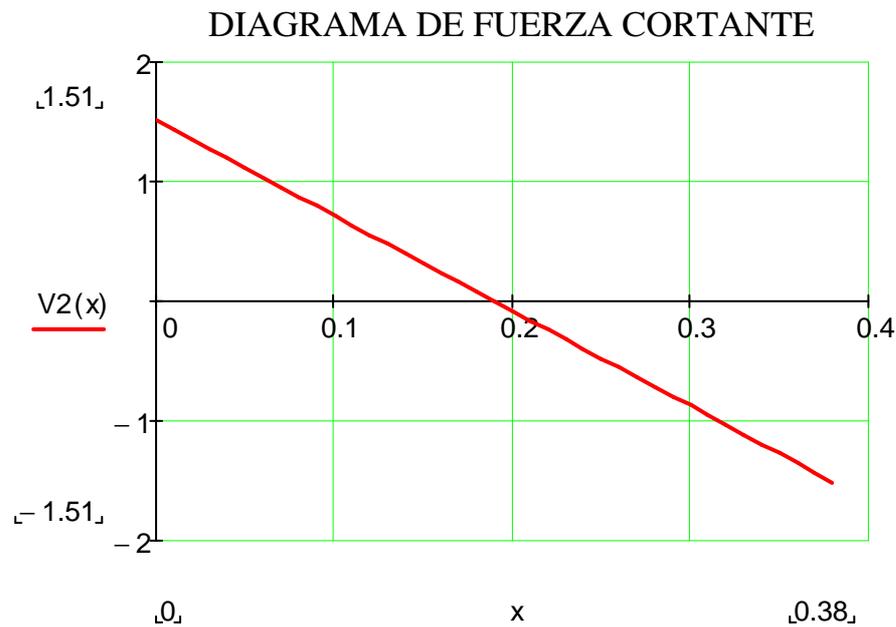


Figura 4.14 Diagrama de fuerza cortante en aspa por fuerza (F_{sob})

Fuente: propia

$$M_2(x) = \frac{qt^2}{12} \cdot (6L_1 \cdot x - 6x^2 - L_1^2) \quad \text{N} \cdot \text{m} \quad (4.11)$$

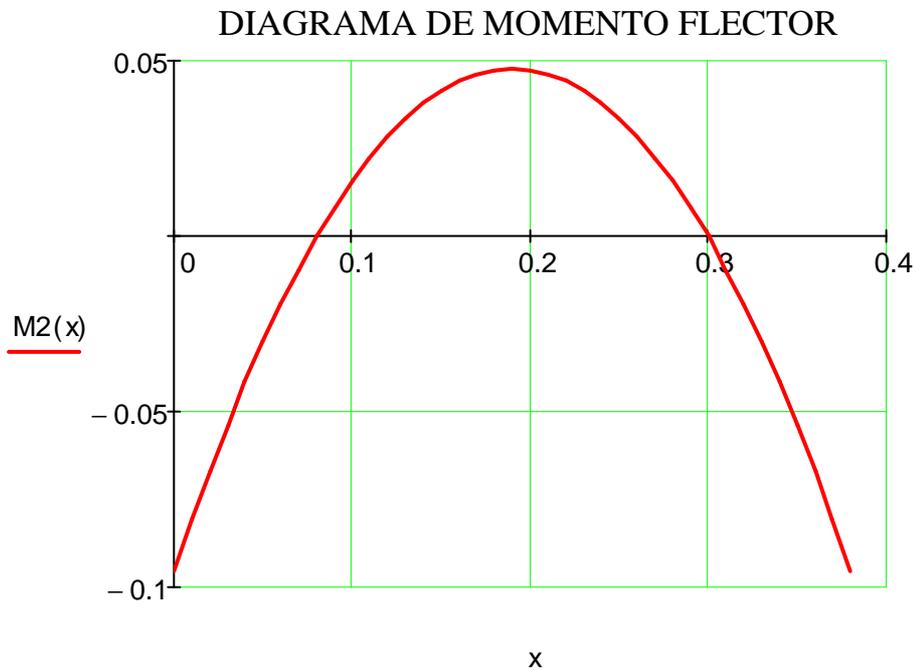


Figura 4.15 Diagrama de momento flector en aspa por fuerza (Fsob)

Fuente: propia

$$I_{1y} = \frac{h \cdot b^3}{12} = 2 \times 10^{-9} \quad \text{m}^4$$

$$y_2(x) = \frac{-qt^2 \cdot x^2}{24 \cdot E \cdot I_{1y}} \cdot (L_1 - x)^2 \quad \text{m} \quad (4.12)$$

$$y_{2\max} = \frac{-qt^2 \cdot L_1^4}{384 \cdot E \cdot I_{1y}} = -1.295 \times 10^{-6} \quad \text{m} \quad (4.13)$$

$$y_{2\max} \cdot 1000 = -1.295 \times 10^{-3} \quad \text{mm}$$

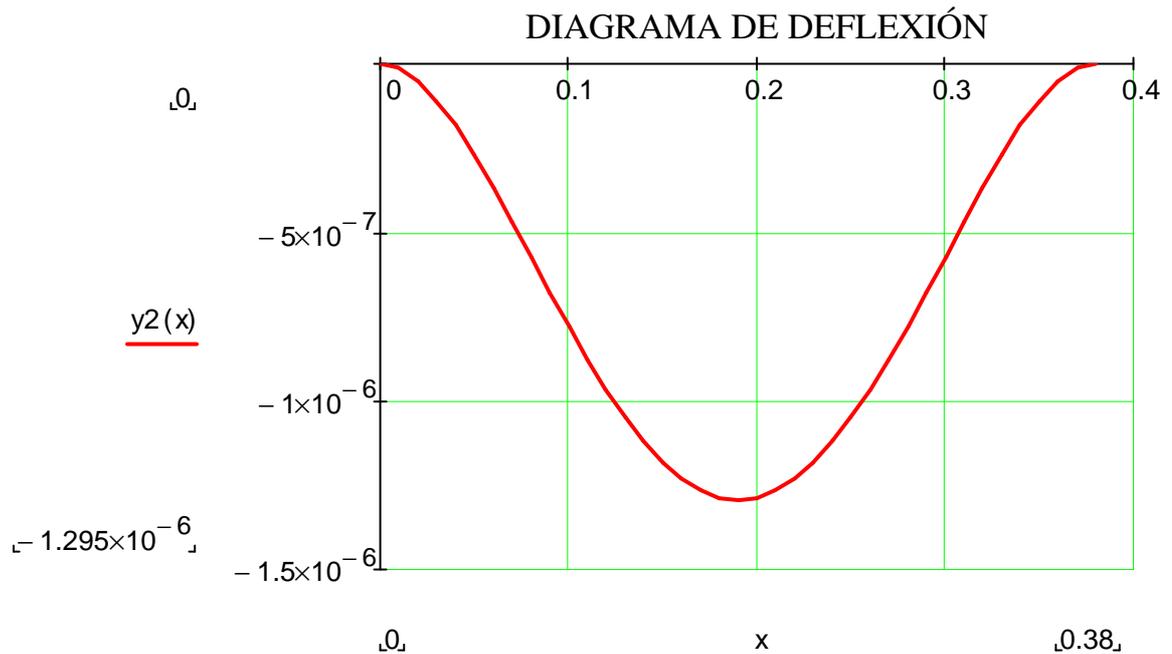


Figura 4.16 Diagrama de deflexión en aspa por fuerza (Fsob)

Fuente: propia

En este caso la deformación es muy pequeña y cumple con los parámetros de diseño.

Para este cálculo se usó un espesor de 2.5 mm ya que es lo más común en el mercado, al tratarse de una superficie pequeña se va a comprar un retazo de acero AISI 304 para la fabricación, debido a que el costo de la plancha entera (dimensiones 1.22 x 2.44 metros) en relación a lo que se debe usar es muy alto.

Cálculo del aspa

Vector posición: datos de SolidWorks

$$r_x = 46 \quad \text{mm}$$

$$r_y = -108 \quad \text{mm}$$

$$r_z = 172 \quad \text{mm}$$

$$F_{tz} = 0 \quad \text{N}$$

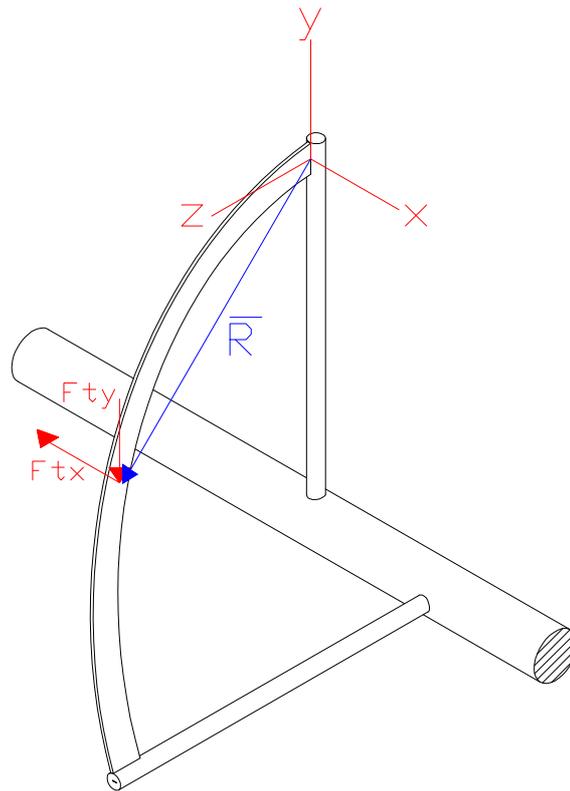


Figura 4.17 Esquema de fuerzas actuantes en el aspa

Fuente: propia

Cálculo de componentes totales de las fuerzas

Vector unitario de la fuerza Fas obtenido de SolidWorks

$$UFasx = .8257 \quad UFasy = .5639$$

$$Fasx = Fas \cdot UFasx = 16.89 \quad N$$

$$Fasy = Fas \cdot UFasy = 11.53 \quad N$$

$$Ftx = -Fasx = -16.89 \quad N$$

$$Fty = -(Fsob + Fasy + w1) = -14.54 \quad N$$

$$M1 = \begin{pmatrix} rx \\ ry \\ rz \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} Ftx \\ Fty \\ Ftz \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2501.2 \\ -2904.3 \\ -2492.6 \end{pmatrix} \quad N \cdot mm \quad (4.14)$$

M1 son los momentos presentes en el origen de coordenadas presentado en la figura anterior. Con estos valores se dibuja posteriormente un D.C.L. de las fuerzas y momentos presentes en la sección del aspa.

Al ser una fuerza concentrada en la mitad del aspa, los momentos más críticos se dan en los extremos, donde va soldado a la barra circular.

$$M1x = 2501.2 \quad \text{N} \cdot \text{mm}$$

$$M1y = 2904.3 \quad \text{N} \cdot \text{mm}$$

$$T1z = 2492.6 \quad \text{N} \cdot \text{mm}$$

$$V1x = -F_{tx} = 16.89 \quad \text{N}$$

$$V1y = -F_{ty} = 14.54 \quad \text{N}$$

Cálculo de propiedades de sección

$$I_{x1} = \frac{1}{12} b \cdot h^3 = 1666.667 \quad \text{mm}^4$$

$$I_{y1} = \frac{1}{12} h \cdot b^3 = 26.042 \quad \text{mm}^4$$

$$J1 = I_{x1} + I_{y1} = 1692.708 \quad \text{mm}^4$$

$$A1 = b \cdot h = 50 \quad \text{mm}^2$$

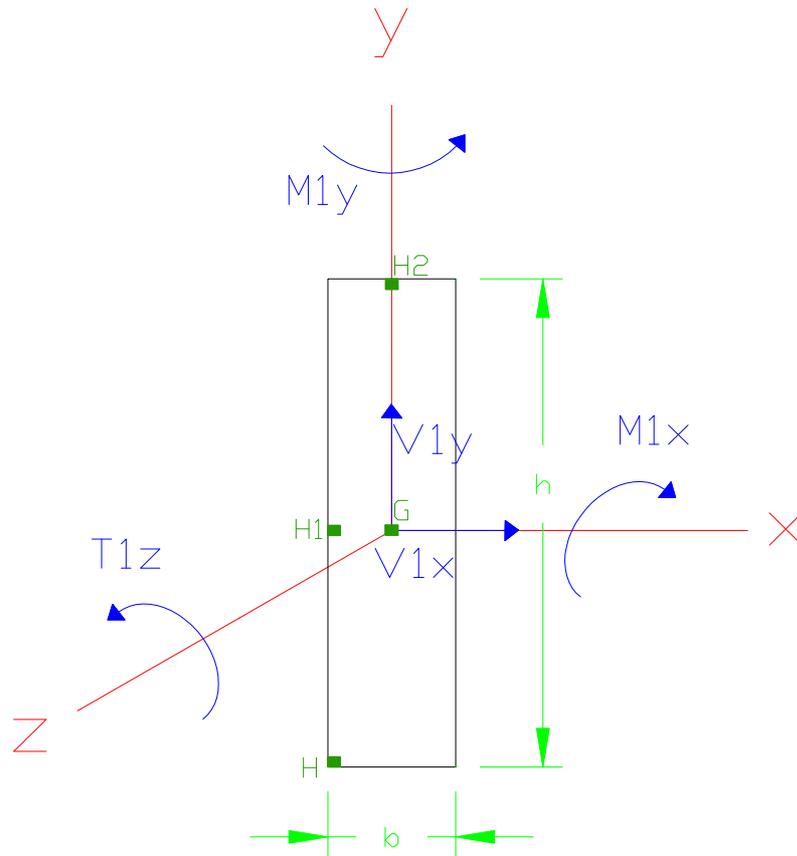


Figura 4.18 D.C.L. aspa

Fuente: propia

Cálculo de esfuerzos en punto H

$$\sigma_{z1h} = \frac{M_{1x} \cdot \frac{h}{2}}{I_{x1}} = 15 \text{ MPa} \tag{4.15}^7$$

$$\sigma_{z2h} = \frac{M_{1y} \cdot \frac{b}{2}}{I_{y1}} = 139 \text{ MPa}$$

$$\tau_{zxh} = \frac{T_{1z} \cdot \sqrt{\left(\frac{h}{2}\right)^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2}}{J_1} = 15 \text{ MPa} \tag{4.16}^8$$

⁷ Joseph Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica, Sexta Edición, p. 114.

⁸ Joseph Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica, Sexta Edición, p. 124.

$$\sigma_{zh} = \sigma_{z1h} + \sigma_{z2h} = 154 \text{ Mpa}$$

Se aplica la teoría de esfuerzo cortante máximo por ser un material dúctil

$$\sigma_{1h} = \frac{\sigma_{zh}}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_{zh}}{2}\right)^2 + \tau_{zxh}^2} = 155.83 \text{ MPa} \quad (4.17)$$

$$\sigma_{2h} = \frac{\sigma_{zh}}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_{zh}}{2}\right)^2 + \tau_{zxh}^2} = -1.4 \text{ MPa} \quad (4.18)$$

$$\tau_{\max h} = \frac{\sigma_{1h} - \sigma_{2h}}{2} = 79 \text{ MPa} \quad (4.19)^9$$

$$F_{Sh} = \frac{0.58 \cdot S_y}{\tau_{\max h}} = 2.04 \quad (4.20)$$

Al ser el factor de seguridad mayor a 1, el diseño no falla.

Cálculo de esfuerzos en punto G

$$\tau_{z_x g} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{1x}}{A_1} = 0.5 \text{ MPa} \quad (4.21)^{10}$$

$$\tau_{z_y g} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{1y}}{A_1} = 0.4 \text{ MPa}$$

Al tener 2 esfuerzos cortantes se aplica la ecuación:

$$\sigma^3 - A \cdot \sigma^2 + B \cdot \sigma - C = 0$$

Donde: (4.22)

$$A = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z$$

$$B = \sigma_x \cdot \sigma_y + \sigma_x \cdot \sigma_z + \sigma_y \cdot \sigma_z - \tau_{xy}^2 - \tau_{xz}^2 - \tau_{yz}^2$$

$$C = \sigma_x \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z - \sigma_x \cdot \tau_{yz}^2 - \sigma_y \cdot \tau_{xz}^2 - \sigma_z \cdot \tau_{xy}^2 + 2 \cdot \tau_{xy} \cdot \tau_{xz} \cdot \tau_{yz}$$

⁹ Joseph Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica, Sexta Edición, p. 327.

¹⁰ Joseph Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica, Sexta Edición, p. 123.

$$A=0$$

$$C=0$$

$$B=b1 = -\tau_{zx}^2 - \tau_{zy}^2$$

$$b1 = -\tau_{zxg}^2 - \tau_{zyg}^2 = -0.45$$

$$\sigma^3 + b1 \cdot \sigma = 0 \quad \text{Entonces}$$

$$\sigma_{1g} = 0 \quad \text{MPa}$$

$$\sigma_{2g} = \sqrt{-b1} = 0.669 \quad \text{MPa}$$

$$\sigma_{3g} = -\sqrt{-b1} = -0.669 \quad \text{MPa}$$

$$\tau_{\max g} = \frac{\sigma_{2g} - \sigma_{3g}}{2} = 0.669 \quad \text{MPa}$$

$$FSg = \frac{0.58 \cdot S_y}{\tau_{\max g}} = 239$$

En este caso el F.S. es muy alto debido a que los esfuerzos cortantes son bajos, pero el análisis bajo este tipo de fenómeno es recomendable hacerlo para mayor seguridad.

Cálculo de esfuerzos en punto H1

$$\sigma_{z2h} = 139 \quad \text{MPa}$$

$$\tau_{zyg} = 0.44 \quad \text{MPa} \quad \text{Negativo}$$

$$\tau_{zyh1} = \frac{T1z}{h \cdot b^2} \cdot \left(3 + \frac{1.8}{\frac{h}{b}} \right) = 64 \quad \text{MPa} \quad \text{Positivo} \quad (4.23)^{11}$$

$$\tau_{zyH1} = \tau_{zyh1} - \tau_{zyg} = 63.87 \quad \text{MPa}$$

¹¹ Joseph Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica, Sexta Edición, p. 125.

$$\sigma_{1h1} = \frac{\sigma_{z2h}}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_{z2h}}{2}\right)^2 + \tau_{zyH1}^2} = 164 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{2h1} = \frac{\sigma_{z2h}}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_{z2h}}{2}\right)^2 + \tau_{zyH1}^2} = -24.84 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\max h1} = \frac{\sigma_{1h1} - \sigma_{2h1}}{2} = 95 \text{ MPa}$$

$$FS_{h1} = \frac{0.58 \cdot S_y}{\tau_{\max h1}} = 1.69$$

Al ser el factor de seguridad mayor a 1 se garantiza que el elemento no falla en este punto.

Cálculo de esfuerzos en punto H2

$$\sigma_{z1h} = 15 \text{ MPa}$$

$$\tau_{zxh} = 15 \text{ MPa}$$

$$\tau_{zxc} = 0.51 \text{ MPa}$$

$$\tau_{zxh2} = \tau_{zxh} - \tau_{zxc} = 14 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{1h2} = \frac{\sigma_{z1h}}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_{z1h}}{2}\right)^2 + \tau_{zxh2}^2} = 24 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{2h2} = \frac{\sigma_{z1h}}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_{z1h}}{2}\right)^2 + \tau_{zxh2}^2} = -9 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\max h2} = \frac{\sigma_{1h2} - \sigma_{2h2}}{2} = 16 \text{ MPa}$$

$$FS_{h2} = \frac{0.58 \cdot S_y}{\tau_{\max h2}} = 9.9$$

Al ser el factor de seguridad mayor a uno, el elemento no falla en este punto. En todos los puntos analizados el F.S. es mayor a uno por lo que el elemento garantiza su resistencia a los esfuerzos sometidos.

Como análisis adicional, se realizó el análisis de esfuerzos y deformaciones con el software Solidworks SimulationXpress, de tal manera que se obtuvieron los siguientes resultados.

Para este análisis primero se dibuja el aspa a escala real y posteriormente se colocan las superficies fijas del elemento, las cuales se las presenta con flechas verdes en los bordes, luego se coloca una carga distribuida en las superficies correspondientes con los valores ya antes calculados, las fuerzas se representan con flechas violetas.

En el análisis presentado por el software calcula un factor de seguridad de 6.4 que es basado en el esfuerzo de von Mises, el cual es presentado en la figura a continuación al igual que el grafico de esfuerzos y deflexión.

Los valores de esfuerzos y factores de seguridad calculados en el software son en base a análisis numéricos, los cuales se basan en iteraciones para tener un valor más exacto del resultado.

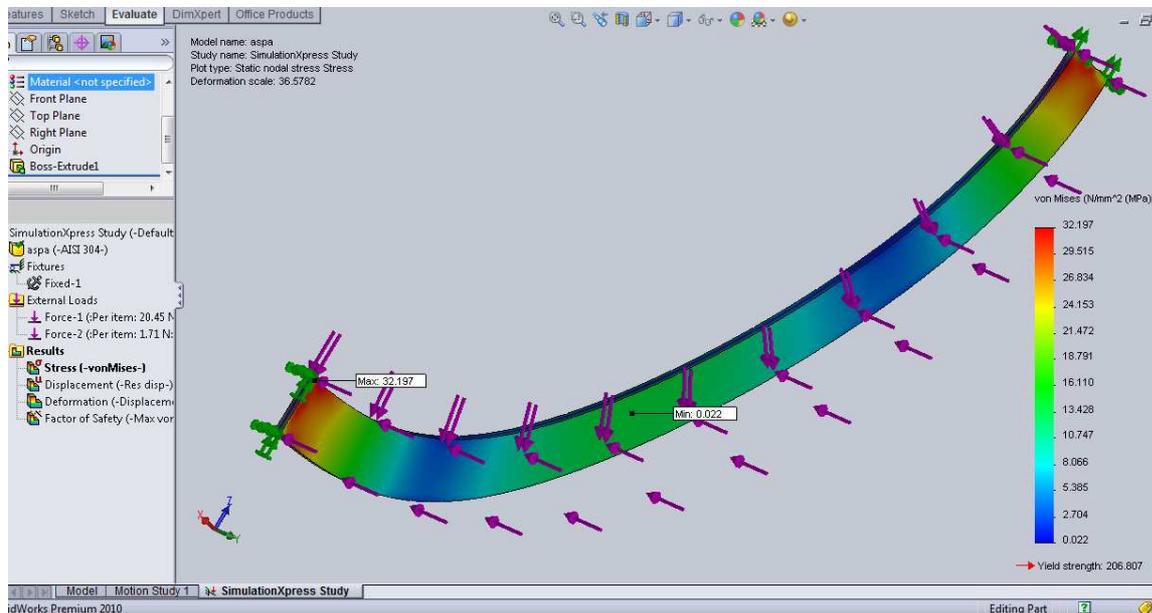


Figura 4.19 Gráfica de esfuerzos en aspa

Fuente: propia

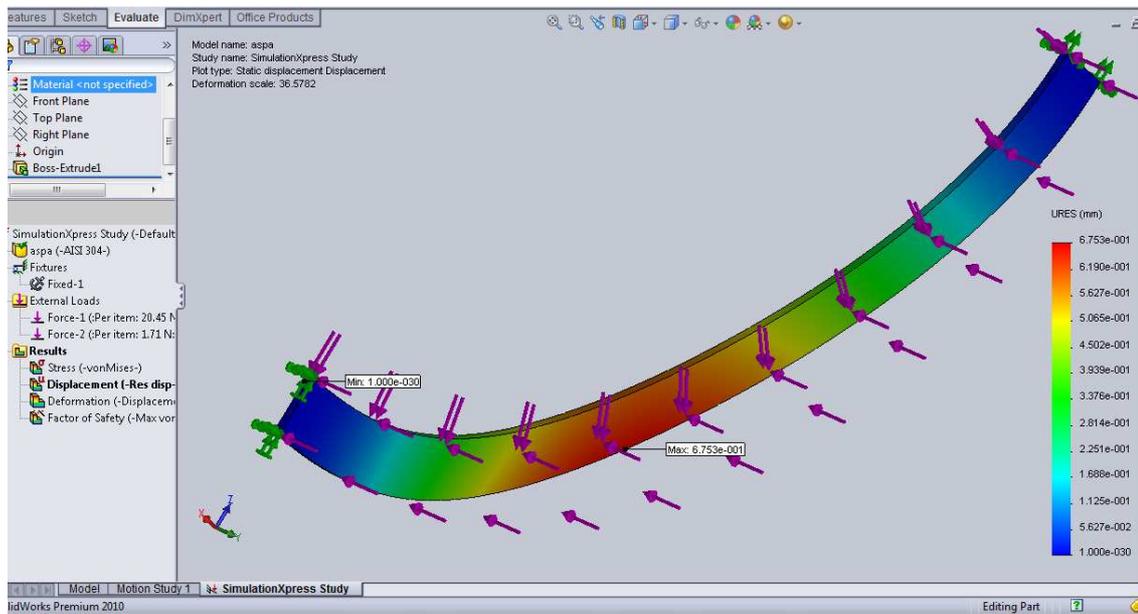


Figura 4.20 Gráfica de deflexión en aspa

Fuente: propia

Los valores obtenidos son muy similares a los calculados en los puntos anteriores.

Con ayuda del software se puede determinar el lugar donde empieza a fallar el elemento, en el caso que el factor de seguridad sea menor a 7. El color rojo representa la falla en el material. Además se presentan los puntos de máximo y mínimo factor de seguridad.

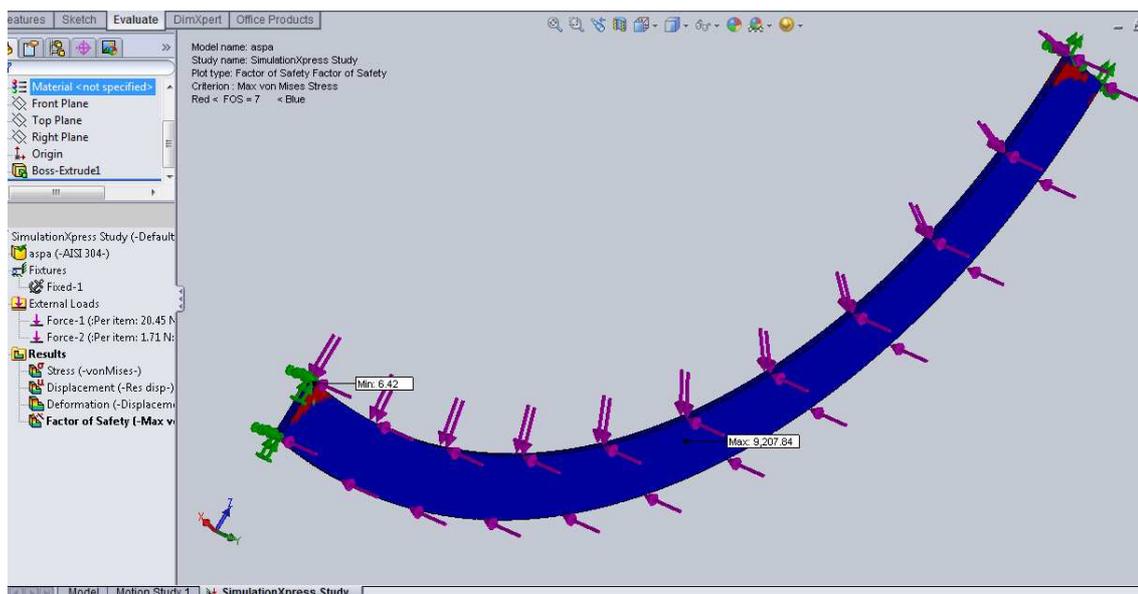


Figura 4.21 Gráfica de factor de seguridad en aspa

Fuente: propia

De esta manera se determinan las secciones críticas de los elementos y las partes donde comienza la falla, por lo que se recomienda extremo cuidado en la fabricación para evitar golpes o excesos de temperatura en las partes denotadas en la figura anterior.

Cálculo de la soldadura del aspa

Al tratarse de material acero inoxidable AISI 304, se procederá a soldar mediante proceso TIG, para lo cual se recomienda usar un material de aporte AWS ER308L¹², el cual presenta las siguientes propiedades.

ER308L

Typical Mechanical Properties, As Welded	
GTAW using 100% Argon	
Yield Strength	60 ksi, 410 MPa
Tensile Strength	88 ksi, 605 MPa
Elongation in 2"	43 %
Impact Toughness at -320°F (-196°C)	
Absorbed Energy	80 ft.-lbs., 110 J
Lateral Expansion	53 mils, 1.35 mm
Typical Chemical Analysis	
C	0.015 %
Mn	1.7 %
Si	0.45 %
S	0.01 %
Cr	20 %
Ni	10 %
Mo	0.1 %
Cu	0.15 %
Ferrite	9 FN

Figura 4.22 Propiedades mecánicas aporte AWS ER308L

Fuente: ESAB

Con estos valores se procede al cálculo de la resistencia en la soldadura del aspa.

¹² Ver anexo B

$$S_y = 410 \text{ MPa}$$

$$\text{Alto del cordón de soldadura} \quad h_{\text{sol}} = 2 \text{ mm}$$

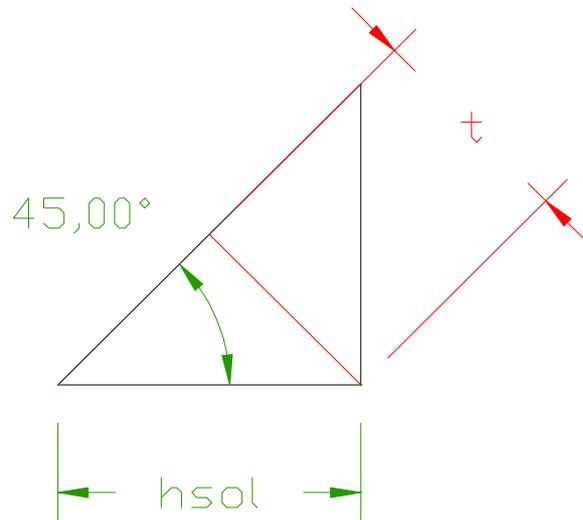


Figura 4.23 Sección transversal del cordón de soldadura

Fuente: propia

$$\text{Largo de la garganta de la soldadura} \quad t = h_{\text{sol}} \cdot 0.707 = 1.414 \text{ mm}$$

Plancha de acero inoxidable

$$b = 2.5 \text{ mm}$$

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

Fuerzas y momentos presentes en la soldadura

$$M_{1x} = 2501.2 \quad \text{N} \cdot \text{mm}$$

$$M_{1y} = 2904.3 \quad \text{N} \cdot \text{mm}$$

$$T_{1z} = 2492.6 \quad \text{N} \cdot \text{mm}$$

$$V_{1x} = 16.89 \quad \text{N}$$

$$V_{1y} = 14.54 \quad \text{N}$$

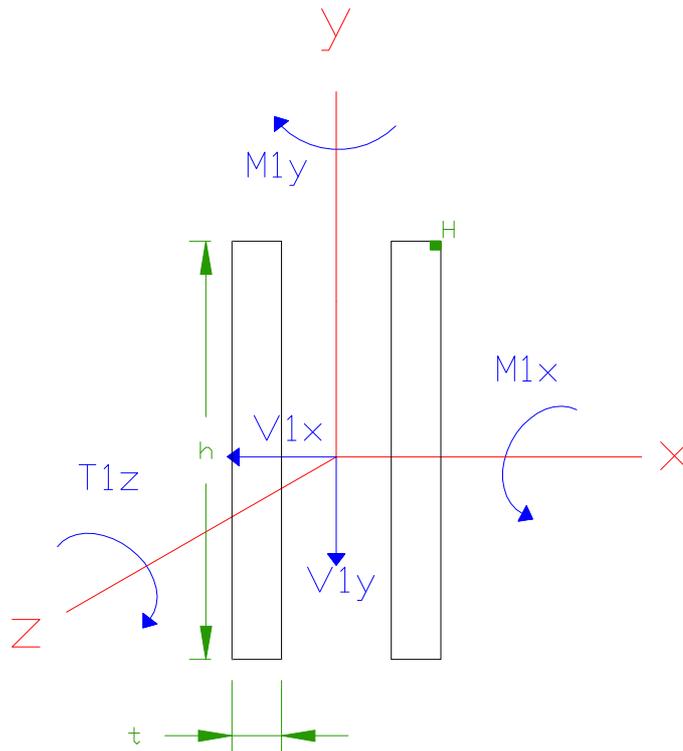


Figura 4.24 D.C.L. soldadura del aspa

Fuente: propia

Cálculo de propiedades físicas

$$I_x = 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot t \cdot h^3 \right) = 1885 \quad \text{mm}^4$$

$$I_y = 2 \left[\frac{1}{12} \cdot h \cdot t^3 + h \cdot t \cdot \left(\frac{b+t}{2} \right)^2 \right] = 226 \quad \text{mm}^4$$

$$J_1 = I_x + I_y = 2111 \quad \text{mm}^4$$

Cálculo de esfuerzos en punto H

$$z_1 = \frac{M_{1x} \cdot \frac{h}{2}}{I_x} = 13 \quad \text{MPa}$$

$$z_2 = \frac{M_{1y} \cdot \left(\frac{b}{2} + t \right)}{I_y} = 34 \quad \text{MPa}$$

$$\tau_{zy1} = \frac{V1y}{2 \cdot t \cdot h} = 0.26 \quad \text{MPa} \quad (4.24)$$

$$\tau_{zx1} = \frac{V1x}{2 \cdot t \cdot h} = 0.3 \quad \text{MPa}$$

$$\tau_{zy2} = \frac{T1z \cdot \sqrt{\left(\frac{h}{2}\right)^2 + \left(\frac{b}{2} + t\right)^2}}{j1} = 12 \quad \text{MPa}$$

$$\sigma_z = \sigma_{z1} + \sigma_{z2} = 47 \quad \text{MPa}$$

$$\tau_{zy} = \tau_{zy1} + \tau_{zy2} = 12 \quad \text{MPa}$$

Para soldaduras τ_{\max}

$$\tau_{\max} = \sqrt{\sigma_z^2 + \tau_{zy}^2 + \tau_{zx1}^2} = 49 \quad \text{MPa} \quad (4.25)$$

$$FS = \frac{0.58 S_y}{\tau_{\max}} = 4.8$$

Al ser el factor de seguridad mayor a 1, se garantiza que la soldadura resiste las fuerzas a la que está sometida.

Cálculo de la barra circular para el soporte del aspa

Las barras circulares sostienen al aspa y además producen un efecto de aspa tipo paletas, ya que mejora notablemente el mezclado del producto ya que se tendría un doble efecto en el proceso. El material a emplearse en este elemento es AISI 304 ya que se maneja un producto de altamente corrosivo.

En la siguiente figura, se presentan las barras circulares, los cuales están de color azul.

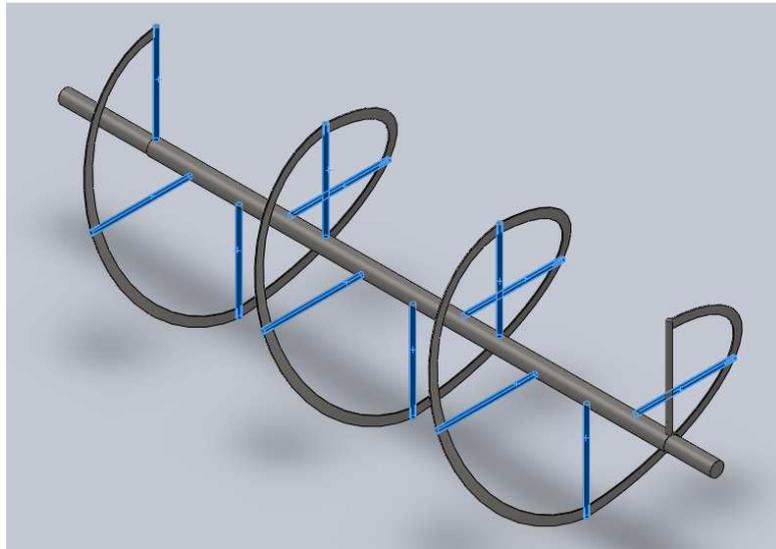


Figura 4.25 Esquema barras circulares (azules)

Fuente: propia

El siguiente cálculo es el óptimo luego de realizar un proceso iterativo con diferentes diámetros.

DATOS OBTENIDOS EN ANÁLISIS ANTERIORES

$$S_y = 276 \text{ MPa}$$

$$E = 200000 \text{ MPa}$$

$$F_{as} = 20.45 \text{ N}$$

$$F_{sob} = 1.71 \text{ N}$$

$$w_1 = 1.3 \text{ N}$$

$$F_{tz} = 0 \text{ N}$$

$$\rho_{det} = \frac{.116}{150} = 7.733 \times 10^{-4} \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^3}$$

$$\rho_{ainox} = 7900 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Cálculo de componentes totales de las fuerzas

Diámetro barra $d_1 = 10 \text{ mm}$

Longitud barra $L_1 = 230 \text{ mm}$

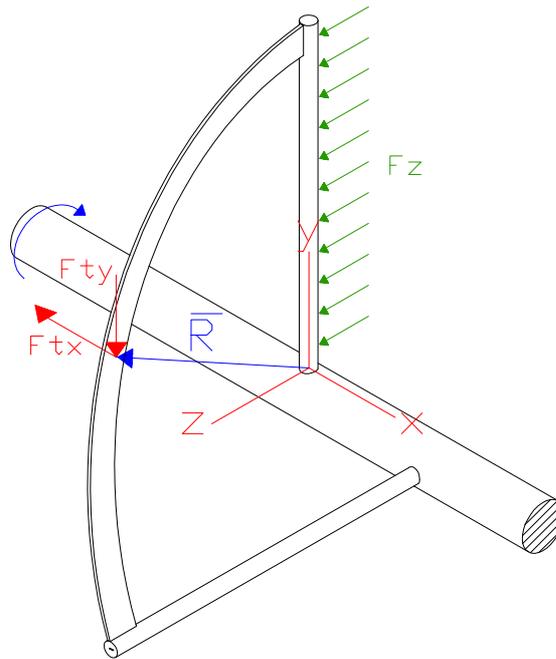


Figura 4.26 Esquema de fuerzas actuantes sobre barra circular

Fuente: propia

Vector posición: datos de SolidWorks

$$r_x = 44 \quad \text{mm}$$

$$r_y = 114 \quad \text{mm}$$

$$r_z = 172 \quad \text{mm}$$

Vector unitario de la fuerza Fas

$$UF_{asx} = .8257$$

$$UF_{asy} = .5639$$

$$F_{asx} = F_{as} \cdot UF_{asx} = 17 \quad \text{N}$$

$$F_{asy} = F_{as} \cdot UF_{asy} = 12 \quad \text{N}$$

$$F_{tx} = -F_{asx} = -17 \quad \text{N}$$

$$F_{ty} = -(F_{sob} + F_{asy} + w_1) = -15 \quad \text{N}$$

$$M_1 = \begin{pmatrix} r_x \\ r_y \\ r_z \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} F_{tx} \\ F_{ty} \\ F_{tz} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2501.2 \\ -2904.3 \\ 1285.1 \end{pmatrix} \quad \text{N} \cdot \text{mm}$$

$$M_x = 2501.2 \quad \text{N} \cdot \text{mm}$$

$$T_{1y} = 2904.3 \quad \text{N} \cdot \text{mm}$$

$$M_{1z} = 1285.1 \quad \text{N} \cdot \text{mm}$$

$$V_{1x} = -F_{tx} = 17 \quad \text{N}$$

$$V_y = -F_{ty} = 15 \quad \text{N}$$

Debido a que la barra golpea el producto se tiene una fuerza cortante en z

$$F_z = \frac{\frac{\pi}{4}(L_1 \cdot 2)^2}{2} \cdot d_1 \cdot \rho_{\text{det}} \cdot \frac{1}{10^3} \cdot 9.8 = 6 \text{ N}$$

$$V_{1z} = F_z$$

Esta fuerza produce un momento en x a favor de M_x

$$M_{xv} = V_{1z} \cdot \frac{L_1}{2} = 724 \quad \text{N} \cdot \text{mm}$$

Peso de la barra

$$w = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \cdot L_1 \cdot \rho_{\text{ainox}} \cdot \frac{1}{1000^3} \cdot 9.8 = 1.4 \text{ N}$$

A continuación se suman los dos momentos que se ejercen en el eje X.

$$M_{1x} = M_x + M_{xv} = 3225 \quad \text{N} \cdot \text{mm}$$

En el eje Y existe una fuerza normal p_y , la cual es producida por V_y y el peso propio de la barra.

$$p_y = V_y + w = 16 \quad \text{N}$$

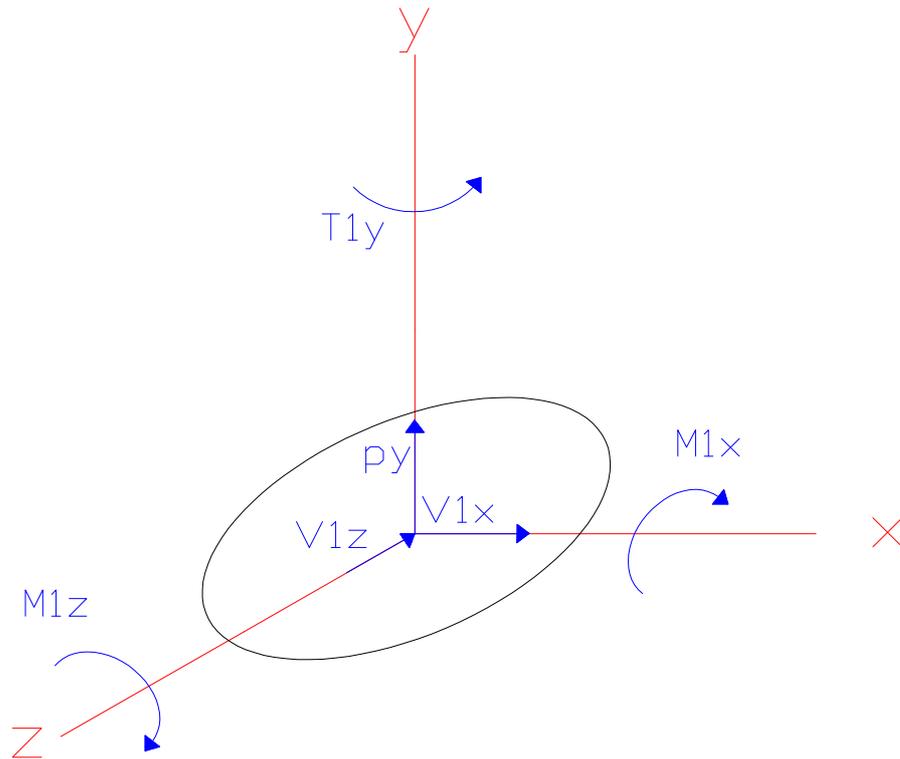


Figura 4.27 D.C.L. barra circular

Fuente: propia

Cálculo de propiedades físicas

$$I_{xy} = \frac{\pi}{64} \cdot d_1^4 = 491 \quad \text{mm}^4$$

$$J_1 = \frac{\pi}{32} \cdot d_1^4 = 982 \quad \text{mm}^4$$

$$A_d = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 = 79 \quad \text{mm}^2$$

Cálculo de esfuerzos en barra circular

En este caso al tratarse de una barra circular, los momentos M_{1x} y M_{1z} son componentes de un momento total M , perpendicularmente a este vector, se encuentra el punto crítico de análisis H , por lo que se trasladan las fuerzas cortantes al eje Z_1 para que el esfuerzo cortante sea máximo en H .

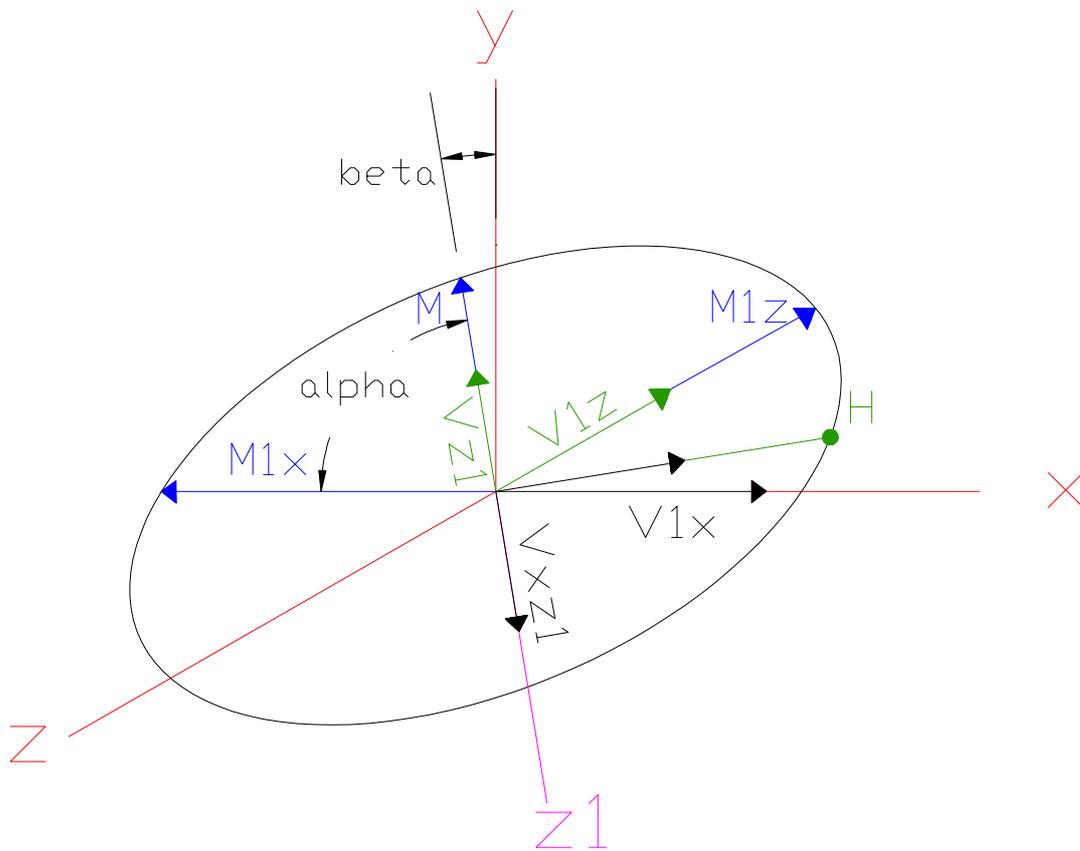


Figura 4.28 D.C.L. para momentos y cortantes barra circular

Fuente: propia

$$M = \sqrt{M1x^2 + M1z^2} = 3472 \quad \text{N} \cdot \text{mm} \quad (4.26)$$

$$\sigma_{y1} = \frac{M \cdot \frac{d1}{2}}{I_{xy}} = 35 \quad \text{MPa}$$

$$\sigma_{y2} = \frac{py}{Ad} = 0.2 \quad \text{MPa} \quad (4.27)$$

$$\alpha = \text{asin}\left(\frac{M1z}{M}\right) = 0.38 \text{ rad} \quad (4.28)$$

$$\beta = \frac{\pi}{2} - \alpha = 1.192 \text{ rad} \quad (4.29)$$

z1 es la dirección donde V1x y V1z ejerce τ max

$$V_{xz1} = \cos(\alpha) \cdot V1x = 16 \quad \text{N}$$

$$V_{z1} = \cos(\beta) \cdot V_{1z} = 2 \text{ N}$$

$$V_{z1t} = V_{xz1} - V_{z1} = 13 \text{ N}$$

$$\tau_{yz1} = \frac{4}{3} \cdot \frac{V_{z1t}}{Ad} = 0.23 \text{ MPa} \quad (4.30)^{13}$$

$$\tau_{yz2} = \frac{T_{1y} \cdot \frac{d1}{2}}{J1} = 15 \text{ MPa}$$

$$\sigma_y = \sigma_{y1} + \sigma_{y2} = 36 \text{ MPa}$$

$$\tau_{yz} = \tau_{yz2} - \tau_{yz1} = 15 \text{ MPa} \quad \text{Este total es en dirección de } z1$$

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_y}{2} + \sqrt{\left[\left(\frac{\sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{yz}^2\right]} = 41 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_y}{2} - \sqrt{\left[\left(\frac{\sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{yz}^2\right]} = -5 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} = 23 \text{ MPa}$$

$$FS = \frac{0.58 \cdot S_y}{\tau_{\max}} = 6.96$$

Al ser el F.S. calculado mayor a 1, el diseño es seguro y soporta las fuerzas a las que es sometida la barra.

Cálculo de la rigidez del eje

En Z existe una carga distribuida por el producto y en X se tiene la fuerza máxima que en este caso es Fas.

¹³ Joseph Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica, Sexta Edición, p. 123.

En Z se toma en cuenta como viga en voladizo con carga distribuida por v1z y w.

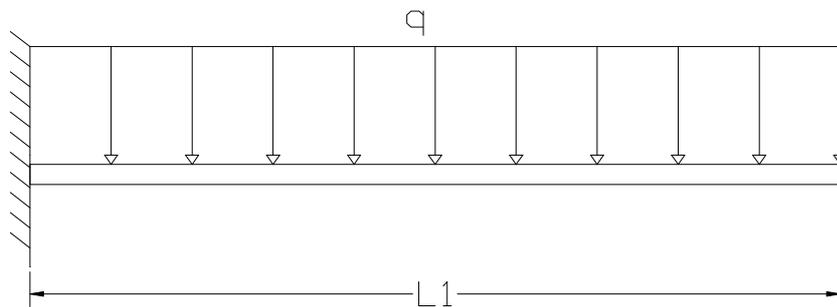


Figura 4.29 Viga en voladizo con carga distribuida

Fuente: propia

$$q = \frac{V1z + w}{L1} = 0.033 \quad \frac{N}{mm}$$

$$Ra = q \cdot L1 = 8 \quad N \quad (4.31)^{14}$$

$$x = 0, 0.01 \dots L1$$

$$Va(x) = q \cdot (L1 - x) \quad N \quad (4.32)^{15}$$



Figura 4.30 Diagrama de fuerza cortante en barra circular eje Z

Fuente: propia

¹⁴ Joseph Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica, Sexta Edición, p. 1190

¹⁵ Joseph Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica, Sexta Edición, p. 1190

$$M_a(x) = \frac{-q}{2} \cdot (L_1 - x)^2 \quad \text{N} \cdot \text{mm} \quad (4.33)^{16}$$

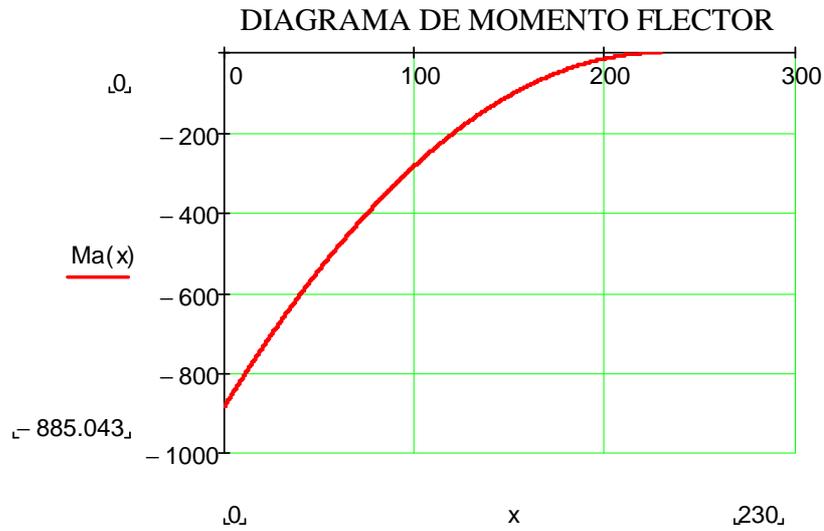


Figura 4.31 Diagrama de momento flector en barra circular eje Z

Fuente: propia

$$y_a(x) = \frac{q \cdot x^2}{24 \cdot E \cdot 1000 \cdot I_{xy}} \cdot (4L_1 \cdot x - x^2 - 6 \cdot L_1^2) \quad \text{m} \quad (4.34)^{17}$$

$$y_{\max z} = \frac{q \cdot L_1^4}{8 \cdot E \cdot I_{xy}} = 0.119 \quad \text{mm} \quad (4.35)^{18}$$

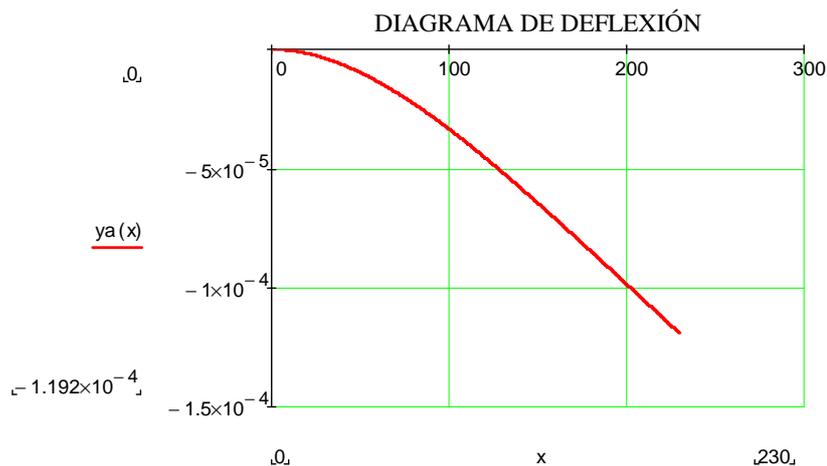


Figura 4.32 Diagrama de deflexión en barra circular eje Z

Fuente: propia

¹⁶ Joseph Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica, Sexta Edición, p. 1190

¹⁷ Joseph Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica, Sexta Edición, p. 1190

¹⁸ Joseph Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica, Sexta Edición, p. 1190

En X tengo deflexión por $v1x$ en el extremo

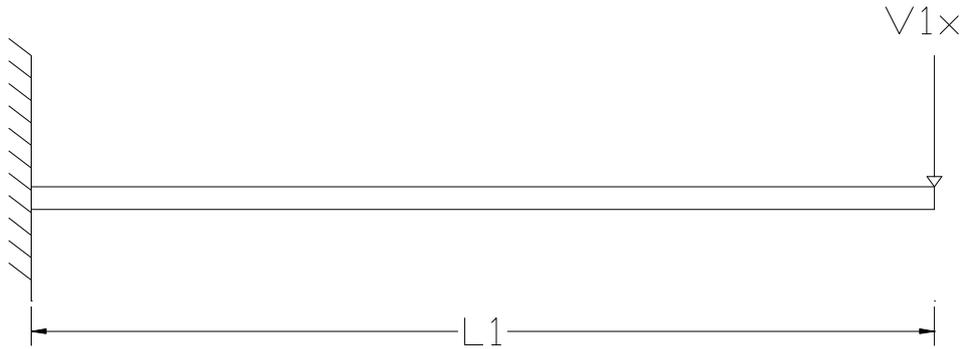


Figura 4.33 Viga en voladizo con carga en el extremo

Fuente: propia

$$R_b = V1x = 16.9 \text{ N}$$

(4.36)¹⁹

$$V_b(x) = V1x \text{ N}$$

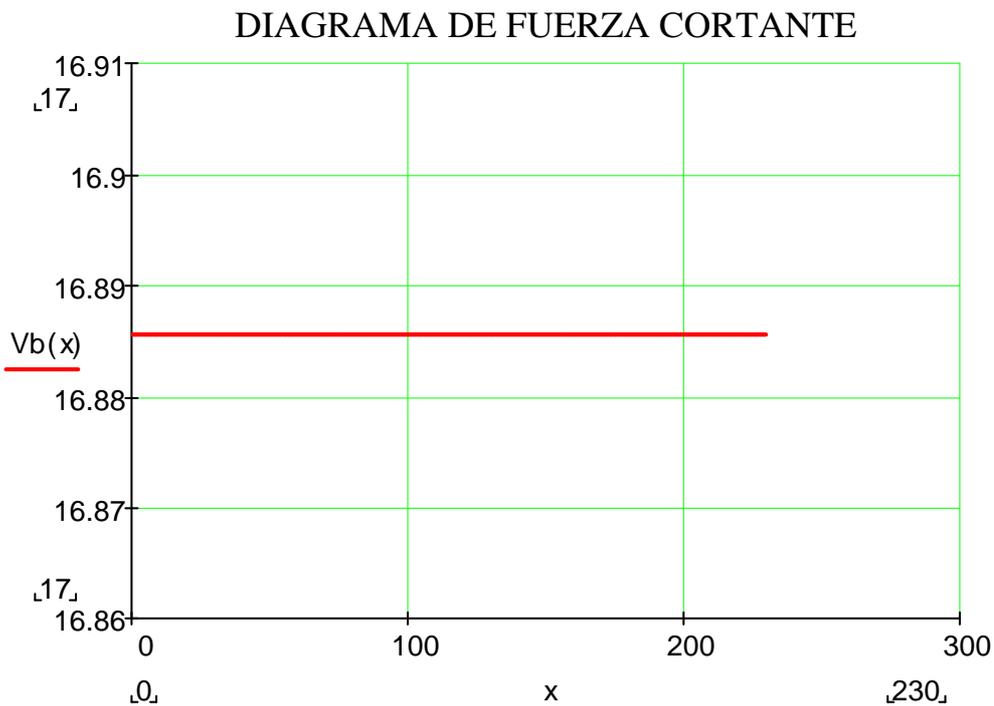


Figura 4.34 Diagrama de fuerza cortante en barra circular eje X

Fuente: propia

¹⁹ Joseph Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica, Sexta Edición, p. 1189

$$M_b(x) = V1x \cdot (x - L1) \quad \text{N} \cdot \text{mm} \quad (4.37)^{20}$$

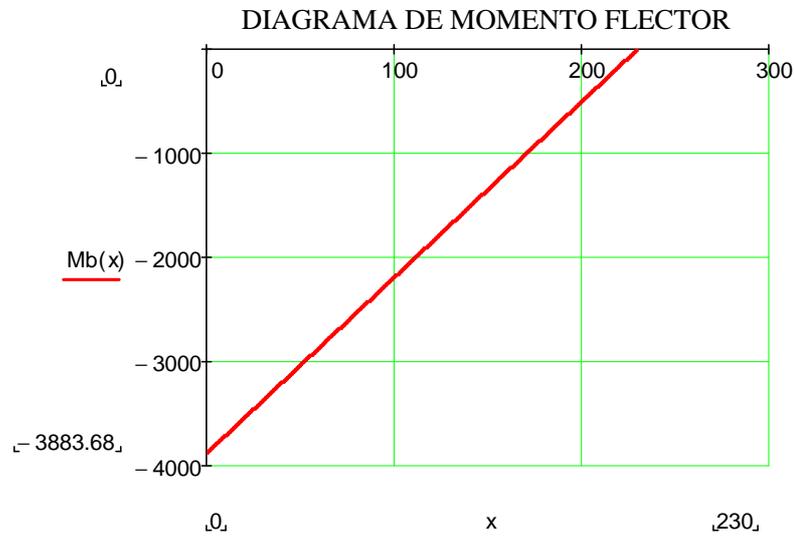


Figura 4.35 Diagrama de momento flector en barra circular eje X

Fuente: propia

$$y_b(x) = \frac{V1x \cdot x^2}{6 \cdot E \cdot 1000 \cdot I_{xy}} \cdot (x - 3 \cdot L1) \quad \text{m} \quad (4.38)^{21}$$

$$y_{\max} = \frac{V1x \cdot L1^3}{3 \cdot E \cdot I_{xy}} = 0.698 \quad \text{mm} \quad (4.39)^{22}$$

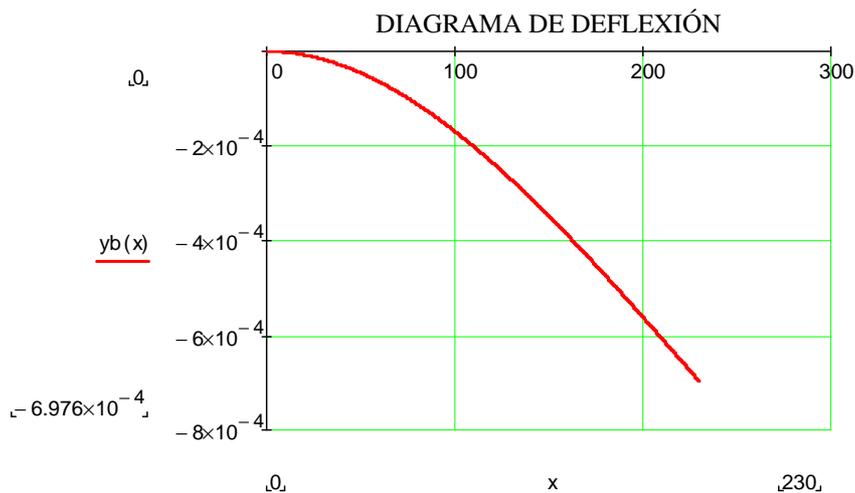


Figura 4.36 Diagrama de deflexión en barra circular eje X

Fuente: propia

²⁰ Joseph Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica, Sexta Edición, p. 1189

²¹ Joseph Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica, Sexta Edición, p. 1189

²² Joseph Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica, Sexta Edición, p. 1189

Las deflexiones calculadas son menores a 2 mm por lo que es un diseño válido para satisfacer los parámetros de diseño establecidos.

El análisis también se lo realizó en el software Solidworks SimulationXpress. Los resultados se muestran a continuación en las siguientes figuras. Las flechas de color verde representan la parte fija y las flechas violetas representan las fuerzas aplicadas.

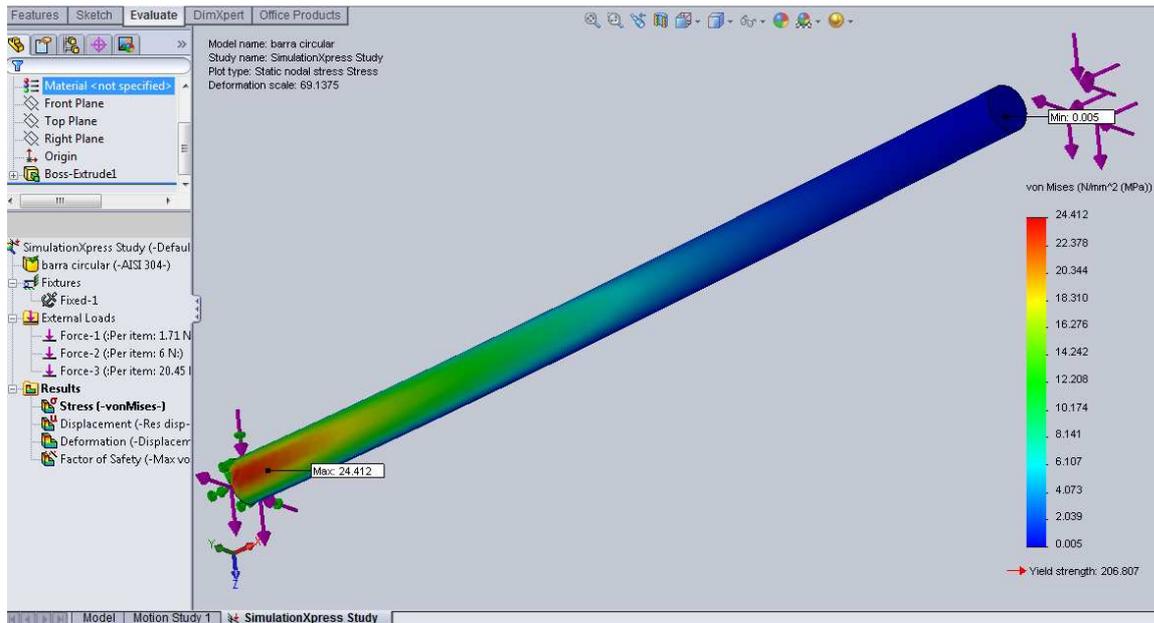


Figura 4.37 Gráfica de esfuerzo en barra circular

Fuente: propia

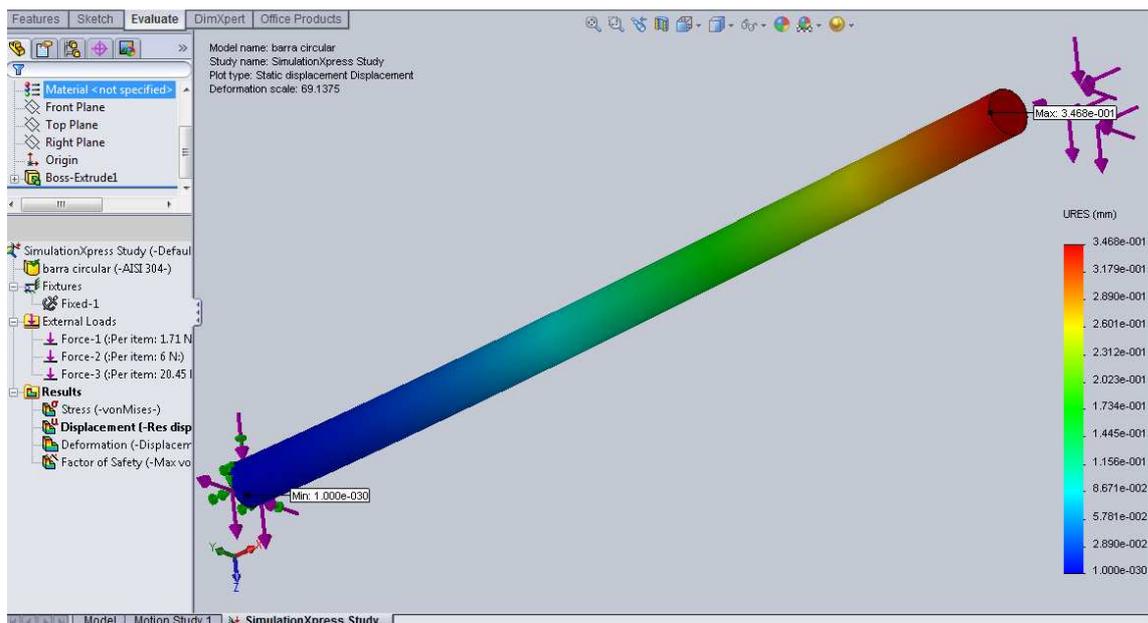


Figura 4.38 Gráfica de deflexión en barra circular

Fuente: propia

El factor de seguridad calculado por el software es de 8.49 y la deflexión máxima es de 0.35 mm, lo cual representa valores similares a los calculados anteriormente, cabe recordar que el análisis de métodos numéricos es de mayor exactitud que el cálculo tradicional, por esta razón el factor de seguridad es mayor y la deflexión puede llegar a ser menor para rediseñar los elementos y disminuir material.

En la siguiente figura se aprecia la zona donde comienza la falla ya que con ayuda del programa se puede mostrar las zonas donde el factor de seguridad es menor a 10. La zona de comienzo de falla se la representa de color rojo. Además se muestran los F.S. mínimo y máximo.

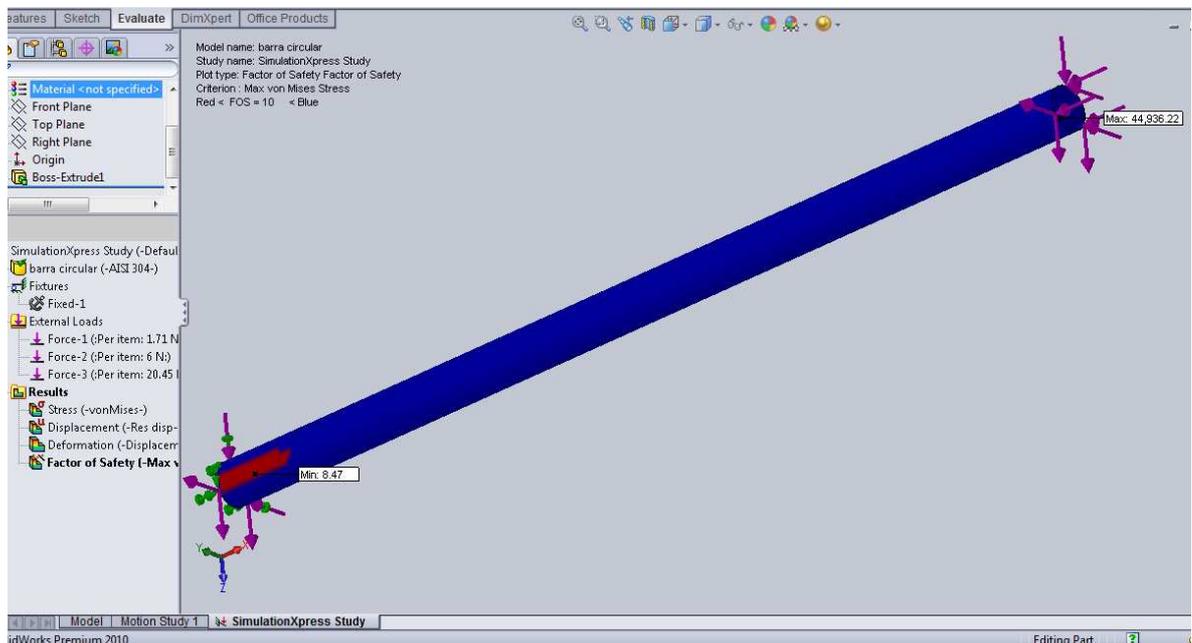


Figura 4.39 Gráfica de factor de seguridad en barra circular

Fuente: propia

Cálculo de la soldadura de la barra circular

En este caso se va a realizar con soldadura TIG con material de aporte AWS ER308L, las propiedades del material de aporte son las mismas que se mencionaron en la soldadura del aspa en páginas anteriores.

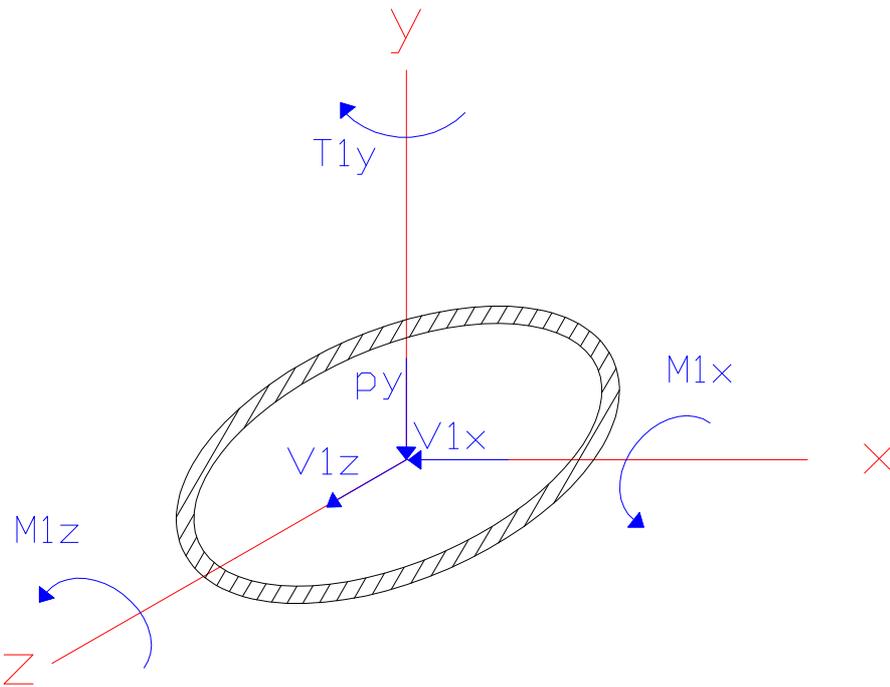


Figura 4.40 D.C.L. soldadura en barra circular

Fuente: propia

Las fuerzas y momentos a las que está sometida la soldadura son los mismos que los producidos en la barra circular, la diferencia solo es la dirección invertida de las fuerzas y momentos.

$$S_{y1} = 410 \quad \text{Mpa}$$

$$\text{Alto Soldadura} \quad h_1 = 2 \quad \text{mm}$$

$$t = 0.707 \cdot h_1 = 1.414 \quad \text{mm}$$

Cálculo de las propiedades físicas de la soldadura

$$I_s = \frac{\pi}{64} [(d_1 + 2 \cdot t)^4 - d_1^4] = 838 \quad \text{mm}^4 \quad (4.40)$$

$$A_s = \frac{\pi}{4} [(d_1 + 2 \cdot t)^2 - d_1^2] = 51 \quad \text{mm}^4 \quad (4.41)$$

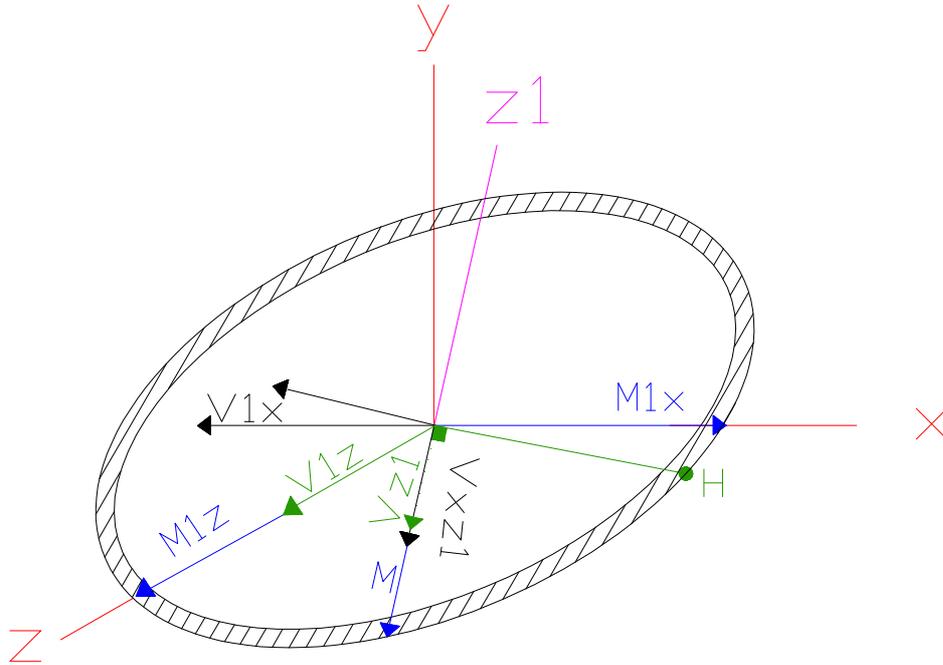


Figura 4.41 D.C.L. para momentos y fuerzas cortantes en soldadura de la barra circular

Fuente: propia

De igual manera se determina el vector momento y el punto crítico H en dirección perpendicular al vector mencionado.

$$\sigma_{ys1} = \frac{M \cdot \left(\frac{d1}{2} + t \right)}{I_s} = 27 \quad \text{MPa}$$

$$\sigma_{ys2} = \frac{p_y}{A_s} = 0.31 \quad \text{MPa}$$

$$V_{z1t1} = V_{z1} + V_{xz1} = 18 \quad \text{N}$$

$$\tau_{yz1s} = \frac{V_{z1t1}}{A_s} = 0.36 \quad \text{MPa} \quad (4.42)$$

$$\tau_{yz2s} = \frac{T_{1y} \cdot \left(\frac{d1}{2} + t \right)}{t \cdot 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{d1}{2} \right)^3} = 17 \quad \text{MPa}$$

$$\sigma_{ys} = \sigma_{ys1} + \sigma_{ys2} = 27 \text{ MPa}$$

$$\tau_{yzs} = \tau_{yz1s} + \tau_{yz2s} = 17 \text{ MPa}$$

$$\tau_{maxs} = \sqrt{\sigma_{ys}^2 + \tau_{yzs}^2} = 32 \text{ MPa} \quad (4.43)$$

$$FS_s = \frac{0.58 \cdot S_{y1}}{\tau_{maxs}} = 7.5$$

Al ser el factor de seguridad mayor a 1, la soldadura no falla.

4.1.3 DISEÑO EJE

Para el eje principal se va a seleccionar el material AISI 304, ya que se maneja un producto altamente corrosivo en el proceso de fabricación de detergente.

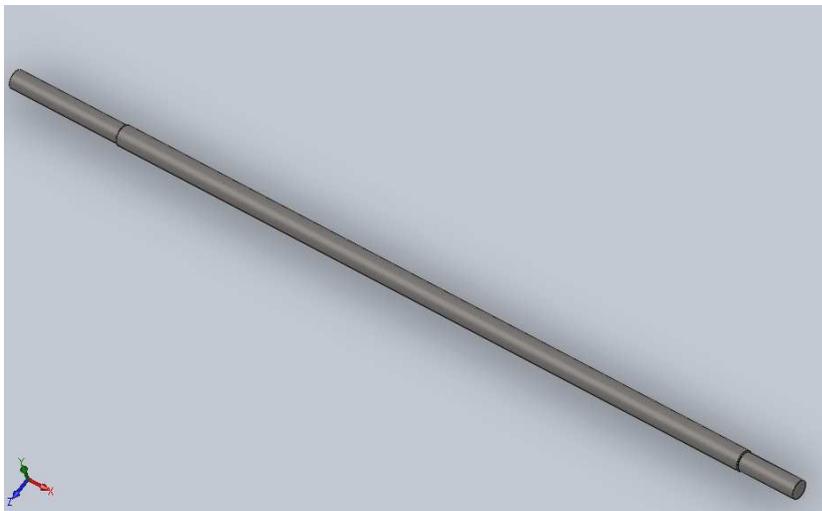


Figura 4.42 Esquema eje

Fuente: propia

Para el análisis del eje se va a utilizar el programa MITCalc, para lo cual se determinan las fuerzas y momentos actuantes sobre el elemento, considerando el sistema de coordenadas que demanda el programa.

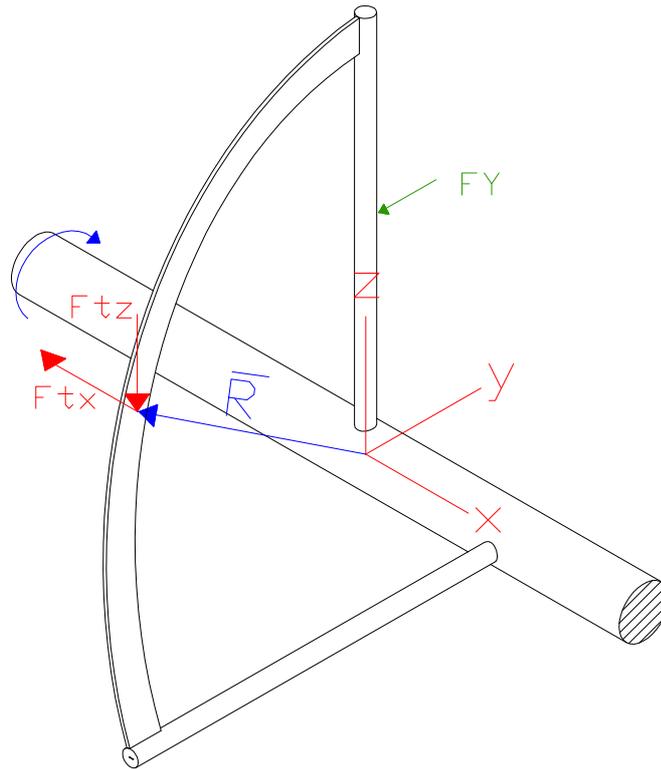


Figura 4.43 Esquema de fuerzas actuantes sobre eje

Fuente: propia

Vector posición obtenido en SolidWorks

$$r_x = \frac{33}{1000} \quad \text{m}$$

$$r_z = \frac{120}{1000} \quad \text{m}$$

$$r_y = -\frac{164}{1000} \quad \text{m}$$

$$F_x = -16.89 \quad \text{N}$$

$$F_z = -14.54 \quad \text{N}$$

$$F_y = 0 \quad \text{N}$$

$$M := \begin{pmatrix} r_x \\ r_y \\ r_z \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2.38 \\ -1.55 \\ -2.77 \end{pmatrix} \quad \text{N}\cdot\text{m}$$

$$T_{1x} = 2.38 \text{ Nm}$$

$$M_y = -1.55 \text{ Nm}$$

$$M_z = -2.77 \text{ Nm}$$

Debido a que el eje golpea el producto se tiene una fuerza en Y

$$F_{y1} = \frac{-623}{1000} \cdot 9.8 = -6.105 \text{ N}$$

La fuerza F_{y1} genera un torque que se suma a T_x

$$T_{2x} = -F_{y1} \cdot \frac{232}{2000} = 0.708 \text{ Nm}$$

$$T_x = T_{1x} + T_{2x} = 3.088 \text{ Nm}$$

DATOS PARA INGRESAR AL SOFTWARE MITCALC

$$T_x = 3.088 \text{ Nm}$$

$$M_y = -1.55 \text{ Nm}$$

$$M_z = -2.77 \text{ Nm}$$

$$F_z = -14.54 \text{ N}$$

$$F_{y1} = -6.105 \text{ N}$$

$$F_x = -16.89 \text{ N}$$

A continuación se determina el torque necesario para mover el eje y el producto para posteriormente seleccionar un motor e ingresar el torque transmitido al programa.

El análisis mostrado se basó en un cálculo iterativo para determinar la mejor respuesta.

Para determinar el torque necesario para mover el eje, se utiliza la siguiente ecuación:

$$Torque = \frac{1}{2} I \omega^2 \tag{4.44}^{23}$$

²³ Serway-Faughn, Física, Quinta Edición, p. 235

Torque necesario para mover el producto $T_x = 3.088 \text{ Nm}$

Masa del eje $m_1 = 15 \text{ Kg}$

Diámetro del eje $d = 35 \text{ mm}$

$$I = m_1 \cdot \left(\frac{d}{1000} \right)^2 = 0.018 \text{ Kgm}^2 \quad (4.45)^{24}$$

$w = 100 \text{ rpm}$

$$w_i = w \cdot 2 \cdot \frac{\pi}{60} = 10.5 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$T_q = \frac{1}{2} \cdot I \cdot w_i^2 = 1.008 \text{ Nm}$$

T_q es el torque mínimo para mover el eje, por lo que el torque necesario para mover el eje y el producto es:

$$T_{qt} = T_x + T_q = 4.1 \text{ Nm}$$

Entonces se necesita un motor que produzca un torque de salida mayor a 4.1 Nm.

Tabla 4.1 Características motoreductor

Marca	N/A
P	0.75 Kw
V	220
A	1.6 A
w	100/1500 1/min
Cos ϕ	0.71

Fuente: Propia

A continuación se calcula el torque de salida de este motor.

$$P = 0.75 \text{ KW}$$

$w = 1500 \text{ rpm}$

$$t_1 = \frac{P \cdot 9550}{w} = 4.78 \text{ Nm} \quad (4.46)^{25}$$

²⁴ Serway-Faughn, Física, Quinta Edición, p. 235

Al ser la reducción 1:15 entonces el torque de salida es:

$$t1 \cdot 15 = 71.625 \text{ Nm}$$

El torque de salida es mayor al torque mínimo para mover el eje y el producto ($T_{qt} = 4.1 \text{ Nm}$), por lo tanto es una selección válida de motoreductor. Si bien es cierto es un motor sobre dimensionado, es válido para la aplicación ya que no se cuenta con recursos para adquirir un motoreductor de menor potencia, este motor lo dispone la empresa H&H asociados en bodega.

A continuación se colocan los datos en el software MITCalc²⁶, el resultado presentado se basó en iteraciones para encontrar el óptimo valor de diámetro y longitud.

1.0 <input checked="" type="checkbox"/> Diseño preliminar del diámetro del eje			
1.1 Sistema de Unidades	SI Units (N, mm, kW...)		
1.2 Energía transmitida	0.75	[kW]	1.6 Tipo de carga de eje
1.3 Velocidad del eje	100	[/min]	A...Torsión estática
1.4 Momento de la torsión	71.63	[Nm]	1.7 Material del eje
1.5 Diámetro mínimo preliminar	21.50	[mm]	A...Acero estructural común (500)

Figura 4.44 Ingreso datos para diseño preliminar eje (MITCalc)

Fuente: propia

2.0 <input checked="" type="checkbox"/> Forma y dimensiones del eje																																																																																																		
2.1 La escala del diámetro exhibido del eje.		<input type="checkbox"/> Sistema de Unidades		SI Units (N, mm, kW...)																																																																																														
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;"> <p>2.2 Tabla</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Origen</td> <td>0.00</td> <td>205.00</td> <td>1395.00</td> <td>1500.00</td> <td>1500.00</td> <td>1500.00</td> <td>1500.00</td> <td>1500.00</td> <td>1500.00</td> <td>1500.00</td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>205.000</td> <td>1190.000</td> <td>105.000</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ø Da</td> <td>31.750</td> <td>35.000</td> <td>31.750</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ø Db</td> <td>31.750</td> <td>35.000</td> <td>31.750</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ø da</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ø db</td> <td></td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>1.000</td> <td></td> <td>1.000</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> </div> <div style="width: 35%;"> <p>2.3 Longitud total del eje</p> <p>2.4 X-coordine de la ayuda izquierda (cojinete)</p> <p>2.5 X-coordine de la ayuda derecha (cojinete)</p> <p>2.6 La superficie del eje (ra de la asperez</p> </div> </div>												1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Origen	0.00	205.00	1395.00	1500.00	1500.00	1500.00	1500.00	1500.00	1500.00	1500.00	L	205.000	1190.000	105.000								ø Da	31.750	35.000	31.750								ø Db	31.750	35.000	31.750								ø da											ø db											R	1.000		1.000							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																								
Origen	0.00	205.00	1395.00	1500.00	1500.00	1500.00	1500.00	1500.00	1500.00	1500.00																																																																																								
L	205.000	1190.000	105.000																																																																																															
ø Da	31.750	35.000	31.750																																																																																															
ø Db	31.750	35.000	31.750																																																																																															
ø da																																																																																																		
ø db																																																																																																		
R	1.000		1.000																																																																																															

Figura 4.45 Ingreso datos para forma y dimensiones de eje (MITCalc)

Fuente: propia

²⁵ Joseph Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica, Sexta Edición, p. 125

²⁶ Ver en anexo C especificaciones de software MITCalc, proceso de ingreso de datos y resultados

3.0 **Muecas y collarino-abajo en el eje**

3.1 La última fuerza extensible (Su, Rm) 568.0 [MPa]

3.2 Factor de la sensibilidad de la muesca (q) 0.45

3.3 **A. Agujero transversal**

X[mm]	d[mm]	β_c	β_b	β_t
		1.00	1.00	1.00
		1.00	1.00	1.00

3.4 **B. Collarino-abajo**

X[mm]	d[mm]	r[mm]	β_c	β_b	β_t
			1.00	1.00	1.00
			1.00	1.00	1.00
			1.00	1.00	1.00

3.5 **C. Muesca general**

X[mm]	b[mm]	β_c	β_b	β_t
0.00	20.00	1.38	1.38	1.37
		1.00	1.00	1.00
		1.00	1.00	1.00
		1.00	1.00	1.00
		1.00	1.00	1.00

3.6 **D. Redondeo entre las secciones cilíndricas del eje**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
β_c	1.57	3.59	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
β_b	1.49	3.32	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
β_t	1.24	2.11	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Figura 4.46 Ingreso datos de muescas en eje (MITCalc)

Fuente: propia

4.0 **Cargamento del eje**

4.1 Cargamento

	X	Fx	F	alfa	Mt	Mb	alfa	Q	b	alfa
	[mm]	[N]		[°]	[Nm]		[°]	[N/mm]	[mm]	[°]
1	200.00	-16.9			-3.00	-1.55	0			
2	600.00	-16.9			1.50	-1.55	0			
3	1000.00	-16.9			1.50	-1.55	0			
4	200.00		-14.5	0		2.77	90			
5	600.00		-14.5	0		2.77	90			
6	1000.00		-14.5	0		2.77	90			
7	200.00		-6.1	90						
8	600.00		-6.1	90						
9	1000.00		-6.1	90						
10										

Figura 4.47 Ingreso cargas en eje (MITCalc)

Fuente: propia

En el extremo del eje se tiene el acople flexible LOVEJOY (matrimonio de ejes), el cual se considera como masa que rota en el extremo.

5.0 **Masas que rotan**

5.1 Masas que rotan adicionales (velocidad de la resonancia)

5.2 ¿Utilice el cargamento del peso de discos en el cálculo?

5.3

	X	D	d	b	Ro	m	
	[mm]				[kg/m ³]	[kg]	
M1	0.00	50.00	31.75	20.00	7800.0	0.18	<input checked="" type="checkbox"/>
M2	0.00	0.00	0.00	0.00	7800.0	0.00	<input checked="" type="checkbox"/>
M3	0.00	0.00	0.00	0.00	7800.0	0.00	<input checked="" type="checkbox"/>
M4	0.00	0.00	0.00	0.00	7800.0	0.00	<input checked="" type="checkbox"/>
M5	0.00	0.00	0.00	0.00	7800.0	0.00	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 4.48 Ingreso masas que rotan (MITCalc)

Fuente: propia

El material del eje es AISI 304 y las propiedades mecánicas se ingresan en el siguiente paso.

6.0 **Material y el tipo de cargamento**

6.1 Material del eje (último minuto-máximo de la fuerza extensible)

A...Acero estructural (350 - 700) 472.5 [MPa]

6.2 Última fuerza extensible S_u/R_m 568 [MPa]

6.3 Fuerza de la producción en S_V/R_e 276 [MPa]

6.4 Fuerza de la producción en S_{Vb}/R_{eB} 356 [MPa]

6.5 Fuerza de la producción en S_{Vs}/R_{eS} 192 [MPa]

6.6 **Para el cargamento invertido**

6.7 Límite de la fatiga - tensión σ_C 180 [MPa]

6.8 Límite de la fatiga - doblánd σ_{eC} 232 [MPa]

6.9 Límite de la fatiga - torsión τ_C 165 [MPa]

6.10 **Para el cargamento cíclico**

6.11 Límite de la fatiga - tensión σ_{hC} 269 [MPa]

6.12 Límite de la fatiga - doblánd $\sigma_{e hC}$ 347 [MPa]

6.13 Límite de la fatiga - torsión τ_{hC} 190 [MPa]

6.14 Masa específica R_o 7850.0 [kg/m³]

6.15 Módulo elástico de tensión E 210000 [MPa]

6.16 Módulo de la elasticidad en G 80000 [MPa]

6.17 Carga muerta

6.18 Coeficiente exhibido máximo de seguridad

6.19 Factor del cociente de la t α_0 1.15

6.20 **Coeficiente de cargamento máximo**

6.21 Flexión 1.50

6.22 Carga radial 1.50

6.23 Torsión 1.50

6.24 Tension/Compression 1.50

6.25 **Condiciones de cargamento**

6.26 El cargar a partir del momento de flexión A...Estático

6.27 El cargar de fuerza radial A...Estático

6.28 Carga a partir del momento torsional B...Repetido

6.29 El cargar de fuerza de tensión/pressure A...Estático

6.30 **Cheque dinámico de la fuerza**

6.31 Impacto de la superficie del eje

6.32 Impacto del tamaño del eje

6.33 Impacto de la concentración de la tens

Figura 4.49 Ingreso material y tipo de carga del eje (MITCalc)

Fuente: propia

Luego de finalizar el ingreso de datos se procede a ejecutar el análisis en el software, en este caso los resultados²⁷ calculados son los siguientes:

²⁷ Ver en anexo C especificaciones de software MITCalc, proceso de ingreso de datos y resultados

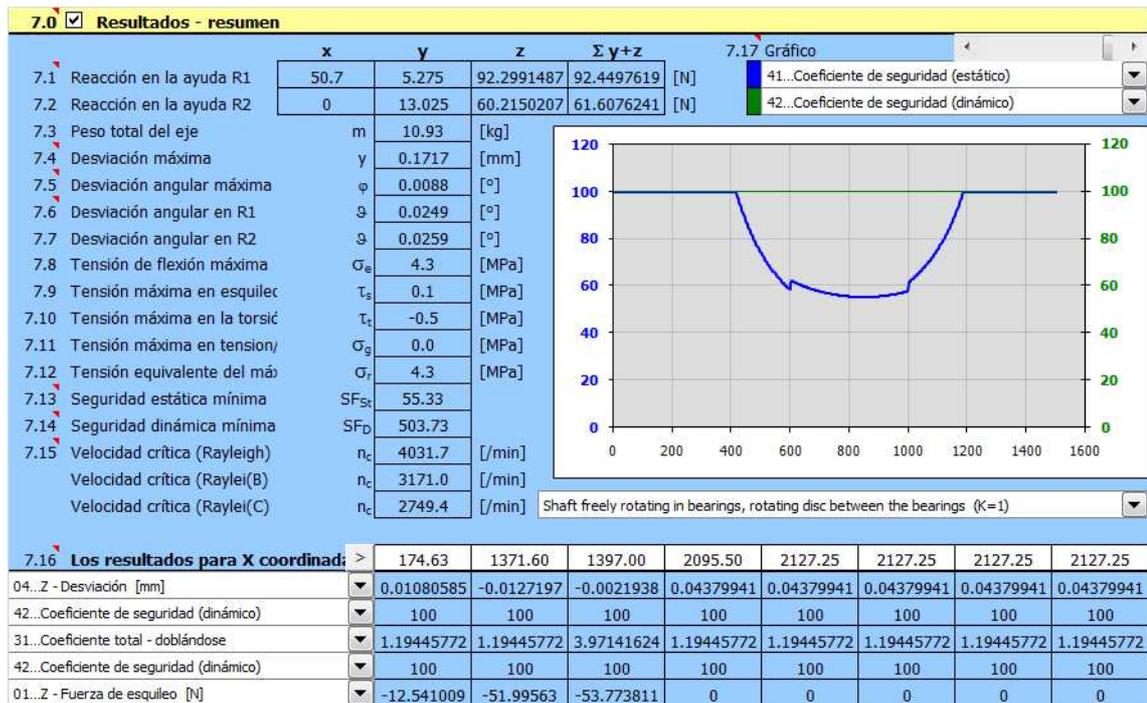


Figura 4.50 Resultados de cálculo (MITCalc)

Fuente: propia

Los resultados no presentan valores en rojo, por lo que el diseño del eje es válido para soportar las cargas. Además los factores de seguridad estática y dinámica son mayores a 1 por lo que se tiene certeza de que el eje no falla. Los ángulos de desviación son de vital importancia ya que si son muy elevados, los rodamientos se pueden trabar y dañar el motor.



Figura 4.51 Gráfico – Desviación, ángulo de deflexión del eje (MITCalc)

Fuente: propia

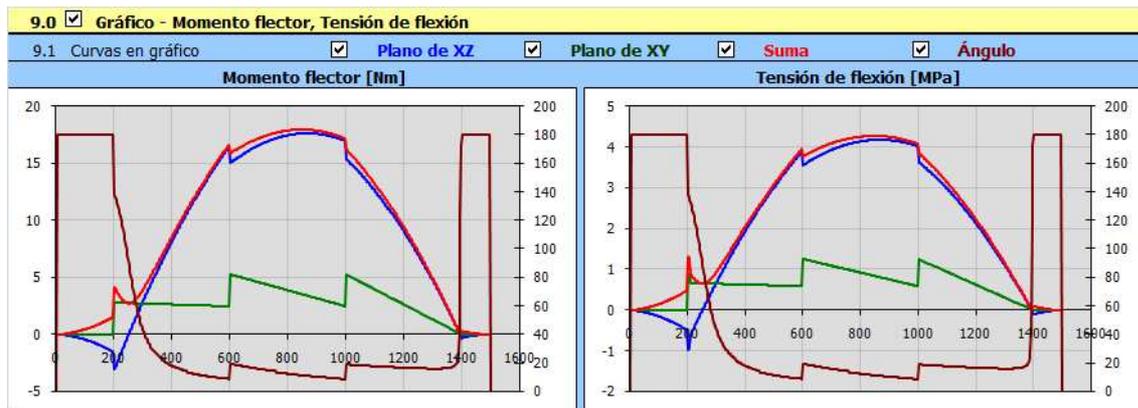


Figura 4.52 Gráfico – Momento flector, tensión de flexión del eje (MITCalc)

Fuente: propia

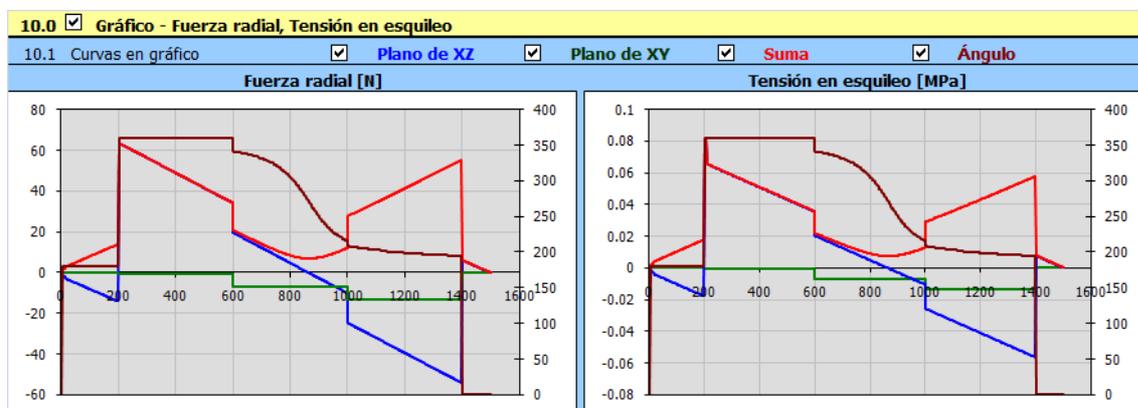


Figura 4.53 Gráfico – Fuerza radial, tensión en esqueleo del eje (MITCalc)

Fuente: propia

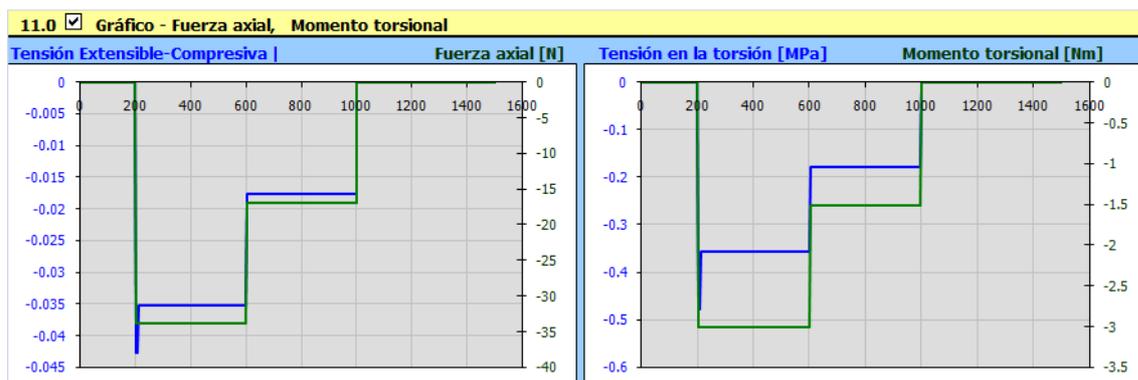


Figura 4.54 Gráfico – Fuerza axial, momento torsional del eje (MITCalc)

Fuente: propia

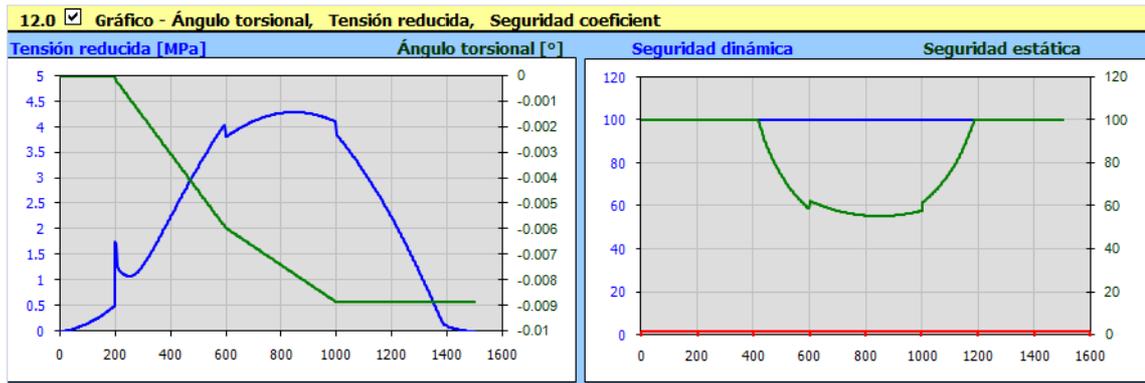


Figura 4.55 Gráfico – Ángulo torsional, tensión reducida del eje (MITCalc)

Fuente: propia

Para transmitir la potencia con el acople LOVEJOY se necesitan cuñas, tanto en el eje del aspa como en el eje del motor, por lo tanto se va a calcular a continuación las chavetas para la respectiva aplicación.

Cálculo de chaveta para eje del aspa y acople flexible

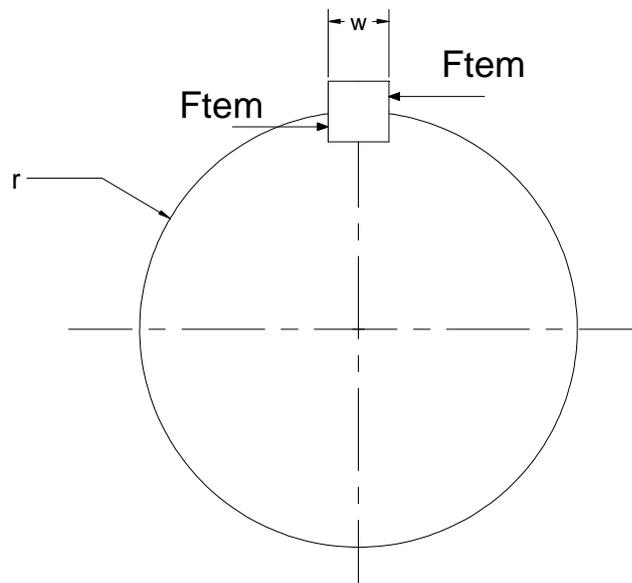


Figura 4.56 Diagrama de fuerzas en chavetas

Fuente: propia

Cálculo del torque en el eje del aspa (Tem):

$$P_s = 0.75 \text{ KW}$$

$$n_1 = 100 \text{ rpm}$$

$$d_{ej} = 31.75 \text{ mm}$$

$$T_{em} = 9550 \cdot \frac{P_s}{n_1}$$

$$T_{em} = 72 \text{ N m}$$

Cálculo de la fuerza tangencial (Ftem):

$$F_{tem} = \frac{2 \cdot T_{em}}{\frac{d_{ej}}{1000}}$$

$$F_{tem} = 4512 \text{ N}$$

Dimensiones de la chaveta:

Para esta aplicación se va a usar chavetas cuadradas y se seleccionó la dimensión en base al Anexo D.

$$w = 6 \text{ mm}$$

Para elementos dinámicos se recomienda utilizar un factor de seguridad de 2

$$FS = 2$$

Longitud de chaveta (Lch):

$$L_{ch} = 25 \text{ mm}$$

Esfuerzo por cortante (τ_v):

$$\tau_v = \frac{F_{tem}}{w \cdot L_{ch}} \tag{4.47}$$

$$\tau_v = 30 \text{ MPa}$$

$$S_{y1} = \frac{FS \cdot \tau_v}{0.58}$$

$$S_{y1} = 104 \text{ MPa}$$

En chavetas la falla puede producirse también por esfuerzo de aplastamiento, entonces se emplea un material para chaveta basándose en el mayor entre Sy_1 y Sy_2 .

Esfuerzo por aplastamiento (S_a):

$$\sigma_a = \frac{F_{tem} \cdot 2}{w \cdot L_{ch}} \quad (4.48)$$

$$Sy_2 = FS \cdot \sigma_a$$

$$Sy_2 = 120 \text{ MPa}$$

Con estos valores se selecciona un material que exista en el mercado nacional para la adquisición o construcción de la chaveta.

Para este caso se va a utilizar material AISI 1006 HR y las propiedades se pueden observar en el Anexo E.

$$Sy = 170 \text{ MPa}$$

$$Su = 300 \text{ MPa}$$

$$FSc = \frac{Sy}{\sigma_a}$$

$$FSc = 2.8$$

El factor de seguridad es mayor a 1 por lo que la chaveta no va a fallar, a pesar de que el factor es alto, la chaveta funciona como fusible mecánico si existiese una sobrecarga, ya que es de menor resistencia que los materiales involucrados en la conexión.

Cálculo de chaveta para eje del motor y acople flexible:

Cálculo del torque en el eje del motor (Tem):

$$P_s = 0.75 \text{ KW}$$

$$n_1 = 100 \text{ rpm}$$

$$d_{ej} = \frac{7}{8} \cdot 25.4 = 22.225 \text{ mm}$$

$$T_{em} = 9550 \cdot \frac{P_s}{n_1}$$

$$T_{em} = 72 \text{ N m}$$

Cálculo de la fuerza tangencial (Ftem):

$$F_{tem} = \frac{2 \cdot T_{em}}{\frac{d_{ej}}{1000}}$$

$$F_{tem} = 6445 \text{ N}$$

Dimensiones de la chaveta:

Para esta aplicación se va a usar chavetas cuadradas y se seleccionó la dimensión en base al Anexo D.

$$w = 6 \text{ mm}$$

Para elementos dinámicos se recomienda utilizar un factor de seguridad de 2

$$FS = 2$$

Longitud de chaveta (Lch):

$$L_{ch} = 25 \text{ mm}$$

Esfuerzo por cortante (τ_v):

$$\tau_v = \frac{F_{tem}}{w \cdot L_{ch}}$$

$$\tau_v = 5 \text{ MPa}$$

$$S_{y1} = \frac{FS \cdot \tau_v}{0.58}$$

$$S_{y1} = 148 \text{ MPa}$$

Esfuerzo por aplastamiento (Sa):

$$\sigma_a = \frac{F_{tem} \cdot 2}{w \cdot L_{ch}}$$

$$\sigma_a = 86 \text{ MPa}$$

$$S_{y2} = F_{Sc} \cdot \sigma_a$$

$$S_{y2} = 172 \text{ MPa}$$

Para este caso se va a utilizar material AISI 1006 HR y las propiedades se pueden observar en el Anexo E.

$$S_y = 170 \text{ MPa}$$

$$S_u = 300 \text{ MPa}$$

$$F_{Sc} = \frac{S_y}{\sigma_a}$$

$$F_{Sc} = 2$$

El factor de seguridad es mayor a 1 por lo que la chaveta no va a fallar, a pesar de que el factor es alto, la chaveta funciona como fusible mecánico si existiese una sobrecarga, ya que es de menor resistencia que los materiales involucrados en la conexión.

Cálculo de los rodamientos

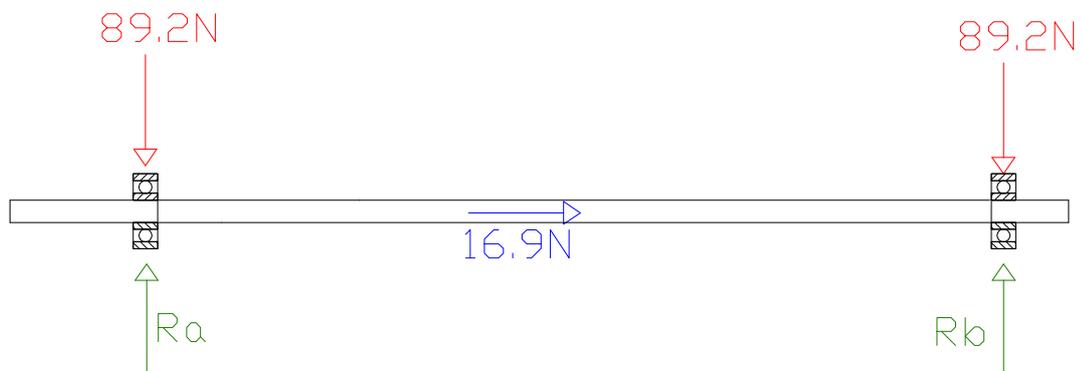


Figura 4.57 Cargas en rodamientos

Fuente: propia

$$\text{Fuerza tangencial } F_{\text{tang}} = 7.5 \cdot 9.8 + \left(\sqrt{14.5^2 + 6.1^2} \right) = 89.231 \quad \text{N}$$

$$\text{Fuerza axial } F_{\text{ax}} = 16.9 \quad \text{N}$$

$$\text{Fuerza total } F_t = \sqrt{F_{\text{tang}}^2 + F_{\text{ax}}^2} = 90.817 \quad \text{N}$$

$$W_i = 100 \quad \text{rpm}$$

$$\text{Vidadeseada} = \frac{100000000}{W_i \cdot 60}$$

$$\text{Vidadeseada} = 9921 \quad \text{horas}$$

Cálculo de la capacidad dinámica

$$C_{12} = F_t \cdot \left(\frac{\text{Vidadeseada} \cdot W_i \cdot 60}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (4.49)^{28}$$

$$C_{12} = 422 \quad \text{N}$$

Con el valor de la capacidad dinámica se selecciona el rodamiento y posteriormente la chumacera de pared.

En el mercado nacional se encuentra con mucha facilidad el tipo de chumacera UCF 207-20 con un rodamiento UC 207-20, para ejes con diámetro de 31.75 mm (1 ¼") con capacidad dinámica de 19.75 KN²⁹ lo cual es suficiente para nuestra aplicación. Las características de la chumacera y del rodamiento se presentan en el Anexo F.

Selección del acople flexible

$$\text{Torque nominal } T_q = 71.625 \quad \text{Nm}$$

$$\text{Factor de servicio}^{30} \quad F_{\text{acs}} = 1$$

$$\text{Torque diseño } T_d = T_q \cdot F_{\text{acs}} = 71.625 \quad \text{Nm}$$

²⁸ Joseph Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica, Sexta Edición, p. 703

²⁹ Ver catálogo ANEXO F

³⁰ Ver anexo G

Con el torque de diseño se procede a seleccionar el acople según el ANEXO H y se selecciona el acople L 110 ya que el diámetro máximo del agujero para maquinar es de 42 mm y en nuestro caso es 31.75 mm, el torque que se genera es 72 Nm y el acople flexible SOX (NBR) nos da hasta 89.5 Nm. En el mercado nacional se encuentra con mucha facilidad el tipo de acople L110 con material elástico SOX (NBR) RUBBER.

4.1.4 DISEÑO BASTIDOR

Para el diseño del bastidor se va a utilizar tubería rectangular ASTM A36 de 50 x 25 x 1.2 mm, debido a su fácil adquisición en el mercado nacional. La parte más crítica de la estructura son las luces de 1200 mm, ya que en esta parte se sujeta la tolva. Entonces se realizó el respectivo análisis en SolidWorks, aplicando una fuerza crítica, es decir si la tolva estuviese llena por completo, claro está que es un caso extremo ya que para la correcta operación de la tolva se llena de producto solo hasta que el aspa quede sumergida la mitad. El total de la fuerza crítica y el peso de la tolva es de 2200 N, los cuales fueron distribuidos en la estructura como se presenta a continuación.

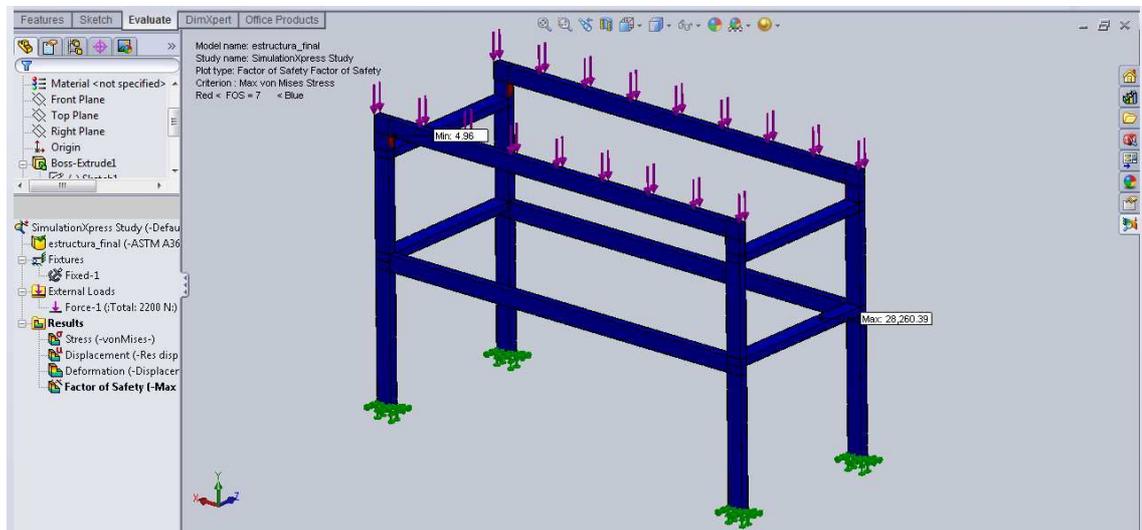


Figura 4.58 Gráfica de factor de seguridad en estructura

Fuente: propia

El factor de seguridad calculado por el software es de 4.95, además en la figura anterior se puede apreciar donde el diseño empieza a fallar al diagramar las zonas que presenten un factor de seguridad menor a 7.

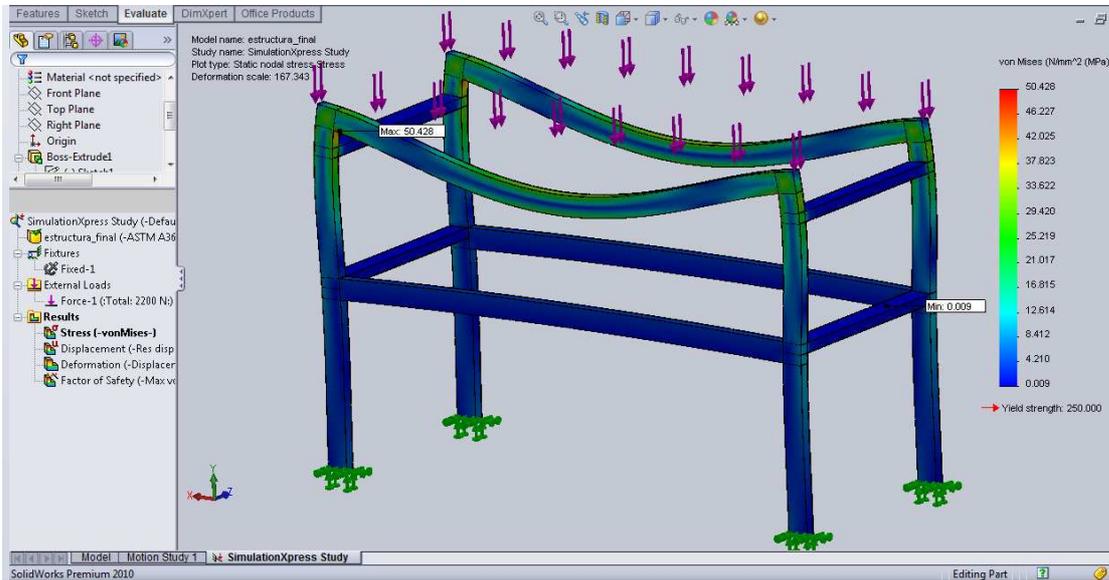


Figura 4.59 Diagrama de esfuerzos en estructura

Fuente: propia

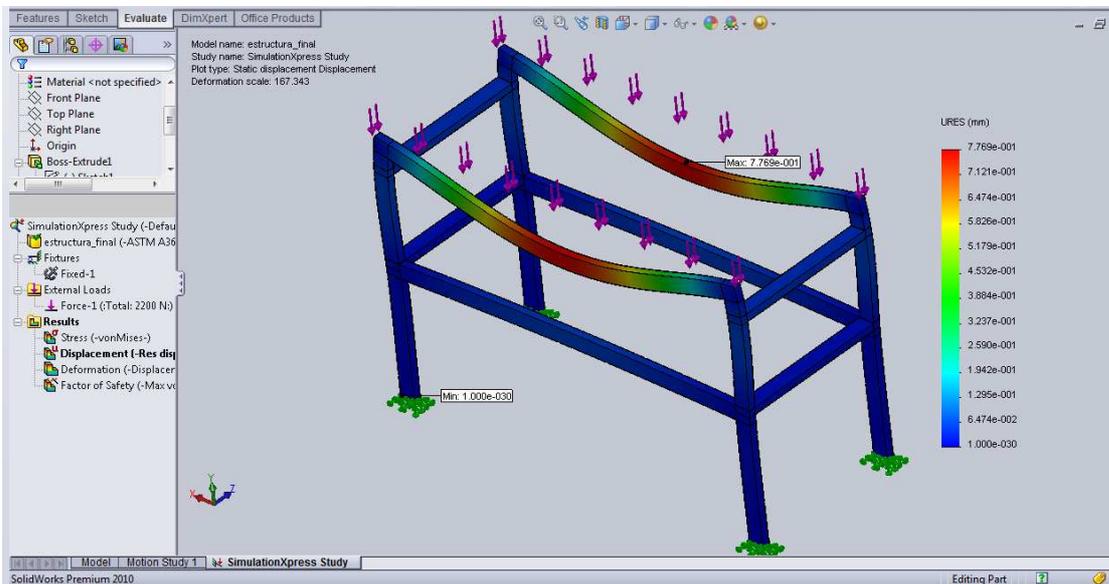


Figura 4.60 Diagrama de deflexión en estructura

Fuente: propia

En la figura anterior se puede apreciar que la deformación es menor a 2 mm lo cual está dentro del límite establecido para este proyecto.

4.1.5 DISEÑO SISTEMA DE BOMBEO

Para el sistema de bombeo se debe tomar en cuenta que en el proceso de fabricación de detergente, se dosifica de manera gradual el líquido compuesto por agua, silicatos y aromas para lograr la reacción química que forma el grano de detergente.

Para este proyecto el sistema de bombeo está compuesto por un recipiente, donde se colocará la cantidad necesaria de insumos en función de la cantidad de detergente a fabricarse, también se ha establecido bombear el líquido mediante una bomba centrífuga marca PAOLO³¹ de 0.5 HP con salidas de 1 pulgada de diámetro, lo cual es válido para el tipo de dosificación que necesita el producto, al ser una bomba de alto caudal se necesitan pulsos cortos de encendido para poder dosificar uniformemente el líquido.

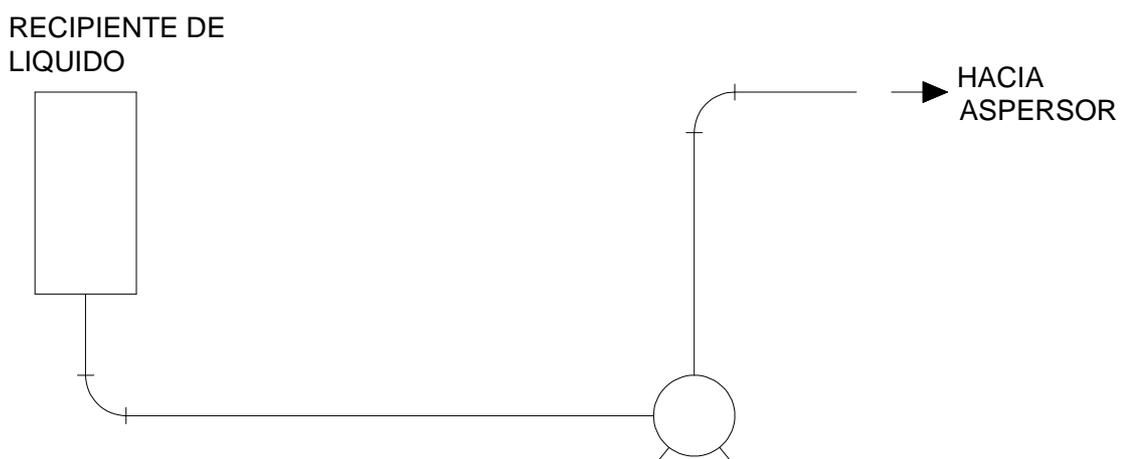


Figura 4.61 Esquema sistema de bombeo

Fuente: propia

Para el líquido a utilizarse, las cantidades de químicos utilizados son bajas en relación a la cantidad de agua, razón por la cual no afecta de manera apreciable al funcionamiento de la bomba. La potencia de la bomba es más que suficiente para este fin ya que se va a bombear a una altura no mayor a 1 metro y la capacidad de la cabeza de la bomba es hasta de 40 metros. Este tipo de bombas es muy económica en nuestro mercado local y se puede

³¹ Características de bomba centrífuga ver en ANEXO I

encontrar una amplia gama de repuestos, lo cual lo hace una elección válida para la máquina procesadora de detergente.

La tubería a utilizarse es PVC de ½" pulgada de diámetro ya que se manejan presiones no altas hasta de 40 metros. Además el tipo de tubería es muy fácil de encontrar en el mercado nacional y los dispositivos de acoples como son tees, codos de 90 grados, etc. también. Al tratarse de un tramo no mayor a 2 metros en succión y no mayor a un metro en descarga, no hace falta realizar cálculos de pérdida de presión ya que es un tramo muy corto y la pérdida es mínima.

El aspersor que se va a utilizar debe cumplir la característica principal de formar una estela de líquido, es decir una nube que llegue a la mayor parte del producto posible, ya que de esto depende la calidad de detergente y la rapidez del proceso.

Para este caso se ha seleccionado un aspersor para fumigación de 6 boquillas regulables, este elemento es de marca YAMAHO³² y es de cobre galvanizado, presenta un diámetro de ¼" y también se pueden conseguir repuestos en el mercado nacional, lo cual presenta una gran ventaja para el mantenimiento y una gran eficiencia de dosificado.



Figura 4.62 Aspersor de líquido YAMAHO

Fuente: propia

³² Ver características del elemento en ANEXO J.

4.2 DISEÑO SISTEMA DOSIFICADOR DE PRODUCTO TERMINADO

Para la dosificación de producto terminado se necesita un desfogue en la tolva, de manera que el producto salga de manera continua y controlada por el movimiento del aspa. La tapa de dosificación se ubica en una de las caras laterales de la tolva para facilitar el manejo al operador y cuenta con un canal guía para colocar el producto directamente en cajas o en gavetas para su posterior empaque.

El agujero de dosificación no debe ser muy pequeño ya que obstaculizaría la salida de producto y tampoco demasiado grande ya que saldría demasiada cantidad de producto al momento de abrir la tapa, lo cual podría provocar derrames de detergente. Por esta razón se ha decidido realizar un agujero de 80 x 65 mm, en la parte lateral inferior de la tolva. A través de este orificio se va a dosificar aproximadamente 20 kg/min a velocidad mínima del motor, lo cual es óptimo para la adecuada manipulación del operador y empaquetador. La tapa se tiene que trabar en la tolva para que no exista pérdida de detergente durante el proceso de elaboración. Para la facilidad de desfogue se ha diseñado una canaleta para evitar que se derrame el detergente y además ésta sirve de guía para colocar el producto en el embase contenedor.

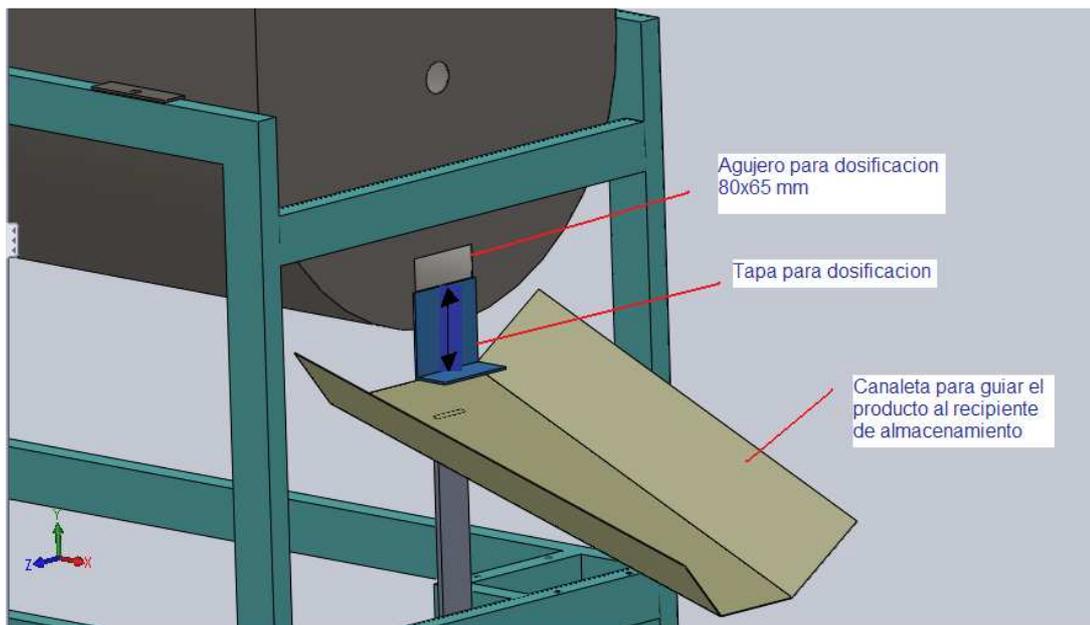


Figura 4.63 Sistema dosificador de producto terminado

Fuente: propia

4.3 DISEÑO SISTEMA ELÉCTRICO

El sistema eléctrico de la máquina es fundamental para el control de tiempos y calibraciones así como labores del operador. Para una correcta operación la máquina va a funcionar de la siguiente manera, el operador va a mover un selector de encendido para el motor y otro para la bomba, además va a contar con una perilla para poder variar la velocidad del motor según sean los requerimientos, los cuales pueden ser de proceso o de dosificación. Posteriormente el operador apaga la bomba y abre la tapa para empezar el dosificado.

Hay que tomar en cuenta que la bomba manda dosificaciones controladas por periodos de tiempo no mayores a 10 segundos, estos periodos se pueden dar de 1 a 5 minutos según sean los parámetros de calibración. Para lograr este propósito se va a instalar un temporizador cíclico para la bomba.

Se va a utilizar un variador de frecuencia marca SIEMENS³³ para dar un mejor funcionamiento y seguridad de operación al motor, se van a realizar conexiones en el variador de frecuencia para facilitar el encendido y el control de la velocidad del motor.

Se va a contar también con luces que indiquen el encendido del motor y de la bomba para poder monitorear su funcionamiento. Un elemento importante para una buena conexión son los terminales para conexión de seis tomas, de esta manera se evitan realizar empalmes múltiples en la entrada de la fuente externa de 220V.

Todos estos elementos se van a ubicar dentro de un cajetín para control eléctrico de manera que faciliten las operaciones del usuario y se organice de manera adecuada el cableado eléctrico. El diagrama de control eléctrico se lo puede ver en el Anexo M, hoja 26.

³³ Ver características del variador en Anexo K

CAPÍTULO 5

CONSTRUCCIÓN

5.1. LISTA DE MATERIALES

Los materiales involucrados en la fabricación son de dos tipos elementos normalizados o elementos a maquinarse.

Los dos tipos de materiales cumplen sus características físicas, mecánicas y químicas según las normas AISI, ASTM, ANSI, AWS, entre otras según sea su procedencia.

Tabla 5.1 Lista de elementos para maquinarse

Lista de piezas para maquinarse			
Ord	Descripción	Material	Observaciones
1	Plancha de acero inoxidable	AISI 304	Dimensión 500 x 500 mm; Espesor = 2.5 mm
2	Plancha de acero inoxidable	AISI 304	Dimensión 1220 x 2440 mm; Espesor = 1.5 mm
3	Tubo rectangular	ASTM A36	Sección 50 x 25 x 1.2 mm.
4	Eje acero inoxidable	AISI 304	$\phi = 35$ mm; L= 1500 mm.
5	Eje acero inoxidable	AISI 304	$\phi = 10$ mm; L= 3000 mm.
6	Perfil de acero omega	ASTM A36	L = 2400 mm
7	Platina estructural	ASTM A36	Sección 40 x 6 mm
8	Plancha para base del motor	ASTM A36	Espesor = 6 mm
9	Plancha para refuerzo chumacera	ASTM A36	Espesor = 6 mm
10	Plancha de acero inoxidable	AISI 304	Dimensión 1500 x 500 mm; Espesor = 1.5 mm

Fuente: Propia

Tabla 5.2 Lista de elementos normalizados

Lista de piezas normalizadas			
Ord	Cant.	Descripción	Característica
1	1	Motoreductor 1 HP 1:15	220 V
2	2	Chavetas cuadradas 6x6x20 mm	AISI 1006
3	2	Chumacera pared UCF-207-20	$\phi = 1.25"$
4	1	Acople flexible LOVEJOY	L-110, SOX
5	4	Perno hexagonal 5/16" - 18 UNC 1"	SAE 12
6	15	Tuerca hexagonal 5/16" - 18 UNC	
7	8	Arandela de presión 5/16"	
8	8	Perno de carrocería 1/2" - 13 UNC 1.5"	Niquelado
9	8	Tuerca hexagonal 1/2" - 13 UNC	Inoxidable
10	8	Arandela de presión 1/2"	Inoxidable
11	4	Perno hexagonal 5/16" - 18 UNC 3"	SAE 12
12	3	Perno hexagonal 5/16" - 18 UNC 2"	ASTM 307 A
13	3	Arandela plana 5/16"	
14	6	Perno hexagonal 7/16" - 14 UNC 2.5"	SAE 8
15	6	Arandela plana 7/16"	
16	6	Tuerca hexagonal 7/16" - 14 UNC	
17	14	Perno hexagonal 1/4" - 20 UNC 1"	Inoxidable
18	22	Tuerca hexagonal 1/4" - 20 UNC	Inoxidable
19	22	Arandela de presión 1/4"	
20	4	Perno hexagonal 5/16" - 18 UNC 0.5"	SAE 12
21	4	Perno cabeza redonda 1/4" - 20 UNC	Inoxidable
22	8	Arandela plana 1/4"	
23	4	Perno hexagonal 1/4" - 20 UNC 2.5"	SAE 8
24	1	Bomba centrífuga 1/2 HP	220 v
25	1	Aspersor YAMAHO de 6 boquillas	Inoxidable
26	1	Cajetín 30x30x17 cm	
27	1	Acople 1/4"x1/2"	Cobre
28	8	Codo 90 grados 1/2"	PVC
29	2	Acople 1"x1/2"	PVC
30	1	Variador de frecuencia	220v
31	1	Contacto	220v
32	1	Riel de plástico para cableado	Cuadrada 1"
33	1	Cable x3	15 metros
34	1	Temporizador cíclico	1 a 60 segundos
35	2	Focos	220V
36	3	Switch	
37	2	Regleta de terminales	
38	1	Prensaestopas	$\phi = 3/4"$

Fuente: Propia

5.2. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

5.2.1 EQUIPOS NECESARIOS PARA LA FABRICACIÓN

Entre los equipos más sobresalientes, que se destacan para este proyecto, son los siguientes:

Máquina para soldadura SMAW

En este caso se contó con una máquina marca MILLER Bobcat, la cual funciona con gasolina para poder realizar soldadura en campo.



Figura 5.1 Máquina de soldadura SMAW

Fuente: propia

Para realizar el proceso de soldadura se debe usar máscara de protección, guantes, y elementos de protección industrial tales como botas de suela de caucho, ropa de algodón, entre otros.

El proceso de soldadura SMAW se va a utilizar para soldar la estructura de la máquina (ASTM A36), base del motor (ASTM A36) y orejas de soporte en la tolva (AISI 304). Los electrodos a utilizarse para estos procesos son AWS E 6011 y AWS E 308L.

Máquina para soldadura TIG

La máquina para soldadura TIG se presenta a continuación, la cual cuenta con su respectiva antorcha para soldar con material de aporte, en este caso se va a utilizar varilla AWS ER 308L, el cual es recomendado para soldar material AISI 304, el cual está presente en la tolva y en el diseño del aspa. El acabado que

produce este tipo de soldadura es muy bueno y no deja mucha escoria, por lo que da una mejor estética a los elementos a soldarse además de brindar una resistencia adecuada para este tipo de prestaciones industriales.

El gas a utilizarse para el proceso es argón, debido a que se utiliza un electrodo EWTh-1 el cual brinda alta penetración y tiene una composición de Tungsteno – Thorio 1%. El tipo de electrodo se identifica por el punto amarillo que tiene en la parte superior.¹



Figura 5.2 Máquina de soldadura TIG

Fuente: propia



Figura 5.3 Antorcha de soldadura TIG

Fuente: propia

¹ Naranjo Carlos, Tecnología de la Soldadura, p. 52

Torno paralelo

El torno paralelo se lo va a utilizar para torear el eje y para desbastar los pernos niquelados para asegurar las chumaceras. También se lo va a utilizar para realizar el agujero en la placa de soporte del motor, así como para los chaveteros del acople LOVEJOY.



Figura 5.4 Torno paralelo

Fuente: propia

Fresadora

La fresadora se va a utilizar para maquinar los chaveteros en el eje del aspa y en el eje del motor.



Figura 5.5 Fresadora

Fuente: propia

Taladro de pedestal

El taladro de pedestal se va a utilizar para realizar los agujeros en los diferentes elementos para sujeción, como las ojeras de la tolva, la placa del motor, las barras rigidizadoras para evitar que se fleje la tolva debido a su longitud y a los procesos de soldadura implicados.



Figura 5.6 Taladro de pedestal

Fuente: propia

Moladora

La moladora es importante en la fabricación ya que se puede dar un acabado adecuado a los cordones de soldadura, además es muy útil para el corte de tubería rectangular y desbaste de material sobrante.



Figura 5.7 Moladora

Fuente: propia

Pantógrafo CNC

Para los cortes de las planchas de acero inoxidable se va a utilizar un pantógrafo CNC, el cual presenta una tolerancia de ± 1 mm lo cual es muy bueno para nuestro diseño ya que la tolva y el aspa deben tener una gran precisión de corte para que se procese de manera adecuada la mayor cantidad de producto posible. El corte se lo realiza con equipo de oxicorte colocado en el sistema móvil del equipo.



Figura 5.8 Pantógrafo CNC

Fuente: propia

Roladora

Para realizar la parte semicilíndrica de la tolva se va a utilizar una roladora debido a la rigidez del material.



Figura 5.9 Roladora

Fuente: propia

5.2.2 DIAGRAMAS DE PROCESO DE LOS ELEMENTOS A FABRICARSE

Primeramente se va a fabricar el aspa para luego construir la tolva y posteriormente la estructura base y tapas de recipientes. El aspa tipo tornillo cuenta de 3 elementos principales, los cuales son; el eje principal, las barras circulares y las aspas.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO

EJE PRINCIPAL DEL ASPA

Código: EJ-001-35

Trazado por: LUIS FELIPE LASSO T.

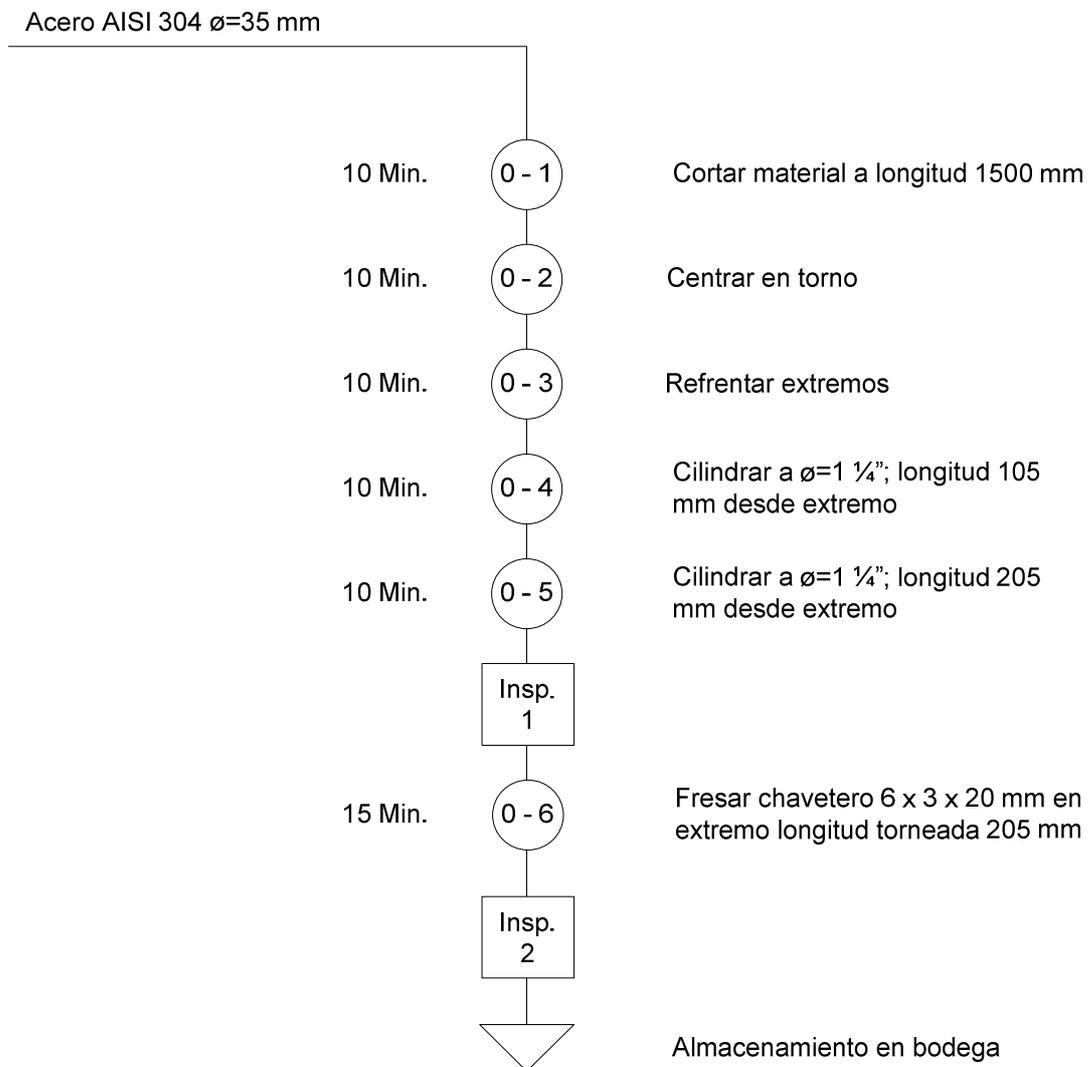


Figura 5.10 Diagrama de procesos eje principal aspa

Fuente: propia



Figura 5.11 Eje principal del aspa $\varnothing = 35\text{mm}$; $L = 1500\text{ mm}$

Fuente: propia



Figura 5.12 Eje principal del aspa construido

Fuente: propia

El siguiente elemento a ser maquinado es la barra circular para soporte del aspa, para esto se necesita un eje de material AISI 304 con diámetro de 10 mm y longitud de 3000 mm, para luego ser cortado en 13 barras de 230 mm según el diseño realizado.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO

BARRA CIRCULAR PARA SOPORTE DEL ASPA

Código: EJ-002-10

Trazado por: LUIS FELIPE LASSO T.

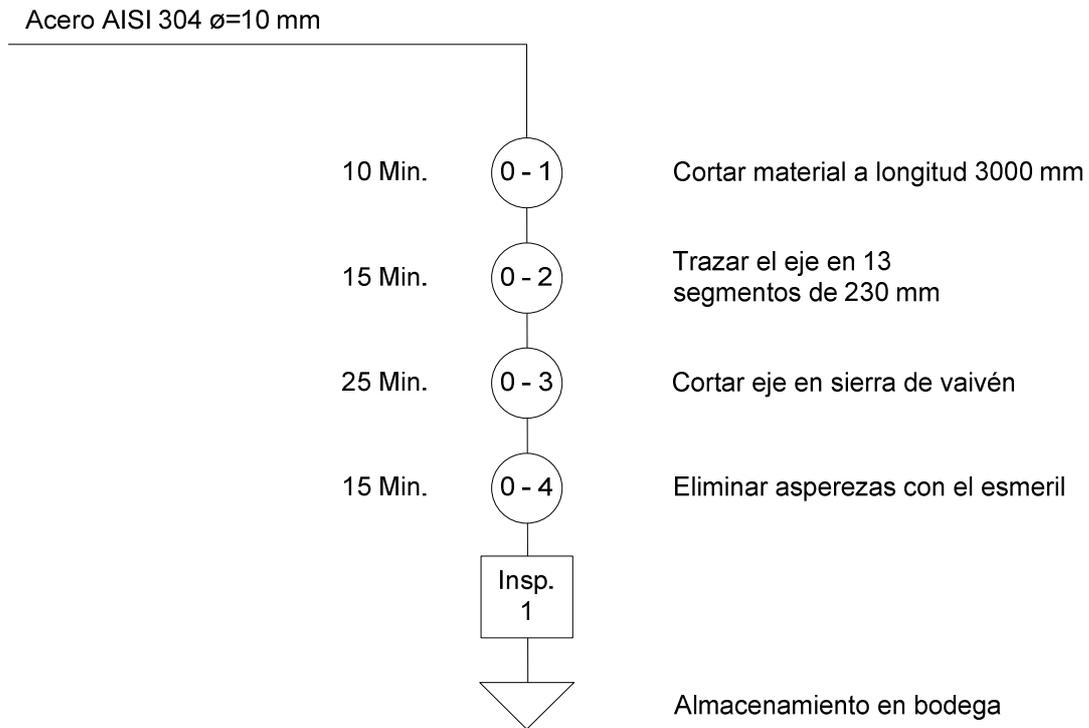


Figura 5.13 Diagrama de proceso barra circular

Fuente: propia

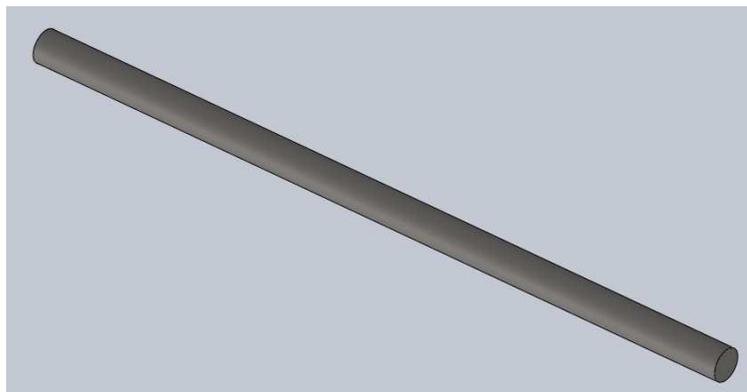


Figura 5.14 Barra circular para soporte de aspa

Fuente: propia



Figura 5.15 Barra circular construida

Fuente: propia

Para finalizar la construcción de los elementos del aspa tipo tornillo se va a realizar el corte de las doce aspas en el pantógrafo CNC.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO

ASPAS
 Código: ASP-003-2.5
 Trazado por: LUIS FELIPE LASSO T.

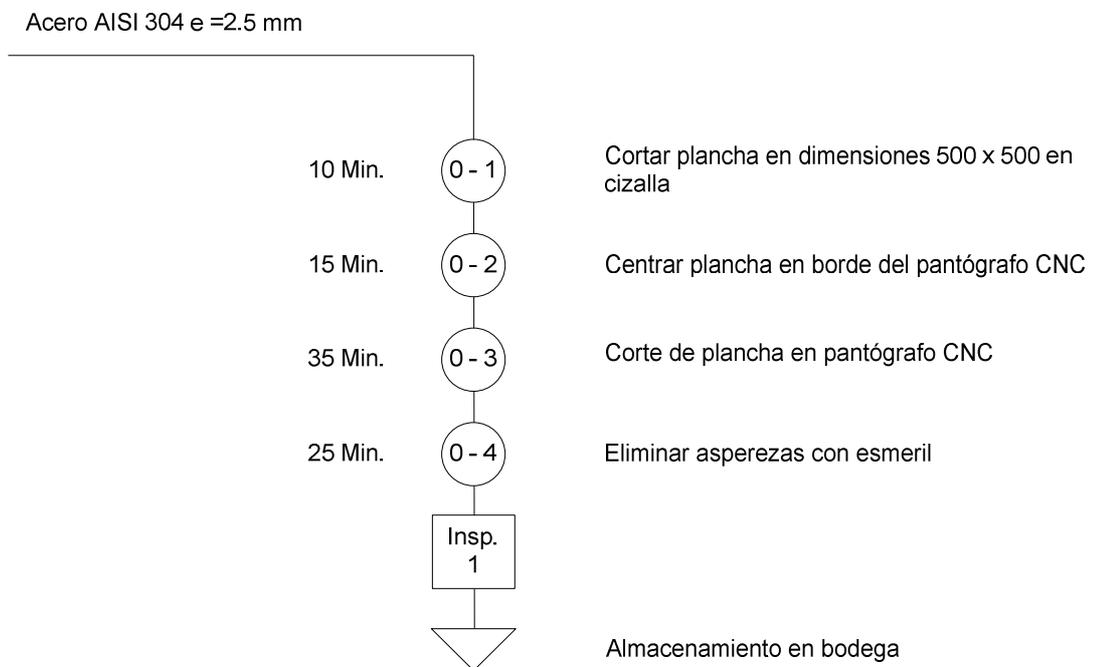


Figura 5.16 Diagrama de proceso aspas

Fuente: propia

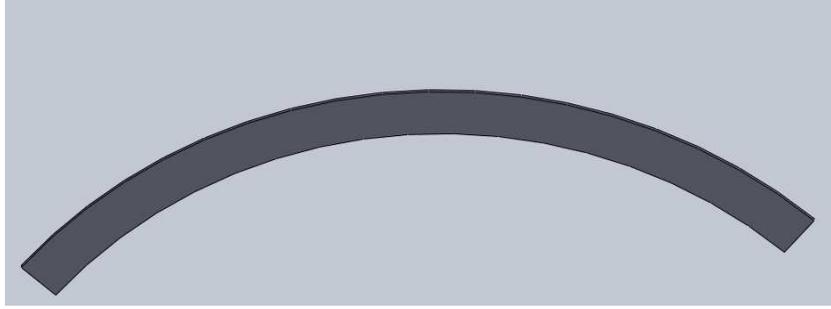


Figura 5.17 Aspa

Fuente: propia



Figura 5.18 Aspas cortadas

Fuente: propia

Para la tolva se procede a cortar las tapas y el cuerpo del elemento, luego se rola el cuerpo con un radio de 250 mm, esta operación es necesaria para aumentar la rigidez del material utilizado, de esta manera se tiene en óptimas condiciones para soldar las piezas.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO

Tolva
Código: TLV-004-1.5
Trazado por: LUIS FELIPE LASSO T.

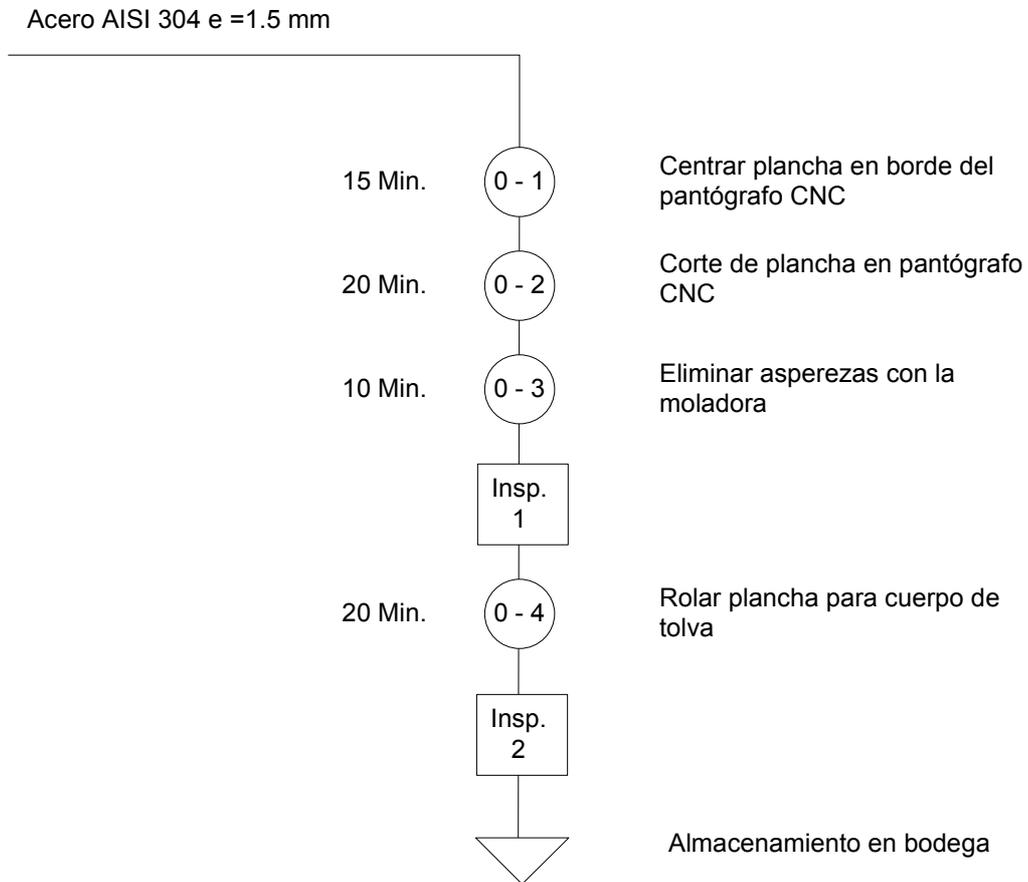


Figura 5.19 Diagrama de proceso tolva

Fuente: propia



Figura 5.20 Tapa lateral de tolva construida

Fuente: propia

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
 PLACA SOPORTE DEL MOTOR
 Código: PLSM-005-6
 Trazado por: LUIS FELIPE LASSO T.

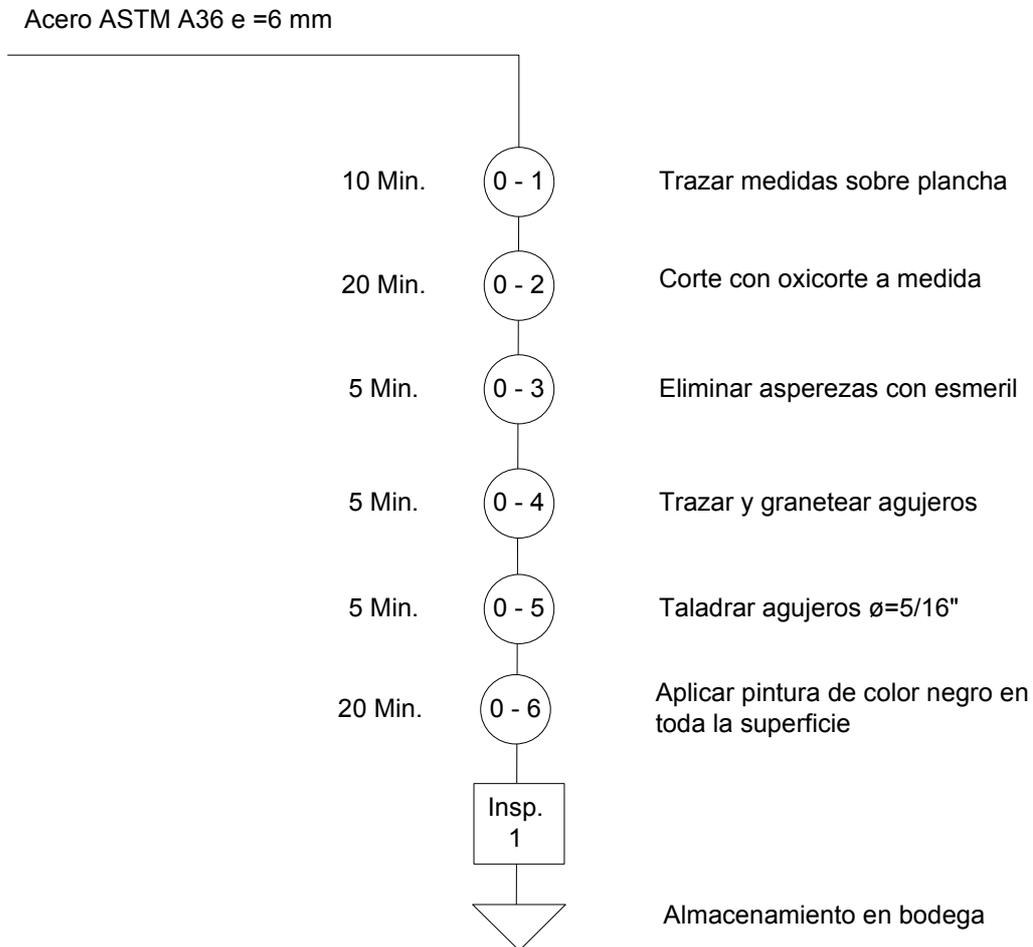


Figura 5.21 Diagrama de proceso placa soporte del motor

Fuente: propia



Figura 5.22 Placa soporte del motor construida

Fuente: propia

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO

OREJAS PARA SUJECCIÓN EN TOLVA

Código: OPST-006-2.5

Trazado por: LUIS FELIPE LASSO T.

Acero AISI 304 e = 2.5 mm

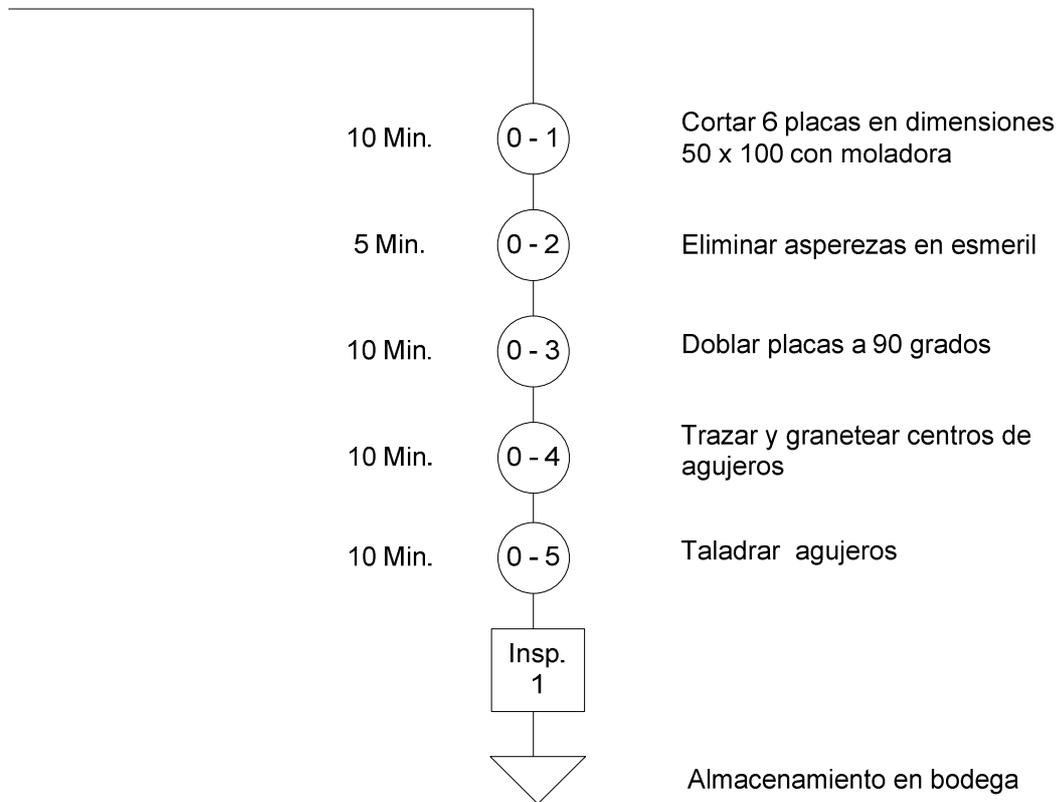


Figura 5.23 Diagrama de proceso orejas para sujeción de tolva

Fuente: propia



Figura 5.24 Orejas para sujeción de tolva construidas

Fuente: propia

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO

MAQUINADO DE ACOPLES

Código: ACL-007

Trazado por: LUIS FELIPE LASSO T.

Acople LOVEJOY L-110

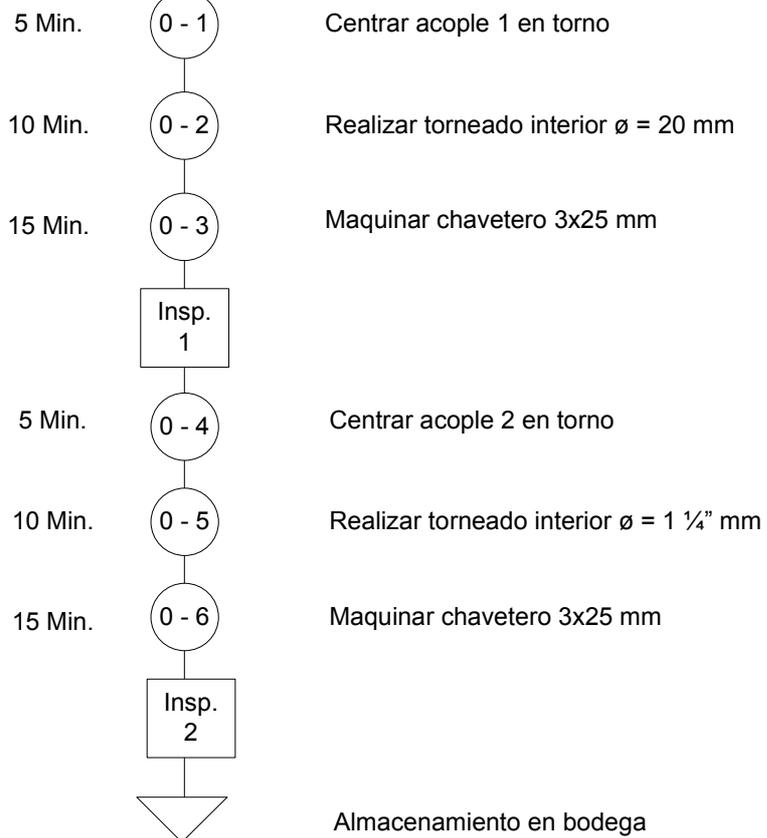


Figura 5.25 Diagrama de proceso para maquinar acople LOVEJOY L-110

Fuente: propia



Figura 5.26 Acople LOVEJOY L-110 maquinado

Fuente: propia

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO

PLACAS DE ANCLAJE
Código: PDA-008-6
Trazado por: LUIS FELIPE LASSO T.

Platina ASTM A36; sección 40 X 6 mm

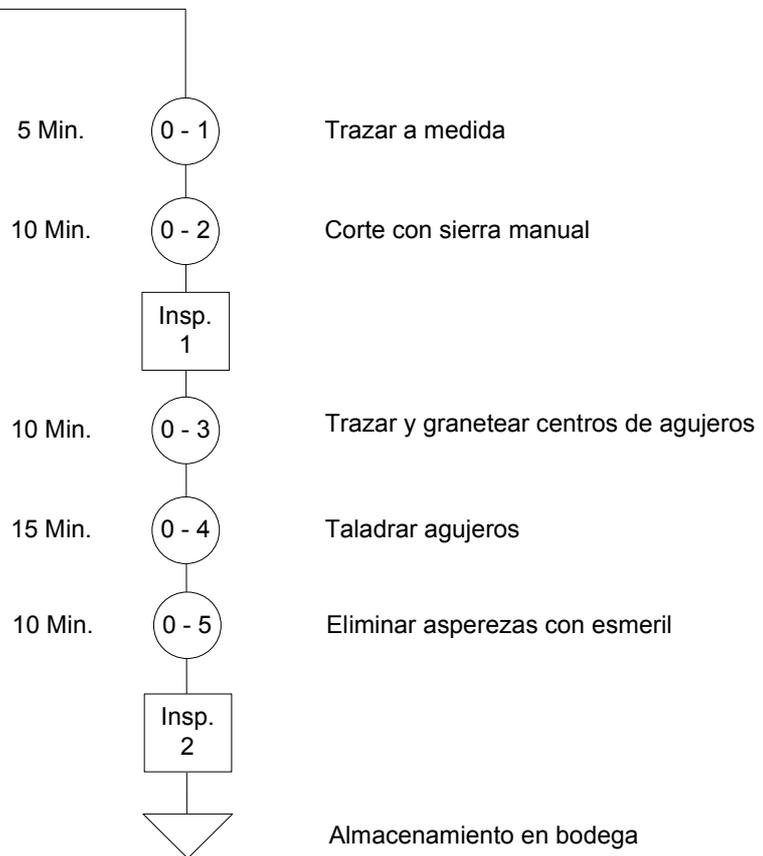


Figura 5.27 Diagrama de proceso placas de anclaje

Fuente: propia



Figura 5.28 Placa de anclaje construida

Fuente: propia

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
 PLACA SOPORTE CHUMACERA
 Código: PLSC-009-6
 Trazado por: LUIS FELIPE LASSO T.

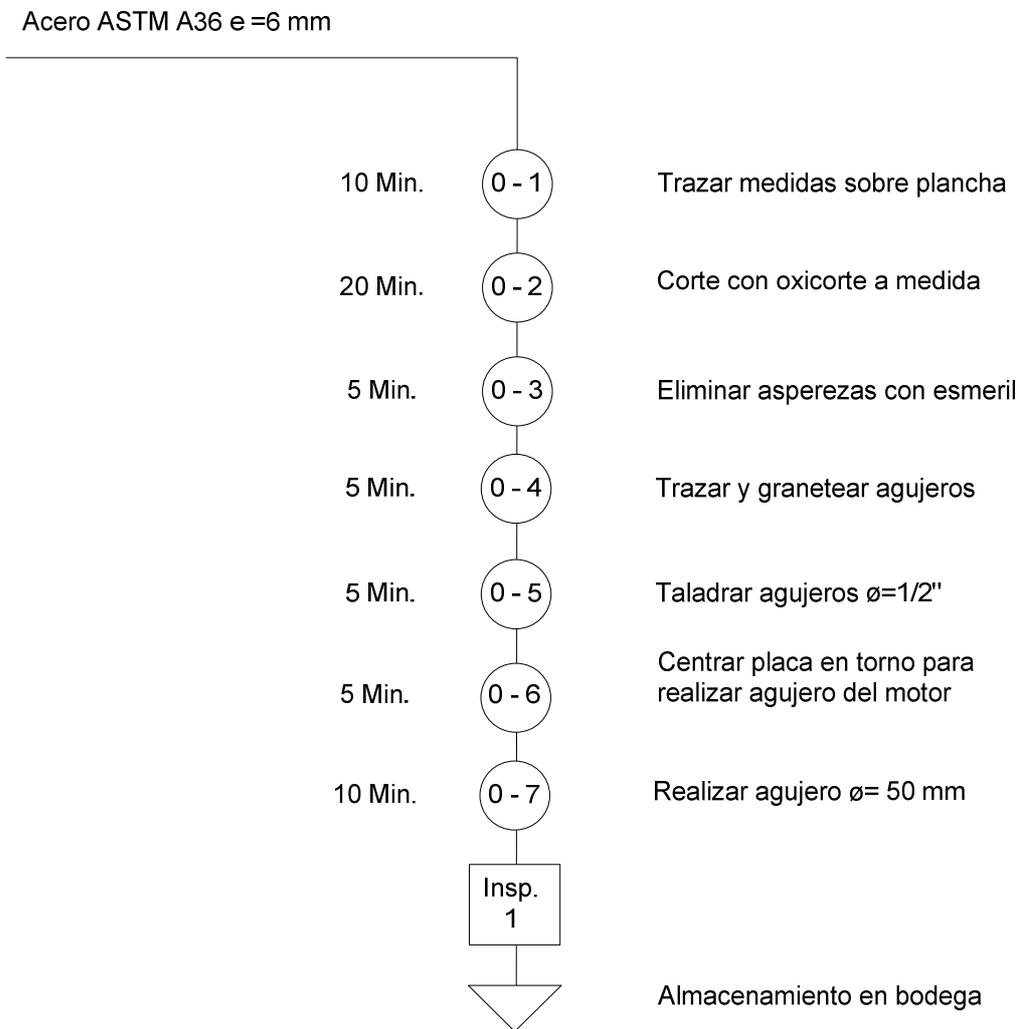


Figura 5.29 Diagrama de proceso placa soporte chumacera

Fuente: propia

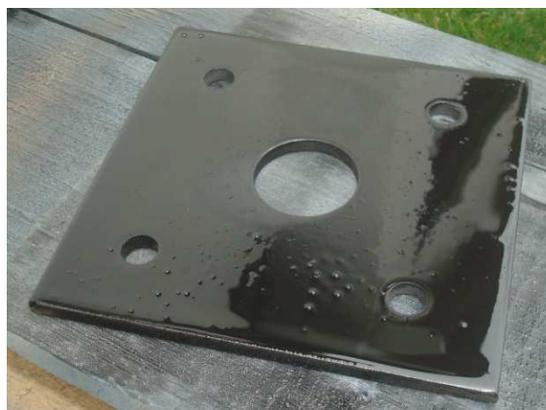


Figura 5.30 Placa soporte chumacera construido

Fuente: propia

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
PERFIL OMEGA
Código: PO-010
Trazado por: LUIS FELIPE LASSO T.

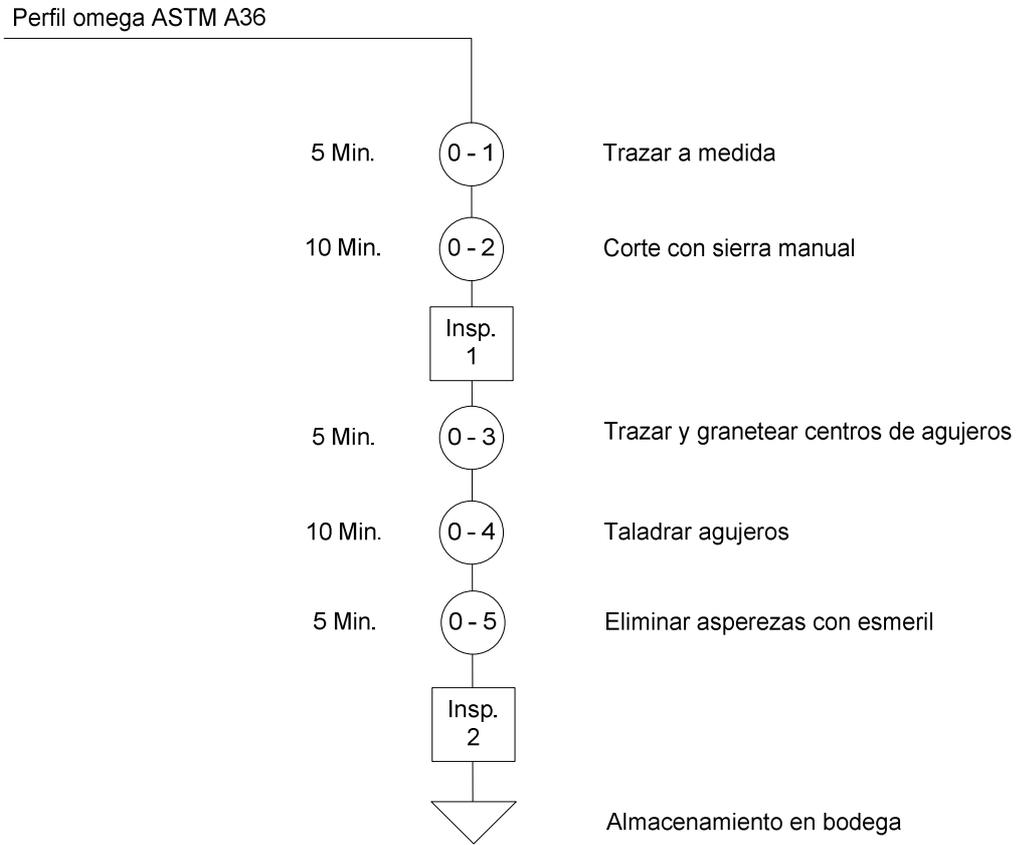


Figura 5.31 Diagrama de proceso perfil omega

Fuente: propia



Figura 5.32 Perfil omega construido

Fuente: propia

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
 ESTRUCTURA BASTIDOR
 Código: EB-011-1.2
 Trazado por: LUIS FELIPE LASSO T.

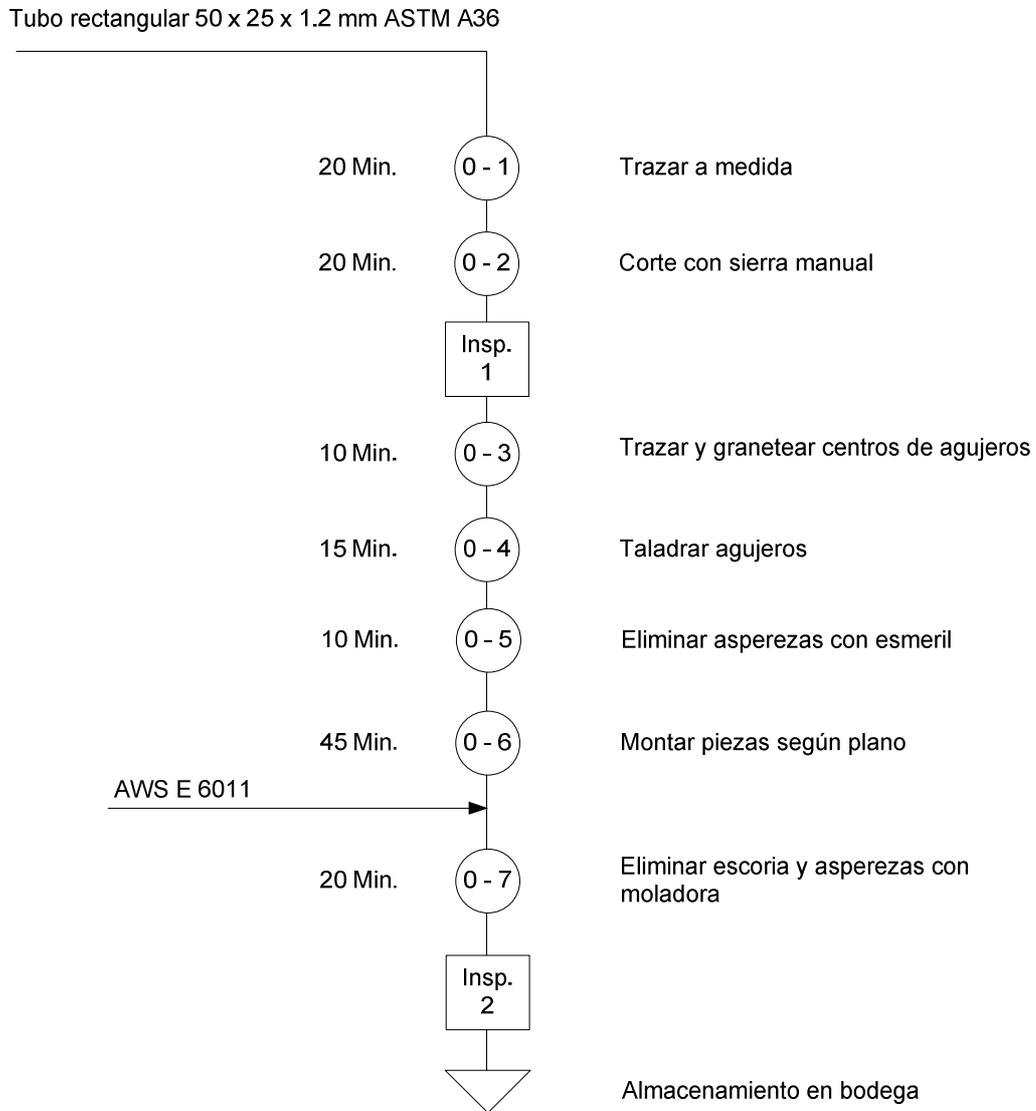


Figura 5.33 Diagrama de proceso estructura

Fuente: propia



Figura 5.34 Estructura

Fuente: propia



Figura 5.35 Estructura construida

Fuente: propia

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
 ENSAMBLAJE ASPA TIPO TORNILLO
 Código: ENS-AS-012
 Trazado por: LUIS FELIPE LASSO T.

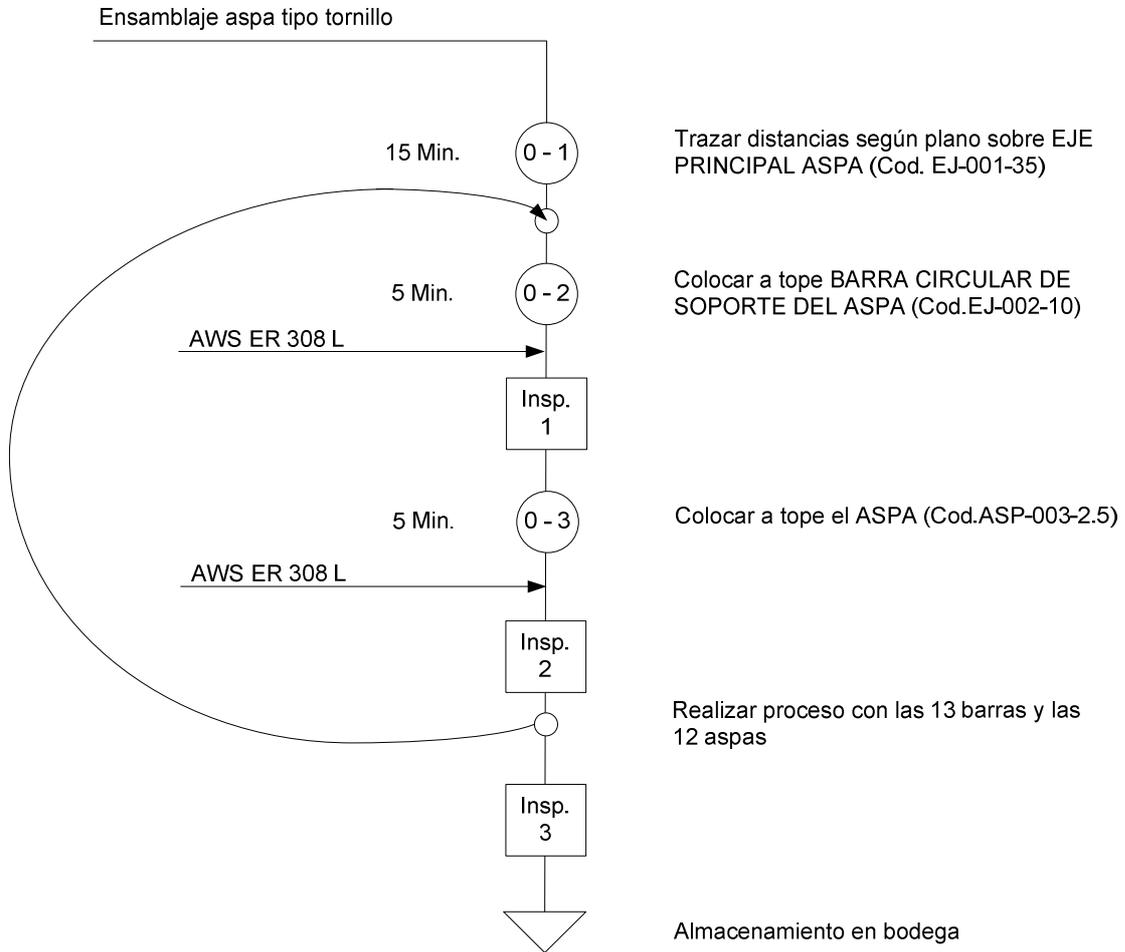


Figura 5.36 Diagrama de procesos ensamble aspa

Fuente: propia

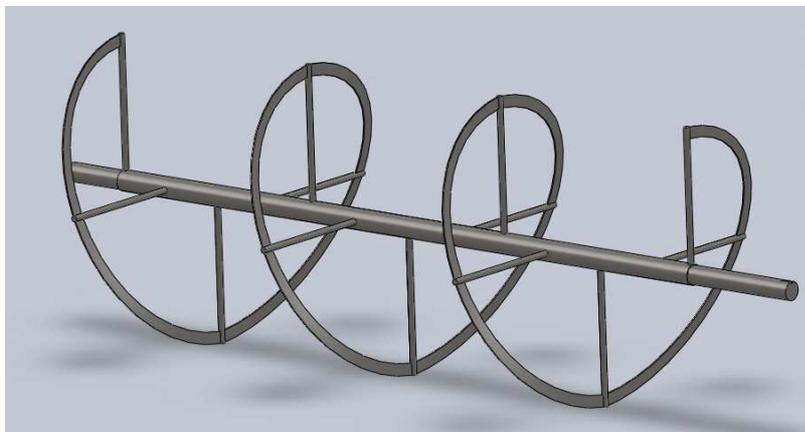


Figura 5.37 Esquema aspa ensamblada

Fuente: propia



Figura 5.38 Aspa ensamblada

Fuente: propia

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
ENSAMBLAJE TOLVA
 Código: ENS-TLV-013
 Trazado por: LUIS FELIPE LASSO T.

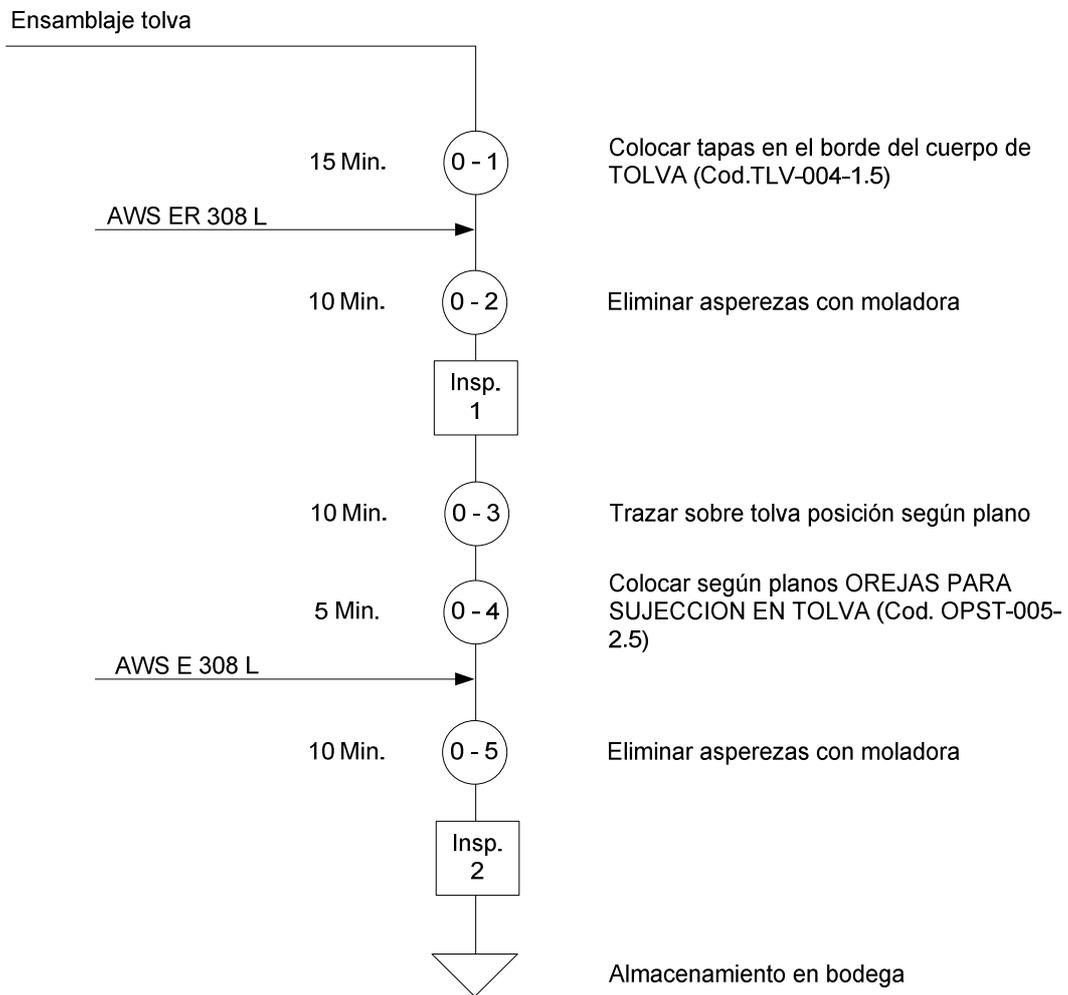


Figura 5.39 Diagrama de proceso ensamble de tolva

Fuente: propia



Figura 5.40 Tolva ensamblada

Fuente: propia

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
 RECIPIENTE LIQUIDO
 Código: RL-015-1.5
 Trazado por: LUIS FELIPE LASSO T.

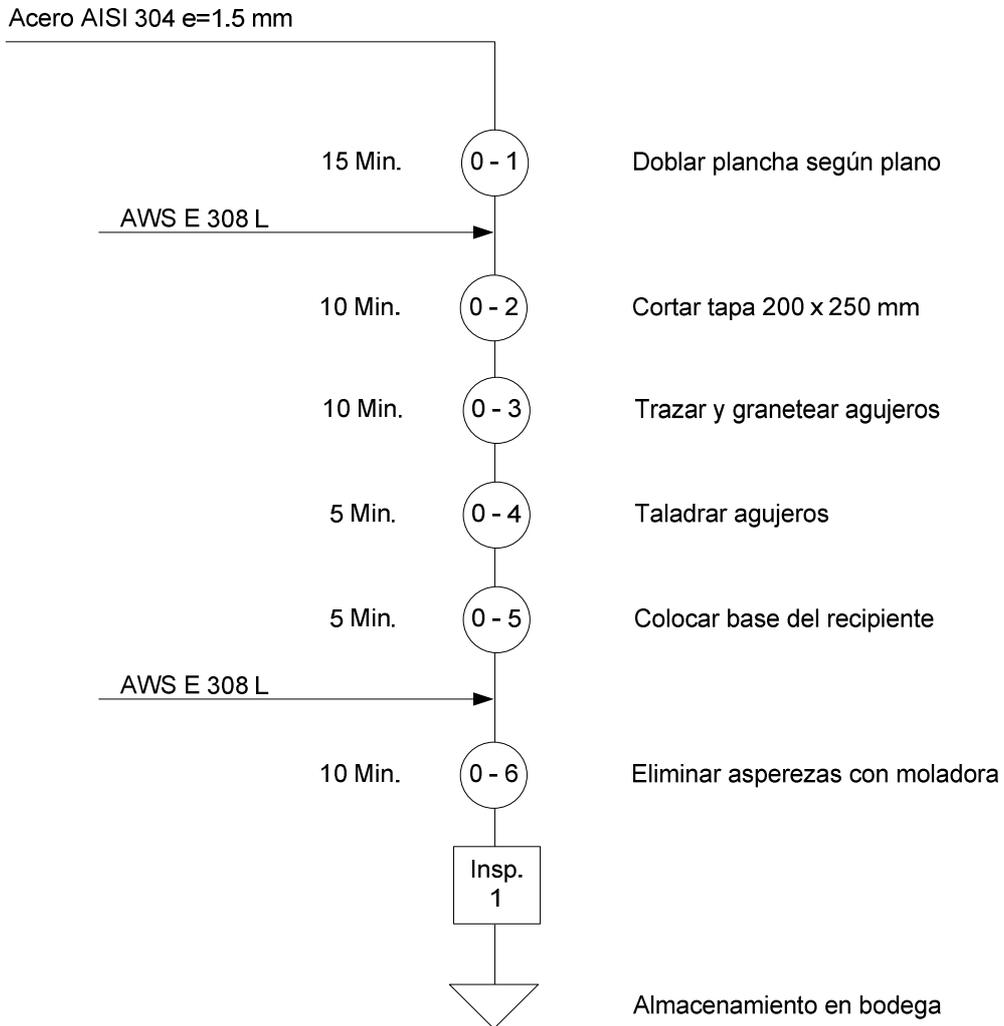


Figura 5.41 Diagrama de proceso recipiente para líquido

Fuente: propia



Figura 5.42 Recipiente para líquido construido

Fuente: propia

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
 ENSAMBLE SISTEMA ELECTRICO
 Código: MSE-016
 Trazado por: LUIS FELIPE LASSO T.

Montaje sistema eléctrico

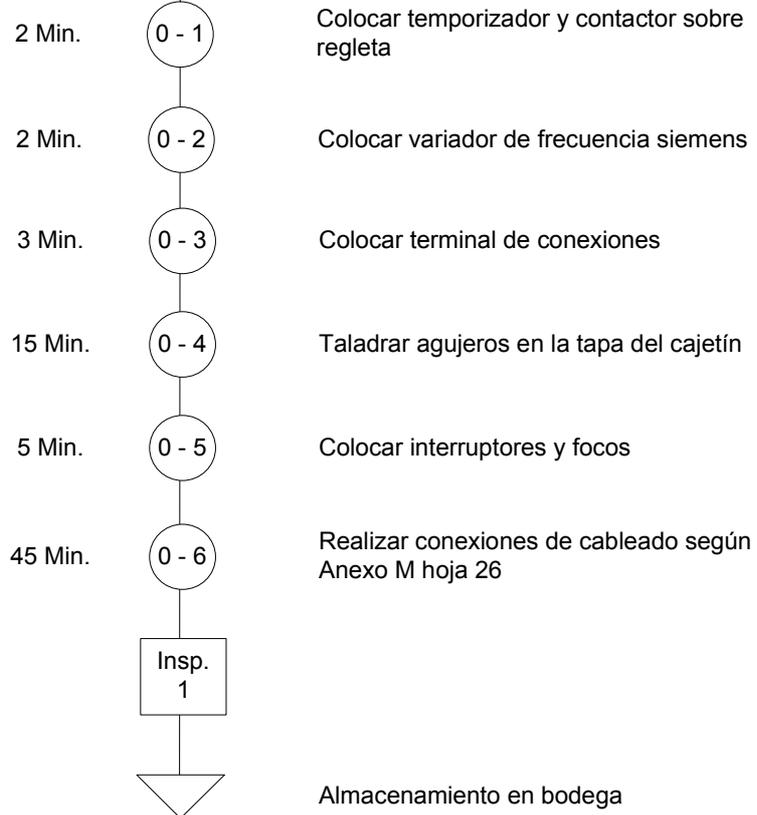


Figura 5.43 Diagrama de proceso sistema eléctrico

Fuente: propia

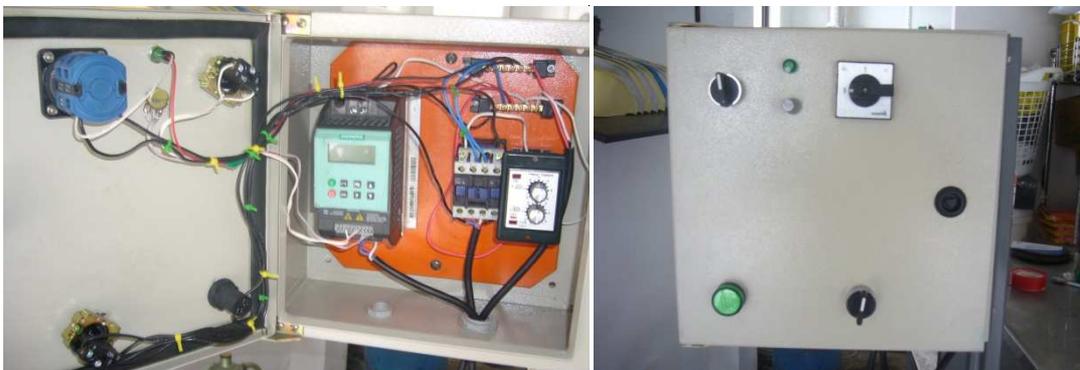


Figura 5.44 Sistema eléctrico ensamblado

Fuente: propia

5.3. MONTAJE

DIAGRAMA DE ENSAMBLE DE LA MÁQUINA

Código: ENS-MAQP

Trazado por: LUIS FELIPE LASSO T.

MÁQUINA PROCESADORA
DE DETERGENTE

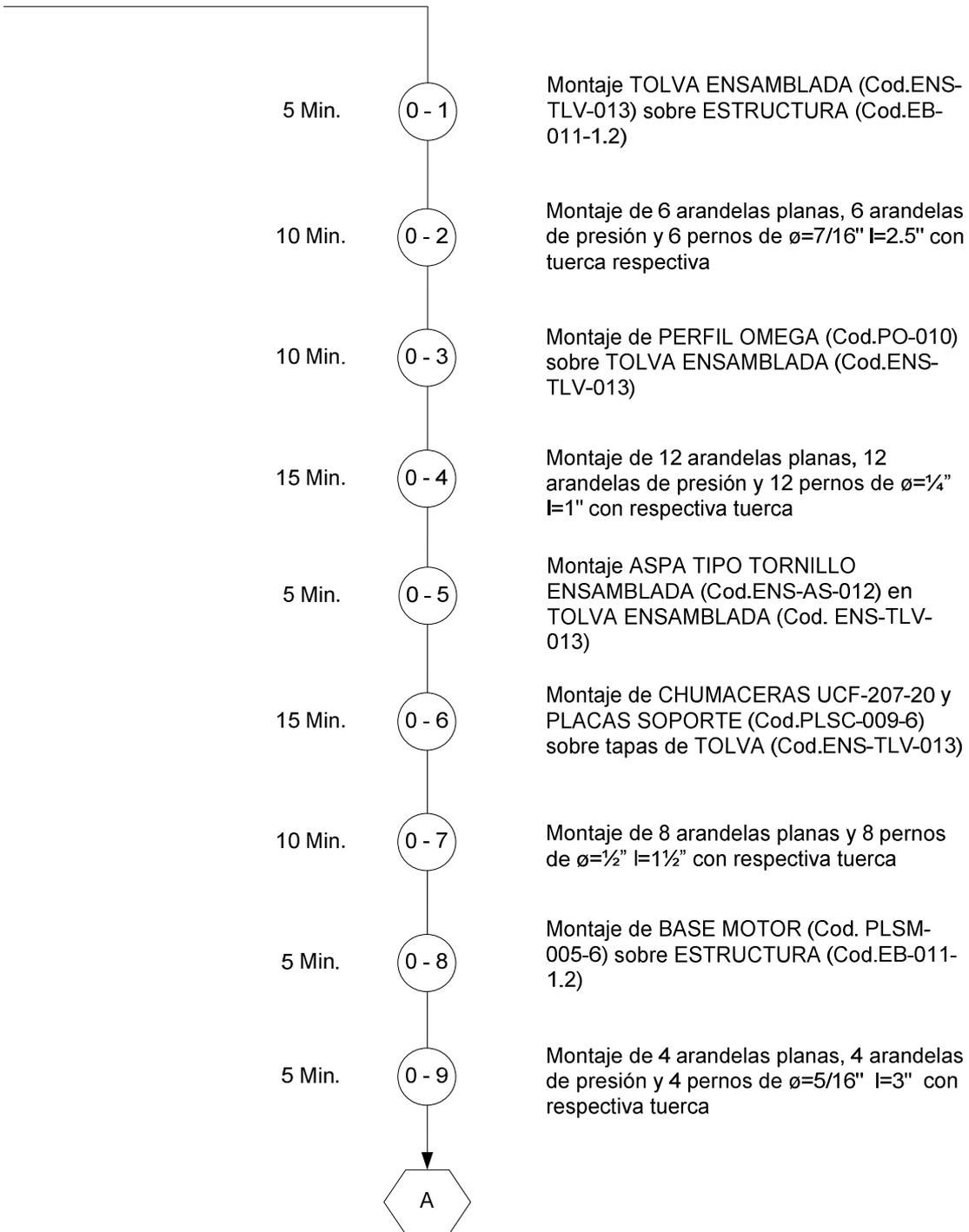


Figura 5.45 Diagrama de montaje de la máquina

Fuente: propia

DIAGRAMA DE ENSAMBLE DE LA MÁQUINA

Código: ENS-MAQP

Trazado por: LUIS FELIPE LASSO T.

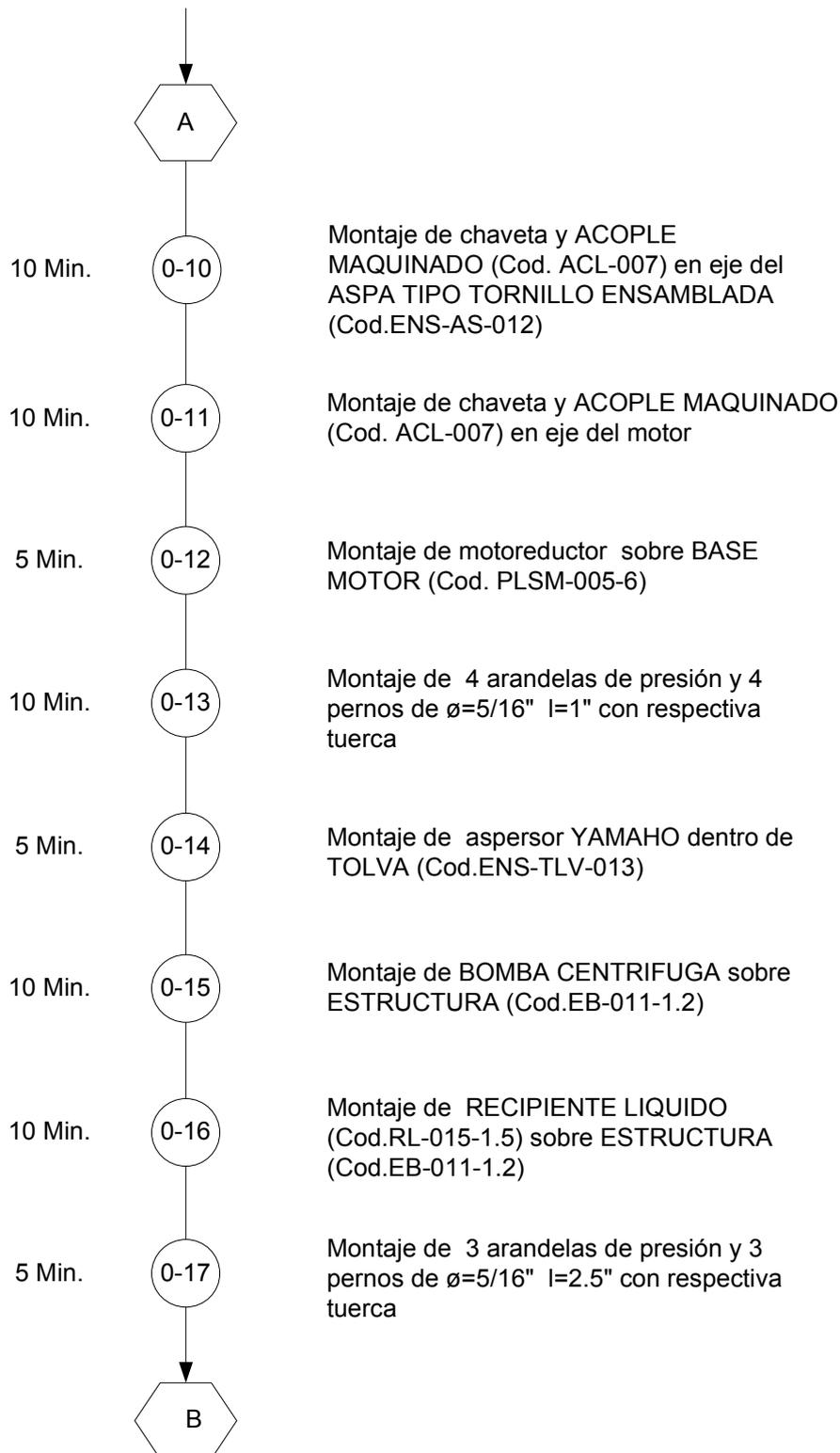


Figura 5.45 Diagrama de montaje de la máquina (Continuación)

Fuente: propia

DIAGRAMA DE ENSAMBLE DE LA MÁQUINA

Código: ENS-MAQP
Trazado por: LUIS FELIPE LASSO T.

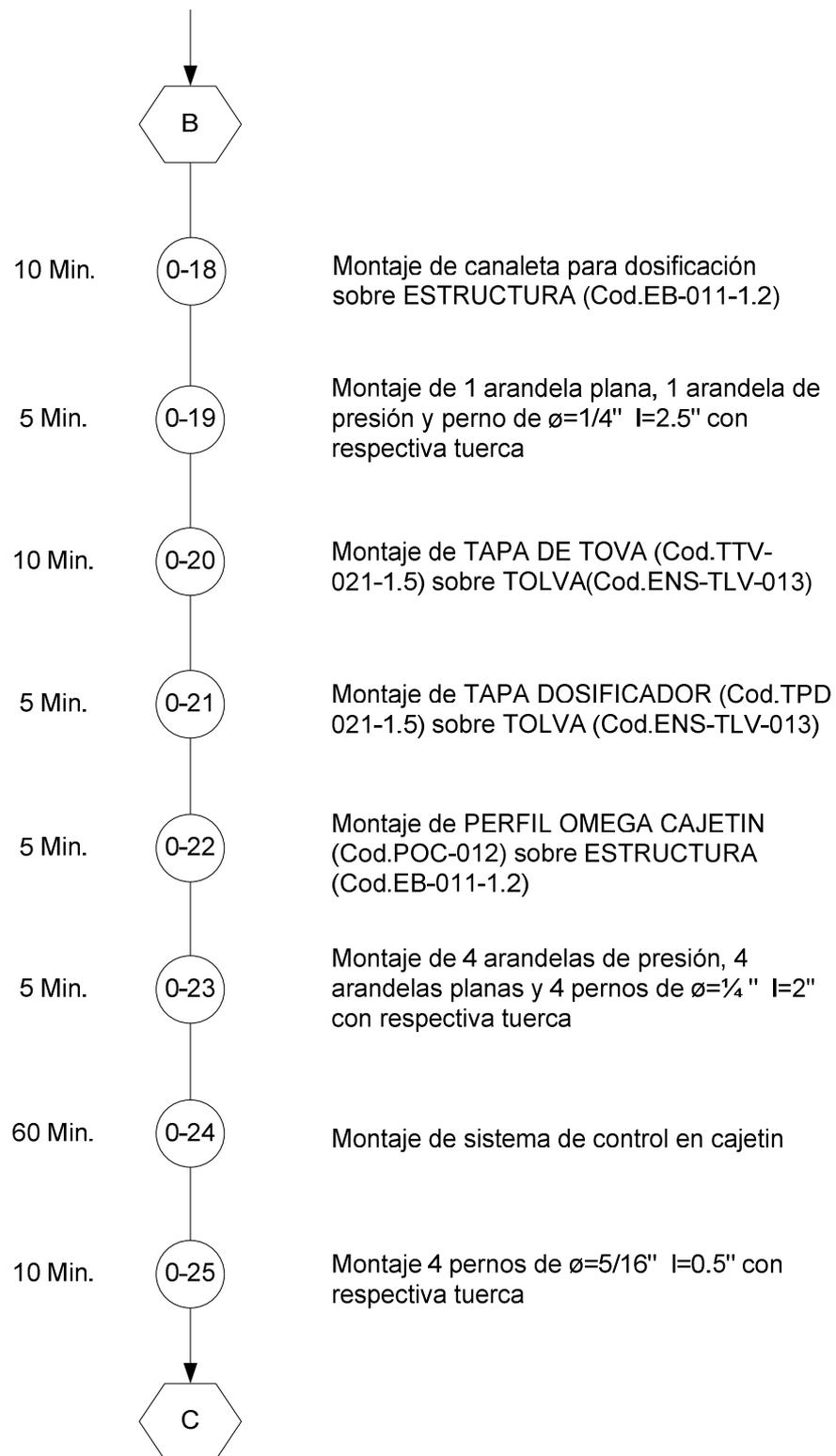


Figura 5.45 Diagrama de montaje de la máquina (Continuación)

Fuente: propia

DIAGRAMA DE ENSAMBLE DE LA MÁQUINA

Código: ENS-MAQP
Trazado por: LUIS FELIPE LASSO T.

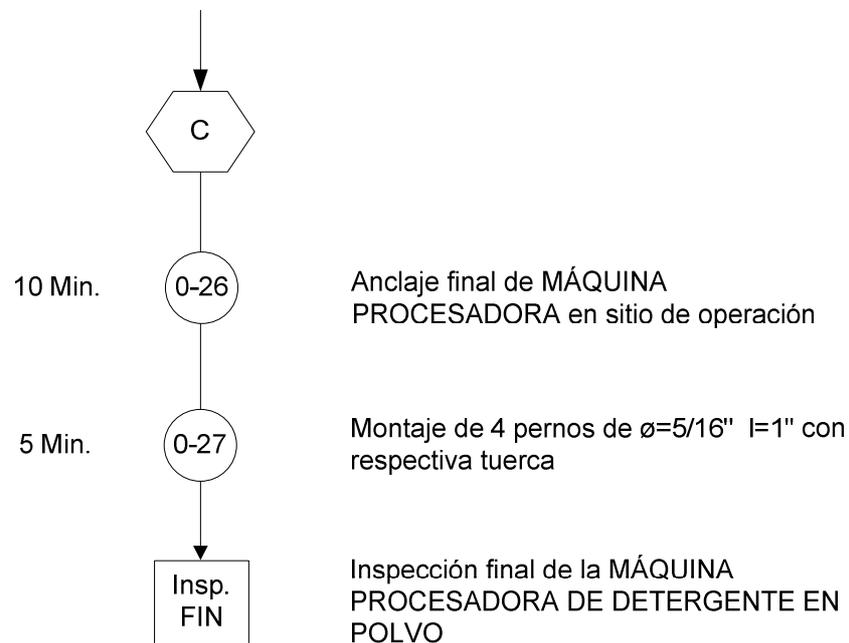


Figura 5.45 Diagrama de montaje de la máquina (Continuación)

Fuente: propia



Figura 5.46 Procesadora de detergente en polvo construida

Fuente: propia



Figura 5.47 Interior procesadora de detergente en polvo construida

Fuente: propia

CAPÍTULO 6

PRUEBAS Y CALIBRACIÓN

6.1. PRUEBAS

Al tratarse de una máquina cuyo funcionamiento de operación se basa en el mezclado de polvos y líquidos, las pruebas a realizarse tienen el fin de comprobar este fenómeno en primera instancia. Luego se procede a llenar la tolva con carga máxima para comprobar un estimado de carga de 60 Kg/h y la prueba final consiste en fabricar el detergente con los insumos respectivos.

En primer lugar se realizan pruebas al sistema eléctrico, de manera que el motor y la bomba funcionen de la manera esperada. Esta prueba tuvo un resultado exitoso ya que los comandos y luces de control trabajaron correctamente, motivo por el cual se procede a probar el estado de mezclado.

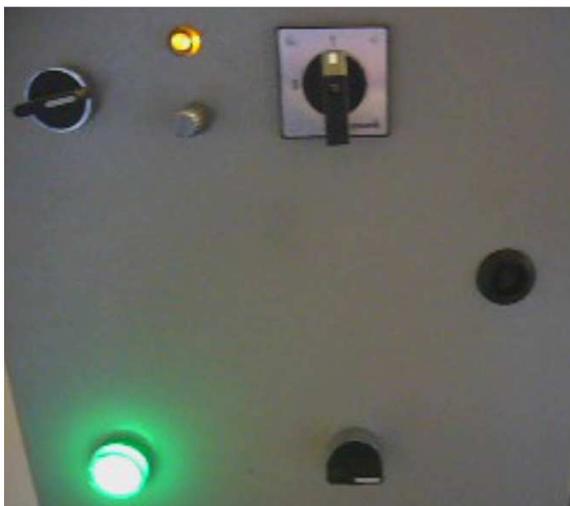


Figura 6.1 Prueba del sistema eléctrico

Fuente: propia

Para comprobar el correcto mezclado de la procesadora se procede de la siguiente manera; se coloca en la tolva 30 Kg de detergente comercial de color blanco y luego se coloca agua con anilina de color azul en el recipiente líquido, de manera que a medida que se dosifique el agua, ésta pinta parcialmente el detergente y luego lo mezcla en toda la tolva dando un color celeste homogéneo.

El detergente para la primera prueba es industrializado y presenta características físicas y químicas muy parecidas al detergente a fabricarse, en este caso se realizó la prueba inicial con este insumo debido a que los componentes para producción son caros y de escasa existencia en el mercado. Claro está que la prueba final de la máquina se la va a realizar con los insumos del proceso para detergente en polvo para máquinas lavaplatos automáticas.



Figura 6.2 Detergente blanco para prueba de mezclado

Fuente: propia



Figura 6.3 Resultado prueba de mezclado

Fuente: propia

El mezclado del producto es sin duda uniforme, además se obtuvo este resultado en tan solo 10 minutos de prueba. Se comprueba que el aspa tipo tornillo mezcla en dos direcciones, axial y transversal.

Con esta prueba también se verifica la correcta dosificación de las boquillas para aspersión así como la salida del producto a través de la canaleta de dosificación. Los resultados se muestran a continuación:



Figura 6.4 Prueba de salida de producto a través de canaleta

Fuente: propia

La salida del producto es de manera uniforme, además se puede variar la velocidad del motor para una salida más lenta. En esta prueba se comprobó que el diseño de la canaleta brinda una salida adecuada al producto evitando derrame de detergente.



Figura 6.5 Prueba de dosificación de líquido a través de aspersor

Fuente: propia

La nube formada por el aspersor es la esperada llegando así a todos los rincones de la tolva para un mejor y eficiente proceso de fabricación.

La máquina se la probó hasta con 60 Kg de producto industrializado, lo cual es un parámetro esperado ya que el torque del motor es alto y no presenta inconvenientes en vencer la resistencia del producto. Una vez realizadas las pruebas se procede a probar la máquina con insumos propios de la fabricación, en este caso los insumos en polvo son carbonatos y trifosfatos, en el caso del insumo líquido es silicato con agua y aromas. Las cantidades de mezcla para la producción son fórmulas de propiedad de la empresa H&H ASOCIADOS, de esta manera se sabe cuanto colocar de cada insumo para los resultados deseados.



Figura 6.6 Prueba de fabricación ingreso de carbonato a la tolva

Fuente: propia

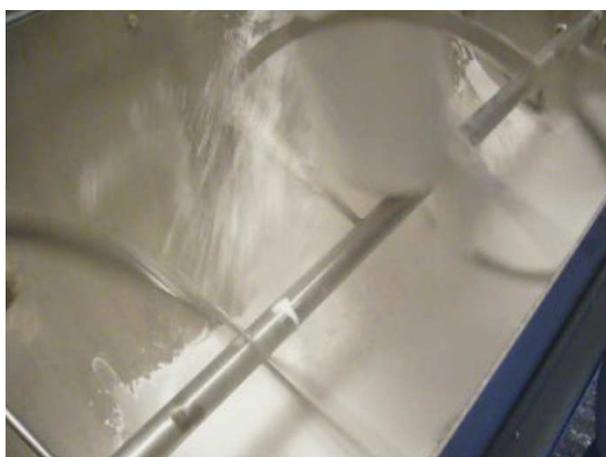


Figura 6.7 Prueba de fabricación ingreso de trifosfato a la tolva

Fuente: propia



Figura 6.8 Prueba de fabricación mezclando a los 10 minutos

Fuente: propia



Figura 6.9 Prueba de fabricación producto final a los 30 minutos de mezcla

Fuente: propia

Se puede apreciar claramente que el grano de detergente está formado como se esperaba para este proceso, con lo cual se ha probado que la procesadora de detergente funciona de manera adecuada.

6.2. CALIBRACIÓN

Una vez probada la máquina se procede a su calibración en base al producto final de detergente en polvo, para lo cual se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 6.1 Calibración de la velocidad del motor (frecuencia) en función de la carga para proceso de fabricación

Calibración de la velocidad del motor (frecuencia) en función de la carga para proceso de fabricación		
Carga (Kg)	Frecuencia (Hz)	Observación
15	20	Mezclado uniforme pero muy lento.
15	30	Mezclado uniforme pero muy lento.
15	40	Mezclado uniforme bueno
15	50	Mezclado no uniforme
15	60	Mezclado no uniforme
30	20	Recalentamiento del motor
30	30	Mezclado uniforme pero muy lento.
30	40	Mezclado uniforme pero muy lento.
30	50	Mezclado uniforme bueno
30	60	Mezclado uniforme bueno
45	20	Recalentamiento del motor
45	30	Recalentamiento del motor
45	40	Recalentamiento del motor
45	50	Mezclado uniforme bueno
45	60	Mezclado uniforme bueno
60	20	Recalentamiento del motor
60	30	Recalentamiento del motor
60	40	Recalentamiento del motor
60	50	Mezclado no uniforme
60	60	Mezclado uniforme bueno

Fuente: Propia

El recalentamiento del motor se produce debido a que la carga es muy elevada respecto al torque reducido que se experimenta por causa del variador de frecuencia. Este parámetro es de vital importancia ya que determina la cantidad de producto a fabricarse y la velocidad adecuada para la mezcla.

Los resultados sombreados de color amarillo son los óptimos para el equipo.

Tabla 6.2 Calibración del tiempo de dosificado de insumo líquido según la carga

Calibración del tiempo de dosificado de insumo líquido según la carga				
Carga (Kg)	Frecuencia motor (Hz)	Tiempo de encendido de bomba (s)	Tiempo entre encendido de bomba (s)	Observación
15	40	1	60	Dosificado escaso
15	40	2	60	Dosificado bueno
15	40	3	60	Dosificado bueno
15	40	4	60	Exceso de dosificado
15	40	5	60	Exceso de dosificado
15	40	10	60	Exceso de dosificado
15	40	20	60	Exceso de dosificado
15	40	40	60	Exceso de dosificado
15	40	60	60	Exceso de dosificado
30	50 a 60	1	60	Dosificado escaso
30	50 a 60	2	60	Dosificado bueno
30	50 a 60	3	60	Dosificado bueno
30	50 a 60	4	60	Exceso de dosificado
30	50 a 60	5	60	Exceso de dosificado
30	50 a 60	10	60	Exceso de dosificado
45	50 a 60	1	60	Dosificado escaso
45	50 a 60	2	60	Dosificado escaso
45	50 a 60	3	60	Dosificado bueno
45	50 a 60	4	60	Dosificado bueno
45	50 a 60	5	60	Exceso de dosificado
45	50 a 60	10	60	Exceso de dosificado
60	60	1	60	Dosificado escaso
60	60	2	60	Dosificado escaso
60	60	3	60	Dosificado escaso
60	60	4	60	Dosificado bueno
60	60	5	60	Dosificado bueno
60	60	10	60	Exceso de dosificado

Fuente: Propia

Las boquillas del aspersor deben apuntar hacia el insumo sólido para que la mezcla de detergente retenga el líquido y se pueda formar el grano, si no se coloca de manera adecuada se pueden formar grumos que pueden dificultar el

proceso debido a que este material se solidifica y no se puede procesar. Los resultados sombreados de color amarillo son los óptimos para el equipo.

Tabla 6.3 Calibración de la velocidad del motor (frecuencia) para extracción de producto terminado

Calibración de la velocidad del motor (frecuencia) para extracción de producto terminado	
Frecuencia (Hz)	Cantidad de producto extraído Kg / min
20	10
25	15
30	20
35	25
40	30
45	35
50	40
55	45
60	50

Fuente: Propia

CAPÍTULO 7

EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA

7.1. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Costos Directos

Son los que intervienen de manera directa en la construcción de la máquina y éstos pueden ser de tres tipos:

Costos de materiales directos

Los materiales directos son los que están físicamente presente en la máquina, como son la plancha de acero inoxidable, el aspa tipo tornillo, la estructura, etc.

Costos de materiales indirectos

Los materiales indirectos son los que intervienen en el proceso de construcción, como los electrodos, discos de corte, discos de desbaste, brocas, cuchillas de torno, etc.

Costo de uso de maquinas-herramientas

Es el costo que representa el uso de las maquinas y herramientas que poseen la empresa H&H, tales como las máquinas de soldar, amoladora, taladro de pedestal, torno, compresor y herramientas de uso general.

Costo de mano de obra directa

Es el costo del tiempo invertido por el personal de la empresa H&H en la fabricación, montaje y acabado de la máquina. La empresa asigna un valor por cada hora de trabajo del personal.

Costos indirectos

Son los que no forman parte de la máquina pero que se usan para el proyecto, como lo son servicios básicos, movilización, gastos administrativos, imprevistos.

El costo total de la máquina es la suma de los costos descritos en párrafos anteriores y se desglosa de la siguiente manera:

Tabla 7.1 Costo de materiales directos

MATERIALES DIRECTOS			
Descripción de rubros	Cant.	Costo unitario	Subtotal
Plancha de acero inoxidable AISI 304 e=2.5mm	5 Kg	8.00	40.00
Plancha de acero inoxidable AISI 304 e=1.5mm	50 kg	4.25	212.50
Tubo rectangular ASTM A36 50x25x1.2 mm	12 m	2.50	25.00
Eje acero inoxidable AISI 304 $\phi = 35$ mm	1.5 m	45.33	68.00
Eje acero inoxidable AISI 304 $\phi = 10$ mm	3 m	4.00	12.00
Perfil de acero omega ASTM A36 e= 1.5mm	10 m	1.50	15.00
Platina estructural 40x6 mm	6 m	2.33	14.00
Plancha ASTM A36 e=6mm	6.5 Kg	1.25	8.13
Motoreductor 1 HP 1:15	1	350.00	350.00
Chavetas cuadradas 6x6x20 mm	2	1.00	2.00
Chumacera pared UCF-207-20	2	12.50	25.00
Acople flexible LOVEJOY	1	60.00	60.00
Perno hexagonal 5/16" - 18 UNC 1"	4	0.50	2.00
Tuerca hexagonal 5/16" - 18 UNC	15	0.20	3.00
Arandela de presión 5/16"	8	0.10	0.80
Perno de carrocería 1/2" - 13 UNC 1.5"	8	0.70	5.60
Tuerca hexagonal 1/2" - 13 UNC	8	0.50	4.00
Arandela de presión 1/2"	8	0.10	0.80
Perno hexagonal 5/16" - 18 UNC 3"	4	0.60	2.40
Perno hexagonal 5/16" - 18 UNC 2"	3	0.50	1.50
Arandela plana 5/16"	3	0.10	0.30
Perno hexagonal 7/16" - 14 UNC 2.5"	6	0.70	4.20
Arandela plana 7/16"	6	0.15	0.90
Tuerca hexagonal 7/16" - 14 UNC	6	0.25	1.50
Perno hexagonal 1/4" - 20 UNC 1"	14	0.15	2.10
Tuerca hexagonal 1/4" - 20 UNC	22	0.05	1.10
Arandela de presión 1/4"	22	0.05	1.10
Perno hexagonal 5/16" - 18 UNC 0.5"	4	0.50	2.00
Perno cabeza redonda 1/4" - 20 UNC	4	0.35	1.40
Arandela plana 1/4"	8	0.10	0.80
Perno hexagonal 1/4" - 20 UNC 2.5"	4	0.40	1.60
Perno hexagonal 1/4" - 20 UNC 2"	1	0.30	0.30
Manija para tapa tolva	1	3.00	3.00
Bomba centrífuga 1/2 HP	1	35.00	35.00

Fuente: Propia

Tabla 7.1 Costo de materiales directos (continuación)

MATERIALES DIRECTOS			
Descripción de rubros	Cant.	Costo unitario	Subtotal
Aspersor YAMAHO de 6 boquillas	1	65.00	65.00
Cajetín 30x30x17 cm	1	30.00	30.00
Acople 1/4"x1/2"	1	3.50	3.50
Codo 90 grados 1/2"	8	0.50	4.00
Acople 1"x1/2"	2	0.35	0.70
Variador de frecuencia	1	200.00	200.00
Contactador	1	4.00	4.00
Riel de plástico para cableado	1	4.00	4.00
Cable x3	10 m	2.50	25.00
Temporizador cíclico	1	6.00	6.00
Focos	2	1.25	2.50
Switch	3	2.50	7.50
Regleta de terminales	2	1.00	2.00
Prensaestopas	1	1.50	1.50
TOTAL USD			1262.72

Fuente: Propia

Tabla 7.2 Costos máquinas-herramientas

MAQUINAS HERRAMIENTAS			
Descripción de rubros	Cant.	Costo unitario	Subtotal
Servicio de corte con plasma	9 m	10.00	90.00
Servicio de soldadura TIG	400 dm	1.00	400.00
Servicio de doblado	10	0.50	5.00
Servicio de barolado	1	20.00	20.00
Servicios y uso de herramientas H&H	133 h	0.50	66.50
TOTAL USD			581.50

Fuente: Propia

Tabla 7.3 Costos mano de obra

MANO DE OBRA			
Descripción de rubros	Cant.	Costo unitario	Subtotal
Mano de obra obreros H&H	133 h	1.75	232.75
TOTAL USD			232.75

Fuente: Propia

Tabla 7.4 Costos Indirectos

COSTOS INDIRECTOS	
Item	Subtotal
Energía Eléctrica Construcción	45.00
Energía Eléctrica Diseño	10.00
Agua	15.00
Teléfono	20.00
Internet	20.00
Vehículo	30.00
Combustible	80.00
Alimentación	40.00
Imprevistos	20.00
TOTAL USD	280.00

Fuente: Propia

Tabla 7.5 Costos de diseño

COSTO DE DISEÑO			
Item	Costo al mes	Tiempo	Subtotal
Egresado	400.00	5.00	2000.00
Impresiones	5.00	5.00	25.00
Material técnico	5.00	5.00	25.00
TOTAL USD			2050.00

Fuente: Propia

Tabla 7.6 Costo total procesadora de detergente

COSTO TOTAL MAQUINA PROCESADORA DE DETERGENTE	
Item	Subtotal
Costo materiales	1262.72
Costos indirectos	280.00
Costo de diseño	2050.00
Costo maquinas – herramientas	581.50
Costo mano de obra	232.75
TOTAL USD	4406.97

Fuente: Propia

Para el costo total de producción no se toman en cuenta los costos de diseño ni los costos indirectos, ya que estos no son gastos de producción. Por lo que el costo total de producción de la procesadora de detergente es 2076.97 USD.

7.2. EVALUACIÓN FINANCIERA

La evaluación financiera se la realiza para ver que tan rentable es el proyecto de inversión, el cual en este caso es el diseño y construcción de la máquina procesadora de detergente. La evaluación financiera consiste en el cálculo del valor actual neto y la tasa interna de retorno.

Valor actual neto (VAN)

Es un procedimiento que consiste en calcular el valor presente de un determinado flujo de caja futuro, el cual se origina por una inversión.

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad (7.1)$$

De donde:

BN: Beneficio neto del flujo del período t

I₀: Inversión Inicial

n: Número de años

i: Tasa de descuento

La empresa H&H ASOCIADOS tiene los siguientes costos estimados para la venta de detergente en polvo.

Tabla 7.7 Valores esperados de utilidad neta por producción de detergente

Item	Valor
Utilidad caja detergente 1 kg	1.7
Ventas mes kg	300
Ventas anual kg	3600
Total USD	6120

Fuente: Propia

La inflación tomada en cuenta produce un incremento del 10% anual y se realizó la proyección a cinco años.

Tabla 7.8 Cálculo del VAN

Cálculo del VAN						
n	0	1	2	3	4	5
io	2076.97					
bn		6120	6732	7405.2	8145.7	8960.3
i	20%	20%	20%	20%	20%	20%
(1+i)^n	1	1.2	1.44	1.728	2.0736	2.4883
fcd		5100	4675	4285.4	3928.3	3600.9
van	\$ 19,512.69					

Fuente: Propia

Al ser el VAN mayor al valor de la inversión, el proyecto va a producir ganancias por encima de la rentabilidad exigida y es aceptable.

Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno se refiere a la evaluación del proyecto en función de una tasa única de rendimiento por período. En otras palabras es el cálculo del VAN igualado a cero.

$$\sum_{t=0}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_0 = 0 \quad (7.2)$$

La tasa calculada se compara con la tasa de descuento de la empresa, y esta al ser mayor deduce que el proyecto es rentable.

Tabla 7.9 Cálculo de la TIR

Cálculo de la TIR						
n	0	1	2	3	4	5
io	2076.97					
bn	-2076.97	6120	6732	7405.2	8145.7	8960.3
TIR	304%					

Fuente: Propia

La tasa interna de retorno es mucho mayor que la tasa de descuento asumida, por lo que el proyecto es rentable.

CAPÍTULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. CONCLUSIONES

1. Una vez realizada la investigación acerca de los métodos para fabricación de detergente en polvo, se diseñó y construyó la procesadora de tal manera que se adapta al método de aglomeración, el cual por su bajo costo energético y una alta capacidad de homogenización de producto terminado, cumple con las disposiciones y necesidades de la empresa H&H.
2. Los cálculos en el diseño de la máquina se basaron en gran parte por la teoría del esfuerzo cortante máximo, debido a que se utilizaron materiales dúctiles como son el acero inoxidable AISI 304 y el acero estructural ASTM A36, los cuales brindan respectivamente las propiedades anticorrosivas y mecánicas necesarias para este tipo de aplicación.
3. La dosificación del insumo líquido se lo realizó con ayuda de un aspersor para fumigación y una bomba centrífuga, la cual eleva la presión del fluido y mezcla las sustancias de tal manera que llegan a las boquillas del aspersor totalmente combinadas y en condiciones óptimas para hacer contacto con los productos polvorosos.
4. El control por pulsos de la bomba es necesario para una dosificación lenta debido a que es un elemento de alto caudal.
5. El aspa tipo tornillo proporciona una alta y eficiente capacidad de mezclado debido a que es una combinación del aspa de paletas y el aspa helicoidal, proporcionando así acciones de mezcla axial y transversal al mismo tiempo.

8.2. RECOMENDACIONES

1. Para la producción de detergente en polvo se recomienda tomar en cuenta los diferentes procesos de fabricación anunciados en este proyecto, ya que la principal variación entre ellos es el consumo energético y la cantidad de producto procesado, los cuales son parámetros definidos por el beneficiario.
2. Para la fabricación de la máquina se recomienda utilizar materiales certificados, que cumplan las especificaciones y estándares pertinentes para obtener el máximo beneficio de ellos en propiedades físicas, mecánicas y durabilidad.
3. Se recomienda calibrar el aspersor del insumo líquido según sean las prestaciones de la máquina, ya que las boquillas se pueden mover de manera que las posiciones diversas aumenten la capacidad de la nube asperjada, con lo que se consigue una mezcla más efectiva con el producto sólido.
4. Se recomienda calibrar el temporizador cíclico que controla la bomba de manera que en los periodos de encendido sean los suficientes para la cantidad de producto dosificado requerido.
5. Se recomienda llenar la tolva con una carga mínima de 10 Kg para evitar la acumulación de producto en un extremo de la máquina, esto se produce debido al uso del aspa tipo tornillo.

REFERENCIAS

BIBLIOGRÁFICAS:

- [1] SHIGLEY, J.E. MISCHKE, C.R. Diseño en ingeniería mecánica. Traducido del inglés por Javier León Cárdenas. 6ta. Ed. Mc Graw Hill. México. 2002. 1257 p.

- [2] DEUTSCHMAN, A. MICHELS, W. WILSON, C. Diseño de Máquinas, Teoría y Práctica. Traducido del inglés por José Armando Garza Cárdenas. Primera ed. México. 1991. 972p.

- [3] MARKS, L.S. Manual del ingeniero mecánico de Marks. Traducido del inglés por Santiago Alonso. Primera ed. México. 1967. 2596p.

- [4] SERWAY, FAUGHN, Fundamentos de Física. 5ta. ed. México. 2005. p. 235.

- [5] NIEBEL, B.W. Ingeniería industrial estudio de tiempos y movimientos. Traducido del inglés por Oscar Ballesteros. 2da. Ed. Representaciones y servicios de ingeniería, S.A. México, s.f. pp 20-37

- [6] ECUADOR, INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. Código de dibujo técnico y mecánico. Normalización #009. Quito. 1989.

- [7] SALAGER, J.L. Detergentes, componentes, fabricación, fórmulas. Venezuela. Universidad de los Andes. Serie FIRP S-332A. 22p.

- [8] HICKS, T. Bombas su selección y aplicación. 19na. Ed. Continental. México. 1985. 530 p.

- [9] MCNAUGHTON, K. Bombas, selección, uso y mantenimiento. 2da. Ed. Iberoamericana. México. 1992. 373p.

DIRECCIONES INTERNET:

[1] <http://www.schneiderelectric.es>, Variadores de frecuencia, Español, Junio 2010.

[2] <http://www.molinosmezcladoras.com>, Molinos y mezcladoras, Español, 2010.

[3] <http://www.vescovoweb.com>, Sistemas de envasado, Español, 2010.

ANEXO A

A600

BÖHLER A600

**NICHTROSTENDER STAHL
STAINLESS STEEL**

Eigenschaften

Nichtrostender austenitischer Chrom - Nickel-Stahl mit niedrigem Kohlenstoffgehalt.

Im Lieferzustand beständig gegen interkristalline Korrosion bis 350°C.

Wärmebehandlung nach dem Schweißen nicht erforderlich.

Beständig gegen atmosphärische Einflüsse, Dampf, Wasser und saure sowie alkalische Lösungen.

Erforderliche Oberflächenbeschaffenheit: gebeizt.

Sehr gut kaltumformbar.

Hochglanzpolierfähig.

Properties

Low carbon, austenitic chromium - nickel steel.

In the condition of supply, resistance to intergranular corrosion in the temperature range up to 350°C (662°F).

No post-weld heat treatment required.

The steel resists weathering, it possesses good resistance to the action of steam, water and acids as well as alkaline solutions.

For optimum resistance, surface should be pickled.

Cold forming properties are good.

The steel is capable of taking a mirror finish.

Verwendung

Salpetersäureindustrie, chemische und pharmazeutische Industrie, Kerntechnik.

Application

Chemical industry (nitric acid production), pharmaceutical industry, nuclear engineering.

Chemische Zusammensetzung

(Anhaltswerte in %)

C	Si	Mn	Cr	Ni
max. 0,030	0,50	1,40	18,50	10,50

Chemical composition

(Average %)

Normen

EN / DIN
< 1.4306 >
X2CrNi19-11

UNI
X2CrNi18-11

GOST
~ 03Ch18N11
~ 04Ch18N10

BS
304S11
304S12

JIS
SUS304L

Standards

AISI
304L

SIS
2352

UNS
S30403

AFNOR
Z2CN18-10

BÖHLER A600

Warmformgebung

Schmieden:

1200 bis 900°C
Luftabkühlung

Wärmebehandlung

Abschrecken:

1000 bis 1100°C
Wasser, Luft (unter 2 mm Dicke)

Gefüge:

Austenit
(+ geringe Ferritanteile)

Schweißen

Gute Schweißbarkeit.
Wir empfehlen, die WIG-Schweißung für Blechdicken von 0,7 - 4 mm, besonders bei Stumpfnähten, die Lichtbogenschweißung für Blechdicken über 1,5 mm, vor allem bei Kehlnähten, anzuwenden.
Für dünne Bleche können auch die elektrische Naht- und Punktschweißung sowie das Elektronenstrahl - Schweißverfahren herangezogen werden.
Die Gasschweißung ist wegen der Gefahr einer Aufkohlung zu vermeiden.
Abschrecken nach dem Schweißen ist nicht erforderlich.

Schweißzusatzwerkstoffe

Lichtbogenschweißung:

BÖHLER FOX EAS2
BÖHLER FOX EAS 2-A

WIG- und MIG- Schweißung:

BÖHLER EAS 2-IG

UP- Schweißung:

BÖHLER EAS 2-UP

Hot forming

Forging:

1200 to 900°C (2192 to 1652°F)
Air cooling

Heat treatment

Quenching:

1000 to 1100°C (1832 to 2012°F)
Water, air (thickness below 2 mm)

Structure:

Austenite
(+ small ferrite percentages)

Welding

Weldability is good.
TIG welding is recommended for sheet gauges from 0.7 to 4 mm, in particular for butt welds; arc welding is recommended for the thickness range above 1.5 mm, in particular for fillet welds.
Thin sheets admit seam and spot welding, as well as electron beam welding.
Gas welding involves the risk of carburization and should therefore be avoided. Quenching after welding is not necessary.

Filler metals

Arc Welding:

BÖHLER FOX EAS2
BÖHLER FOX EAS 2-A

TIG and MIG welding:

BÖHLER EAS 2-IG

SA welding

BÖHLER EAS 2-UP

Mechanische Eigenschaften bei Raumtemperatur

Mechanical properties at room temperature

Zustand: abgeschreckt

Condition: quenched

Produkt Product	Dimension Size mm	0,2-Grenze 0.2% proof stress N/mm ² min.	1%-Dehngrenze 1% proof stress N/mm ² min.	Zugfestigkeit Tensile strength N/mm ²	Dehnung A ₅ Elongation A ₅ % min.			Kerbschlagarbeit Impact strength (ISO-V) J min.		
					L	Q	T	L	Q	T
St, Sch	≤ 160	190	225	500 - 700	45	--	--	100	--	--
	> 160 ≤ 250				--	35	--	--	60	--
Bl	≤ 75	210	250	520 - 720	--	45 ¹⁾	--	90 ²⁾	60 ²⁾	--

St = Stab, Sch = Schmiedestücke,
Bl = Blech
L = Längs, Q = Quer
T = Tangential

St = Bars, Sch = Forgings,
Bl = Sheet or plate
L = Longitudinal, Q = Transverse,
T = Tangential

- 1) < 3 mm = A₈₀ mm Probe
2) > 10 mm Dicke

- 1) < 3mm = A₈₀ mm test specimen
2) > 10 mm thickness

Für andere Produkte oder Abmessungen
sind die Werte zu vereinbaren.

The values for other products and
dimensions shall be established by
agreement.

Warmfestigkeitseigenschaften

High temperature properties

Temperatur/Temperature °C (°F)	100°C (212°F)	150°C (302°F)	200°C (392°F)	250°C (482°F)	300°C (572°F)	350°C (662°F)	400°C (752°F)	450°C (842°F)	500°C (932°F)	550°C (1022°F)
0,2-Grenze 0.2% proof stress N/mm ² min.	145	130	118	108	100	94	89	85	81	80
1%-Dehngrenze 1% proof stress N/mm ² min.	180	160	145	135	127	121	116	112	109	108

Beständigkeitschaubilder

Für den gesamten Konzentrations- und Temperaturbereich einer Säure lassen sich die experimentell ermittelten Gewichtsverluste übersichtlich in sogenannten Beständigkeitschaubildern darstellen. Diese enthalten als Abszisse die Konzentration und als Ordinate die Temperatur; die Linien gleicher Gewichtsverluste sind als Parameter eingetragen.

In den folgenden Schaubildern wurden die Linien gleicher Gewichtsverluste von 0,1, 0,3, 1,0, 3,0 und 10,0 g/m² · h eingetragen. Als wirtschaftliche Grenze wird allgemein ein Gewichtsverlust von 0,3 g/m² · h angesehen. Diese Grenze ist strichliert dargestellt.

Corrosion resistance diagrams

In the diagrams shown, constant weight losses determined experimentally on specimens exposed to the attack of different acids are plotted as a function of temperature and acid concentration.

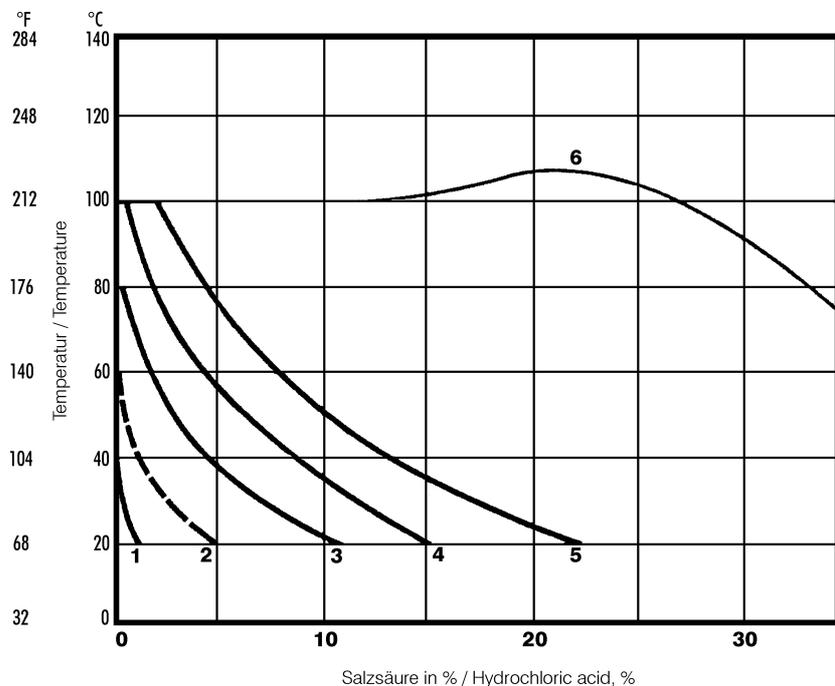
The curves represent constant weight losses of 0.1, 0.3, 1.0, 3.0 and 10.0 g/m² · hr. Generally, a weight loss of 0.3 g/m² · hr is considered the limit beyond which the use of the steel becomes uneconomical. This limit is represented by the dotted line.

Salzsäure HCl

Hydrochloric acid HCl

- 1 ... Gewichtsverlust, 0,1 g/m² · h
- 2 ... Gewichtsverlust, 0,3 g/m² · h
- 3 ... Gewichtsverlust, 1,0 g/m² · h
- 4 ... Gewichtsverlust, 3,0 g/m² · h
- 5 ... Gewichtsverlust, 10,0 g/m² · h
- 6 ... Siedekurve

- 1 ... Weight loss, 0.1 g/m² · hr
- 2 ... Weight loss, 0.3 g/m² · hr
- 3 ... Weight loss, 1.0 g/m² · hr
- 4 ... Weight loss, 3.0 g/m² · hr
- 5 ... Weight loss, 10.0 g/m² · hr
- 6 ... Boiling point curve

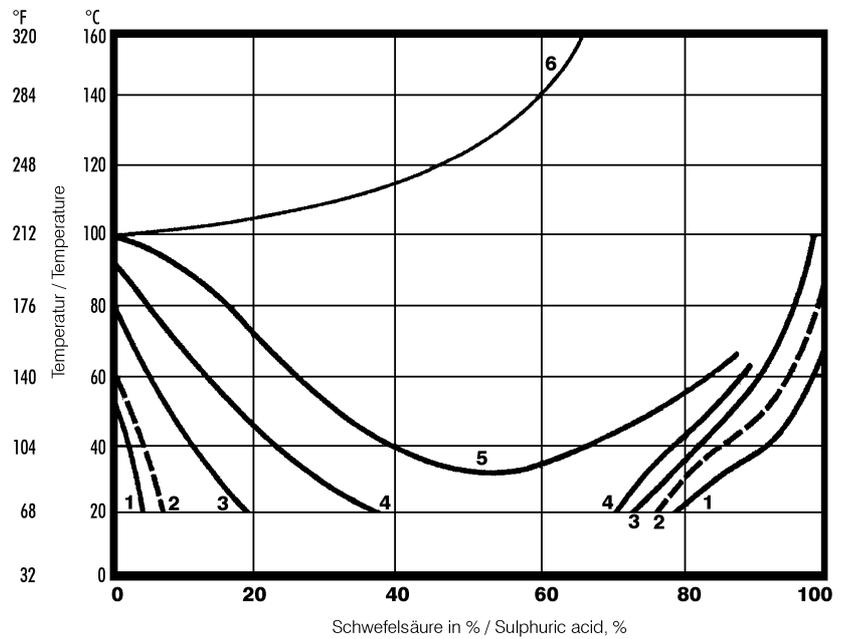


Schwefelsäure H₂SO₄

Sulphuric acid H₂SO₄

- 1 ... Gewichtsverlust, 0,1 g/m² · h
- 2 ... Gewichtsverlust, 0,3 g/m² · h
- 3 ... Gewichtsverlust, 1,0 g/m² · h
- 4 ... Gewichtsverlust, 3,0 g/m² · h
- 5 ... Gewichtsverlust, 10,0 g/m² · h
- 6 ... Siedekurve

- 1 ... Weight loss, 0.1 g/m² · hr
- 2 ... Weight loss, 0.3 g/m² · hr
- 3 ... Weight loss, 1.0 g/m² · hr
- 4 ... Weight loss, 3.0 g/m² · hr
- 5 ... Weight loss, 10.0 g/m² · hr
- 6 ... Boiling point curve

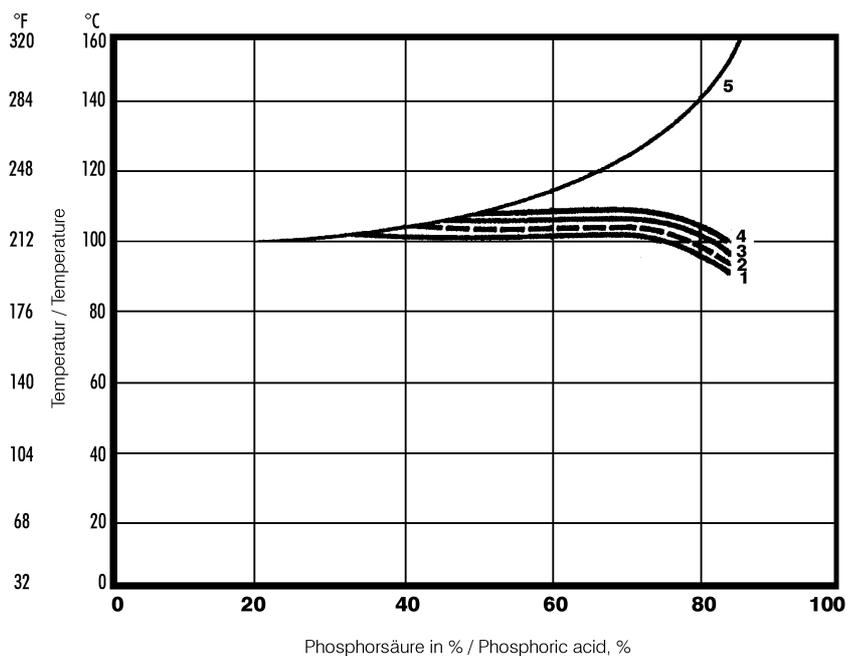


Phosphorsäure H₃PO₄

Phosphoric acid H₃PO₄

- 1 ... Gewichtsverlust, 0,1 g/m² · h
- 2 ... Gewichtsverlust, 0,3 g/m² · h
- 3 ... Gewichtsverlust, 1,0 g/m² · h
- 4 ... Gewichtsverlust, 3,0 g/m² · h
- 5 ... Siedekurve

- 1 ... Weight loss, 0.1 g/m² · hr
- 2 ... Weight loss, 0.3 g/m² · hr
- 3 ... Weight loss, 1.0 g/m² · hr
- 4 ... Weight loss, 3.0 g/m² · hr
- 5 ... Boiling point curve



BÖHLER A600

Salpetersäure HNO₃

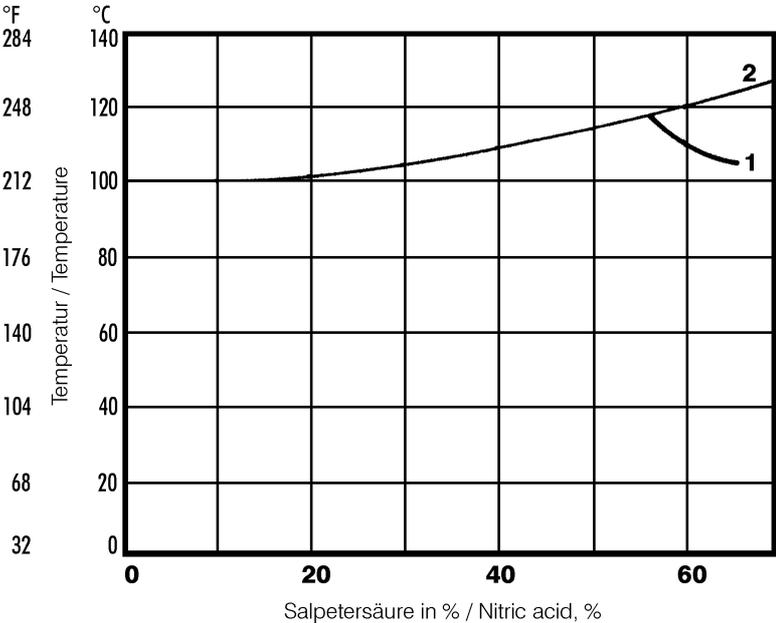
Nitric acid HNO₃

1 ... Gewichtsverlust, 0,1 g/m² . h

2 ... Siedekurve

1 ... Weight loss, 0.1 g/m² . hr

2 ... Boiling point curve



Bearbeitungshinweise

(Wärmebehandlungszustand abgeschreckt, Richtwerte)

Drehen mit Hartmetall

Schnitttiefe mm	0,5 bis 1	1 bis 4	4 bis 8
Vorschub mm/U	0,1 bis 0,2	0,2 bis 0,4	0,3 bis 0,6
BÖHLERIT- Hartmetallsorte	EB10,SB20,	EB20,EB30	SB30,EB20,HB20
ISO - Sorte	M10,P20,	M20,M30	P30,M20,K20
<i>Schnittgeschwindigkeit, m/min</i>			
Wendeschnidplatten			
Standzeit 15 min	200 bis 170	170 bis 145	130 bis 110
Gelötete Hartmetallwerkzeuge			
Standzeit 30 min	190 bis 145	160 bis 105	120 bis 80
Beschichtete Wendeschnidplatten			
Standzeit 15 min			
BÖHLERIT ROYAL 121/ISO P20	bis 220	bis 190	bis 150
BÖHLERIT ROYAL 131/ISO P35	bis 180	bis 140	bis 100
Schneidwinkel für gelötete Hartmetallwerkzeuge			
Freiwinkel	6 bis 10°	6 bis 10°	6 bis 10°
Spanwinkel	12 bis 25°	12 bis 20°	12 bis 20°
Neigungswinkel	0°	0°	0°

Drehen mit Schnellarbeitsstahl

Schnitttiefe mm	0,5	3
Vorschub mm/U	0,1	0,5
BÖHLER/DIN-Sorte	S700 / DIN S10-4-3-10	
<i>Schnittgeschwindigkeit, m/min</i>		
Standzeit 60 min	45 bis 35	40 bis 25
Spanwinkel	14 bis 18°	14 bis 18°
Freiwinkel	8 bis 10°	8 bis 10°
Neigungswinkel	0 bis 4°	0 bis 4°

Fräsen mit Messerköpfen

Schnitttiefe mm	bis 0,6	bis 4
Vorschub mm/Zahn	bis 0,2	0,2 bis 0,3
<i>Schnittgeschwindigkeit, m/min</i>		
BÖHLERIT SBF / ISO P25	155 bis 100	120 bis 60
BÖHLERIT SB40 / ISO P40	110 bis 70	80 bis 40
BÖHLERIT ROYAL 131/ISO P35	140 bis 85	- -

Bohren mit Hartmetall

Bohrerdurchmesser mm	20	30	40
Vorschub mm/U	0,1	0,12	0,15
BÖHLERIT / ISO-Hartmetallsorte	SB30/P30	SB30/P30	SB30/P30
<i>Schnittgeschwindigkeit, m/min</i>	200	200	200

BÖHLER A600

Recommendation for machining

(As quenched condition, average values)

Turning with carbide tipped tools

depth of cut mm	0,5 to 1	1 to 4	4 to 8
feed, mm/rev.	0,1 to 0,2	0,2 to 0,4	0,3 to 0,6
BÖHLERIT grade	EB10,SB20,	EB20,EB30	SB30,EB20,HB20
ISO grade	M10,P20,	M20,M30	P30,M20,K20
<i>cutting speed, m/min</i>			
indexable carbide inserts			
edge life 15 mins.	200 to 170	170 to 145	130 to 110
brazed carbide tipped tools			
edge life 30 mins.	190 to 145	160 to 105	120 to 80
hardfaced indexable carbide inserts			
edge life 15 mins.			
BÖHLERIT ROYAL 121/ISO P20	to 220	to 190	to 150
BÖHLERIT ROYAL 131/ISO P35	to 180	to 140	to 100
cutting angles for brazed carbide tipped tools			
clearance angle	6 to 10°	6 to 10°	6 to 10°
rake angle	12 to 25°	12 to 20°	12 to 20°
angle of inclination	0°	0°	0°

Turning with HSS tools

depth of cut, mm	0,5	3
feed, mm/rev.	0,1	0,5
HSS-grade BOHLER/DIN	S700 /S10-4-3-10	
<i>cutting speed, m/min</i>		
edge life 60 min	45 to 35	40 to 25
rake angle	14 to 18°	14 to 18°
clearance angle	8 to 10°	8 to 10°
angle of inclination	0 to 4°	0 to 4°

Milling with carbide tipped cutters

depth of cut mm	to 0,6	to 4
feed, mm/tooth	to 0,2	0,2 to 0,3
<i>cutting speed, m/min</i>		
BÖHLERIT SBF / ISO P25	155 to 100	120 to 60
BÖHLERIT SB40 / ISO P40	110 to 70	80 to 40
BÖHLERIT ROYAL 131/ISO P35	140 to 85	- -

Drilling with carbide tipped tools

drill diameter, mm	20	30	40
feed, mm/rev.	0,01	0,12	0,15
BÖHLERIT / ISO-grade	SB30/P30	SB30/P30	SB30/P30
<i>cutting speed, m/min</i>	200	200	200

Physikalische Eigenschaften

Physical properties

Dichte bei /

Density at20°C (68°F) 7,90kg/dm³

Wärmeleitfähigkeit bei /

Thermal conductivity at20°C (68°F) 15,00W/(m.K)

Spezifische Wärme bei /

Specific heat at20°C (68°F) 500J/(kg.K)

Spez. elektr. Widerstand bei /

Electrical resistivity at20°C (68°F) 0,73Ohm.mm²/m

Elastizitätsmodul bei /

Modulus of elasticity at20°C (68°F) 200x10³ ..N/mm²

MagnetisierbarkeitKann schwach vorhanden sein

Magnetic properties.....Can be slightly magnetic

Wärmeausdehnung zwischen 20°C und ...°C, 10 ⁻⁶ m/(m.K)	Temperatur / Temperature		10 ⁻⁶ m/(m.K)
	100°C	212°F	
Thermal Expansion between 20°C (68°F) and ...°C (°F), 10 ⁻⁶ m/(m.K)	200°C	392°F	16,5
	300°C	572°F	17,0
	400°C	752°F	17,5
	500°C	932°F	18,0

Elastizitätsmodul, 10 ³ N/mm ² bei	Temperatur / Temperature		10 ³ N/mm ²
	°C / °F		
Modulus of elasticity, 10 ³ N/mm ² at	20°C	68°F	200
	100°C	212°F	194
	200°C	392°F	186
	300°C	572°F	179
	400°C	752°F	172
	500°C	932°F	165

Für Anwendungen und Verarbeitungsschritte, die in der Produktbeschreibung nicht ausdrücklich erwähnt sind, ist in jedem Einzelfall Rücksprache zu halten.

As regards applications and processing steps that are not expressly mentioned in this product description/data sheet, the customer shall in each individual case be required to consult us.

Überreicht durch: _____

Your partner:



BÖHLER EDELSTAHL GMBH & CO KG
MARIAZELLER STRASSE 25
POSTFACH 96

A-8605 KAPFENBERG/AUSTRIA

TELEFON: (+43) 3862/20-7181

TELEFAX: (+43) 3862/20-7576

e-mail: publicrelations@bohler-edelstahl.at

www.bohler-edelstahl.at

Die Angaben in diesem Prospekt sind unverbindlich und gelten als nicht zugesagt; sie dienen vielmehr nur der allgemeinen Information. Diese Angaben sind nur dann verbindlich, wenn sie in einem mit uns abgeschlossenen Vertrag ausdrücklich zur Bedingung gemacht werden. Bei der Herstellung unserer Produkte werden keine gesundheits- oder ozonschädigenden Substanzen verwendet.

The data contained in this brochure is merely for general information and therefore shall not be binding on the company. We may be bound only through a contract explicitly stipulating such data as binding. The manufacture of our products does not involve the use of substances detrimental to health or to the ozone layer.

ANEXO B

70S-6 AWS E 70S-6	80S-B2 AWS ER 80S-B2	90S-B3 AWS ER 90S-B3
<p>Descripción: Varilla TIG de acero dulce, con alta cantidad de elementos desoxidantes, de características y propiedades similares al alambre MIG/MAG 70S-6. Se recomienda su uso con argón, como gas de protección.</p> <p>Aplicaciones Típicas: Unión y reparación de piezas de acero al carbono, aceros de baja aleación. Unión de cañerías y tubos de caldera. Cordones de raíz en aplicaciones donde se requiere una óptima calidad radiográfica.</p> <p>Datos de Utilidad: Diámetros disponibles: (1/16") 1,6 mm, (5/64") 20 mm, (3/32") 2,4 mm Largo varillas: (36") 91 cm Corriente y Polaridad: CC (-) Electrodo recomendado: EWTh - 2 (pto. rojo) Gas protección recomendado: 100% argón (8 - 12 L/min)</p> <p>Propiedades Metal Depositado: Resistencia a la tracción: 533 MPa (77.235 PSi) Límite de fluencia: 432 MPa (62.259 PSi) Charpy (ISO - V): 50 J a -20 °C Alargamiento en 50 mm: 28% Composición química típica: C: 0,08%, Mn: 1,55%, Si: 0,95%</p>	<p>Descripción: Varilla TIG de acero de baja aleación, con cromo y molibdeno. Posee alta resistencia al calor y corrosión. Al soldar aceros de composición química similar se recomienda efectuar pre y post calentamiento.</p> <p>Aplicaciones Típicas: Unión y reparación de aceros 1 1/4 Cr -1/2 Mo, como los ASTM 335 Gr P2, P11, P12, etc. Tuberías de calderas y hornos, sometidas a altas temperaturas, etc.</p> <p>Datos de Utilidad: Diámetros disponibles: (1/16") 1,6 mm, (3/32") 2,4 mm Largo varillas: (36") 91 cm Corriente y Polaridad: CC (-) Electrodo recomendado: EWTh - 2 (pto. rojo) Gas protección recomendado: 100% argón (8 - 12 L/min)</p> <p>Propiedades Metal Depositado: Resistencia a la tracción: 610 MPa (88.500 PSi) Límite de fluencia: 538 MPa (78.000 PSi) Alargamiento en 50 mm: 26% Composición química típica: C: 0,05%, Mn: 0,6%, Si: 0,6%, Cr: 1,3%, Mo: 0,55%</p>	<p>Descripción: Varilla TIG de acero baja aleación con cromo y molibdeno. Sus porcentajes de cromo y molibdeno son más altos que en la varilla 80S-B₂, lo cual mejora su resistencia al calor y corrosión. Se recomienda pre y postcalentamiento.</p> <p>Aplicaciones Típicas: Unión y reparación de acero 2 1/4 Cr - 1 Mo como el ASTM 335 Gr P22 y similares, tuberías de la industria petrolera en donde se requiere un servicio a altas temperaturas, etc.</p> <p>Datos de Utilidad: Diámetros disponibles: (1/16") 1,6 mm, (3/32") 2,4 mm Largo varillas: (36") 91 cm Corriente y polaridad: CC (-) Electro recomendado: EWTh - 2 (pto. rojo) Gas protección recomendado: 100% argón (8 - 12 L/min)</p> <p>Propiedades Metal Depositado: Resistencia a la tracción: 641 MPa (93.000 PSi) Límite de fluencia: 552 MPa (80.000 PSi) Alargamiento en 50 mm: 24% Composición química típica: C: 0,05%, Mn: 0,6%, Si: 0,6%, Cr: 2,50%, Mo: 1,10%</p>

308L AWS ER 308L	309L AWS ER 309L	316L AWS ER 316L
<p>Descripción: Varilla TIG de acero inoxidable austenítico, con porcentaje extra bajo en carbono, a fin de inhibir la precipitación de carburos de cromo. Depósito de excelente resistencia a la corrosión en muchos medios corrosivos.</p> <p>Aplicaciones Típicas: Unión y reparación de piezas de acero inoxidable tipos 301, 302, 304 (L), 321. Cordones de raíz de cañerías y estanques en la industria química, lechera, cervecera, petrolera, etc.</p> <p>Datos de Utilidad: Diámetros disponibles: (1/16") 1,6 mm, (3/32") 2,4 mm, (1/8") 3,2 mm, (5/32") 4,0 mm Largo varillas: (36") 91 cm Corriente y polaridad: CC (-) Electrodo recomendado: EWTh - 2 (pto. rojo) Gas protección recomendado: 100% argón Flujo: 8 - 14 L/min</p> <p>Propiedades Metal Depositado: Resistencia a la tracción: 620 MPa (89.930 PSi) Límite de fluencia: 420 MPa (65.250 PSi) Alargamiento en 50 mm: 38% Composición química típica: C: 0,02%, Mn: 1,80%, Si: 0,40%, Cr: 20,5%, Ni: 10,0%</p>	<p>Descripción: Varilla TIG de acero inoxidable austenítico, con porcentaje extra bajo en carbono a fin de inhibir la precipitación de carburos de cromo. Depósito resistente al calor y la corrosión intercrystalina.</p> <p>Aplicaciones Típicas: Unión y reparación de aceros inoxidables tipos: 309, 309 Cb, aceros al 12% de Ni y aceros disímiles (aceros al carbono y baja aleación con aceros inoxidables).</p> <p>Datos de Utilidad: Diámetros disponibles: (5/64") 2 mm, (3/32") 2,4 mm Largo varillas: (36") 91 cm Corriente y polaridad: CC (-) Electrodo recomendado: EWTh - 2 (pto. rojo) Gas protección recomendado: 100% argón Flujo: 8 - 14 L/min</p> <p>Propiedades Metal Depositado: Resistencia a la tracción: 620 MPa (89.930 PSi) Límite de fluencia: 420 MPa (63.821 PSi) Alargamiento en 50 mm: 38% Composición química típica: C: 0,02%, Mn: 1,80%, Si: 0,45%, Cr: 24,0%, Ni: 13,0%</p>	<p>Descripción: Varilla TIG de acero inoxidable austenítico, con porcentaje extra bajo en carbono, a fin de inhibir la precipitación de carburos de cromo y mejorar su resistencia a la corrosión intercrystalina.</p> <p>Aplicaciones Típicas: Unión y reparación de aceros inoxidables austeníticos que contienen 16 - 21% Cr, 10 - 15% Ni, 0 - 3% Mo, estabilizados y no estabilizados (316 (L), 318, etc). Cordones de raíz en cañerías y estanques de la industria química, lechera, alimenticia, etc.</p> <p>Datos de Utilidad: Diámetros disponibles: 1/16"(1,6 mm), 5/64" (12,0 mm), 3/32" (2,0 mm) Largo varillas: 36" (91 cm) Corriente y polaridad: CC (-) Electrodo recomendado: EWTh - 2 (pto. rojo) Gas protec. recomendado: 100% argón Flujo: 8 - 14 L/min</p> <p>Propiedades Metal Depositado: Resistencia a la tracción: 620 MPa (89.930 PSi) Límite de fluencia: 450 MPa (65.271 PSi) Alargamiento en 50 mm: 37% Composición química típica: C: 0,02%, Mn: 1,80%, Si: 0,35%, Cr: 19,5%, Ni: 13,0%, Mo: 2,6%</p>

Varillas para proceso oxiacetilénico y TIG

Aluminio

25 AWS ER 1100	26 AWS ER 4043	5356 AWS ER 5356
<p>Descripción: Varilla de aluminio puro (99,5% min) para uso oxiacetilénico y TIG. Para proceso oxiacetilénico se recomienda el uso de fundente SOLAR FLUX N° 202 o ALL STATE 31. Para proceso TIG usar argón, helio o mezclas Ar - He como gas de protección. Para piezas de gran espesor se requiere un precalentamiento de 200 - 220 °C. Apropiado para piezas que serán anodizadas, excelente conductividad eléctrica.</p> <p>Aplicaciones Típicas: Unión y reparación de aluminios calidad: 1060, 1350, 3003, 1100, etc. Industria de alimentos, lácteos, refrigeración, etc.</p> <p>TIG: Gas protección: 100% Ar Flujo: 12 - 14 L/min Electrodo: AWS EWP (pto. verde), ACHF (corriente alterna alta frec.)</p> <p>OXIACETILENICO: Llama neutra o levemente carburante. Usar fundente SOLAR FLUX 202 o ALL STATE 31.</p> <p>Propiedades Metal Depositado: Resistencia a la tracción: 80 MPa (11.600 PSI) Límite de fluencia: 30 MPa (4.350 PSI) Alargamiento en 50 mm: 39% Composición química típica: Si: 0,2%, Ti: 0,05%, Zn: 0,05%, Cu: 0,05%, Fe: 0,4%, Al: Bal</p>	<p>Descripción: Varilla de aluminio para uso oxiacetilénico y TIG con 5 - 6% de silicio. Los depósitos son de excelente apariencia y brillo. Al soldar piezas de gran espesor se recomienda un precalentamiento de 200 - 220 °C. El baño posee una gran fluidez y un bajo punto de fusión. Al soldar con proceso oxiacetilénico se recomienda usar fundente SOLAR FLUX N° 202 o ALL STATE 31. Para proceso TIG usar argón, helio o mezclas Ar - He como gas de protección.</p> <p>Aplicaciones Típicas: Unión y reparación de aleaciones de aluminio hasta 7% de silicio y aleaciones con menos de 2% de otros elementos aleantes como los tipos: 2014, 3003, 6061. Reparación de blocks y carter de aluminio, etc.</p> <p>TIG Gas protección: 100% Ar Flujo: 12 - 14 L/min Electrodo: AWS EWP (pto. verde), ACHF (corriente alterna alta frecuencia)</p> <p>OXIACETILENICO Llama neutra o levemente carburante. Usar fundente SOLAR FLUX 202 o ALL STATE 31.</p> <p>Propiedades Metal Depositado: Resistencia a la tracción: 160 MPa (23.200 PSI) Límite de fluencia: 100 MPa (14.200 PSI) Alargamiento en 50 mm: 15% Composición química típica: Si: 4,9%, Mn: 0,05%, Ti: 0,15%, Mg: 0,05%, Zn: 0,1%, Cu: 0,04%, Fe: 0,2%, Al: Bal</p>	<p>Descripción: Varilla aluminio-magnesio de uso oxiacetilénico y TIG. Su contenido de magnesio (5%) le imparte propiedades sobresalientes en lo que respecta a la resistencia a la tracción, ductilidad, corrosión (especialmente en agua de mar). Para piezas de gran espesor se requiere precalentamiento de 200 - 220 °C. Para proceso oxiacetilénico se recomienda el uso de fundente SOLAR FLUX N° 202 o ALL STATE 31. Apropiado para piezas que serán anodizadas.</p> <p>Aplicaciones Típicas: Unión y reparación de piezas de aleación Al - Mg, como los tipos: 5083, 5096, 5486, 5454. Reparación y fabricación de estanques de combustible tipo rodante.</p> <p>TIG Gas protección: 100% Ar Flujo: 12 - 14 L/min Electrodo: AWS EWP (pto. verde), ACHF (corriente alterna alta frecuencia)</p> <p>OXIACETILENICO Llama neutra o levemente carburante. Usar fundente SOLAR FLUX 202 o ALL STATE 31.</p> <p>Propiedades Metal Depositado: Resistencia a la tracción: 250 MPa (36.260 PSI) Límite de fluencia: 110 MPa (15.955 PSI) Alargamiento en 50 mm: 25% Composición química típica: Mn: 0,1%, Si: 0,1%, Cr: 0,1%, Ti: 0,1%, Mg: 4,9%, Zn: 0,1%, Fe: 0,2%, Al: Bal</p>

Especiales

BORIUM

Descripción:
 Varilla oxiacetilénica tubular con cristales de carburo de tungsteno distribuidos homogéneamente en su interior. Su alto porcentaje de carburos y su granulometría fina le entregan propiedades sobresalientes en lo que respecta a la resistencia al desgaste. Depósito libre de escoria.

Aplicaciones Típicas:
 Recubrimiento de piezas que trabajan en contacto con silicio, pulpa, cal, cemento y en general de materiales altamente abrasivos. Recubrimiento de discos arado, puntas cultivadoras, cuchillos zanjadores, etc. Use llama ligeramente carburante. El diámetro de la boquilla debe ser mayor al usado normalmente para acero carbono.

Propiedades Metal Depositado:
 Dureza depósito: 1 CAPA: 60 + - 3 HRC
 Maquinado: sólo con piedra
 Puede ser cortado con sistema oxiacetilénico pero es dificultoso
Composición:
 60% carburos de tungsteno en una matriz de Fe compleja

Tabla IV
Materiales de aporte sugeridos para la soldadura del acero inoxidable

Metal de base	Electrodo recubierto AWS o nombre común	Electrodo desnudo y varilla - AWS o nombre común	Metal de base	Electrodo recubierto AWS o nombre común	Electrodo desnudo y varilla - AWS o nombre común
AISI (UNS)	AWS A5.4 (UNS)	AWS A 5.9 (UNS)	AISI (UNS)	AWS A5.4 (UNS)	AWS A 5.9 (UNS)
304 (S30400)	E 308 ⁽¹⁾ (W30810)	ER 308 ⁽¹⁾ (S30880)	20 MO-6 ⁽²⁾ (N08026)	(3)	(3)
304L (S30403)	E 308L (W30813)	ER 308L (S30883)	20Cb-3 ⁽²⁾ (N08020)	E 320LR (W88022)	ER 320LR (N08022)
309 (S30900)	E 309 ⁽¹⁾ (W30910)	ER 309 ⁽¹⁾ (S30980)	FUNDICIONES		
310 (S31000)	E 310 (W31010)	ER 310 (S31080)	TIPO ACI (UNS)	AWS A 5.4 (UNS)	AWS A5.9 (UNS)
316 (S31600)	E 316 ⁽¹⁾ (W31610)	ER 316 ⁽¹⁾ (S31680)	CF-8 (J92600)	E 308 ⁽¹⁾ (W30810)	ER 308 ⁽¹⁾ (S30880)
316L (S31603)	E 316L (W31613)	ER 316L (S31683)	CF-3 (J92500)	E 308L (W30813)	ER 308L (S30883)
317 (S31700)	E 317 ⁽¹⁾ (S31780)	ER 317 ⁽¹⁾ (31780)	CF-8M (J92900)	E 316 ⁽¹⁾ (W31610)	ER 316 ⁽¹⁾ (S31680)
317L (31703)	E 317L (W31713)	ER 317L (S31783)	CF-3M (J92800)	E 316L (W31613)	ER 316L (S31683)
317 LM (S31725)	(3)	(3)	CN-7M (J95150)	E 320 LR (W88022)	ER 320 LR (N08022)
321 (S32100)	E 347 (W34710)	ER 321 (S52180)	CK-3Mcu (S32154)	(3)	(3)
347 (S34700)	E 347 (W34710)	ER 347 (S34780)	CA-6NM (J91540)	E 410 NiMo (W41016)	ER 410 NiMo (S41086)
Aleación 904L (N08904)	(3)	(3)	Notas:		
Aleación 254 SMO ⁽²⁾ (S31754)	(3)	(3)	(1) La "L" o grado bajo en carbono o un grado estabilizado se usa siempre para una construcción soldada, excepto en algunas pocas instancias donde es más importante una dureza un poco mayor que una mejor resistencia a la corrosión.		
AL-6XN ⁽²⁾ (N08367)	(3)	(3)	(2) Nombre comercial		
1925 hMo ⁽²⁾ (N08926)	(3)	(3)	(3) Para soldar estos aceros inoxidables se usa normalmente un metal de aporte con 9% o más de molibdeno, tales como los dos listados abajo		
25-6 Mo ⁽²⁾ (N08926)	(3)	(3)	Electrodo recubierto AWS A5.11 (UNS)	Electrodo desnudo y varilla AWS 5.14 (UNS)	

ANEXO C

Shaft.

www.mitcalc.com

The calculation is designed for geometrical designs and complex examinations of shafts.

The programme solves the following tasks:

1. Simple definition of installed shafts, including hollow ones.
2. Options of definitions of necking-down, recesses, grooves and calculation of the relevant coefficients of stress concentration.
3. Simple definition of spatial shaft load.
4. Calculation of reactions, courses of forces, moments, stress, deflection and bending angle of the shaft and others.
5. Calculation of critical speed and safety coefficients.
6. Support of 2D and 3D CAD systems.

The calculation is based on data, procedures, algorithms and data from specialized literature and standards AGMA, ISO, DIN and BS. List of standards (DIN 743).

Control, structure and syntax of calculations.

Information on the syntax and control of the calculation can be found in the document "[Control, structure and syntax of calculations](#)".

Information on the project.

Information on the purpose, use and control of the paragraph "Information on the project" can be found in the document "[Information on the project](#)".

Process of calculation.

In most cases, shafts are used to transfer rotary movements and torsion moments. They are usually supporting elements for toothed wheels, pulleys, clutches, etc. and are loaded with spatial bends, torsion moments and axial forces. A major part of shafts is shaped with recesses, necking-down, grooves and holes, which cause undesirable stress concentrations. The design should, therefore, include the following criteria, which should be checked in calculations:

- Static load (bending, torsion).
- Dynamic (cyclic) load, including possible stress concentrations.
- Check of critical speed of the system.

It is advisable to follow the following procedure with the design and check.

1. Execute a preliminary design of the minimum shaft diameter. [1]
2. Based on the preliminary design of the minimum diameter and technological and functional requirements, make a design of the shaft shape in paragraph [2].
3. Define all notches, necking-down and holes which may cause stress concentration. [3]
4. Define all external loading forces. [4]
5. Enter parameters of rotating masses (wheels, pulleys, clutches) connected to the shaft (for calculation of critical speed). [5]
6. Choose the option of material of the shaft and the type of loading (static, repeated, reverse). [6]
7. Start the calculation using the button "**Shaft calculation**".
8. Check results of the calculation (deflection, position of the shaft in bearings, stress, safety coefficients...). [7]
9. If the shaft is underdimensioned (or overdimensioned resp.), modify the dimensions (material) and repeat the calculation.
10. Save the workbook with a suitable solution under a new name.

Tip1: Before saving the workbook, you can remove the table of results using the button "**Clean table of results**". The size of the saved workbook will be reduced significantly and the calculation can easily be executed again.

Tip2: When carrying out the design, observe graphical courses of all variables (paragraph [8-12]). These may help you with evolution and improvement of the design.

Preliminary shaft diameter design. [1]

In this paragraph you can make a preliminary design of the shaft diameter based on the transmitted power, speed and loading regime. Use this value then as a default (orientation) value when executing a design of the real shape of the shaft.

1.1 Calculation units.

Select the desired system of calculation units from the list box. After switching over units, all input values will be converted immediately.

Warning: After changing units, start "Calculation of the shaft" to convert results into the selected unit system.

1.2 Transmitted power.

Enter the power which will be transmitted by the shaft.

1.3 Shaft speed.

Enter shaft speed.

1.4 Torsion moment.

The torsion moment is gained from the transmitted power and speed. This moment is decisive for the preliminary design of the diameter.

1.5 Preliminary min. diameter.

Use the designed min. diameter of the shaft as initial information for the design of the real shape and dimensions of the shaft, which will be checked in the following paragraphs.

1.6 Type of shaft load.

Use one of the 3 options in the list box for the purposes of the preliminary design.

- A. Static torsion - use for coupling shafts.
- B. Static torsion + bending - use for shafts with toothed, chain or pulley wheels.
- C. Repeated torsion + bending - use for shafts specified e.g. for driving piston machines.

1.7 Material of the shaft.

Use one of the 3 options (A - the lowest quality material, C - the best) for the purposes of the preliminary design.

Shaft shape and dimensions. [2]

Define the shape and location of supports (bearings) in this paragraph. You can define a shaft with a maximum of 10 cylindrical (conical) elements, which may be hollow. Define also the rounding radius for transitions between individual cylindrical elements. This radius affects calculations of stress in dynamic strength checks of the shaft. Enter dimensions of the shaft successively in the table [2.2] and observe the shape of the designed shaft in the picture.

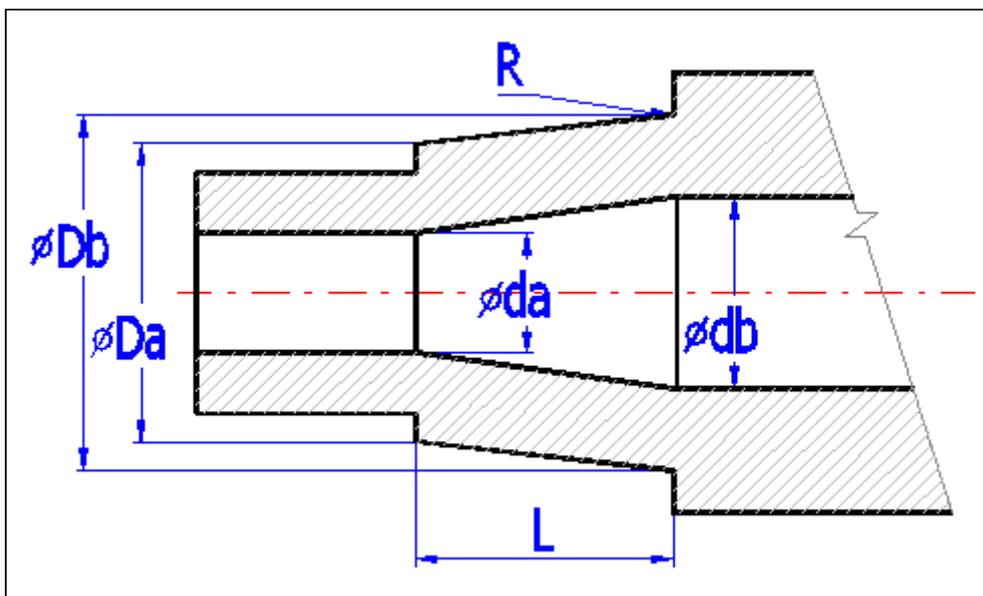
Warning: Individual cylindrical sections of the shaft must follow one another and no section with zero length may be between them. The first section with zero length terminates definition of the shaft in calculations.

2.1 The scale of the displayed shaft diameter.

The change-over switch defines whether the shaft is displayed over the whole area of the window (with optical deformation of the shaft), or whether the width and length is displayed in the same scale.

2.2 Table.

The table for definition of the shaft includes ten columns for a maximum of ten cylindrical (conical) elements of the shaft, and rows where you can enter dimensional parameters of the particular section of the shaft. Follow the schematic diagram.

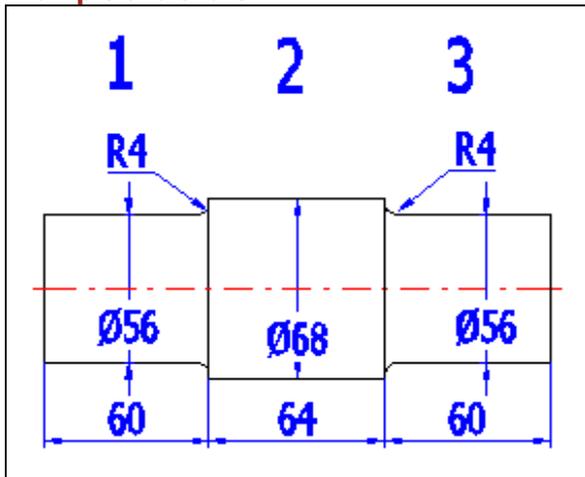


The items listed:

Origin	Initial co-ordinates of the cylindrical part of the shaft from the left end of the shaft.
L	Length of the part of the shaft
Da	Outer diameter on the left
Db	Outer diameter on the right
da	Inner diameter on the left
db	Inner diameter on the right
R	Rounding between cylindrical section. (is defined for the right side of the section) see example

Warning: The radius always refers to the right side of the cylindrical section regardless of whether the diameter changes from a smaller to a bigger one or vice versa.

Example of a shaft



Example of a table

	1	2	3
Start	0	60	124
L	60	64	60
Da	56	68	56
Db	56	68	56
da	0	0	0
db	0	0	0
R	4	4	

2.3 Total length of the shaft.

The parameter defines the total length of the shaft.

2.4/2.5 The "X" co-ordinate of the left/right support (bearing).

Use the change-over switch on the right to determine which support (bearing) is fixed and which is sliding. The setting affects calculations of stress in axial force. The position and type of support are displayed in the picture of the shaft as a red triangle.

2.6 The shaft surface (Roughness Ra).

The quality of the shaft surface substantially affects the fatigue strength, particularly with harder materials. Select the corresponding surface (method of machining) in the list box. The corresponding roughness Ra in units (micrometer/microinch) is in parenthesis.

Notches and necking-down on the shaft. [3]

In case of dynamic stress of the shaft or use of fragile materials, an undesirable concentration of stress occurs in points of shape changes of the shaft (necking-down, grooves, lubrication holes, rounding between sections, etc.). The highest stress can mostly be found right at these points. Therefore, in case of dynamic stress of the shafts we recommend including this effect in calculations and defining notches in this paragraph.

3.1 The ultimate tensile strength (Su, Rm).

In this paragraph, the value of the ultimate tensile strength of material is used to specify Notch factor β . If the check mark button is enabled, a value according to the selected material of the shaft is used [6.2].

3.2 Notch sensitivity factor (q).

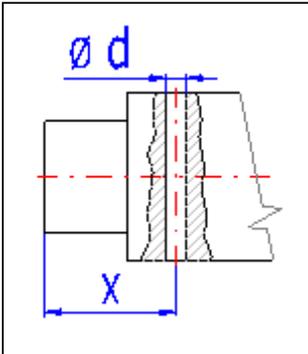
The notch sensitivity factor q is used for calculation of a notch factor β using the coefficient of the notch shape factor α according to the formula:

$$\beta_b = 1 + q(\alpha_b - 1)$$

If the check mark button[3.1] is enabled, a notch sensitivity factor according to the selected material of the shaft is used [6.1].

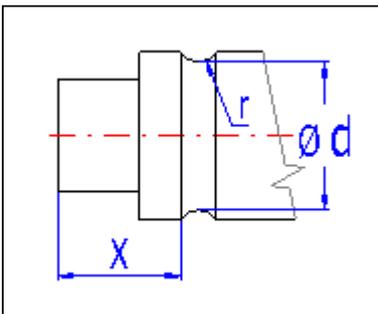
3.3. Transverse hole.

If the designed shaft includes a transverse hole(s), enter parameters in the table acc. to Fig. A. The position of the hole is marked using a red line in the schematic diagram.



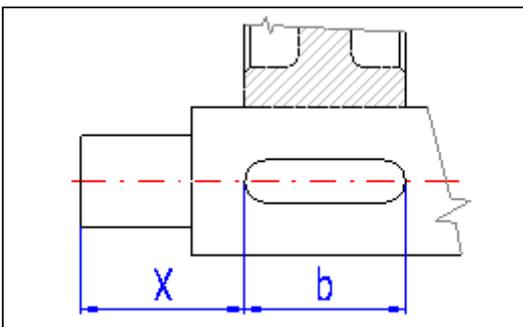
3.4. Necking-down.

If the shaft is provided with one or more necked-down parts, enter their parameters in the table acc. to Fig. B. The necking-down is marked using a green rectangle in the schematic diagram.

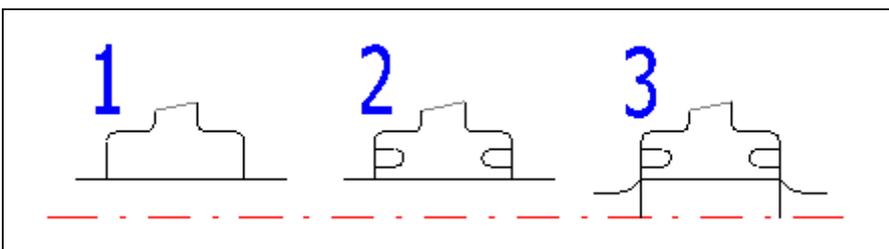


3.5. General notch.

Shafts usually include a series of other notches - potential concentrators of stress. Some common types (a groove for a key, grooved shaft and pressing on) are specified in the list box. Set the place and scope of effects according to Fig. C. A common notch is marked using a blue dimension in the schematic diagram.



Select the type of pressed on connection according to the illustration.



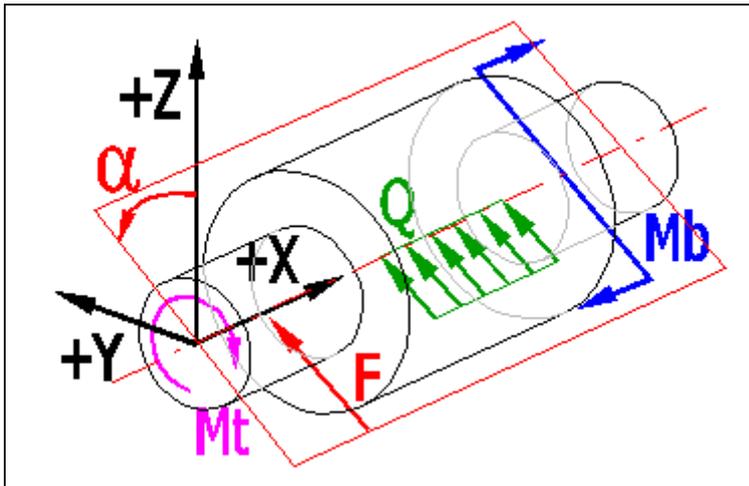
3.6. Rounding between cylindrical sections of the shaft.

The table includes notch coefficients β in places of rounding between individual parts of the shaft.

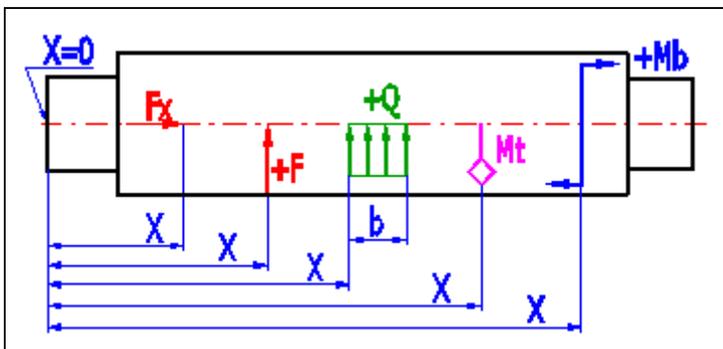
Loading of the shaft. [4]

The following rules are applicable for definition of loading:

- The shaft is oriented so that the shaft axis is identical with the X axis of the co-ordinate system and the left side of the shaft begins at the origin (0,0,0).
- The plane Z-X (passes through Z and X axes) is the "Main" plane.
- The plane passing through the axis and forming an angle with the main plane (Z-X) is the "Definitional" plane (red).
- Loading from the dead load of the shaft and from the weight of additional rotating masses can be found in the "Main" plane.



Loading in the "Definitional" plane



4.1 Table of loading forces.

Enter maximum nominal values in the table of loading forces. Specify the dynamic character of loading forces in paragraph [6]. The meaning of the entered parameters is as follows:

X	The point of action of the force measured from the beginning of the shaft (point 0)
F _x	Axial force (force acting in the shaft axis)
F	The force acting perpendicularly to the shaft axis (can be found in the "Definitional" plane)
alpha	The angle between the "Main" and "Definitional" planes (for force F)
M _t	Torsion moment.
M _b	The torsion moment (can be found in the "Definitional" plane)
alpha	The angle between the "Main" and "Definitional" planes (for moment M _b)
Q	Continuous load (can be found in the "Definitional" plane)
b	The length of the point of action of the continuous load
alpha	The angle between the "Main" and "Definitional" planes (for continuous load Q)

Rotating masses. [5]

For calculation of the critical speed of the shaft [7.13], it is necessary to define all material disks which are firmly connected to the shaft. You can enter the weight of the disk and its position on the shaft directly in the table or use an auxiliary calculation which specifies its weight using its width, outer and inner diameter.

5.2 Use loading from the weight of disks in the calculation?

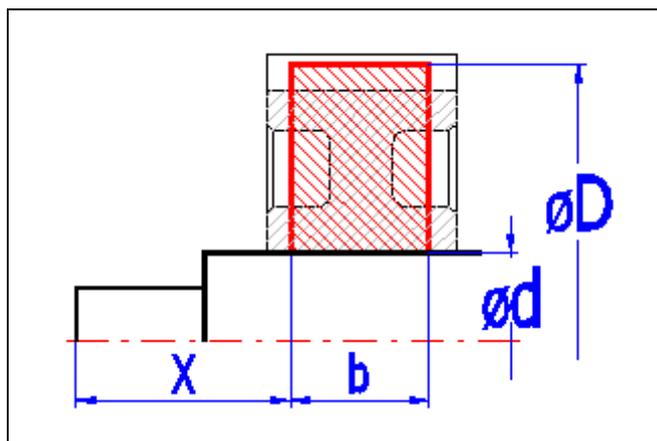
If the shaft is oriented in the machine horizontally and the rotating masses affect the deflection of the shaft, set the change-over switch to "Yes". If the shaft is oriented vertically and the weight of rotating masses has no influence on the deflection of the shaft, set the change-over switch to ">No" (in this case, no additional axis loading of the shaft will be considered).

5.3 Table

In the table you can define a maximum of 5 additional material disks firmly connected to the shaft. If the reversing switch is enabled at the end of the row, the calculation of the weight uses values defining dimensions of the disk. If the reversing switch is disabled, the weight entered in the last column and distributed continuously along the width "b" is used.

Meaning of columns:

X	Co-ordinates of the left marginal point of the material disk measured from the origin
D	Outer diameter of the material disk
d	Inner diameter of the material disk
b	Width of the material disk
Ro	Specific mass of the disk material
m	Mass of the disk



Hint: In case of a more complex shape of material disk, this may be defined as several disks following one after the other.

Note: Rotating masses have to be located on the shaft. The program does not include the masses located outside the shaft.

Material and the type of loading. [6]

Enter material and the type of loading of the shaft in this paragraph. Material of the shaft can be chosen from the list of materials (strength values are derived from tensile strengths and the type of material), or your own strength and material values can be entered.

6.1 Material of the shaft (Ultimate tensile strength min-max)

Select the type of material which will be used for production of the shaft from the list box. The range of ultimate tensile strength [MPa/psi] is given in parenthesis. Then in the list box on the right, select the desired ultimate strength or enter directly the value in row [6.2]. If the check mark button to the right of the tensile strength is enabled, other strength parameters are calculated using the tensile strength. These values are then added to the respective input fields. When selecting the type, other material values, particularly the specific mass and modulus of elasticity in tension and in shear are then added.

Material parameters are necessary for the following calculations:

Parameter	Calculation
Yield points	Calculation of static coefficient of safety

Fatigue limits	Calculation of dynamic coefficient of safety
Specific mass	Bend stress, deflection, critical speed
Modulus of elasticity in tension	Deflection of the shaft
Modulus of elasticity in shear	Distortion of the shaft

Warning: Strength parameters are calculated using the tensile strength and empirically obtained coefficients. Also, the modulus of elasticity and specific mass are common for the whole group of materials. Despite the fact that these obtained values are close to the values obtained by measurement of particular materials, we recommend using parameters of materials according to material sheets or specifications from producers in case of final calculations.

6.17 Dead load.

If the shaft is exposed to a bending stress due to dead load (horizontally positioned shaft), select the value "Yes".

6.18 Max. displayed coefficient of safety.

Coefficients of safety are calculated along the length of the shaft. In case the coefficient of safety exceeds the preset value, the preset value is used. This allows users to enlarge (zooming) diagrams in the field of low safety, which is important when considering the design.

6.19 Stress ratio factor.

The coefficient of stress α_0 is used for calculation of the equivalent (comparative) stress. The preset value is based on the type of dynamic loading of the shaft. If you wish to enter your own value, disable the check mark button.

6.20 Coefficient of maximum loading.

The nominal loading is usually applied for the calculation. The coefficient of maximum loading covers the difference between the nominal and maximum loading. This coefficient can be entered for each particular type of loading.

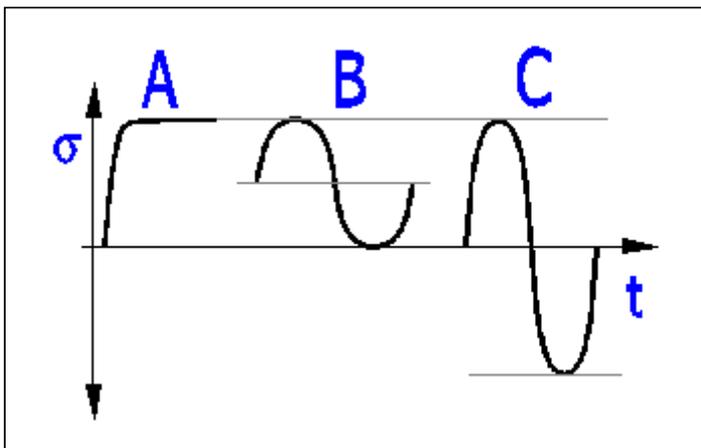
Example:

The start-up torsion moment of the electric motor is 150% of the nominal one. 6.23 In this case, the coefficient of maximum loading for torsion $[6.23] = 1.5$.

6.25 Loading conditions.

Four list boxes allow users to define the type of loading which acts on the shaft. For simplification, the shaft can be designed for the following types of loading.

- A. Static
- B. Repeated
- C. Reversed



Example 1: Coupling shaft, drive with electric motor, driven compressor

- Loading by bending moment - Static
- Loading by a shifting force - Static
- Loading by a torsional moment - Repeated
- Loading by a tensile force - Static

Example 2. Gearbox shaft (with a toothed wheel), driven by an internal combustion engine

Loading by a bending moment - Reversed
 Loading by a shifting force - Reversed
 Loading by a torsional moment - Repeated
 Loading by a tensile force - Static

6.30 Dynamic strength check.

When dynamically checking the shaft, it is possible to include the effects:

- Shaft surface
- Shaft size
- Stress concentration (notch)

If the shaft is loaded dynamically (repeated cyclical loading or the number of cycles is over 1000), it is advisable to include all effects.

Results - summary. [7]

This paragraph gives basic results of calculations which show a compact review of strength and functional checks of the designed shaft. The left part gives minimum, maximum and selected values. The right part shows a universal diagram which allows users to display any calculated curve. The lower part of this paragraph shows a table in which you can display exact values of the selected curve at selected points on the shaft.

7.1, 7.2 Reaction in the support.

The level of reaction in the first and second support in direction X (shaft axis), Y,Z and total radial reaction ($\Sigma y+z$).

7.4 Maximum deflection.

Maximum deflection is an important parameter when considering functionality of the shaft. Its maximum permitted value depends on the type of shaft, its function and structural features. The following recommendations can be applied for its size (shaft with toothed wheel):

At the point of seating of the toothed wheel

- for spur gearing $y = 0.01 * m$
- for bevel and worm wheels $y = 0.005 * m$
[m...module of toothed wheel]

Or recommended maximum deflection (not at points of seating of wheels) is for:

- General engineering $y = 0.0003 * L$
- Construction of machine tools $y = 0.0002 * L$
[L...distance between bearings]

Note: The red value warns of large max. deflection of the shaft

7.5 Maximum angular deflection.

Depends on the structure and type of loading. Recommended max. value $\varphi = 0.25^\circ$ per one meter of length of the shaft ($\varphi = 0.075^\circ$ per one foot of the length). In case of a smooth engagement, permanent torsional moment can be substantially higher.

7.6, 7.7 Angular deflection in R1/R2.

The angular deflection of the shaft at points of seating of the toothed wheel should not exceed a value between 0.05° and 0.12° (3' - 7').

The angular deflection at bearing points depends on the type and inner structure of the bearing. Generally applicable:

Max angular deflection [°]	Type of bearing
0.1	Single-row ball bearings
3	Double-row self-aligning ball bearings
0.1	Single-row roller bearings
0.03	Other roller bearings
1.5	Spherical roller bearings
0.03	Single-row tapered roller bearings
2	Thrust spherical roller bearings

0.05	Sliding bearings ($b/d < 1$)
------	--------------------------------

Note: Exact values can be found in the producer's catalogue.

7.8 - 7.12 Maximum stress.

These are the maximum values of individual stress components. However, the safety coefficient should be decisive for the design.

7.13 Minimum static safety.

Recommended values:

- 1.2 to 2.2 - Sufficiently plastic materials.
- 2.0 to 3.0 - Forgings, fragile materials (highly alloyed steels, very strong cast irons)
- 2.5 to 3.5 - Castings, fragile materials (highly alloyed steels, very strong cast irons)

Hint: Read general notes on level of safety.

7.14 Minimum dynamic safety.

Recommended values:

- 1.3 to 1.5 - Very precise determination of state of stress, perfect knowledge of material features, exact following of technological procedures.
- 1.5 to 1.8 - Less accurate calculation without any experimental verification, lower accuracy of production technology.
- 1.8 to 2.5 - Lower accuracy of calculations, non-homogenous material, large diameters of shafts.

Hint: Read general notes on level of safety.

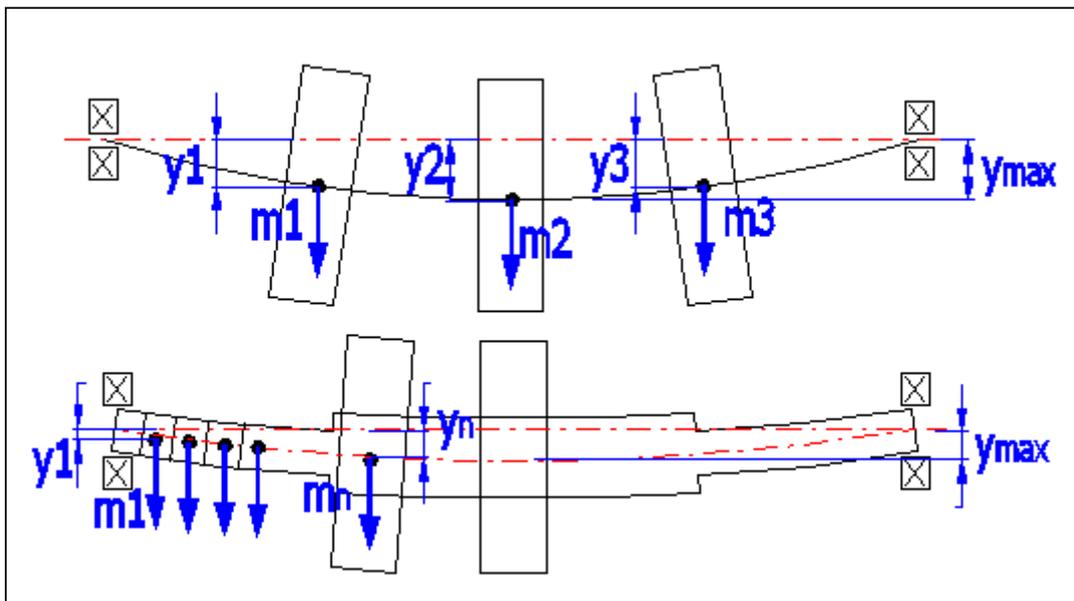
7.15 Critical speed.

For the calculation, it is important to include all rotating masses firmly connected to the shaft [5]. Critical speed is calculated using Rayleigh's method (bending oscillation).

The speed of the shaft should be:

- lower than $0.8 \cdot \text{Critical speed}$ - subcritical operation
- higher than $1.25 \cdot \text{Critical speed}$ - above critical operation

If the shaft is operated in the field of above critical speed, it is necessary to go over the field of critical speed quickly both with the running up (excess of power) and running out (sometimes braking is necessary) as well.



Applied formulas:

Critical speed.

$$n_{cy}(A, B) = 946 * K * \sqrt{\frac{\sum_{i=1, \dots, n} (gm_i) y_i}{\sum_{i=1, \dots, n} (gm_i) y_i^2}}$$

$$n_{cy}(C) = 946 * K * \sqrt{\frac{1}{y_{\max}[mm]}}$$

with:

m_i = i-th rotating mass located on the shaft

y_i = static deflection under i-th weight located on the shaft

g = gravitation constant

K = coefficient of shaft bearing (as apart from stiffness and deflection of the shaft, critical speed depends on the bearing, the following coefficient can be applied in practice)

- Shaft freely rotating in bearings, overhung rotating disc ($K=0.9$)
- Shaft freely rotating in bearings, rotating disc between the bearings ($K=1.0$)
- Stationary placed shaft - only discs are rotating ($K=1.3$)

The calculation gives three results:

- Mass parts of the shaft are not included (only rotating weights are used for calculation). If rotating weights are not defined, the result equals to zero.
- The same as A but the weight of shaft is included.
- The calculation is made from maximum shaft deflection.

Note: Depending on the shaft shape, shaft bearing, rotating masses and their location, the three results may vary significantly. Therefore in these cases we recommend to consult professional literature for proper choice of results.

7.16 Results for X co-ordinate.

In the list boxes, select the parameters in which you are interested and for which you wish to know exact values at certain points of the shaft. You can find out the values of up to eight check points. Enter their co-ordinates in row [7.16].

Hint: The button "[>]" completes the check places with co-ordinates where sections of the shaft change.

7.17 Graph.

In the list boxes, set the parameters of the graphs you wish to be displayed. Fast scrolling through of all graphs is possible using the scroll button. The axis of the blue curve is positioned on the left and the axis of the green curve on the right.

Graphs. [8 -12]

Paragraphs 8 to 12 include graphs of the selected values. Paragraphs 8,9 and 10 allow users to switch values in the plane XZ and the plane XY, the summary of values and the angle between the plane XZ and the vector of the resulting value (summary XZ and XY) on and off. Switch the graph on/off by enabling/disabling the check mark button.

Graphic output, CAD systems.

Information on options of 2D and 3D graphic outputs and information on cooperation with 2D and 3D CAD systems can be found in the document "[Graphic output, CAD systems](#)".

Setting calculations, change the language.

Information on setting of calculation parameters and setting of the language can be found in the document "[Setting calculations, change the language](#)".

The formulas used.

Standard procedures and formulas are used for calculation of deformations and stress.

As literature gives many theories and procedures in the field of calculation of notch effects and coefficients of safety, only the basic formulas used in the calculations are mentioned here.

Calculation of equivalent stress.

$$\delta_r = \sqrt{(\delta_e + \delta_g)^2 + 3(\alpha_0(\tau_t + \tau_s))^2}$$

Where:

δ_e - Bending stress.

δ_g - Tensile (compressive) stress.

τ_t - Torsional stress.

τ_s - Stress in shear.

α_0 - Coefficient of loading - based on the type of dynamic loading of the shaft.

Coefficient of safety, static.

$$SF_{St} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{SF_e} + \frac{1}{SF_g}\right)^2 + \left(\frac{1}{SF_t} + \frac{1}{SF_s}\right)^2}}$$

Bending static safety

$$SF_e = \frac{Re_b}{\delta_e \cdot K_{maxL}}$$

Where:

δ_e - Bending stress.

K_{maxL} - Coefficient of maximum loading - see [6.20]

Re_b - Bending yield point.

Similarly then for partial safety in tension SF_g , torsion SF_t and shear SF_s

Coefficient of dynamic safety.

$$SF_D = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{SF_{ed}} + \frac{1}{SF_{gd}}\right)^2 + \left(\frac{1}{SF_{td}} + \frac{1}{SF_{sd}}\right)^2}}$$

Bending dynamic safety

$$SF_{ed} = \frac{Re_{bc}}{\delta_a \cdot \beta_e^* + \delta_m \cdot \psi_e}$$

Medium bending stress

$$\delta_m = \frac{(\delta_{max} + \delta_{min})}{2}$$

Amplitude of bending stress

$$\delta_a = \frac{(\delta_{\max} - \delta_{\min})}{2}$$

Where:

Re_{bc} - Bending fatigue limit (with reversed or repeated loading).

δ_{\max} - Maximum bending stress in loading cycle.

δ_{\min} - Lowest bending stress in loading cycle.

Total bending shape coefficient

$$\beta_e^* = \frac{\beta_b}{\nu_b \cdot \varepsilon_p}$$

Bending notch factor

$$\beta_b = 1 + q(\alpha_b - 1)$$

where:

ψ_e - Coefficient showing sensitivity of material to asymmetry of the cycle.

ν_e - Coefficient of the part size.

ε_p - Coefficient of surface quality.

α_b - Notch shape factor.

q - Notch sensitivity factor.

Similarly then for partial dynamic safety in tension SF_{gd} , torsion SF_{td} and shear SF_{sd}

Workbook (calculation) modifications.

General information on how to modify and extend calculation workbooks is mentioned in the document "[Workbook \(calculation\) modifications](#)".

Supplements - This calculation:

The calculation itself is executed in the VBA module, therefore it is not available to the user. In the sheet "**Tables**", however, it is possible to modify material coefficients, notch factors, surface coefficients and size coefficients.

ANEXO D

Tabla 8-20

Dimensiones en pulgadas para algunas aplicaciones de cuñas cuadradas y rectangulares estándar

Fuente: Joseph E. Shigley, "Unthreaded Fasteners", capítulo 22, en Joseph E. Shigley and Charles R. Mischke (eds.), *Standard Handbook of Machine Design*, 2a. ed., McGraw-Hill, Nueva York, 1996.

Diámetro del eje		Tamaño de la cuña		Profundidad del cuñero
Más de	Hasta (inclusive)	w	h	
1/16	1/16	3/32	3/32	3/64
	7/16	1/8	3/32	3/64
0 1/16	7/16	1/8	1/8	1/16
	1	3/16	1/8	1/16
0 1/8	1 1/2	1/4	1/8	3/32
	1 1/2	1/4	1/4	1/8
0 1/4	1 3/4	5/16	1/4	1/8
	1 3/4	5/16	5/16	3/32
1/2	2 1/4	3/8	1/4	1/8
	2 1/4	3/8	3/8	3/16
1	2 3/4	1/2	3/8	1/8
	2 3/4	1/2	1/2	3/32
1 1/2	3 1/4	5/8	1/2	1/8
	3 1/4	5/8	5/8	3/16

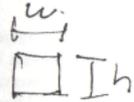


Figura 8-32

a) Cuña con cabeza; b) cuña Woodruff.

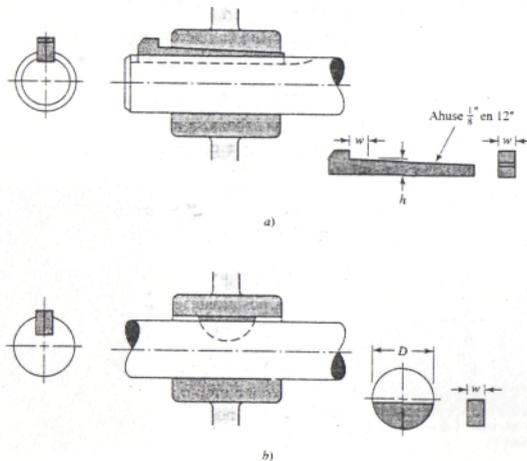


Tabla 8-21

Dimensiones de cuñas Woodruff. Serie en pulgadas

Tamaño de la cuña		Altura b	Desplazamiento e	Profundidad de la ranura	
w	D			Eje	Masa
1/16	1/16	0.109	3/64	0.0728	0.0372
1/16	3/16	0.172	3/64	0.1358	0.0372
3/32	3/16	0.172	3/64	0.1202	0.0529
3/32	1/4	0.203	3/64	0.1511	0.0529
3/32	5/16	0.250	1/16	0.1981	0.0529
1/2	1/2	0.203	3/32	0.1355	0.0685
1/2	3/4	0.250	1/16	0.1825	0.0685
3/4	3/4	0.313	1/16	0.2455	0.0685
3/4	1	0.250	1/16	0.1669	0.0841
3/4	1 1/4	0.313	1/16	0.2299	0.0841
1	1	0.375	1/16	0.2919	0.0841
1 1/8	1 1/8	0.313	1/16	0.2143	0.0997
1 1/8	1 1/4	0.375	1/16	0.2763	0.0997
1 1/4	1 1/4	0.438	1/16	0.3393	0.0997
1 1/4	1 3/4	0.375	1/16	0.2450	0.1310
1 1/2	1 1/2	0.438	1/16	0.3080	0.1310
1 1/2	1 3/4	0.547	3/64	0.4170	0.1310
1 3/4	1 3/4	0.438	1/16	0.2768	0.1622
1 3/4	2	0.547	3/64	0.3858	0.1622
2	2	0.641	3/64	0.4798	0.1622
2	2 1/4	0.547	3/64	0.3545	0.1935
2 1/4	2 1/4	0.641	3/64	0.4485	0.1935

Tabla 8-22

Tamaños de cuñas Woodruff adecuados para varios diámetros de ejes

Diámetro del eje, pulg	Ancho de la ranura, pulg	
	De	Hasta (inclusive)
1/16	1/16	1/8
3/32	3/32	7/8
1/8	3/8	1 1/2
3/16	1/2	1 3/4
1/4	5/8	2
5/16	3/4	2 1/4
3/8	1	2 3/4
1/2	1	2 3/4

ANEXO E

Tabla E-19
Tubería estándar americano

Tamaño nominal, pulg	Diámetro exterior, pulg	Hilos por pulgada	Espesor de pared, pulg		Doble extra fuerte	
			Estándar, núm. 40	Extra fuerte, núm. 80	Extra fuerte	Extra fuerte
1	0.405	27	0.070	0.098		
1	0.540	18	0.090	0.122		
1	0.675	18	0.093	0.129		
1	0.840	14	0.111	0.151	0.307	
1	1.050	14	0.115	0.157	0.318	
1	1.315	11	0.136	0.183	0.369	
1	1.660	11	0.143	0.195	0.393	
1	1.900	11	0.148	0.204	0.411	
2	2.375	11	0.158	0.223	0.447	
2	2.875	8	0.208	0.282	0.565	
3	3.500	8	0.221	0.306	0.615	
3	4.000	8	0.231	0.325		
4	4.500	8	0.242	0.344	0.690	
5	5.563	8	0.263	0.383	0.768	
6	6.625	8	0.286	0.441	0.884	
8	8.625	8	0.329	0.510	0.895	

Tabla E-20

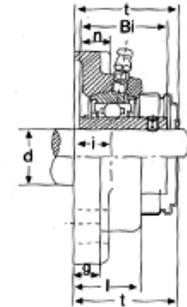
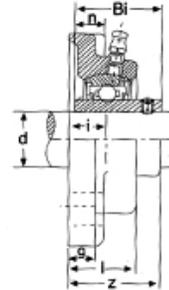
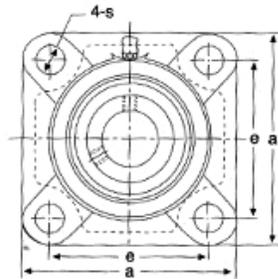
Resistencias mínimas determinísticas a la tensión y a la cedencia ASTM para algunos aceros laminados en caliente (HR) y estrados en frío (CD).
 [Las resistencias listadas son valores ASTM mínimos estimados en el intervalo de tamaños de 18 a 32 mm (3/4 a 1 1/4 pulg)]. Estas resistencias resultan adecuadas para usarse con el factor de diseño definido en la sección 1-9, a condición que los materiales se conformen a los requisitos ASTM A6 o A568 o se requieran en las especificaciones de compra. Recuerde que un sistema de numeración no es una especificación. Véase la tabla 1-1 para ciertos aceros ASTM.
 Fuente: 1986 SAE Handbook, p. 2.15

UNS núm.	1	2	3	4	5	6	7	8
	Num. SAE y/o AISI	Procesamiento	Resistencia a la tensión, Mpa (Kpsi)	Resistencia a la cedencia, Mpa (Kpsi)	Elongación en 2 pulg, %	Reducción en área, %	Dureza Brinell	
G10060	1006	HR	300(43)	170(24)	30	55	86	
G10100	1010	HR	320(47)	180(26)	28	50	95	
G10150	1015	HR	340(50)	190(27.5)	28	50	101	
G10130	1018	HR	390(56)	220(32)	25	40	111	
G10200	1020	HR	440(64)	210(30)	25	50	111	
G10300	1030	HR	470(68)	260(37.5)	20	42	137	
G10350	1035	HR	520(76)	270(39.5)	18	35	143	
G10400	1040	HR	550(80)	290(42)	18	40	149	
G10450	1045	HR	520(76)	290(42)	12	35	170	
G10500	1050	HR	570(82)	310(45)	16	40	163	
G10600	1060	HR	630(91)	330(47)	13	35	179	
G10800	1080	HR	620(90)	340(49.5)	10	30	201	
G10950	1095	HR	690(100)	370(54)	12	30	229	
		HR	770(112)	420(61.5)	10	25	248	
		HR	830(120)	450(66)	10	25		

ANEXO F

Chumacera UCF

Tipo Flange - 4 huecos

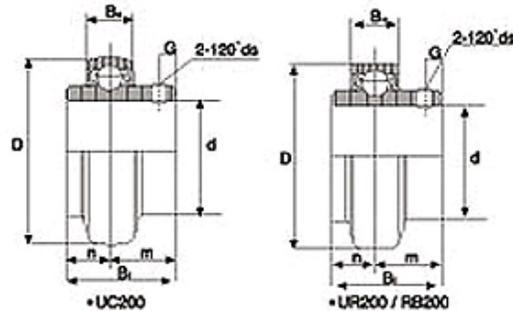


S(SM)-UCF

Bearing No	Shaft d (mm)	Dimensions (mm)											bolt site (mm)	Weight (kg)	
		a	e	i	g	l	s	Bi	n	z	t				
UCWF201	12	76	54	15	11	25.5	12	27.4	11.5					M10	0.72
UCWF202	15	76	54	15	11	25.5	12	27.4	11.5					M10	0.62
UCWF203	17	76	54	15	11	25.5	12	27.4	11.5					M10	0.61
UCF201	12	86	64	15	12	25.5	12	31	12.7	33.3	37.5			M10	0.61
UCF202	15	86	64	15	12	25.5	12	31	12.7	33.3	37.5			M10	0.61
UCF203	17	86	64	15	12	25.5	12	31	12.7	33.3	37.5			M10	0.61
UCF204	20	86	64	15	12	25.5	12	31	12.7	33.3	37.5			M10	0.61
UCF205	25	95	70	16	13	27	12	34.1	14.3	35.8	40			M10	0.80
UCF206	30	108	83	18	13	31	12	38.1	15.9	40.2	44.5			M10	1.00
UCF207	35	117	92	19	15	34	14	42.9	17.5	44.4	48.5			M12	1.40
UCF208	40	130	102	21	15	36	16	49.2	19	51.2	55.5			M14	1.80
UCF209	45	137	105	22	17	38	16	49.2	19	52.2	56.5			M14	2.20
UCF210	50	143	111	22	18	40	16	51.6	19	54.6	59.5			M14	2.40
UCF211	55	162	130	25	18	43	19	55.6	22.2	58.4	63			M16	3.50
UCF212	60	175	143	29	18	48	19	65.1	25.4	68.7	73.5			M16	4.20
UCF213	65	187	149	30	22	50	19	65.1	25.4	69.7	74.5			M16	5.30
UCF214	70	193	152	31	22	54	19	74.6	30.2	75.4	81.5			M16	5.90
UCF215	75	200	159	34	22	56	19	77.8	33.3	78.5	83.5			M16	6.30
UCF216	80	208	165	34	22	58	23	82.6	33.3	83.3	88.5			M20	7.30
UCF217	85	220	175	36	24	63	23	85.7	34.1	87.6	92.6			M20	8.90
UCF218	90	235	187	40	25	68	23	96	39.7	96.3	101.5			M20	11.60

Rodamientos UC

Repuestos para chumaceras en mm y pulg.



Bearing No.	Shaft Dia		Dimensions (mm)							Basic dynamic Load ratings (KN)	Basic static Load ratings (KN)	Weight (kg)	
	d in	d mm	D	Bi	Be	n	m	G	mm				Ds in.UNF
UCW201		12	40	27.4	14	11.5	15.9	4.5	M5x0.8		7.36	4.79	0.12
UCW201-8	1/2		40	27.4	14	11.5	15.9	4.5		1/4-28	7.36	4.79	0.12
UCW202		15	40	27.4	14	11.5	15.9	4.5	M5x0.8		7.36	4.79	0.11
UCW202-9	9/16		40	27.4	14	11.5	15.9	4.5		1/4-28	7.36	4.79	0.11
UCW202-10	5/8		40	27.4	14	11.5	15.9	4.5		1/4-28	7.36	4.79	0.11
UCW203		17	40	27.4	14	11.5	15.9	4.5	M5x0.8		7.36	4.79	0.10
UCW203-11	11/16		40	27.4	14	11.5	15.9	4.5		1/4-28	7.36	4.79	0.10
UC201		12	47	31	17	12.7	18.3	5	M6x1		9.88	6.65	0.21
UC201-8	1/2		47	31	17	12.7	18.3	5		1/4-28	9.88	6.65	0.21
UC202		15	47	31	17	12.7	18.3	5	M6x1		9.88	6.65	0.19
UC202-9	9/16		47	31	17	12.7	18.3	5		1/4-28	9.88	6.65	0.19
UC202-10	5/8		47	31	17	12.7	18.3	5		1/4-28	9.88	6.65	0.19
UC203		17	47	31	17	12.7	18.3	5	M6x1		9.88	6.65	0.19
UC203-11	11/16		47	31	17	12.7	18.3	5		1/4-28	9.88	6.65	0.19
UC204		20	47	31	17	12.7	18.3	5	M6x1	1/4-28	9.88	6.65	0.17
UC204-12	3/4		47	31	17	12.7	18.3	5	M6x1	1/4-28	9.88	6.65	0.18
UC205		25	52	34.1	17	14.3	19.8	5	M6x1	1/4-28	7.36	4.79	0.19
UC205-14	7/8		52	34.1	17	14.3	19.8	5	M6x1	1/4-28	10.78	9.93	0.22
UC205-15	15/16		52	34.1	17	14.3	19.8	5	M6x1	1/4-28			0.20
UC205-16	1		52	34.1	17	14.3	19.8	5	M6x1	1/4-28			0.19
UC206		30	62	38.1	19	15.9	22.2	5	M6x1	1/4-28	14.97	11.31	0.31
UC206-17	1-11/16		62	38.1	19	15.9	22.2	5	M6x1	1/4-28	14.97	11.31	
UC206-18	1-1/8		62	38.1	19	15.9	22.2	5	M6x1	1/4-28	14.97	11.31	0.34
UC206-19	1-3/16		62	38.1	19	15.9	22.2	5	M6x1	1/4-28	14.97	11.31	0.32
UC206-20	1-1/4		62	38.1	19	15.9	22.2	5	M6x1	1/4-28	14.97	11.31	0.30
UC207		35	72	42.9	20	17.5	25.4	7	M8x1	5/16-24	19.75	15.30	0.46
UC207-20	1-1/4		72	42.9	20	17.5	25.4	7	M8x1	5/16-24	19.75	15.30	0.52
UC207-21	15/16		72	42.9	20	17.5	25.4	7	M8x1	5/16-24	19.75	15.30	
UC207-22	1-3/8		72	42.9	20	17.5	25.4	7	M8x1	5/16-24	19.75	15.30	0.48

ANEXO G

Application Service Factors

Chart 1

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

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

ANEXO H

Spider Performance Data

Chart 2

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

Notes: 1. NBR standard shore hardness is 80A ±5A—Except L035=60A. Other softer or harder designs are available in NBR material; consult Lovejoy.
2. Chemical Resistance chart shown in Engineering Data section.

Coupling Nominal Rated Torque

Chart 3

Size	Maximum Bore		Spider Material							
	Inch	mm	SOX(NBR) Torque		Urethane Torque		Hytrel Torque		Bronze Torque	
			in-lbs	Nm	in-lbs	Nm	in-lbs	Nm	in-lbs	Nm
L035	.375	9	3.5	0.4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
L/AL050	.625	16	26.3	3.0	39	4.5	50	5.6	50	5.6
L/AL070	.750	19	43.2	4.9	65	7.3	114	12.9	114	12.9
L/AL075	.875	22	90.0	10.2	135	15.3	227	25.6	227	25.6
L/AL090	1.000	25	144.0	16.3	216	24.4	401	45.3	401	45.3
L/AL095	1.125	28	194.0	21.9	291	32.9	561	63.4	561	63.4
L/AL099	1.188	30	318.0	35.9	477	53.9	792	89.5	792	89.5
L/AL100	1.375	35	417.0	47.1	626	70.7	1134	128.0	1134	128.0
L/AL110	1.625	42	792.0	89.5	1188	134.0	2268	256.0	2268	256.0
L150	1.875	48	1240.0	140.0	1860	210.0	3708	419.0	3706	419.0
AL150	1.875	48	1450.0	163.8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
L190	2.125	55	1728.0	195.0	2592	293.0	4680	529.0	4680	529.0
L225	2.625	65	2340.0	264.0	3510	397.0	6228	704.0	6228	704.0
L276	2.875	73	4716.0	533.0	N/A	N/A	N/A	N/A	12500	1412.0
C226	2.500	64	2988.0	338.0	N/A	N/A	5940	671.0	5940	671.0
C276	2.875	73	4716.0	533.0	N/A	N/A	9432	1066.0	N/A	N/A
C280	3.000	76	7560.0	854.0	N/A	N/A	13866	1567.0	N/A	N/A
C285	4.000	102	9182.0	1038.0	N/A	N/A	16680	1882.0	N/A	N/A
C295	3.500	89	11340.0	1281.0	N/A	N/A	22680	2563.0	22680	2563.0
C2955	4.000	102	18900.0	2136.0	N/A	N/A	37800	4271.0	37800	4271.0
H3067	4.500	114	33395.0	3774.0	N/A	N/A	47196	5333.0	47196	5333.0
H3567	5.000	127	46632.0	5269.0	N/A	N/A	63000	7119.0	63000	7119.0
H3667	5.629	143	64812.0	7323.0	N/A	N/A	88200	9966.0	88200	9966.0
H4067	6.250	159	88224.0	9969.0	N/A	N/A	126000	14237.0	126000	14237.0
H4567	7.000	178	119700.0	13525.0	N/A	N/A	170004	19209.0	170000	19209.0

Note: Bronze has a maximum RPM capability of 250 RPM. N/A indicates not available.

ANEXO I

◆ **ESPECIFICACIONES** (A 115V230V/60Hz 3400 R.P.M.)

Modelo	Cap. Max. (L/min)	Cabezal max. (M)	Altura Max.de Succión.	Potencia (HP)	Diam. Bomba (1")	Pesoneto (kg)	Dimensión Gen. (Mm)
PKM60-1	40	40	9	0.5	1"×1"	5.3	265×120×155

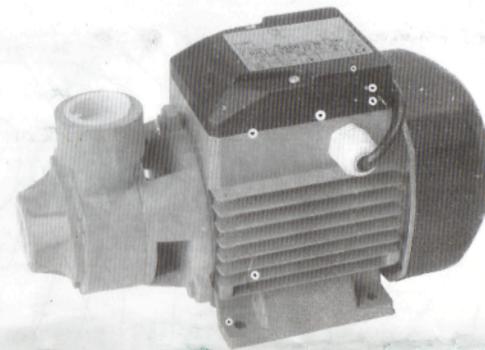
◆ **PROBLEMAS Y CONTRA MEDIDAS**

Problemas	Causas	Contra medidas El usuario puede indicarlas
Motor No arranca	Protector termal	Si esta demasiado caliente, no opera. Espere hasta que se enfríe (20-30 min.)
	Conexión defectuosa del cable	Introduzca bien el enchufe
	Cable desconectado	Reemplace el cable
	Problemas en el motor	Repare o reemplace el motor
La bomba no expelle agua aunque el motor esté funcionando fuerte.	Voltaje demasiado bajo	Consulte con la empresa de suministro de energía
	El nivel de agua de la fuente es inferior al nivel estándar.	Verifique el nivel de agua de la fuente.
	Problema en la válvula vertical.	Limpie la válvula y canastilla.
	Aire aspirado en la tubería de succión.	Chequeeé las juntas y séllelas.
Protector termal del motor funciona con demasiada frecuencia.	Aire aspirado en la bomba por sello mecánico.	Reemplace el sello.
	Voltaje demasiado bajo o demasiado alto.	Consulte con la empresa de suministro de energía.
	Impeller está en contacto con otra pieza.	Reparar los defectos.
El agua no sale durante los primeros minutos en que el switch está prendido.	Corto circuito del capacitor.	Reemplace el capacitor.
	Aire aspirado en la tubería de succión.	Repare los defectos de la tubería (para evitar el ingreso de aire)
La bomba arranca aunque no se esté usando agua.	Hay fugas de agua en la tubería o la bomba.	Repare la tubería, partes de la bomba, llaves, etc.
El agua no sale inmediatamente después de la conexión.	Hay fugas de agua en el sello mecánico.	Repare el sello mecánico.
	La válvula vertical no cierra perfectamente.	Limpie la válvula vertical.
	Aire aspirado a la tubería de succión.	Repare los defectos.



MANUAL DE OPERACION PARA BOMBAS DE AGUA LIMPIA PURA

MODEL: PKM60-1



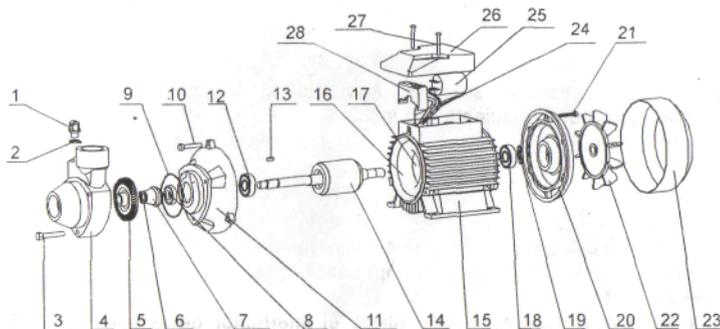
PARA UNA OPTIMA EFICIENCIA LEA ESTE MANUAL ANTES DE PONER A FUNCIONAR ESTA BOMBA POR PRIMERA VEZ.

◆ PRECAUCIONES ANTES DEL USO DE LA BOMBA

1. Conecte a tierra antes de su uso.
 - Esto le puede evitar un accidente causado por un circuito eléctrico, cuando el aislamiento falla, por su seguridad tenga cuidado de no mojar el enchufe.
- ★ **TENGA CUIDADO AL CONECTAR A TIERRA**
 - Conecte a tierra después de haber cortado el suministro de energía eléctrica.
 - Nunca contacte con tuberías de gas, puede causar una explosión.
2. Evite operar la bomba cuando esté seca y no expele agua. Esto acorta la vida útil del equipo y puede dañar el motor.
3. No envuelva nunca la bomba en una colcha o tela para evitar el congelamiento cuando el clima esta frío.
4. Evite utilizar la bomba bajo condiciones de temperatura ambiente superior a 40°C y por debajo de 0°C ni tampoco con agua caliente de más de 40°C porque acortará la vida útil de la bomba.
5. Tenga cuidado de no utilizar la bomba con líquidos que no sean el agua. Cuando se utiliza con solventes como benzol, ácido, líquidos inflamables como la gasolina y líquidos altamente viscosos hay riesgo de producir incendio, causará problemas para la bomba y también acortará la vida útil del equipo.
6. Evite utilizar la bomba directamente expuesta a los rayos del sol o a la lluvia porque podría acortar la vida útil de la misma y también hay el peligro de un circuito eléctrico.
7. Cuando esta bomba esta puesta a la intemperie, se necesita especialmente un filtro porque evitara desgaste del impeller, la baja de la presión y la disminución del bombeo.
8. El voltaje de operación permitido para esta bomba es de $\pm 10\%$ del voltaje de régimen. Si se aplica causará la disminución de la vida útil de la bomba.

◆ APARIENCIA Y NOMBRE DE LAS PARTES

La bomba consiste de:



- | | | | | |
|-----------------------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------|
| 1. Tornillo. | 7."O" Ring. | 13. Arandela el stica. | 19. Condensador. | 25. Chaveta. |
| 2. Cuerpo de la Bomba. | 8. Tapa delantera del Motor. | 14. Motor y Tapa. | 20. Bloque terminal. | 26. Tornillo. |
| 3. Impeller. | 9. Cojinete. | 15. Ventilador. | 21. Tapa terminal. | 27. Tapón de llenado. |
| 4. Anillo sujetador. | 10. Eje del Motor. | 16. Tapa del Ventilador. | 22. Tornillos. | 28. Retenedor. |
| 5. Sello Mecánico. | 11. Cuerpo del Motor. | 17. Tornillo. | 23. Eje. | |
| 6. Protector contra salpicaduras. | 12. Cojinete. | 18. Tapá del bloque terminal. | 24. Embobinado. | |

◆ PUNTOS DE CHEQUEO ANTES DE LA INSTALACION

- Instale la bomba lo más cerca posible a la fuente de succión. Pero cuando la bomba debe instalarse a distancia de la misma debido a las circunstancias, la máxima distancia de tubería desde la fuente a la bomba estará limitada por el cabezal de succión.
- Decida este parámetro considerando condiciones extremas.

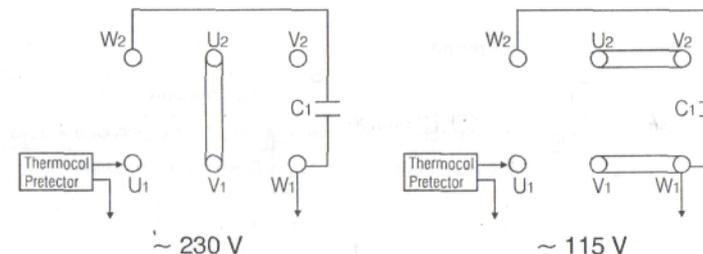
◆ GUIA PARA LA INSTALACION

- Revista la base con cemento para que la bomba no se incline incluso después de muchos años de uso.

- Seleccione un lugar que dé facilidades para la revision o reparacion de la bomba despues de su instalación.
- Instale la válvula de parada en el lado de descarga de la bomba y será muy conveniente para el chequeo y la reparación de la bomba.
- Minimice el número de codos para evitar que el agua gotee de la tubería o para disminuir la resistencia al paso del fluido.

◆ COMO OPERAR LA BOMBA

- Esta bomba no es del tipo auto cebado, se debe instalar la válvula vertical al final de la tubería de succión.
- Mida la profundidad desde la superficie del suelo a fondo de la fuente. El cabezal de succión está normalizado a 8m. (Max.9m).
- Utilice siempre una tubería con un diámetro estándar.

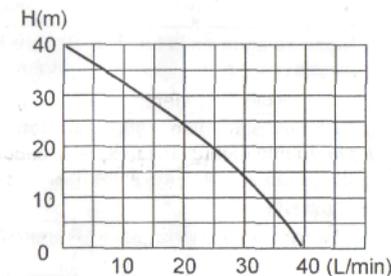


- CUANDO LA BOMBA SE VUELVE A UTILIZAR DESPUES DE LARGO TIEMPO DE PARADA.
- Hay la posibilidad que el motor no arranque a pesar de estar correctamente conectado debido a la solidificación de impurezas del agua en el cabezal de la bomba.
- En ese caso desconecte la energía eléctrica y haga girar el eje detrás del motor con alguna herramienta o manualmente, luego podrá operar la bomba como de costumbre.

◆ COMO HACER ARRANCAR LA BOMBA

- Como esta bomba no tiene un sistema de auto cebado, al iniciar la operación, c bela manualmente realizando la siguiente secuencia.
- Quite el tapón y eche agua en la bomba y vuelva a colocar el tapón. El agua sacará el aire de la tubería de succión.
- Antes de conectar, se debe abrir la llave de agua del lado de la descarga.
- Después de haberla conectado empieza inmediatamente el proceso de cebado.
- Cuando no se logra cebar puede ser que se haya quedado aire en la tubería de succión. Entonces para sacar el aire de la tubería de succión, eche agua, conecte y desconecte repetidamente la bomba.
- Como la bomba no tiene interruptor utilice el interruptor de la pared o enchufe y desenchufe del toma corriente.

◆ CURVA TOTAL DE LA CAPACIDAD DE LA CABEZA

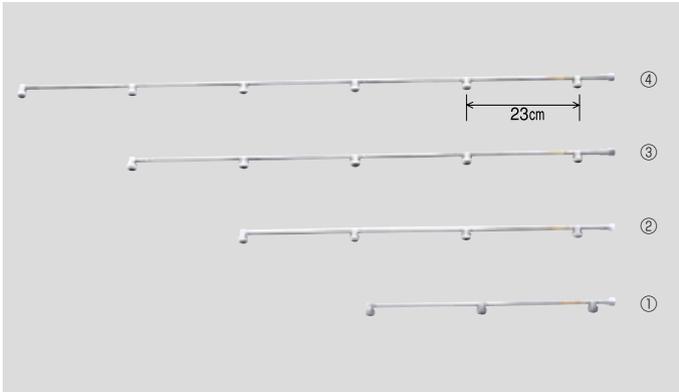


ANEXO J

CERAMIC Boom Sprayer for Tea Fields

<Drift-reducing>

Average Drop Size (μm)	120(1.5MPa)
Pressure Range (MPa)	1.0-1.5
Maximum Spray Reach	approx. 5m



Item	3 Nozzles	4 Nozzles	5 Nozzles	6 Nozzles
Flow Rate (1.5Mpa)	6.3 L/min	8.4 L/min	10.5 L/min	12.6 L/min
Nozzle	CV2180S	CV2180S	CV2180S	CV2180S
Coverage	approx. 86cm	approx. 109cm	approx. 132cm	approx. 155cm
Maximum Spray Reach	approx. 5m	approx. 5m	approx. 5m	approx. 5m
Length/Weight	52cm, 150g	78cm, 250g	101cm, 310g	124cm, 380g
Adapter	G1/4	G1/4	G1/4	G1/4

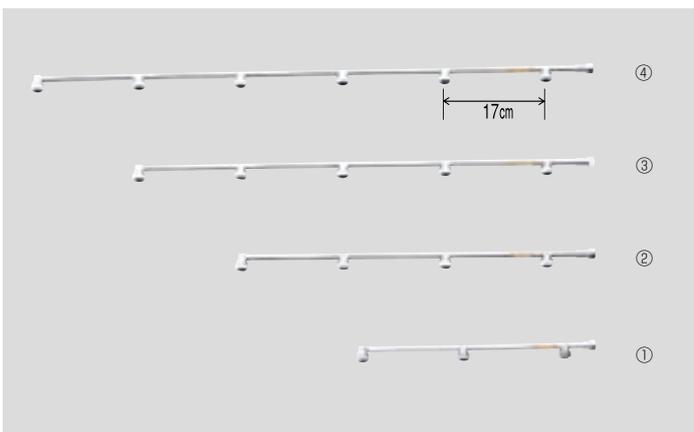
* Coverage as of 30 cm from nozzle head

No.	Code No.	Item	Min. Unit	Use
1	20 14 31	CERAMIC Boom Sprayer for Tea Fields, 3 Nozzles (G1/4)	10	For tea fields (Item made on demand)
2	20 14 32	CERAMIC Boom Sprayer for Tea Fields, 4 Nozzles (G1/4)	10	For tea fields (Item made on demand)
3	20 14 33	CERAMIC Boom Sprayer for Tea Fields, 5 Nozzles (G1/4)	10	For tea fields (Item made on demand)
4	20 14 34	CERAMIC Boom Sprayer for Tea Fields, 6 Nozzles (G1/4)	10	For tea fields (Item made on demand)
	20 14 35	CERAMIC Boom Sprayer for Tea Fields, 7 Nozzles (G1/4)	10	For tea fields (Item made on demand)
	20 14 36	CERAMIC Boom Sprayer for Tea Fields, 8 Nozzles (G1/4)	10	For tea fields (Item made on demand)

CERAMIC Boom Sprayer for Tea Fields (Dense Spray)

<Drift-reducing>

Average Drop Size (μm)	120(1.5MPa)
Pressure Range (MPa)	1.0-1.5
Maximum Spray Reach	approx. 5m



Item	3 Nozzles	4 Nozzles	5 Nozzles	6 Nozzles
Flow Rate (1.5Mpa)	6.3 L/min	8.4 L/min	10.5 L/min	12.6 L/min
Nozzle	CV2180S	CV2180S	CV2180S	CV2180S
Coverage	approx. 74cm	approx. 91cm	approx. 108cm	approx. 125cm
Maximum Spray Reach	approx. 5m	approx. 5m	approx. 5m	approx. 5m
Length/Weight	4cm, 130g	60cm, 220g	77cm, 270g	94cm, 320g
Adapter	G1/4	G1/4	G1/4	G1/4

* Coverage as of 30 cm from nozzle head

No.	Code No.	Item	Min. Unit	Use
1	20 19 31	CERAMIC Boom Sprayer for Tea Fields (Dense Spray), 3 Nozzles (G1/4)	10	For tea fields (Item made on demand)
2	20 19 32	CERAMIC Boom Sprayer for Tea Fields (Dense Spray), 4 Nozzles (G1/4)	10	For tea fields (Item made on demand)
3	20 19 33	CERAMIC Boom Sprayer for Tea Fields (Dense Spray), 5 Nozzles (G1/4)	10	For tea fields (Item made on demand)
4	20 19 34	CERAMIC Boom Sprayer for Tea Fields (Dense Spray), 6 Nozzles (G1/4)	10	For tea fields (Item made on demand)
	20 19 35	CERAMIC Boom Sprayer for Tea Fields (Dense Spray), 7 Nozzles (G1/4)	10	For tea fields (Item made on demand)
	20 19 36	CERAMIC Boom Sprayer for Tea Fields (Dense Spray), 8 Nozzles (G1/4)	10	For tea fields (Item made on demand)

ANEXO K



sinamics

G110

SIEMENS

SINAMICS G110

Advertencias, precauciones y notas

Las advertencias, precauciones y notas siguientes están pensadas para su seguridad y como medio para prevenir daños en el producto o en componentes situados en las máquinas conectadas.

Las **advertencias, precauciones y notas específicas** aplicables a actividades particulares se listan al comienzo de los capítulos o apartados correspondientes y se repiten o añaden en puntos críticos a lo largo de dichos capítulos o apartados. Rogamos leer cuidadosamente la información ya que se entrega para su seguridad personal y le ayudará a prolongar la vida útil de su convertidor SINAMICS G110 y el equipo que conecte al mismo.



ADVERTENCIA

- Este equipo contiene tensiones peligrosas y controla partes mecánicas en rotación potencialmente peligrosas. No respetar las **advertencias** o no seguir las instrucciones contenidas en este manual puede provocar la muerte, lesiones graves o daños materiales considerables.
- En este equipo sólo deberá trabajar personal adecuadamente cualificado y sólo una vez familiarizado con todas las consignas de seguridad, procedimientos de instalación, operación y mantenimientos contenidos en este Manual. El funcionamiento exitoso y seguro de este equipo depende de si ha sido manipulado, instalado, operado y mantenido adecuadamente.
- En el circuito intermedio de todos los módulos permanece un nivel de tensión peligroso durante 5 minutos tras que hayan sido desconectadas todas las tensiones. Por ello, una vez desconectado el convertidor de la fuente de alimentación, espere 5 minutos antes de efectuar trabajos en cualquier módulo SINAMICS G110. El equipo se descarga en ese tiempo.
- Las entradas de red, los bornes de corriente continua y del motor pueden estar sometidas a tensión peligrosa aunque no esté funcionando el convertidor; antes de realizar cualquier trabajo de instalación, esperar 5 minutos para que la unidad pueda descargarse después de haberse desconectada de la fuente de alimentación.
- Los parámetros del motor se deben configurar con precisión para que la protección de sobrecarga del motor funcione correctamente para frecuencias mayores de 5 Hz.

NOTAS

- Este equipo es capaz de proporcionar una protección de sobrecarga del motor interna de acuerdo con UL508C sección 42 (véase P0610 y P0335). La vigilancia i^2t está activada por defecto. La protección de sobrecarga del motor también se puede realizar utilizando una sonda externa tipo PTC mediante una entrada digital.
- Este equipo es apto para utilizarlo en redes equilibradas capaces de entregar como máximo 10.000 amperios (eficaces), para tensión máxima de 230 V, si está protegido por fusible de tipo H o K, por un interruptor automático o mediante una línea derivada para el motor protegida.
- Según los aparatos, la máxima temperatura ambiente admisible es de 40 °C ó 50 °C (véase sección 2.1).
- Utilice solamente cables de cobre clase 1 75 °C con la sección que se dictamine en las instrucciones de uso.
- Antes de efectuar cualquier tipo de trabajo de instalación y puesta en servicio es necesario leer todas las instrucciones y advertencias de seguridad, incluyendo los rótulos de advertencia fijados al equipo.
- Asegurarse de que los rótulos de advertencia se mantengan en condición legible y sustituir los rótulos perdidos o dañados.

Índice

1	Instalación	4
1.1	Distancias para el montaje	4
1.2	Medidas para el montaje	4
2	Instalación eléctrica	5
2.1	Datos técnicos	5
2.2	Conexiones de red y del motor	5
2.3	Bornes.....	5
2.4	Esquema de bloques	6
3	Ajuste de fábrica	7
3.1	Ajustes de fábrica específicos para la variante analógica.....	7
3.2	Ajustes de fábrica específicos para la variante USS.....	8
3.3	Interruptores DIP.....	8
4	Comunicación	9
4.1	Estructura de la comunicación SINAMICS G110 ↔ STARTER.....	9
5	BOP (Opción)	10
5.1	Botones y sus funciones en los paneles	10
5.2	Modificación de parámetros, ejemplo P0003 "nivel de acceso"	11
5.3	Copiar juegos de parámetros con el BOP	12
6	Puesta en servicio	13
6.1	Puesta en servicio rápida	13
6.2	Puesta en servicio según aplicación.....	15
6.2.1	Interface en serie (USS)	15
6.2.2	Selección fuente de ordenes	16
6.2.3	Entrada digital (DIN)	16
6.2.4	Salida digital (DOUT).....	16
6.2.5	Selecc. consigna de frecuencia	17
6.2.6	Entrada analógica (ADC).....	17
6.2.7	Potenciómetro motorizado (MOP)	18
6.2.8	Frecuencia fija (FF).....	18
6.2.9	JOG.....	18
6.2.10	Generador de rampas (RFG).....	19
6.2.11	Frecuencias límite y de referencia.....	19
6.2.12	Regulación del motor	19
6.2.13	Protección convertidor/motor	21
6.2.14	Funciones específicas del convertidor.....	21
6.3	Puesta en servicio en serie.....	23
6.4	Reset de parámetros al ajuste de fábrica	23
7	Visualizaciones y mensajes	23
7.1	Indicadores de estado LED	23
7.2	Fallos y alarmas.....	23

1 Instalación

1.1 Distancias para el montaje

Los convertidores se pueden montar adosándolos unos a otros. Sin embargo, si se montan uno sobre otro deberá dejarse un hueco de 100 mm por encima y por debajo de cada convertidor.

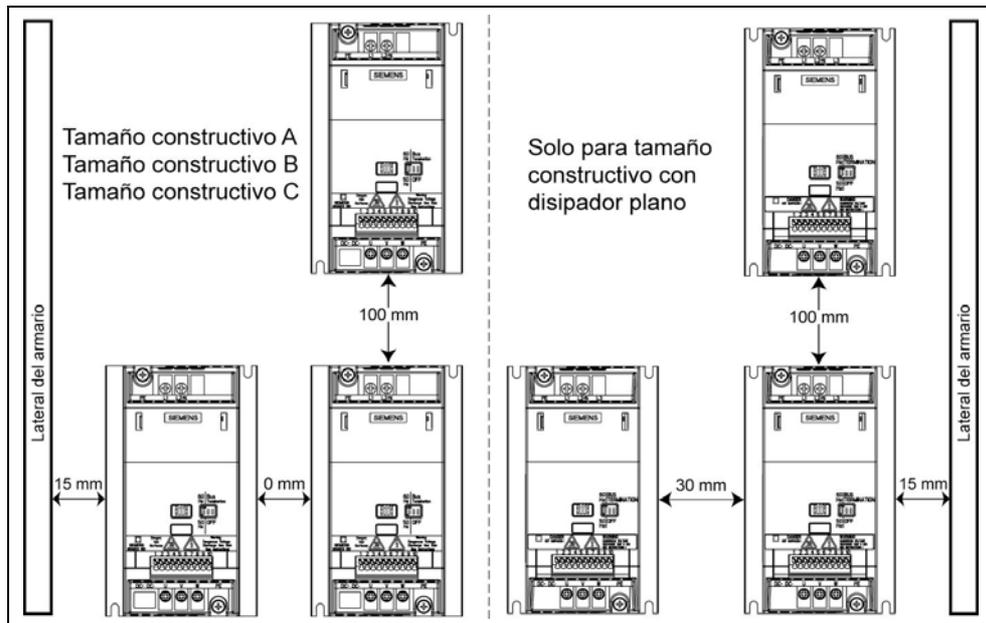


Figura 1-1 Distancias para el montaje

1.2 Medidas para el montaje

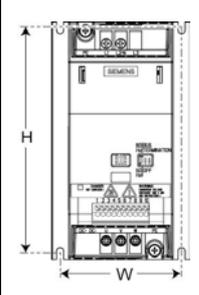
	Tamaño constructivo	Medidas perforaciones		Par de apriete	
		H mm (Inch)	W mm (Inch)	Tornillos	Nm (ibf.in)
	A	140 (5.51)	79 (3.11)	2xM4	2,5 (22.12)
	B	135 (5.31)	127 (5.00)	4xM4	
	C	140 (5.51)	170 (6.70)	4xM5	4,0 (35.40)

Figura 1-2 Medidas para el montaje

2 Instalación eléctrica

2.1 Datos técnicos

1 AC 200 - 240 V ± 10 %, 47 - 63 Hz

Referencia 6SL3211-	0AB 0KB	11-2xy0*	12-5xy0*	13xy0*	15xy0*	17xy0*	21-1xy0*	21-5xy0*	22-2xy0*	23-0xy0*
		11-2xy0*	12-5xy0*	13xy0*	15xy0*	17xy0*	-	-	-	-
Tamaño constructivo		A					B		C	
Potencia nominal	kW hp	0,12 0,16	0,25 0,33	0,37 0,5	0,55 0,75	0,75 1,0	1,1 1,5	1,5 2,0	2,2 3,0	3,0 4,0
Corriente de salida (temp. ambiente ad.)	A	0.9 (50 °C)	1.7 (50 °C)	2.3 (50 °C)	3.2 (50 °C)	3.9 (40 °C)	6.0 (50 °C)	7.8 (40 °C)	11.0 (50 °C)	13.6 (40 °C)
Corriente de entrada (230 V)	A	2.3	4.5	6.2	7.7	10.0	14.7	19.7	27.2	32.0
Fusible recomendado	A 3NA	10 3803	10 3803	10 3803	10 3803	16 3805	20 3807	25 3810	35 3814	50 3820
Cable de entrada	mm ² AWG	1,0 - 2,5 16 - 12	1,5 - 2,5 14 - 12	2,5 - 6,0 12 - 10	2,5 - 6,0 12 - 10	4,0 - 10 11 - 8	6,0 - 10 10 - 8			
Cable de salida	mm ² AWG	1,0 - 2,5 16 - 12	1,5 - 6,0 14 - 10	1,5 - 6,0 14 - 10	2,5 - 10 12 - 8	2,5 - 10 12 - 8				
Par de apriete	Nm (lbf.in)	0.96 (8.50)					1.50 (13.30)		2.25 (19.91)	

*→La última cifra de la referencia depende de cambios en el software y hardware

x = B → Con filtro integrado
x = U → Sin filtro

y = A → Variante analógica
y = B → Variante USS

2.2 Conexiones de red y del motor

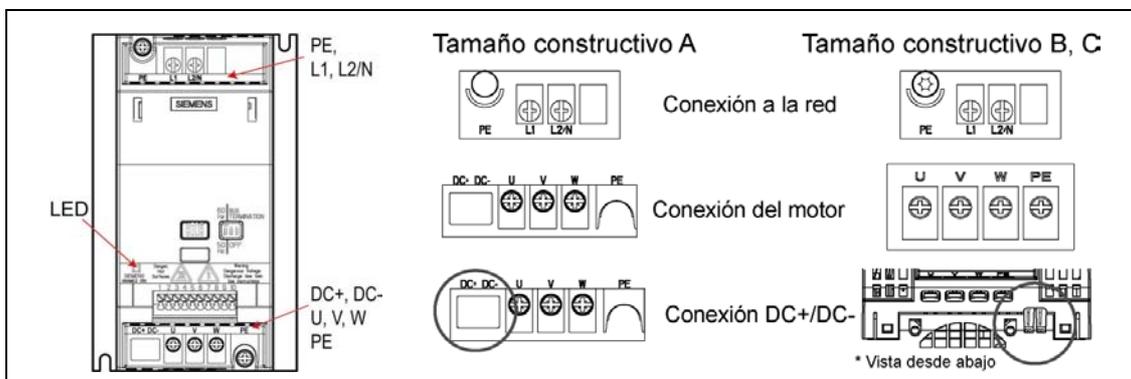


Figura 2-1 Bornes de red y del motor

2.3 Bornes

Borne	Significado	Funciones
1	DOUT-	Salida digital (-)
2	DOUT+	Salida digital (+)
3	DIN0	Entrada digital 0
4	DIN1	Entrada digital 1
5	DIN2	Entrada digital 2
6	-	Salida +24 V / máx. 50 mA
7	-	Salida 0 V
Variante		Analógica USS
8	-	Salida +10 V RS485 P+
9	ADC1	Entrada analógica RS485 N-
10	-	Salida 0 V

2.4 Esquema de bloques

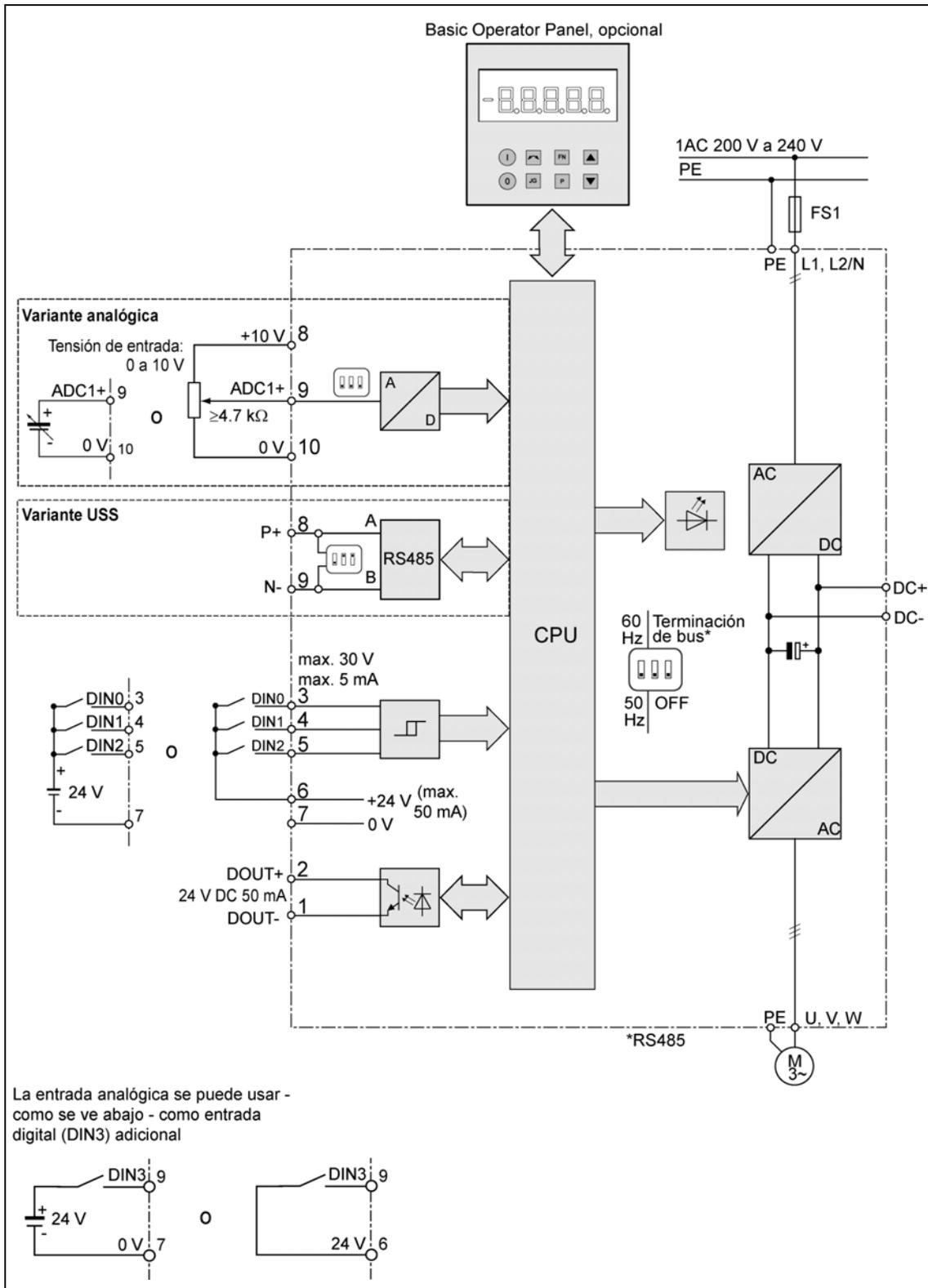


Figura 2-2 Esquema de bloques del convertidor

3 Ajuste de fábrica

El convertidor SINAMICS G110 sale de fábrica ajustado para poder funcionar sin necesidad de parametrizaciones adicionales. Los parámetros (P0304, P0305, P0307, P0310) se han ajustado para un motor de Siemens de 4 polos 1LA7 y hay que cotejarlos con los datos asignados del motor a conectar (véase la placa de características).

Otros ajuste de fábrica

Fuente de órdenes	P0700 véase sección 3.1/3.2
Fuente de consignas	P1000 véase sección 3.1/3.2
Refrigeración del motor	P0335 = 0 (Autoventilado)
Factor sobrecarga motor	P0640 = 150%
Frecuencia mínima	P1080 = 0 Hz
Frecuencia máx.	P1082 = 50 Hz
Tiempo de aceleración	P1120 = 10 s
Tiempo de deceleración	P1121 = 10 s
Modo de control	P1300 = 0 (V/f con característ. Lineal)

3.1 Ajustes de fábrica específicos para la variante analógica

Entrada / Salida	Bornes	Parámetro	Ajuste por defecto	Activo
Fuente de órdenes	3, 4, 5	P0700 = 2	Entrada digital	Sí
Fuente de consignas	9	P1000 = 2	Entrada analógica	Sí
Entrada digital 0	3	P0701 = 1	ON / OFF1 (I/O)	Sí
Entrada digital 1	4	P0702 = 12	Inversión (↕)	Sí
Entrada digital 2	5	P0703 = 9	Acuse de fallo (Ack)	Sí

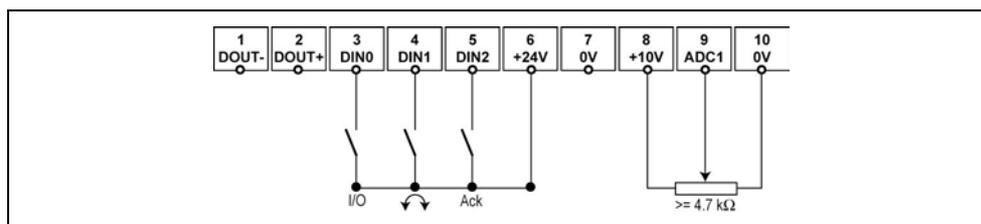


Figura 3-1 Conexiones de la variante analógica

3.2 Ajustes de fábrica específicos para la variante USS

Entrada / Salida	Bornes	Parámetro	Ajuste por defecto
Fuente de órdenes	8, 9	P0700 = 5	Vía protocolo USS
Fuente de consignas		P1000 = 5	Prescripción de consigna vía protocolo USS
Dirección USS		P2011 = 0	Dirección USS = 0
Vel.transmisión USS		P2010 = 6	Vel.transmisión USS = 9600 bps
Longitud PZD USS		P2012 = 2	En la parte PZD del telegrama USS hay dos palabras de 16 bits.

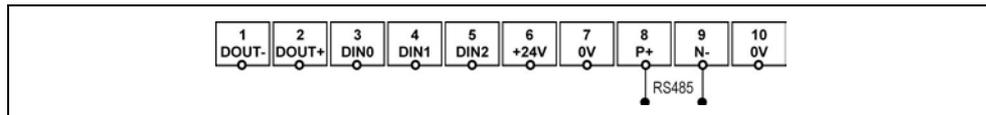


Figura 3-2 Conexiones de la variante USS

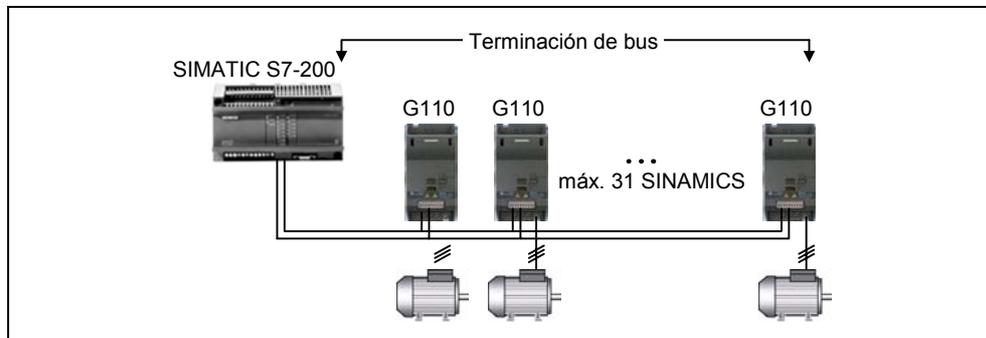


Figura 3-3 Ejemplo de bus USS

3.3 Interruptores DIP

Los SINAMICS G110 están preajustados para motores con una frecuencia nominal de 50 Hz. Se pueden adaptar, por medio el interruptor DIP que se encuentra en la parte frontal, para el funcionamiento con motores de 60 Hz.

Terminación de bus para la variante USS

El último convertidor necesita una terminación de bus. Ponga los interruptores DIP, en la parte frontal (interruptores DIP 2 y 3), en la posición "terminación de Bus" (ON). El potencial 0 V (borne 10) hay que conectarlo a todos usuarios del bus USS.



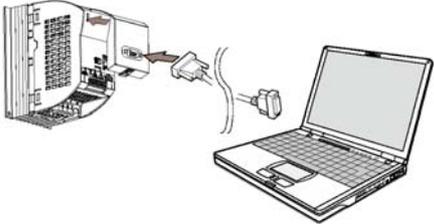
Figura 3-4 Interruptor DIP para frecuencia nominal del motor y terminación de bus

4 Comunicación

4.1 Estructura de la comunicación SINAMICS G110 ↔ STARTER

La comunicación entre el STARTER y el SINAMICS G110 requiere de los siguientes componentes opcionales:

- Kit de conexión PC-convertidor
- BOP, hay que modificar los valores estándar USS en los convertidores SINAMICS G110.

Kit de conexión PC-convertidor	SINAMICS G110
	Ajustes USS véase sección 6.2.1 "Interface en serie (USS)"
	STARTER Menú Extras --> Ajustar interface PG/PC --> Seleccionar "Puerta COM del PC (USS)" --> Propiedades --> Interface "COM1", seleccionar velocidad de transmisión
	NOTA Los ajustes de parámetros USS en los convertidores SINAMICS G110 tienen que concordar con los del STARTER!

5 BOP (Opción)

5.1 Botones y sus funciones en los paneles



Panel/ Botón	Función	Efectos
	Indicación de estado	La pantalla de cristal líquido muestra los ajustes actuales del convertidor.
	Marcha	Al pulsar este botón se arranca el convertidor. Por defecto está bloqueado. Para activarlo: P0700 = 1 o P0719 = 10 ... 15
	Parada	OFF1 Pulsando este botón se para el motor siguiendo la rampa de deceleración seleccionada. Para activarlo: P0700 = 1 o P0719 = 10 ... 15 OFF2 Pulsando el botón dos veces (o una vez prolongada) el motor se para de forma natural (inercia hasta parada). Esta función está constantemente activada.
	Invertir sentido	Pulsar este botón para cambiar el sentido de giro del motor. El inverso se indica mediante un signo negativo (-) o un punto decimal intermitente. Por defecto está bloqueado. Para activarlo: P0700 = 1 o P0719 = 10 ... 15.
	Jog motor	Pulsando este botón en estado "listo" el motor arranca y gira a la frecuencia Jog preseleccionada. Pulsando este botón mientras el convertidor no tiene salida hace que el motor arranque y gire a la frecuencia Jog preseleccionada. El motor se detiene cuando se suelta el botón. Pulsar este botón cuando el motor está funcionando carece de efecto.
	Función	Este botón sirve para visualizar información adicional. Funciona pulsándolo y manteniéndolo apretado. Muestra lo siguiente comenzando por cualquier parámetro durante la operación: 1. Tensión en circuito intermedio (indicado mediante d - unidades en V). 2. Frecuencia de salida (Hz) 3. Tensión de salida (o - unidades en V). 4. El valor seleccionado en P0005. (Si P0005 se ha configurado de tal forma que se muestra uno de los datos indicados arriba (1 - 3), no aparece el valor correspondiente de nuevo). Cualquier pulsación adicional hace que vuelva a visualizarse la sucesión indicada anteriormente. Función de salto Pulsando brevemente el botón Fn es posible saltar desde cualquier parámetro (rxxx o Pxxx) a r0000, lo que permite, si se desea, modificar otro parámetro. Una vez retornado a r0000, si pulsa el botón Fn irá de nuevo a su punto inicial. Acusar Cuando aparecen mensajes de alarma y error, se pueden acusar, pulsando el botón Fn.
	Acceder a parámetros	Pulsando este botón es posible acceder a los parámetros.
	Subir valor	Pulsando este botón se sube el valor visualizado.
	Bajar valor	Pulsando este botón se baja el valor visualizado.

5.2 Modificación de parámetros, ejemplo P0003 "nivel de acceso"

Paso	Resultado en pantalla
1 Pulsar P para acceder a parámetros	r 0000
2 Pulsar ▲ hasta que se visualice P0003	P 0003
3 Pulsar P para acceder al nivel de valor del parámetro	1
4 Pulsar ▲ o ▼ hasta el valor requerido	3
5 Pulsar P para confirmar y guardar el valor	P 0003
6 El nivel de acceso 3 está ajustado. Se pueden seleccionar todos los parámetros de los niveles 1 a 3.	

5.3 Copiar juegos de parámetros con el BOP

Se puede leer y almacenar un juego de parámetros de un SINAMICS G110 en el BOP (upload) y después escribirlo en otro SINAMICS G110 (download). Para ello hágase lo siguiente:

Upload (SINAMICS G110 → BOP)

1. Acople el BOP en el SINAMICS G110 del cual quiere copiar parámetros.
2. Cerciórese, que se pueda parar el convertidor.
3. Pare el convertidor
4. Ajuste P003 = 3
5. Ajuste P0010 = 30 (Modo copiar)
6. Ajuste P0802 = 1 para iniciar el upload del convertidor al BOP.
7. Durante el upload aparece "BUSY" en el visualizador.
8. El BOP y el convertidor no ejecutan ninguna orden mientras dura la copia.
9. Una vez finalizado con éxito el upload el BOP regresa al estado habitual y el convertidor pasa al estado "listo".
10. Si fracasa la carga:
inténtelo otra vez.
11. El BOP se puede sacar del convertidor.

Download (BOP → SINAMICS G110)

1. Acople el BOP en el SINAMICS G110, en el que se tengan que copiar el juego de parámetros.
2. Cerciórese que el convertidor tenga tensión de red.
3. Ajuste P003 = 3
4. Ajuste P0010 = 30 (Modo copiar)
5. Ajuste P0803 = 1 para iniciar el download del BOP al SINAMICS G110.
6. Durante el download aparece "BUSY" en el visualizador del BOP.
7. El BOP y el convertidor no ejecutan ninguna orden durante la carga.
8. Una vez finalizado con éxito el download el BOP regresa al estado habitual y el convertidor pasa al estado "listo".
9. Si fracasa la carga:
inténtelo otra vez o haga "reposición al ajuste de fábrica".
10. El BOP se puede sacar del convertidor.

NOTA

Al copiar juegos de parámetros con el BOP observe las siguientes restricciones:

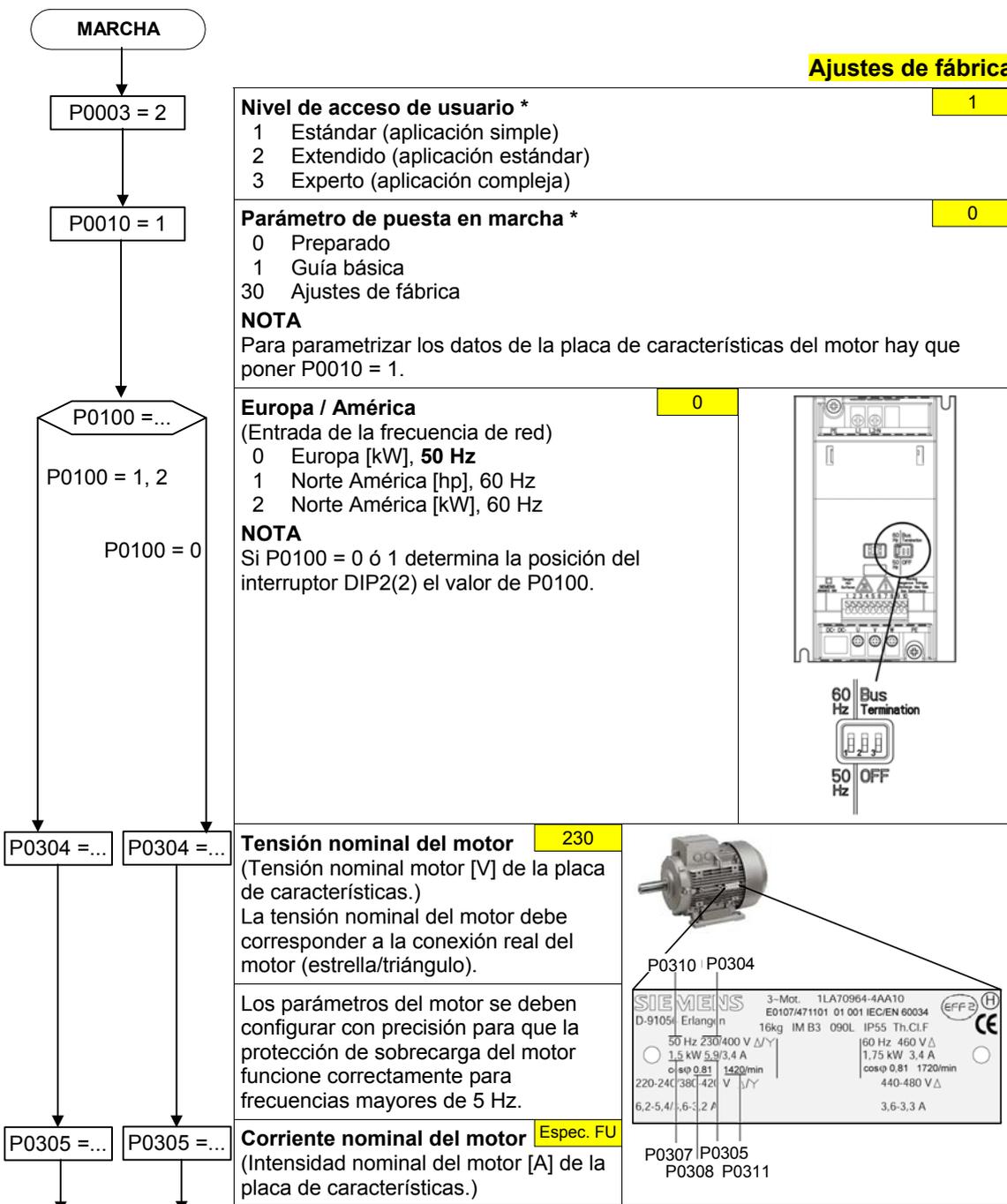
- Solo se carga en el BOP el juego de parámetros actual.
 - El proceso de copiado no se puede interrumpir.
 - Se pueden copiar juegos de parámetros de convertidores con diferente potencia y tensión.
 - Si durante la carga (download) el convertidor reconoce que hay datos no compatibles, actualizará los parámetros correspondientes al ajuste de fábrica.
 - Al ejecutar un upload en el BOP se borran todos los datos anteriores.
 - Después de una carga (upload o download) errónea no se puede garantizar que el convertidor funcione correctamente.
-

6 Puesta en servicio

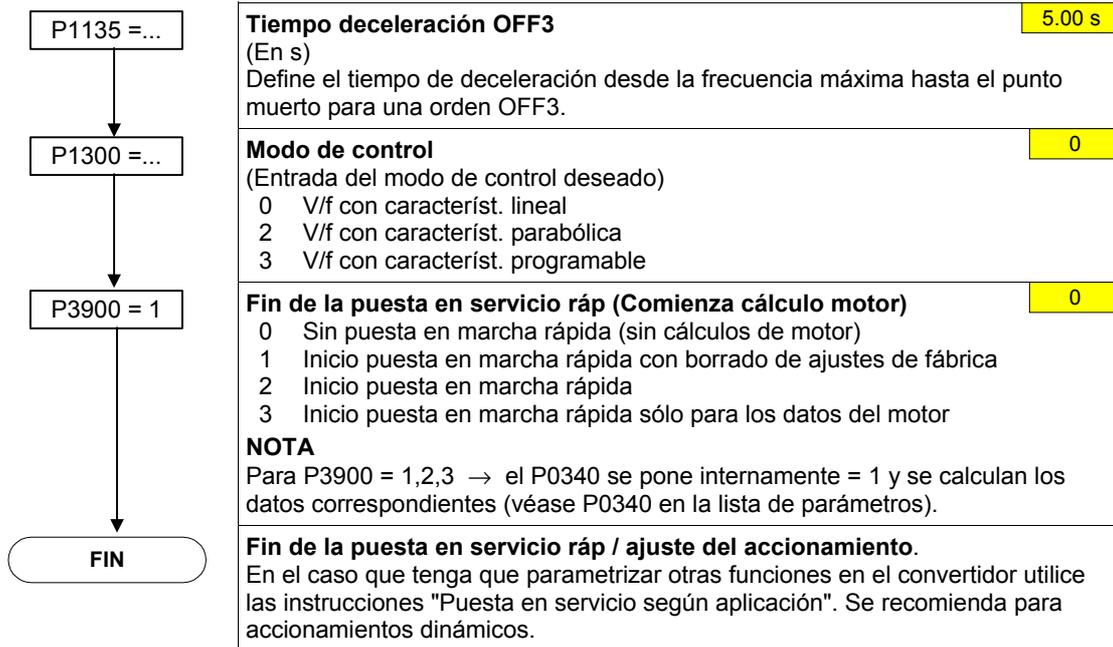
6.1 Puesta en servicio rápida

Con la puesta en servicio rápida se adapta el convertidor al motor y se ajustan parámetros importantes para las exigencias tecnológicas. La puesta en servicio rápida no es obligatoria si los datos del motor almacenados en el convertidor (motor de Siemens de 4 polos 1LA, conexión en estrella \cong Espec. FU) coinciden con los de la placa de características.

Los parámetros marcados con * ofrecen más posibilidades de ajuste de las que se mencionan aquí. Para más detalles consulte la lista de parámetros.



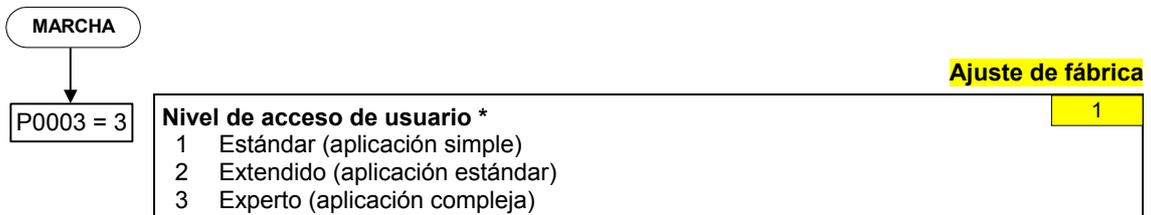
P0307 =...	P0307 =...	Potencia nominal del motor (Potencia nominal del motor [kW/hp] de la placa de características) Si P0100 = 0 ó 2 entrada en kW. Si P0100 = 1 en hp.	Espec. FU
P0308 =...	P0308 =...	CosPhi nominal del motor (Factor de potencia nominal del motor (cosPhi) de la placa de características) Si el ajuste es igual a 0 se calcula el valor automáticamente P0100 = 1,2: P0308 carece de importancia, no es necesario dar un valor	Espec. FU
P0309 =...	P0309 =...	Rendimiento nominal del motor (Rendimiento nominal del motor en [%] de la placa de características) El ajuste a 0 motiva el cálculo interno del valor. P0100 = 0: P0309 carece de importancia, no es necesario dar un valor	Espec. FU
P0310 =...		Frecuencia nominal del motor (Frecuencia nominal motor [Hz] de la placa de características) Se vuelve a calcular el número de pares de polos si se cambia el parámetro.	50.00 Hz
P0311 =...		Velocidad nominal del motor (Velocidad nominal motor [rpm] de la placa de características) El ajuste a 0 motiva el cálculo interno del valor. NOTA Para la compensación de deslizamiento es necesario dar un valor.	Espec. FU
P0335 =...		Refrigeración del motor (Selecciona el sistema de refrigeración utilizado) 0 Autoventilado 1 Ventilación forzada	0
P0640 =...		Factor sobrecarga motor (Define el límite de intensidad de sobrecarga del motor en [%] relativo a P0305) Determina en % el valor máx. de salida de la corriente nominal del motor (P0305).	150 %
P0700 =...		Selección fuente de ordenes (véase sección 6.2.2 "Selección fuente de ordenes") 0 Ajuste por defecto de fábrica 1 BOP (teclado) 2 Terminal 5 USS	2 / 5
P1000 =...		Selecc. consigna de frecuencia (véase sección 6.2.5 "Selecc. consigna de frecuencia") 0 Sin consigna principal 1 Consigna MOP 2 Consigna analógica 3 Frecuencia fija 5 USS	2 / 5
P1080 =...		Frecuencia mínima (En Hz) Ajusta la frecuencia mínima del motor a la cual el motor funcionará independientemente de la consigna de frecuencia. El ajuste de este valor es válido para ambos sentidos de rotación horaria y antihoraria.	0.00 Hz
P1082 =...		Frecuencia máx. (En Hz) Ajusta la frecuencia de motor máxima a la cual el motor funcionará independientemente de la consigna de frecuencia. El ajuste de este valor es válido para ambos sentidos de rotación horaria y antihoraria.	50.00 Hz
P1120 =...		Tiempo de aceleración (En s) Tiempo utilizado por el motor para acelerar desde el punto muerto hasta la frecuencia máxima del motor (P1082) cuando no se utiliza el redondeo.	10.00 s
P1121 =...		Tiempo de deceleración (En s) Tiempo utilizado por el motor para desacelerar desde la frecuencia máxima (P1082) hasta el punto muerto cuando no se utiliza el redondeo.	10.00 s



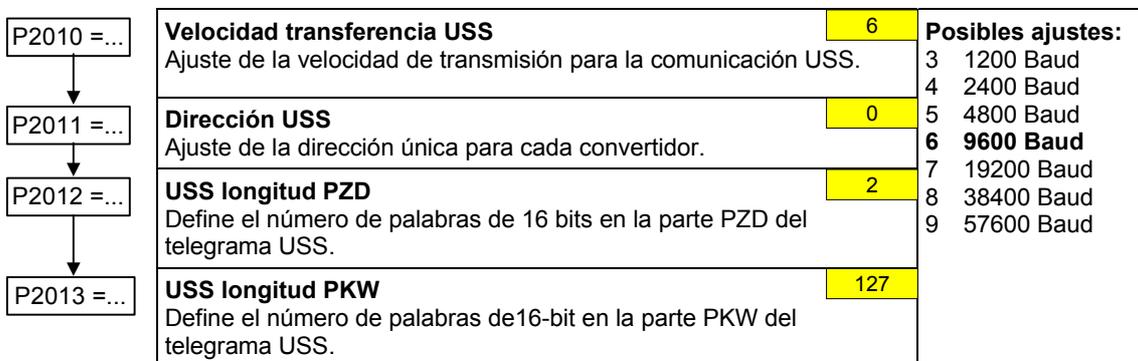
6.2 Puesta en servicio según aplicación

Los parámetros marcados con * ofrecen más posibilidades de ajuste de las que se mencionan aquí. Para más detalles consulte la lista de parámetros.

El convertidor posee una serie de funciones que a veces no son necesarias. La puesta en servicio según aplicación sirve para optimizar la funcionalidad del sistema convertidor-motor a la aplicación requerida. Aquí se describen la mayoría de las funciones. Consulte la lista de parámetros para ver otras.



6.2.1 Interface en serie (USS)



6.2.2 Selección fuente de ordenes

P0700 =...	Selección fuente de ordenes 2 / 5	P0700	G110 AIN	G110 USS	Ajustes
	0 Ajuste por defecto de fábrica	0	X	X	–
	1 BOP (teclado)	1	X	X	–
	2 Regletero de bornes	2	X	X	veáse DIN
	5 USS	5	–	X	veáseUSS

6.2.3 Entrada digital (DIN)

P0701 = ...

↓

P0702 = ...

↓

P0703 = ...

↓

P0704 = 0

↓

P0724 = ...

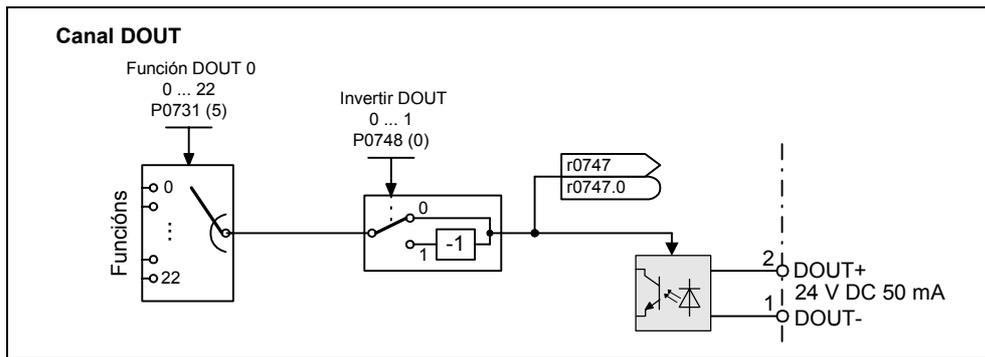
Función de la entrada digital 0 1 Borne 3	Posibles ajustes: 0 Entrada digital deshabilitada 1 ON / OFF1 2 ON inverso / OFF1 3 OFF2 - parada natural 4 OFF3 - deceleración rápida 9 Acuse de fallo 10 JOG derechas 11 JOG izquierda 12 Inversión 13 MOP subida (incremento frec.) 14 MOP bajada (decremento frec.) 15 Frec. fija (selección directa) 16 Frec. fija (sel. dir. + MARCHA) 21 Local/remoto 25 Act. freno inyecc.corr.continua 29 Fallo externo
Función de la entrada digital 1 12 Borne 4	
Función de la entrada digital 2 9 Borne 5	
Función de la entrada digital 3 0 Vía entrada analógica Bornes 9, 10 No se puede seleccionar frec. fija (15, 16)	
T.elim.de reb.para entradas dig. 3 Define el tiempo de supresión rebote (tiempo de filtrado) usados para las entrada digitales. 0 Sin tiempo de eliminación rebote 1 2,5 ms eliminación rebote 2 8,2 ms eliminación rebote 3 12,3 ms eliminación rebote	

Canal DIN

El diagrama muestra un canal de entrada digital (DIN) que incluye un interruptor conectado a los terminales KI.6 (P24) y KI.7 (0 V). El interruptor está conectado a un relé a través de un temporizador de eliminación de rebote (T) con un tiempo de 0 ms, configurado por el parámetro P0724 (3). La salida del relé está conectada a una lógica AND (&), que a su vez controla la función DIN 1 (P0701 (1)). El relé también está conectado a los terminales r0722.

6.2.4 Salida digital (DOUT)

P0731 = ...	Función de salida digital 0* 5	Ajustes frecuentes: 0 Inactivo 1 Activo 2 Convertidor listo 3 Convertidor listo para funcionar 4 Convertidor funcionando 5 Fallo activo 6 OFF2 activo 7 OFF3 activo 8 Activación inhibición 9 Aviso convertidor activo 10 Desviación consigna/valor real 11 Control PZD (Control Datos Proceso) 12 Frecuencia máxima alcanzada 13 Aviso: Limitación intensidad motor 14 Freno mantenimiento motor (MHB) activo 15 Sobrecarga motor
	Define la fuente de la salida digital 0.	
P0748 = 0	Invertir las salidas digitales 0	
	Define los estados alto y bajo del relé par una función dada.	



6.2.5 Selecc. consigna de frecuencia

P1000 =...	Selecc. consigna de frecuencia	2 / 5	P1000	G110 AIN	G110 USS	Ajustes
	0 Sin consigna principal		0	X	X	—
	1 Consigna MOP		1	X	X	veáse MOP
	2 Consigna analógica		2	X	—	veáse ADC
	3 Frecuencia fija		3	X	X	veáse FF
	5 USS		5	—	X	veáse USS

6.2.6 Entrada analógica (ADC)

P0757 =...
↓
P0758 =...
↓
P0759 =...
↓
P0760 =...
↓
P0761 =...

Valor x1 escalado de la ADC 0 V

Valor y1 escalado de la ADC 0.0 %
Este parámetro muestra el valor en % de P2000 (frecuencia de referencia) en x1.

Valor x2 escalado de la ADC 10 V

Valor y2 of ADC escalado 100.0 %
Este parámetro muestra el valor en % de P2000 (frecuencia de referencia) en x2.

Ancho banda muerta de la ADC 0 V
Define el tamaño de la banda muerta de la entrada analógica.

Canal ADC

Gráfico de Escalado de la ADC

6.2.7 Potenciómetro motorizado (MOP)

P1031 =...

↓

P1032 =...

↓

P1040 =...

Memorización de consigna del MOP	Almacena la última consigna del potenciómetro motorizado (MOP) activa previa a una orden OFF o a una desconexión. 0 Cna. MOP no será guardada 1 Cna. MOP será guardada (act. P1040)	0
Inhibir consigna negativa-MOP	0 Consigna negativa del MOP habilitada 1 Consigna negativa del MOP inhabilitada	1
Consigna del MOP	Determina la consigna el control del potenciómetro motorizado.	5.00 Hz

Los tiempos de aceleración y deceleración del potenciómetro motorizado se determinan con los parámetros P1120 y P1121.

Posibles ajustes de parámetro para el potenciómetro motorizado:

	Selección	aumentar MOP	disminuir MOP
DIN	P0719 = 0, P0700 = 2, P1000 = 1 o P0719 = 1, P0700 = 2	P0702 = 13 (DIN1)	P0703 = 14 (DIN2)
BOP	P0719 = 0, P0700 = 1, P1000 = 1 o P0719 = 1, P0700 = 1 o P0719 = 11	UP button	DOWN button
USS *)	P0719 = 0, P0700 = 5, P1000 = 1 o P0719 = 1, P0700 = 5 o P0719 = 51	Palabra mando USS r2036 Bit13	Palabra mando USS r2036 Bit14

*) solo para SINAMICS G110 CPM110 USS

6.2.8 Frecuencia fija (FF)

P1001 =...

↓

P1002 =...

↓

P1003 =...

Frecuencia fija 1	Determina la consigna para la frecuencia fija 1 (FF1) en Hz. Nota: Selección directa vía DIN1 (P0701 = 15, 16) o USS.	0.00 Hz
Frecuencia fija 2	Selección directa vía DIN2 (P0702 = 15, 16) o USS.	5.00 Hz
Frecuencia fija 3	Selección directa vía DIN3 (P0703 = 15, 16) o USS.	10.00 Hz

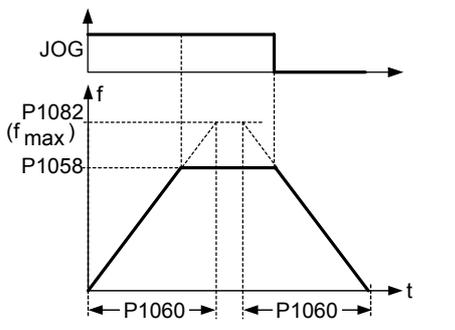
6.2.9 JOG

P1058 =...

↓

P1060 =...

Frecuencia JOG	El Jog incrementa la velocidad del motor en pequeños intervalos.	5.00 Hz
JOG ramp-up/down time	Ajusta el tiempo de aceleración y deceleración para la función JOG. La aceleración JOG se limita vía P1058.	



6.2.10 Generador de rampas (RFG)

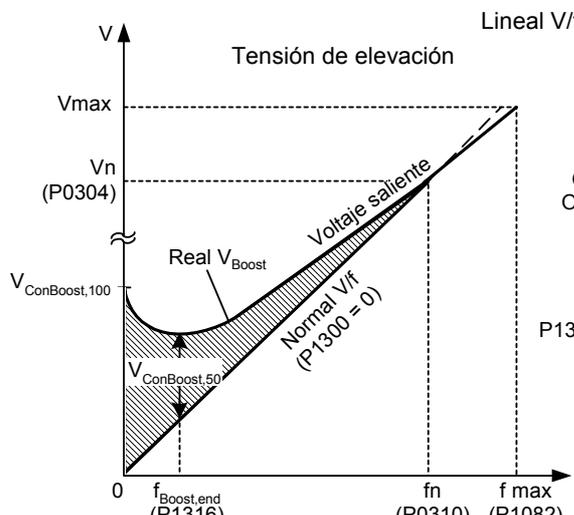
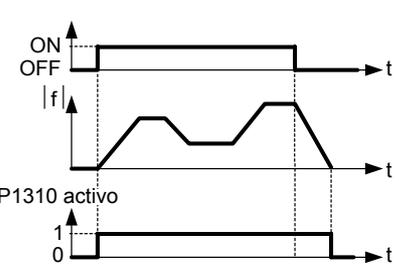
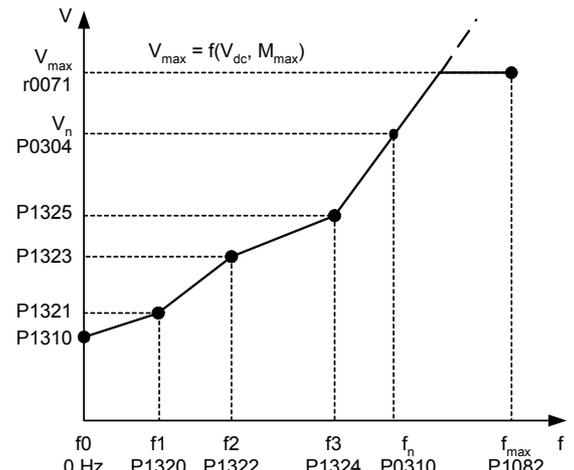
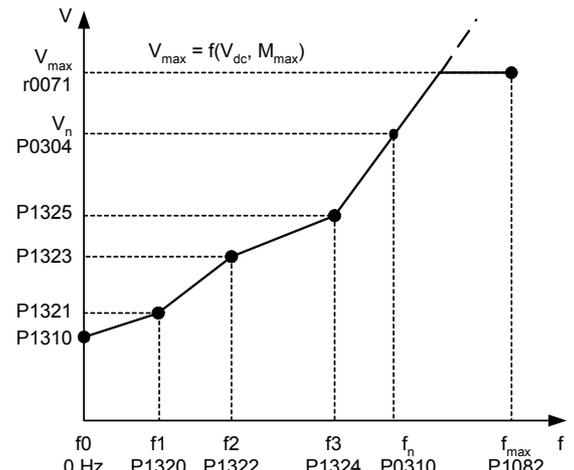
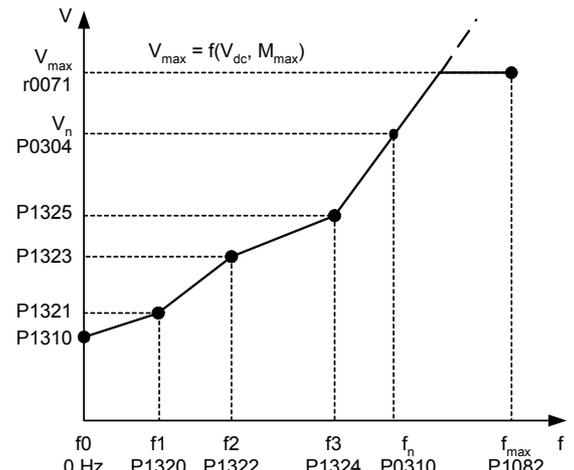
P1091 =...	Frecuencia inhibida 0.00 Hz (En Hz) Evita los efectos de resonancia mecánica y suprime las frecuencia dentro +/- 2 Hz (ancho de la banda para frecuencia inhibida).	<p>Diagrama de frecuencia de salida (f_{out}) vs frecuencia de entrada (f_{in}). Muestra una línea diagonal con una banda de inhibición de 2 Hz en el centro, indicada por una línea horizontal y una etiqueta 'P1091'.</p>
P1120 =...	Tiempo de aceleración 10.00 s (En seg.)	
P1121 =...	Tiempo de deceleración 10.00 s (En seg.)	<p>Diagrama de frecuencia (f) vs tiempo (t). Muestra una rampa de aceleración con tiempo $P1120$ hasta la frecuencia máxima $P1082 (f_{max})$, una línea horizontal a f_t, y una rampa de deceleración con tiempo $P1121$.</p>
P1130 =...	T. redondeo inicial aceleración 0.00 s (En s)	
P1134 =...	Tipo de redondeo 0 0 Redondeo de rampa continua 1 Redondeo de rampa discontinua	
P1135 =...	Tiempo deceleración OFF3 5.00 s Define el tiempo de deceleración desde la frecuencia máxima hasta el punto muerto para una orden OFF3.	

6.2.11 Frecuencias límite y de referencia

P1080 =...	Frecuencia mínima (En Hz) 0.00 Hz Ajusta la frecuencia mínima del motor a la cual el motor funcionará independientemente de la consigna de frecuencia. Si la consigna queda por debajo del valor de P1080, se pone la frecuencia de salida a P1080 tomando en cuenta el signo.
P1082 =...	Frecuencia máx. (En Hz) 50.00 Hz Ajusta la frecuencia de motor máxima a la cual el motor funcionará independientemente de la consigna de frecuencia. Si la consigna sobrepasa el valor de P1082, se limita la frecuencia de salida. El ajuste de este valor es válido para ambos sentidos de rotación horaria y antihoraria.
P2000 =...	Frecuencia de referencia (En Hz) 50.00 Hz La frecuencia de referencia en Hz corresponde al 100 %. Se puede cambiar el ajuste si se necesita una frecuencia máxima más alta de 50 Hz. Esta cambia automáticamente a 60 Hz, si se ha seleccionado con el interruptor DIP50/60 o con P0100 la frecuencia estándar de 60 Hz. NOTA Esta frecuencia de referencia actúa sobre la frecuencia de consigna, ya que tanto las consignas analógicas (100 % \cong P2000) como las de frecuencia vía USS (4000H \cong P2000) se basan en ese valor.

6.2.12 Regulación del motor

P1300 =...	Modo de control 0 Con este parámetro se selecciona el modo de regulación. Con el Modo "característica V/f" se determina la relación entre la tensión de salida y la frecuencia de salida del convertidor. 0 V/f con característ. lineal 2 V/f con característ. parabólica 3 V/f con característ. programable (\rightarrow P1320 – P1325)
------------	---

<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">P1310 =...</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">P1311 =...</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">P1312 =...</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">P1320 =...</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">P1321 =...</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">P1322 =...</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">P1323 =...</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">P1324 =...</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">P1325 =...</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">P1335 =...</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> Elevación continua (En %) 50.00 % </div> <p>Elevación de tensión en % relativo a P0305 (corriente nominal del motor) o P0350 (resistencia del estator). P1310 es válido para todas las variantes V/f (véase P1300). Si las frecuencias de salida son bajas no se pueden despreciar las resistencias efectivas de la bobina para mantener el flujo del motor.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> Elevación para aceleración (En %) 0.0 % </div> <p>Elevación de tensión para acelerar/frenar en % relativo a P0305 (corriente nominal del motor) o P0350 (resistencia del estator). P1311 solo eleva la tensión durante la aceleración y la deceleración de la rampa y genera un par adicional para acelerar/frenar. Al contrario de P1312, que solo es activo durante el primer proceso de aceleración después de la orden ON, P1311 actúa en cada proceso de aceleración y frenado.</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> Elevación en arranque (En %) 0.0 % </div> <p>Elevación de tensión al arrancar (después de la orden ON) si se usa la característica V/f lineal o parabólica en % relativo a P0305 (corriente nominal del motor) o P0350 (resistencia del estator). La elevación de tensión permanece activa hasta que:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) se alcanza por primera vez el valor de consigna o 2) la consigna se reduce a un valor menor que el valor actual en la salida del generador de rampas. </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 45%; padding: 2px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;"> Coord.1 freq. program. curva V/F 0.0 Hz </div> <p>Ajusta las coordenadas V/f (P1320/1321 a P1324/1325) para definir la característica V/f.</p> </td> <td rowspan="5" style="text-align: center; vertical-align: middle;">  </td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;"> Coord.1 tens. program. curva V/F 0.0 Hz </div> </td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;"> Coord.2 freq. program. curva V/F 0.0 Hz </div> </td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;"> Coord.2 tens. program. curva V/F 0.0 Hz </div> </td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;"> Coord.3 freq. program. curva V/F 0.0 Hz </div> </td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;"> Coord.3 tens. program. curva V/F 0.0 Hz </div> </td> </tr> </table> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> Compensación del deslizamiento (En %) 0.0 % </div> <p>Ajuste dinámico de la frecuencia de salida del convertidor a fin de mantener constante la velocidad del motor con independencia de la carga del mismo.</p> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;"> Coord.1 freq. program. curva V/F 0.0 Hz </div> <p>Ajusta las coordenadas V/f (P1320/1321 a P1324/1325) para definir la característica V/f.</p>		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;"> Coord.1 tens. program. curva V/F 0.0 Hz </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;"> Coord.2 freq. program. curva V/F 0.0 Hz </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;"> Coord.2 tens. program. curva V/F 0.0 Hz </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;"> Coord.3 freq. program. curva V/F 0.0 Hz </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;"> Coord.3 tens. program. curva V/F 0.0 Hz </div>
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;"> Coord.1 freq. program. curva V/F 0.0 Hz </div> <p>Ajusta las coordenadas V/f (P1320/1321 a P1324/1325) para definir la característica V/f.</p>								
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;"> Coord.1 tens. program. curva V/F 0.0 Hz </div>								
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;"> Coord.2 freq. program. curva V/F 0.0 Hz </div>								
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;"> Coord.2 tens. program. curva V/F 0.0 Hz </div>								
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;"> Coord.3 freq. program. curva V/F 0.0 Hz </div>								
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;"> Coord.3 tens. program. curva V/F 0.0 Hz </div>								

6.2.13 Protección convertidor/motor

P0290 =...	Reacción convert. ante sobrec. 0 Selecciona la reacción del convertidor ante una temperatura excesiva. 0 Reducción de frec. de salida 1 Fallo (F0004 / F0005)
P0335 =...	Refrigeración del motor (Sistema de refrigeración) 0 0 Autoventilado: Ventilador en el eje del motor 1 Ventilación forzada: Ventilador funciona por separado
P0610 =...	Reacción I²t motor 2 Define la reacción cuando se alcanza el umbral de aviso I ² t. 0 Aviso, sin reacción, sin fallo F0011 1 Aviso, reducción de I _{max} , fallo F0011 2 Aviso, sin reacción, fallo F0011
P0611 =...	Constante tiempo I²t del motor (En s) 100 s El parámetro P0611 se evalúa automáticamente a partir de los datos del motor durante la puesta en marcha rápida o durante el cálculo de los parámetros del motor P0340. Al término de la puesta en marcha rápida o del cálculo de los parámetros del motor, este valor se puede sustituir por el valor del fabricante del motor.
P0614 =...	Nivel al. p.sobrecarga I²t motor (En %) 110.0 % Define el valor al cual se genera el aviso A0511 (sobretensión del motor).
P0640 =...	Factor sobrecarga motor 150.0 % Define el límite de intensidad de sobrecarga del motor en [%] relativo a P0305 (intensidad nominal del motor).

6.2.14 Funciones específicas del convertidor

6.2.14.1 Rearranque al vuelo

P1200 =...	Rearranque al vuelo 0 Arranca el convertidor sobre un motor girando cambiando la frecuencia de salida del convertidor hasta que se encuentra la velocidad real del motor. Entonces, el motor subirá hasta la consigna utilizando el tiempo de rampa normal. 0 Rearranque volante deshabilitado 1 Rearranque volante activo siempre, arranque en la dirección de la consigna 2 Rearranque volante tras encendido, fallo, OFF2, arranque en la dirección de consigna 3 Rearranque volante activo tras fallo, OFF2, arranque en la dirección de consigna 4 Rearranque volante activo siempre, sólo en la dirección de consigna 5 Rearranque volante activo tras encendido, fallo, OFF2, sólo en la dirección de consigna 6 Rearranque volante activo tras fallo, OFF2, sólo en la dirección de consigna
P1202 =...	Corriente-motor:Rearran.al vuelo (En %) 100 % Define la intensidad de búsqueda utilizada para el arranque al vuelo.
P1203 =...	Búsqueda velocidad:Rear.al vuelo (En %) 100 % Ajusta el factor por el cual la frecuencia de salida cambia durante el rearranque al vuelo para sincronizarse con el motor que gira.

6.2.14.2 Rearranque automático

P1210 =...

Rearranque automático

1

Habilita el reanque después de un fallo principal o después de un fallo.

- 0 Inhabilitado
- 1 Disp.re. tras enc.
- 2 Re.tras apagón pr.
- 3 Re.tras corte pr.o f.
- 4 Re.tras corte pr.
- 5 Re.tras ap.pr.y fa.
- 6 Re. t.co./ap. pr.o f.

6.2.14.3 Freno de mantenimiento

P1215 =...

Habilitación del freno manten.

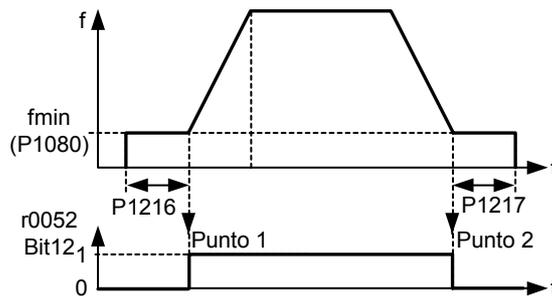
0

Habilita/deshabilita la función del mantenimiento del freno

- 0 Freno mantenim. motor deshabil.
- 1 Freno mantenim. motor habil.

NOTA

Para control del relé del freno vía salida digital: P0731 = 14 (véase sección 6.2.4 "Salida digital (DOUT)")



P1216 =...

Retardo apertura d.freno manten. (En s)

1.0 s

Define el intervalo de tiempo durante el cual el convertidor funciona con la frecuencia mínima P1080 (después de la magnetización), antes de que comience la aceleración.

P1217 =...

Tiempo cierre tras deceleración (En s)

1.0 s

Define el tiempo durante el cual el convertidor funciona a la frecuencia mínima (P1080) después de la deceleración en el punto 2.

6.2.14.4 Freno electrónico

P1232 =...

Corriente frenado c.continua (En %)

100 %

Define el nivel de corriente continua en [%] relativo la intensidad nominal del motor (P0305)

P1233 =...

Duración del frenado c.continua (En s)

0 s

Define cuanto dura la inyección de corriente en c.c. para frenar tras una orden OFF1 / OFF3.

6.2.14.5 Regulador Vdc

P1240 =...

Configuración del regulador Vdc

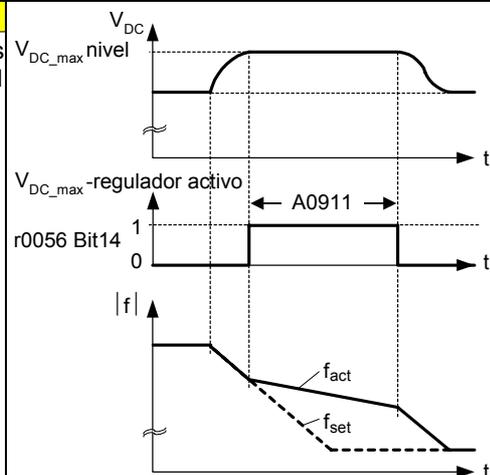
1

Activa y desactiva el ajuste automático de los umbrales de activación para la regulación del circuito intermedio.

- 0 Deshabilitado
- 1 Habilitado

NOTA:

Con Modo de generador el P1240 = 1 evita la sobretensión en el circuito intermedio F0002 alargando la rampa de frenado. Se puede usar en movimientos de translación.



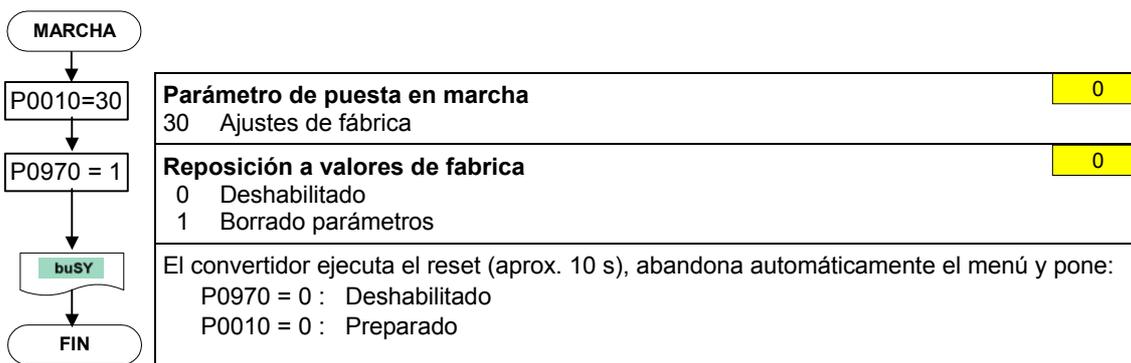
6.3 Puesta en servicio en serie

Si ya se dispone de un juego de parámetros se puede transmitir al convertidor SINAMICS G110 con STARTER o bien con BOP.

Aplicaciones típicas donde efectuar la puesta en servicio en serie son:

1. Poner en servicio varios accionamientos con la misma configuración y las mismas funciones. En el primer accionamiento se tiene que efectuar una puesta en servicio rápida o según la aplicación (primera puesta en servicio), cuyos valores de parámetros se transmitirán a los otros accionamientos.
2. Cambio del convertidor SINAMICS G110.

6.4 Reset de parámetros al ajuste de fábrica



7 Visualizaciones y mensajes

7.1 Indicadores de estado LED

LED	Significado	Posición
No luce	Convertidor apagado / sin tensión	
1000 ms ON / 1000 ms OF	Conectado / listo	
LED luce permanentemente	Convertidor funcionando	
500 ms ON / 200 ms OF	Alarma general	
100 ms ON / 100 ms OF	Fallo	

7.2 Fallos y alarmas

Fallo	Significado
F0001	Sobrecorriente
F0002	Sobretensión
F0003	Subtensión
F0004	Sobretemperatura convertidor
F0005	Convertidor I ² T
F0011	Sobretemperatura I ² T del motor
F0051	Fallo parámetro EEPROM
F0052	Fallo pila de energía
F0060	Timeout del ASIC
F0072	USS (enlace COMM) fallo consigna
F0085	Fallo externo

Alarma	Significado
A0501	Límite corriente
A0502	Límite por sobretensión
A0503	Límite de mínima tensión
A0505	I ² T del convertidor
A0511	Sobretemperatura I ² t
A0910	Regulador Vdc-max desconectado
A0911	Regulador Vdc-max activo
A0920	Los parámetros del ADC no están ajustados adecuadamente
A0923	Señales JOG a derechas y JOG a izquierdas activas

También puede obtener información sobre el SINAMICS G110 por los siguientes medios:

Representante regional

Contacte con el soporte técnico de su región para obtener información sobre servicios, precios y condiciones.

Soporte técnico central

Asesoramiento competente en cuestiones técnicas sobre nuestros productos y sistemas con un amplio espectro de prestaciones.

Europa / África

Tel: +49 (0) 180 5050 222

Fax: +49 (0) 180 5050 223

Email: adsupport@siemens.com

América

Tel: +1 423 262 2522

Fax: +1 423 262 2589

Email: simatic.hotline@sea.siemens.com

Asia / Pacífico

Tel: +86 1064 757 575

Fax: +86 1064 747 474

Email: adsupport.asia@siemens.com

Servicio Online & Support

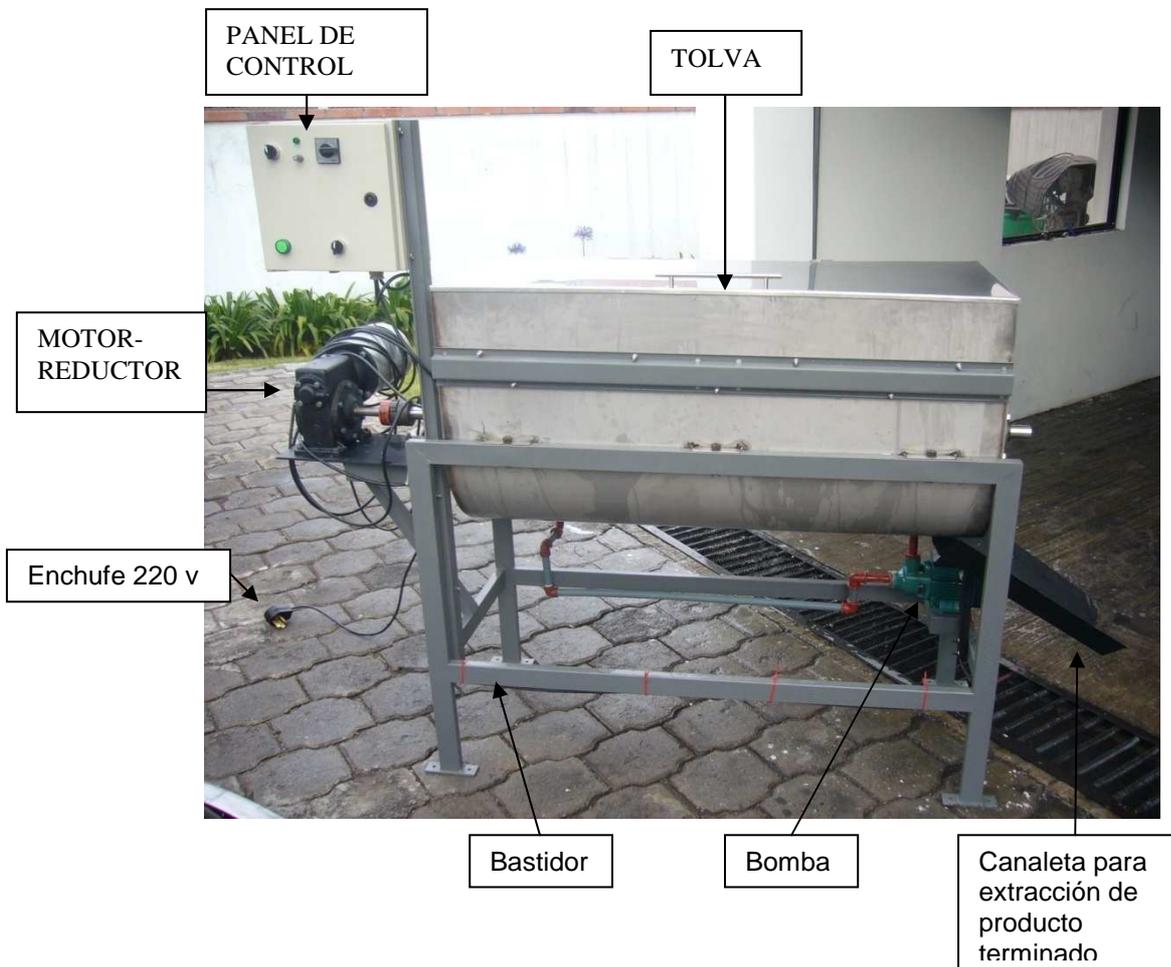
Sistema de información vía internet amplio y con acceso las 24 h.: soporte de productos, servicios y prestaciones incluido el soporte de herramientas de PC.
<http://www.siemens.com/automation/service&support>

Dirección en internet

Dirección donde puede obtener información técnica y general:
<http://www.siemens.de/sinamics>

ANEXO L

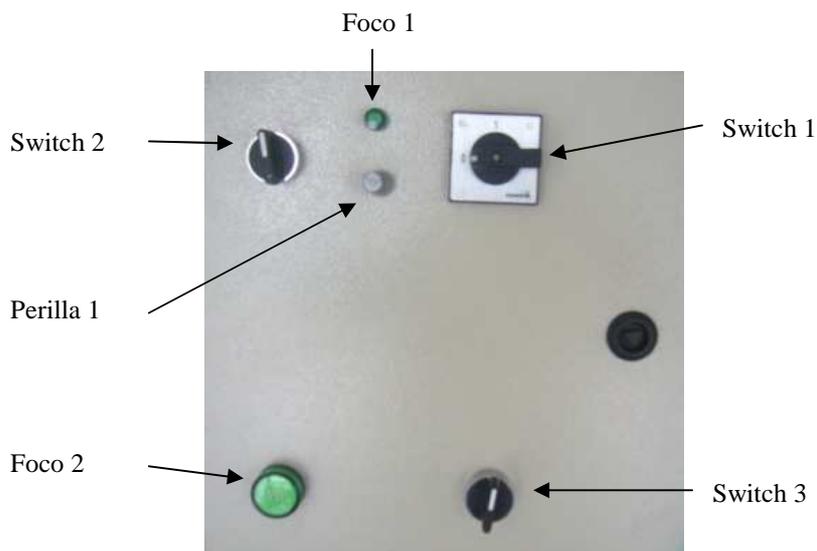
Manual de operación y mantenimiento



Antes de encender la máquina asegúrese de que ésta se encuentre anclada al piso o sobre una superficie nivelada para evitar exceso de vibraciones y accidentes.

A continuación se describen los elementos del panel de control para su óptimo funcionamiento y operación.

PANEL DE CONTROL



- ✓ Para encender la máquina se debe conectar el cable de poder a una fuente de 220V.
- ✓ Colocar switch 1 en posición 1, con esto se energiza el sistema.
- ✓ Colocar switch 2 en posición horizontal para encender el motor. Comprobar encendido de foco 1.
- ✓ Colocar switch 3 en posición horizontal para encender sistema de bombeo. Comprobar encendido de foco 2 y asegurarse que el recipiente líquido contenga producto suficiente sobre el nivel mínimo y que esté tenga la tapa respectiva para salvaguardar el funcionamiento de la bomba y evitar que cuerpos extraños ingresen al sistema de bombeo.
- ✓ La perilla 1 controla la velocidad del motor, mover hacia la derecha para aumentar revoluciones, mover hacia la izquierda para disminuir revoluciones.

Nota:

Una vez terminado el proceso de fabricación apagar el motor y la bomba posteriormente quitar la tapa ubicada en la parte inferior derecha de la cara de la tolva y encender solo el motor para comenzar la expulsión de producto a través de la canaleta. Una vez finalizada la labor de expulsión apagar por completo el sistema para abrir la tapa principal de la tolva.

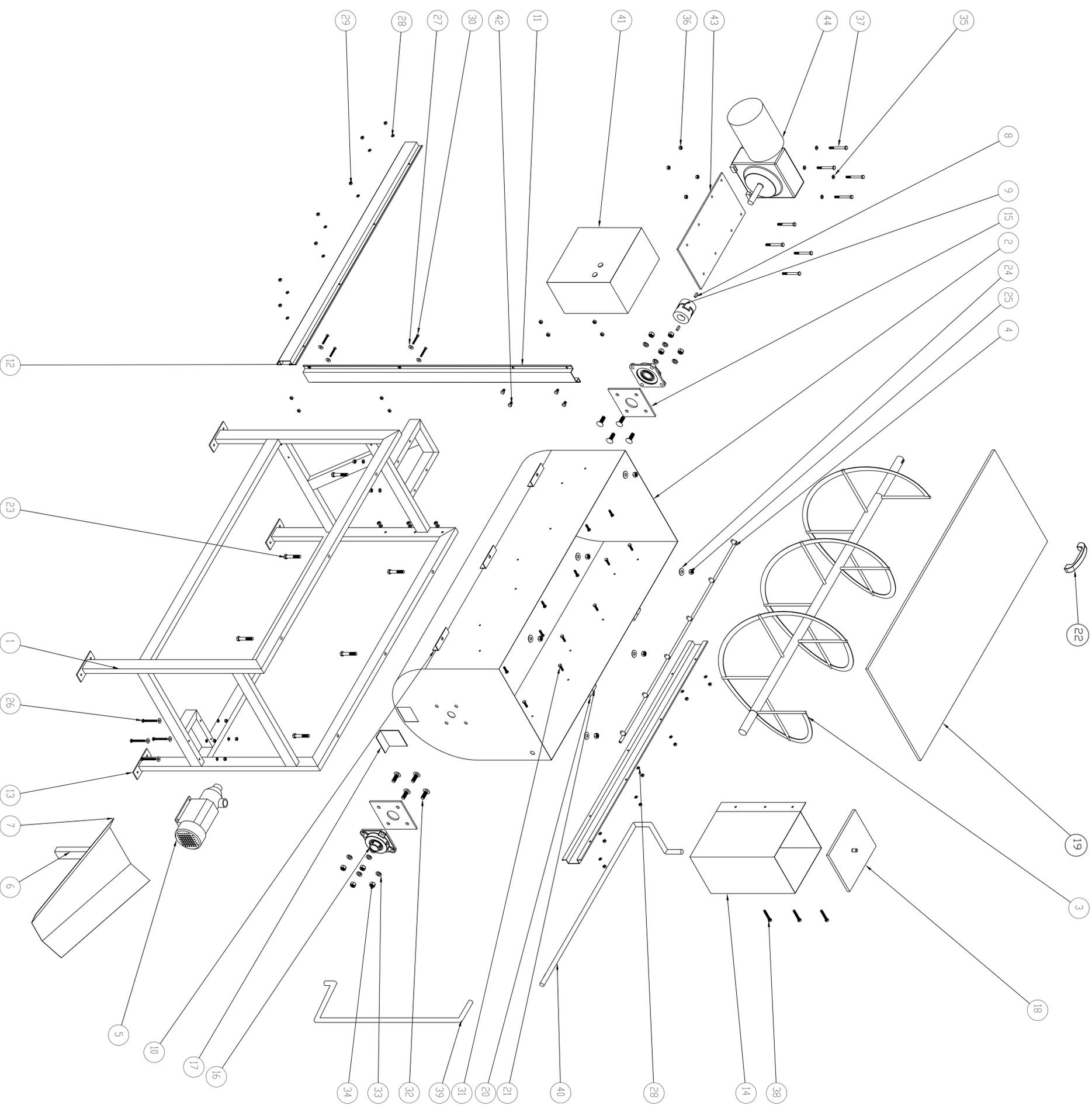
Acciones de mantenimiento:

- ✓ Una vez terminada la producción del detergente, limpiar el aspa y el interior de la tolva con agua y un trapo suave.
- ✓ Para limpiar los aspersores se recomienda colocar agua en el recipiente para líquidos y encender la bomba dos veces seguidas accionando únicamente el Switch 3.
- ✓ Engrasar periódicamente los rodamientos de las chumaceras según especifica el catálogo.
- ✓ En caso de reprogramación del variador de frecuencia SIEMENS G110, guiarse según instrucciones del catálogo.
- ✓ Revisar periódicamente el nivel de aceite en la caja reductora, así como la cantidad de grasa presente en los elementos móviles de la misma.

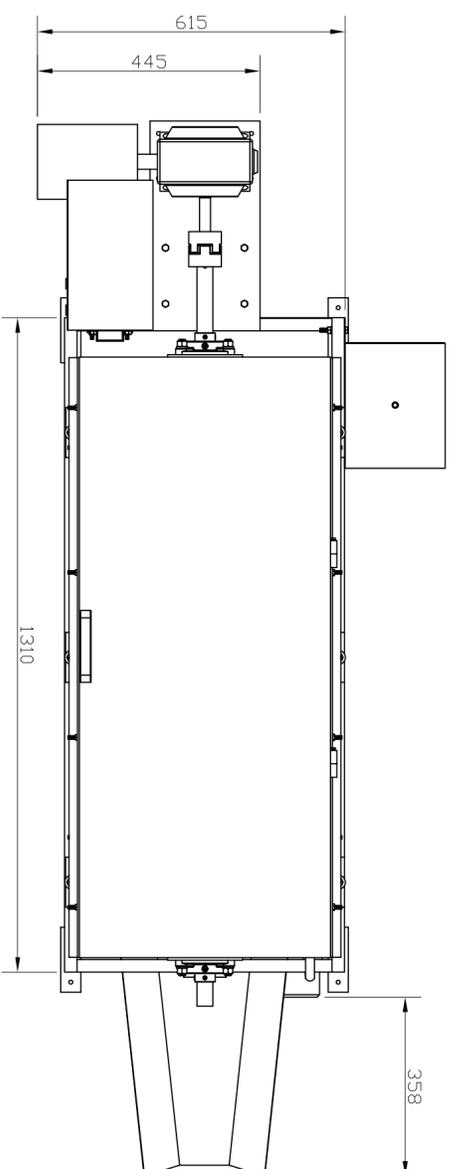
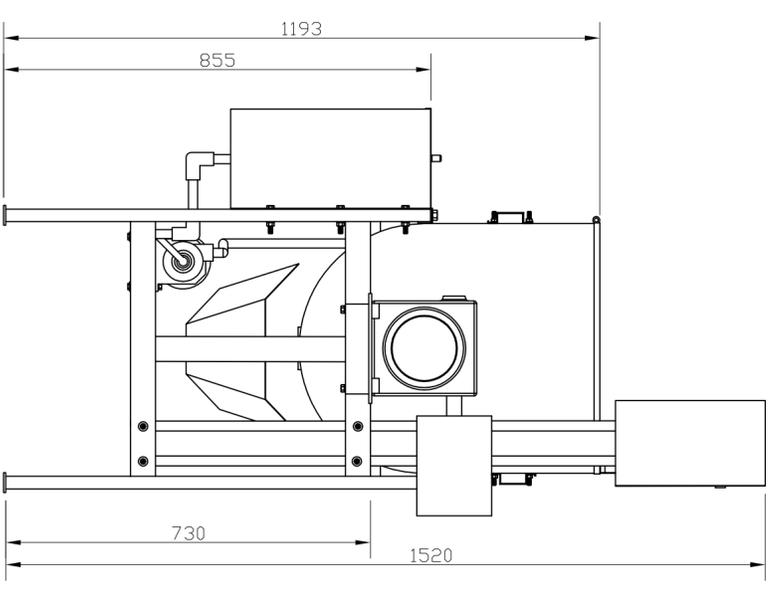
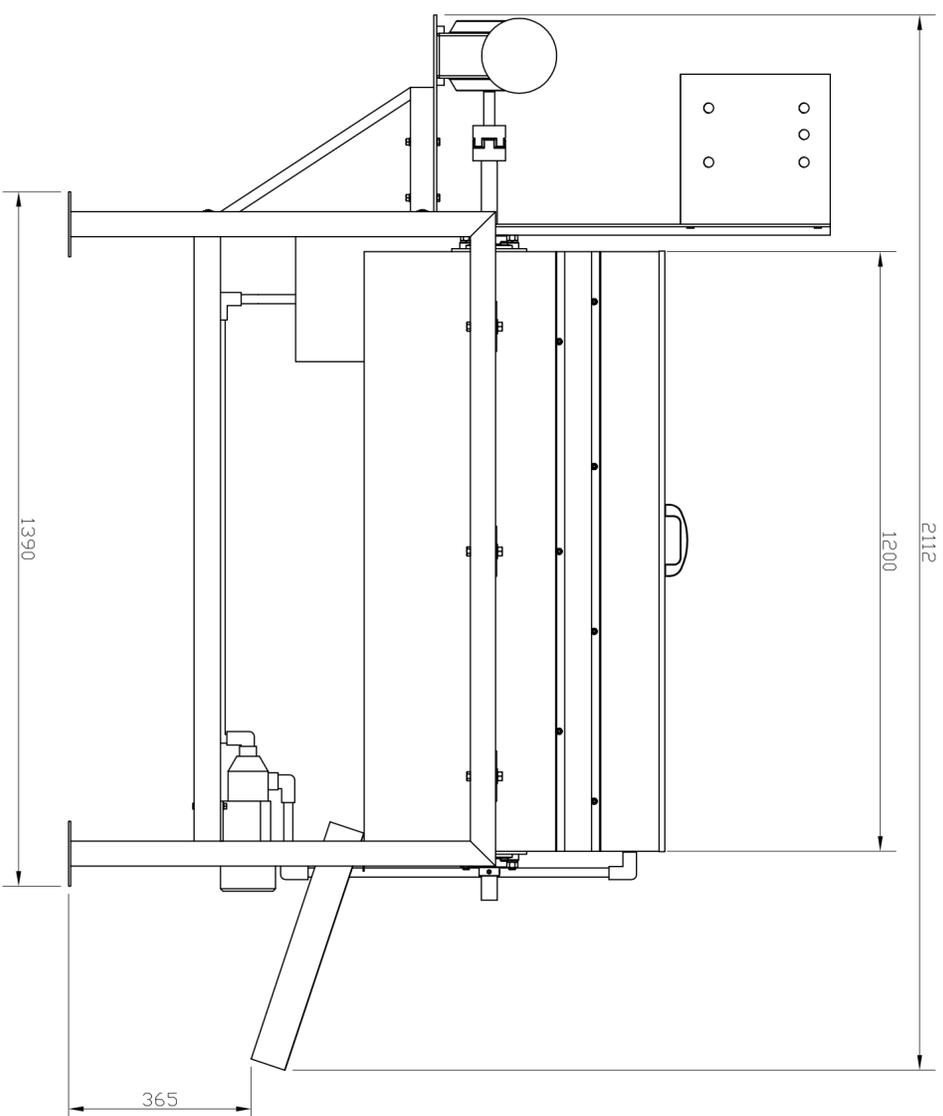
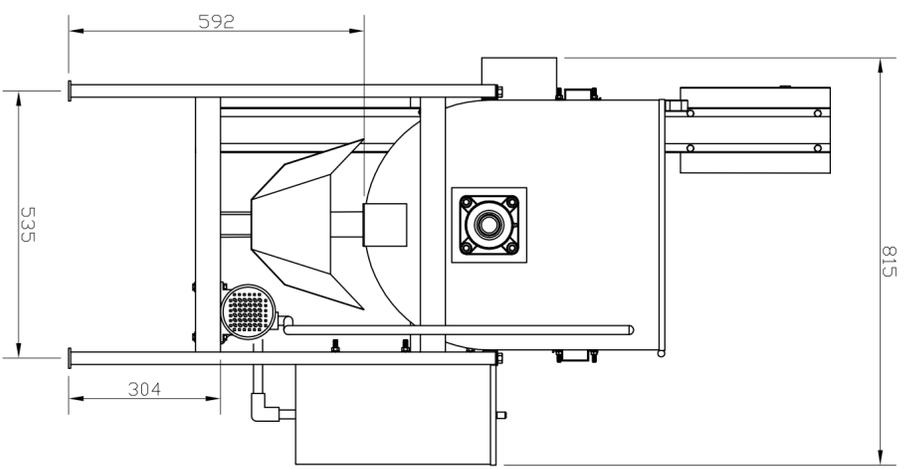
Precauciones:

- ❖ Evitar en lo necesario la apertura de la tapa principal de la tolva durante la operación debido a que la mezcla de los insumos utilizados pueden perjudicar el sistema respiratorio.
- ❖ Por ninguna razón introducir las manos dentro de la tolva durante la operación de la máquina ya que puede sufrir accidentes severos.
- ❖ Por ninguna razón introducir partes del cuerpo a través de la tapa de expulsión de producto durante la operación de la máquina, debido a la gran proximidad del aspa al sitio mencionado. Puede sufrir accidentes severos.
- ❖ En caso de accidente mover el Switch 1 a la posición de 0 ó desenchufar la máquina de la fuente de poder.

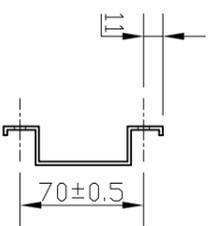
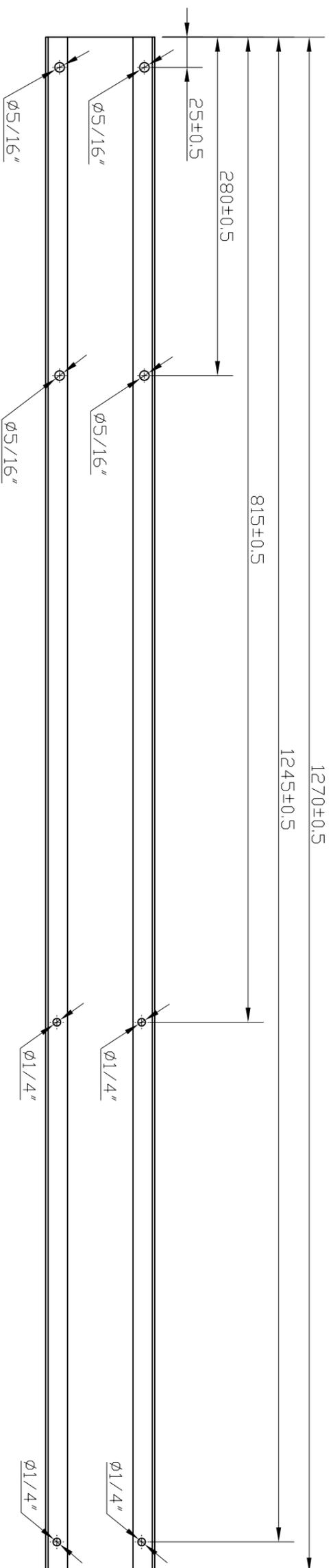
ANEXO M



44	Motorreductor 1:15	PLSM-005-6	1	Varios	P=1 hp ; V=220 Volt
43	Placa soporte motor	ASTM A36	1	ASTM A36	e = 6 mm
42	Perno hexagonal 5/16"-18 UNC 0.5"	SAE 12	4	SAE 12	300X300X170 mm
41	Cajetín	Acero	1	Acero	
40	Tubetera 1/2"	PVC	3m	PVC	
39	Codo 90 grados 1/2"	PVC	8	PVC	
38	Perno hexagonal 5/16"-18 UNC 2"	Acero	3	Acero	ASTM 307 A
37	Perno hexagonal 5/16"-18 UNC 3"	Acero	8	Acero	SAE 12
36	Tuerca hexagonal 5/16"-18 UNC	Acero	15	Acero	
35	Arandela presión 5/16"	Acero	8	Acero	
34	Tuerca hexagonal 1/2"-13 UNC	Inoxidable	8	Inoxidable	e = 2.5 mm
33	Arandela presión 1/2"	Inoxidable	8	Inoxidable	Niquelado
32	Perno de carcasa 1/2"-13 UNC 1.5"	Acero	8	Acero	
31	Perno hexagonal 1/4"-20 UNC 1"	Inoxidable	14	Inoxidable	
30	Perno redondo 1/4"-20 UNC 2"	Inoxidable	4	Inoxidable	
29	Tuerca hexagonal 1/4"-20 UNC	Acero	22	Acero	
28	Arandela plana 1/4"	Acero	8	Acero	
27	Arandela presión 1/4"	Acero	22	Acero	
26	Perno hexagonal 1/4"-20 UNC 2.5"	Acero	4	Acero	SAE 8
25	Tuerca hexagonal 7/16"-14 UNC	Acero	6	Acero	
24	Arandela plana 7/16"	Acero	6	Acero	
23	Perno hexagonal 7/16"-14 UNC 2.5"	Acero	6	Acero	SAE 8
22	Manija tolva	Inoxidable	1	Inoxidable	
21	Bisagra hembra	BH-018-14	2	ASTI 304	
20	Bisagra macho	BH-019-14	2	ASTI 304	
19	Tapa tolva	TTV-021-1.5	1	ASTI 304	e = 1.5 mm
18	Tapa recipiente líquido	TRL-016-1.5	1	ASTI 304	e = 1.5 mm
17	Tapá deslización	TPD-021-1.5	1	ASTI 304	e = 1.5 mm
16	Chunquera de pared UICF-207-20	PLSC-006-6	2	Varios	Ø = 31.75 mm
15	Placa soporte chunquera	RL-015-1.5	2	ASTM A36	e = 6 mm
14	Recipiente para líquido	PL-015-1.5	1	ASTI 304	e = 1.5 mm
13	Placa de anclaje	PDA-008-6	4	ASTM A36	
12	Perfil Omega Tolva	PO-010	2	ASTM A36	
11	Perfil Omega Cajetín	POC-012	1	ASTM A36	
10	Oreja sujeción tolva	OES-005-25	6	ASTI 304	e = 2.5 mm
9	Acople LOVEJOY 110	CHV-017-6	1	Varios	Material flexible tipo SOX
8	Chaveta cuadrada w=6mm	C-026-1.5	2	ASTI 1006	L = 25 mm
7	Canalera deslización	PC-025-1.2	1	ASTM A36	e = 1.5 mm
6	Parante canalera	PC-025-1.2	1	ASTM A36	TUBO RECTANGULAR 50X25X1.2
5	Bomba centrifuga	ENS-AS-012	1	Varios	Motor P/ALO P=1/2 hp ; V=220 Volt
4	Aspersor	ENS-AS-012	1	Inoxidable	Motor Varinfo L=12m ; Ø=60x45x5
3	Aspa ensamblada	ENS-AL-013	1	ASTI 304	
2	Tolva	EB-011-1.2	1	ASTI 304	
1	Estructura Bastidor	EB-011-1.2	1	ASTM A36	TUBO RECTANGULAR 50X25X1.2
No.	Denominación	Código	Cantidad	Materia	Observaciones
MATERIAL: VARIOS					
FECHA: Lasso Luis Felipe					
Dibujado: Lasso Luis Felipe					
Revisado: Ing. Sumaxi					
Aprobado: Ing. Echeverría					
DESCRIPCIÓN: DESPIECE TOTAL					
CANTIDAD: 1					
ESCALA: 1 : 8					
CODIGO: DESP-101-002					
Situación: a:					



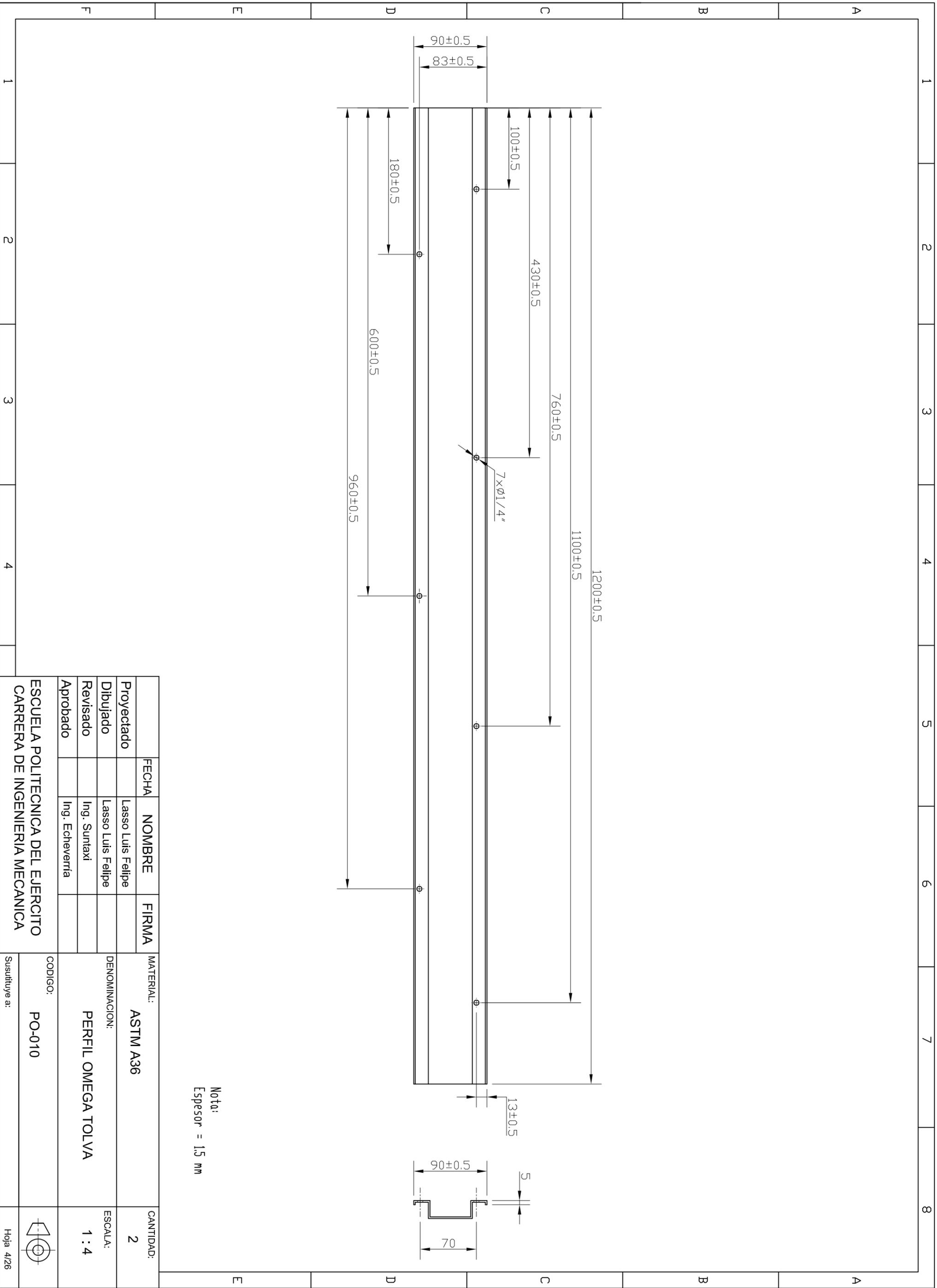
1	2	3	4	5	6	7	8																																								
A	B	C	D	E	F																																										
<table border="1"> <tr> <td>PROYECTADO</td> <td>FECHA</td> <td>NOMBRE</td> <td>FIRMA</td> </tr> <tr> <td>DIBUJADO</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>REVISADO</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>APROBADO</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		PROYECTADO	FECHA	NOMBRE	FIRMA	DIBUJADO				REVISADO				APROBADO				<table border="1"> <tr> <td>MATERIAL:</td> <td>CANTIDAD:</td> </tr> <tr> <td>VARIOS</td> <td>1</td> </tr> </table>		MATERIAL:	CANTIDAD:	VARIOS	1	<table border="1"> <tr> <td>DENOMINACION:</td> <td>ESCALA:</td> </tr> <tr> <td>ENSAMBLE TOTAL</td> <td>1 : 10</td> </tr> </table>		DENOMINACION:	ESCALA:	ENSAMBLE TOTAL	1 : 10	<table border="1"> <tr> <td>CODIGO:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ENS-TOT-001</td> <td></td> </tr> </table>		CODIGO:		ENS-TOT-001		<table border="1"> <tr> <td>ESCUOLA POLITECNICA DEL EJERCITO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CARRERA DE INGENIERIA MECANICA</td> <td></td> </tr> </table>		ESCUOLA POLITECNICA DEL EJERCITO		CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		<table border="1"> <tr> <td>Suscribe a:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Hoja 2/26</td> <td></td> </tr> </table>		Suscribe a:		Hoja 2/26	
PROYECTADO	FECHA	NOMBRE	FIRMA																																												
DIBUJADO																																															
REVISADO																																															
APROBADO																																															
MATERIAL:	CANTIDAD:																																														
VARIOS	1																																														
DENOMINACION:	ESCALA:																																														
ENSAMBLE TOTAL	1 : 10																																														
CODIGO:																																															
ENS-TOT-001																																															
ESCUOLA POLITECNICA DEL EJERCITO																																															
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA																																															
Suscribe a:																																															
Hoja 2/26																																															



Nota:
Espesor = 1,5 mm

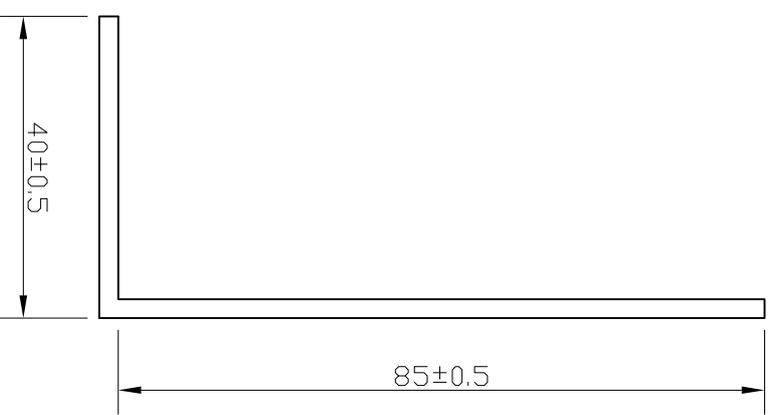
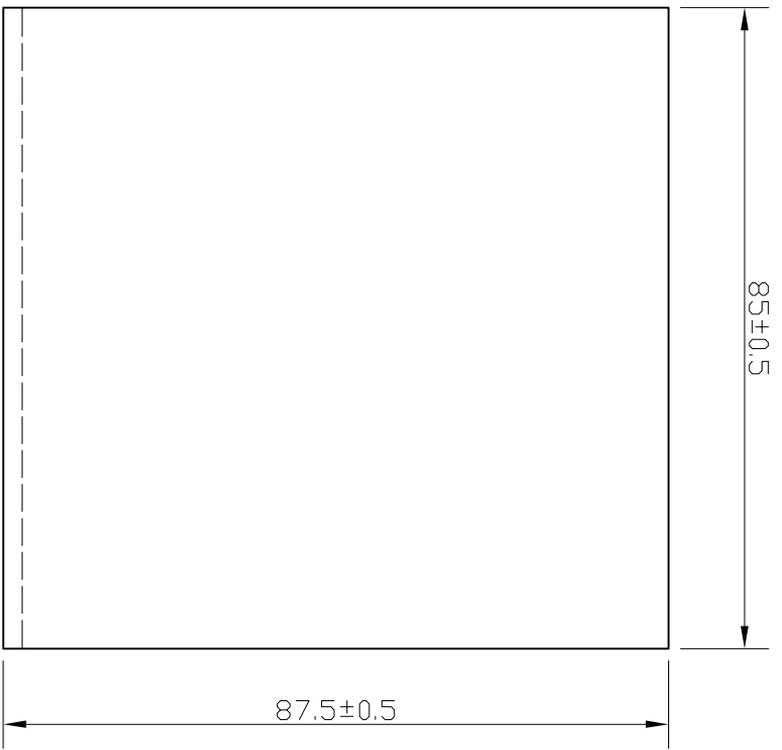
1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado		Lasso Luis Felipe		ASTM A36	1
Dibujado		Lasso Luis Felipe		DENOMINACION: PERFIL OMEGA CAJETIN	ESCALA: 1 : 4
Revisado		Ing. Suntaxi			
Aprobado		Ing. Echeverria			
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO CARRERA DE INGENIERIA MECANICA				CODIGO: POC-012	
				Sustituye a:	



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado		Lasso Luis Felipe		ASTM A36	2
Dibujado		Lasso Luis Felipe		DENOMINACION: PERFIL OMEGA TOLVA	ESCALA: 1 : 4
Revisado		Ing. Suntaxi			
Aprobado		Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO CARRERA DE INGENIERIA MECANICA				CODIGO: PO-010	
				Sustituye a:	

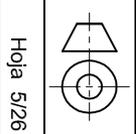
1 2 3 4 5 6

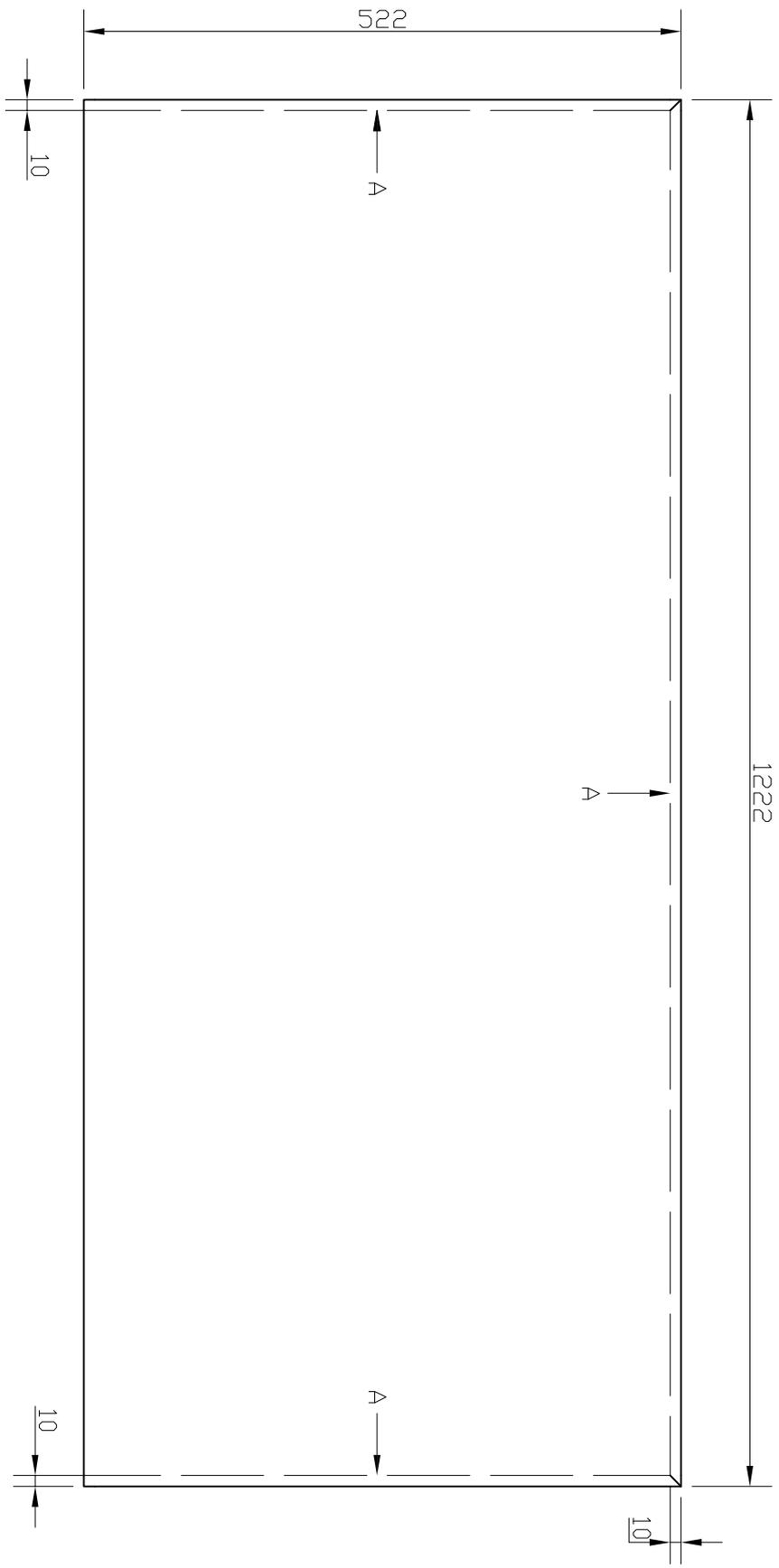


Nota:
Espesor de plancha = 1.5 mm

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado		Lasso Luis Felipe		AISI 304	1
Dibujado		Lasso Luis Felipe		DENOMINACION:	ESCALA:
Revisado		Ing. Suntaxi		TAPA DOSIFICACION	1 : 1
Aprobado		Ing. Echeverria		CODIGO:	
				TPD-021-1.5	
				Sustituye a:	
					Hoja 5/26

1		2		3		4		5		6	
---	--	---	--	---	--	---	--	---	--	---	--

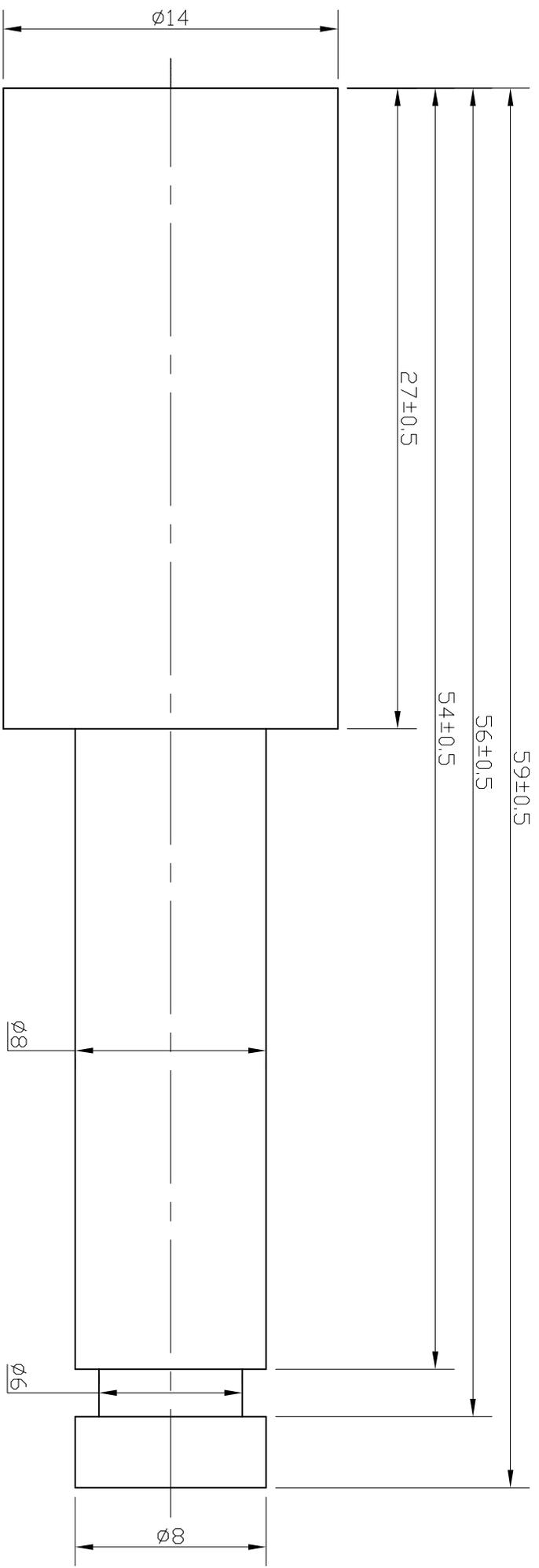




Nota:
 Espesor = 1,5 mm
 A = Doble a 90 grados

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado		Lasso Luis Felipe		AISI 304	1
Dibujado		Lasso Luis Felipe		DENOMINACION:	ESCALA:
Revisado		Ing. Suntaxi		TAPA TOLVA	1 : 6
Aprobado		Ing. Echeverria		CODIGO:	
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO CARRERA DE INGENIERIA MECANICA				TTV-021-1.5	
				Sustituye a:	Hoja 7/26

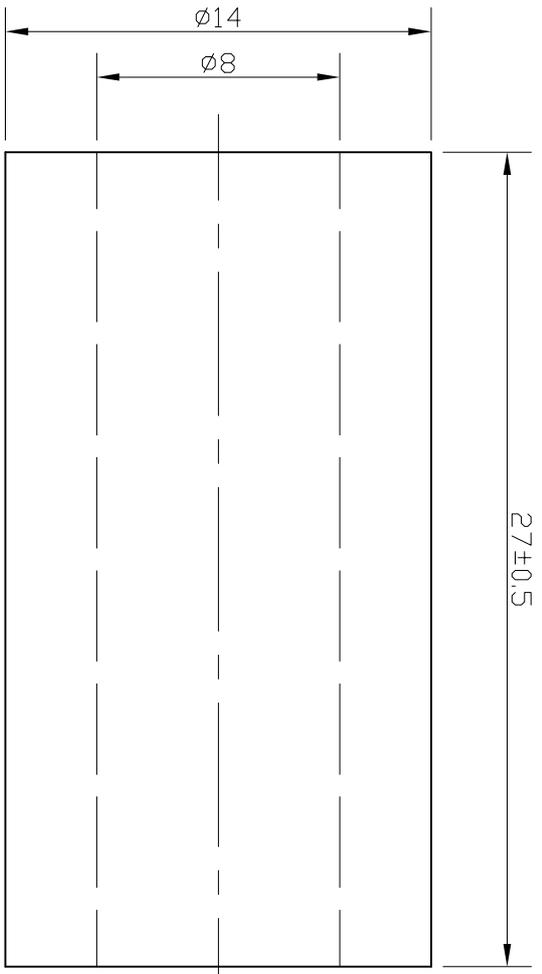
1 2 3 4 5 6



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado		Lasso Luis Felipe		AISI 304	2
Dibujado		Lasso Luis Felipe		DENOMINACION: BISAGRA MACHO	ESCALA: 4 : 1
Revisado		Ing. Suntaxi			
Aprobado		Ing. Echeverria			
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO CARRERA DE INGENIERIA MECANICA				CODIGO: BM-019-14	
				Sustituye a:	

1 2

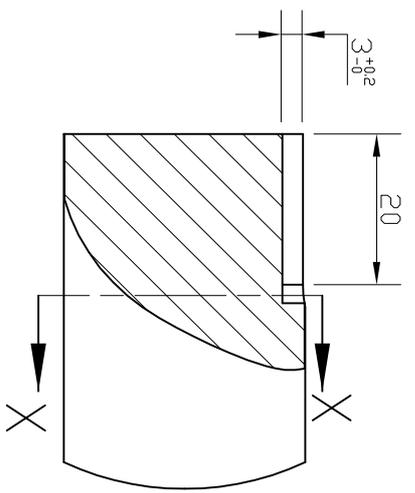
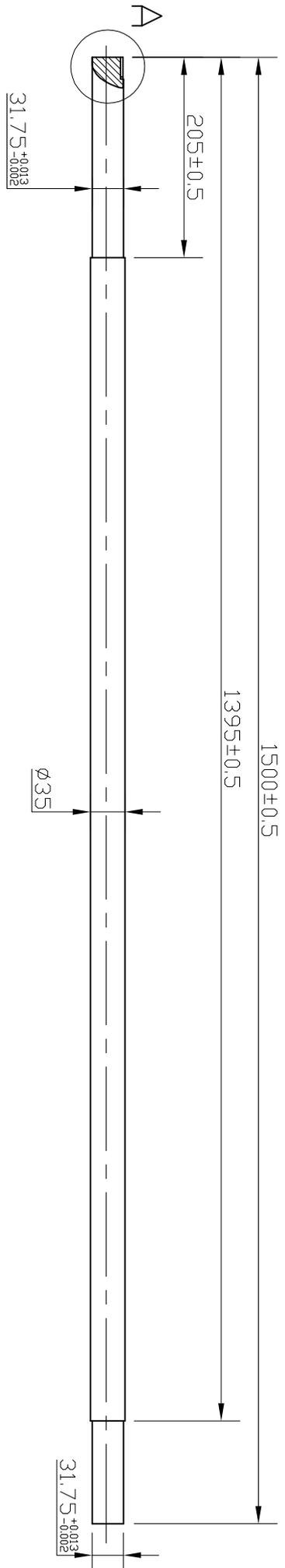
1 2 3 4 5 6



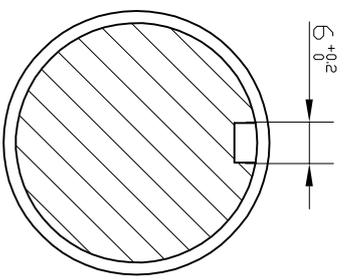
1		2		3		4		5		6	
---	--	---	--	---	--	---	--	---	--	---	--

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado		Lasso Luis Felipe	
Dibujado		Lasso Luis Felipe	
Revisado		Ing. Suntaxi	
Aprobado		Ing. Echeverria	

MATERIAL:	AISI 304	CANTIDAD:	2
DENOMINACION:	BISAGRA HEMBRA	ESCALA:	4 : 1
CODIGO:	BH-018-14		
Sustituye a:			
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		Hoja 9/26	



DETALLE A
ESCALA 1:1



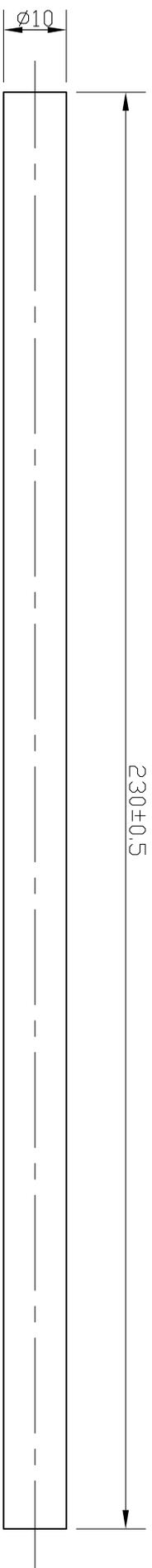
SECCIÓN X-X
ESCALA 1:1

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado		Lasso Luis Felipe		AISI 304	1
Dibujado		Lasso Luis Felipe		DENOMINACION: EJE PRINCIPAL DEL ASPA	ESCALA: 1 : 6
Revisado		Ing. Suntaxi			
Aprobado		Ing. Echeverria			

ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA

CODIGO: EJ-001-35	Susituye a:	Hoja 10/26

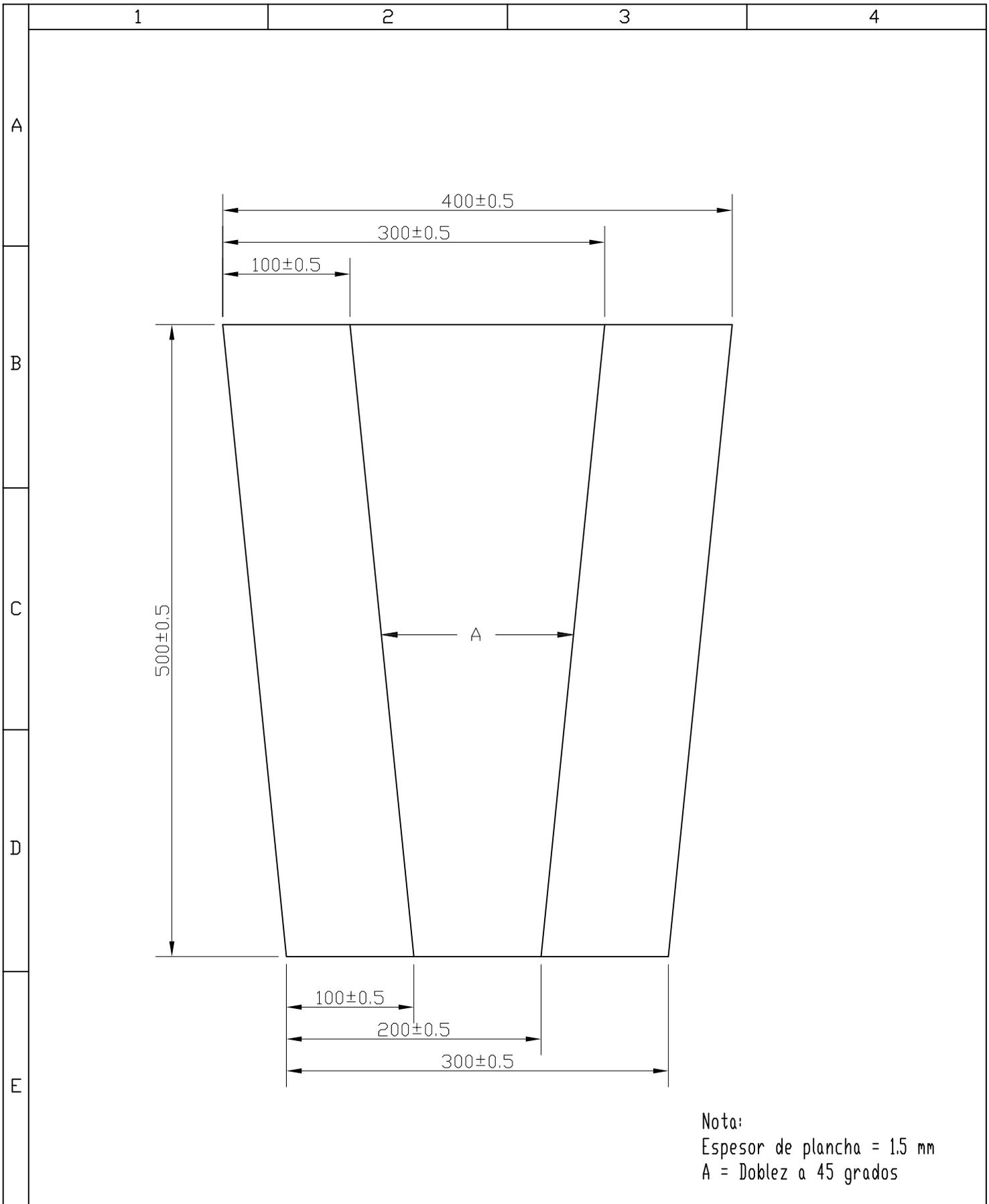
1 2 3 4 5 6



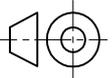
1 2

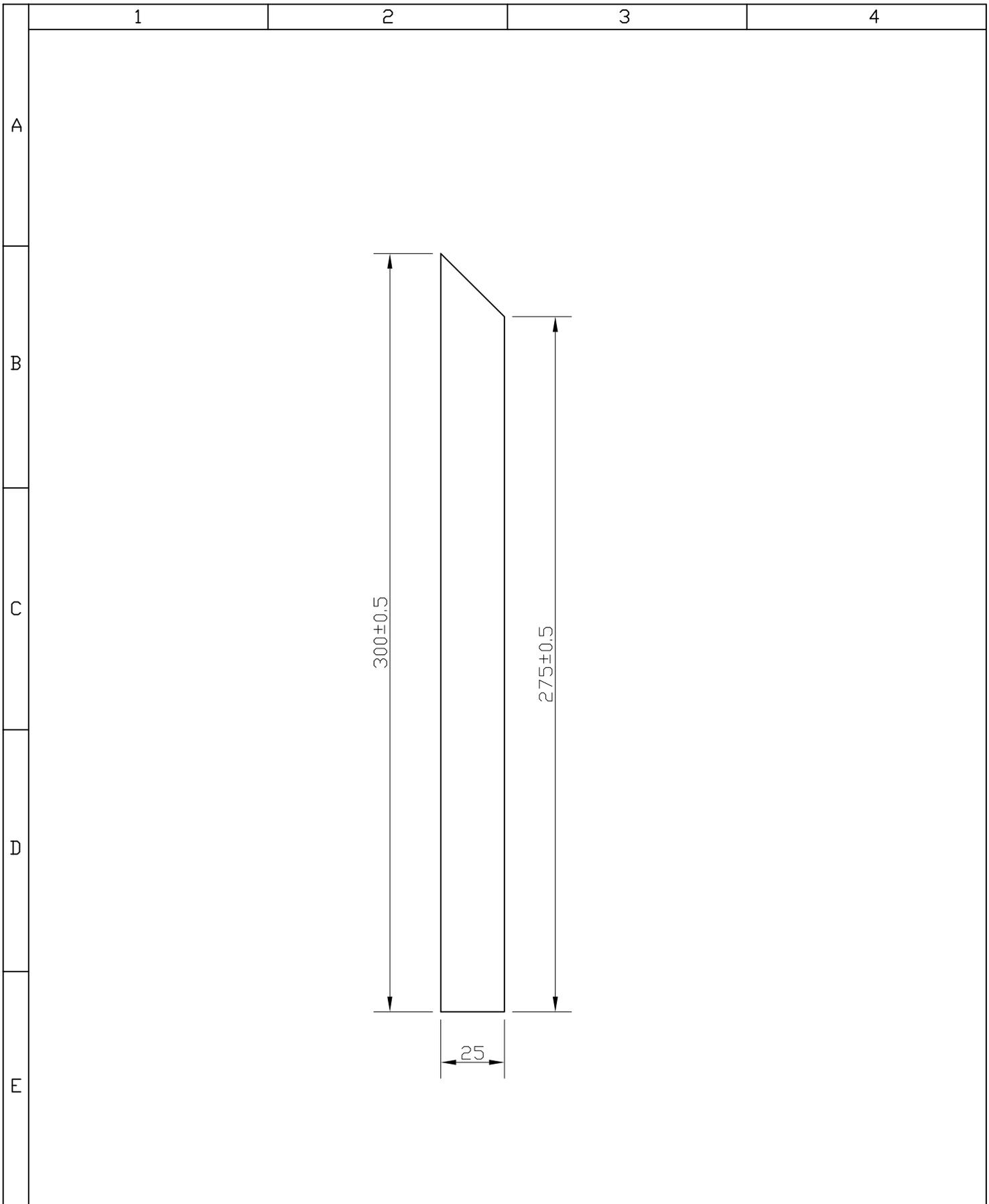
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Proyectado		Lasso Luis Felipe	
Dibujado		Lasso Luis Felipe	
Revisado		Ing. Surtaxi	
Aprobado		Ing. Echeverría	

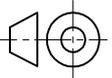
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		MATERIAL: AISI 304	CANTIDAD: 13
		DENOMINACION: BARRA CIRCULAR	ESCALA: 1 : 1
CODIGO: EJ-002-10			
Susituye a:			
		Hoja 11/26	

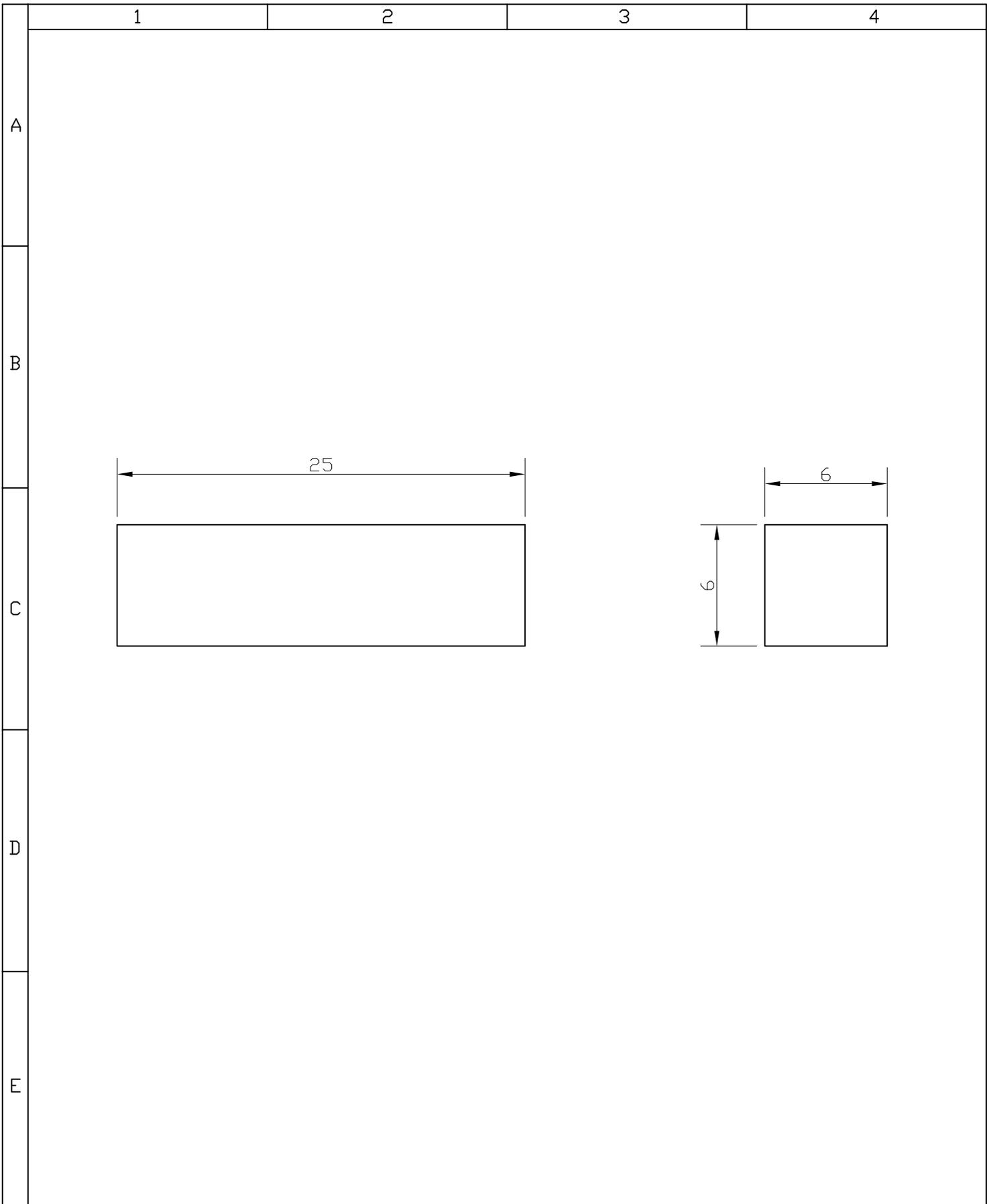


Nota:
 Espesor de plancha = 1.5 mm
 A = Doble a 45 grados

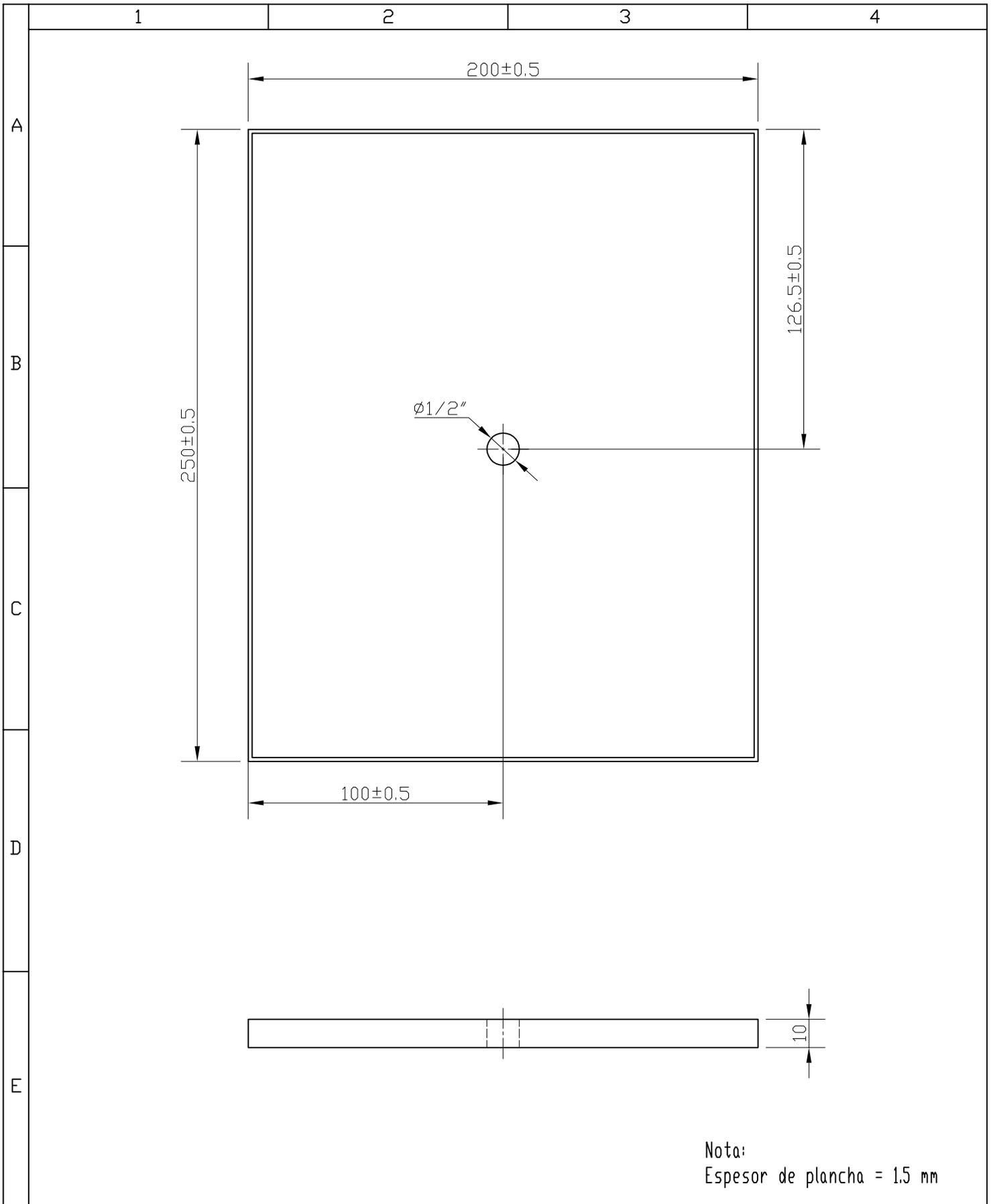
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL: ASTM A36	CANTIDAD: 1
Proyectado		Lasso Luis Felipe		DENOMINACION: CANALETA	ESCALA: 1 : 4
Dibujado		Lasso Luis Felipe			
Revisado		Ing. Suntaxi			
Aprobado		Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO CARRERA DE INGENIERIA MECANICA				CODIGO: C-026-1.5	 Hoja 12/26
				Susutituye a:	



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL: TUBO RECTANGULAR 50X25X1.2 ASTM A36	CANTIDAD: 1
Proyectado		Lasso Luis Felipe		DENOMINACION: PARANTE CANALETA	ESCALA: 1 : 2
Dibujado		Lasso Luis Felipe			
Revisado		Ing. Suntaxi			
Aprobado		Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO CARRERA DE INGENIERIA MECANICA				CODIGO: PC-025-1.2	
				Susutituye a:	Hoja 13/26

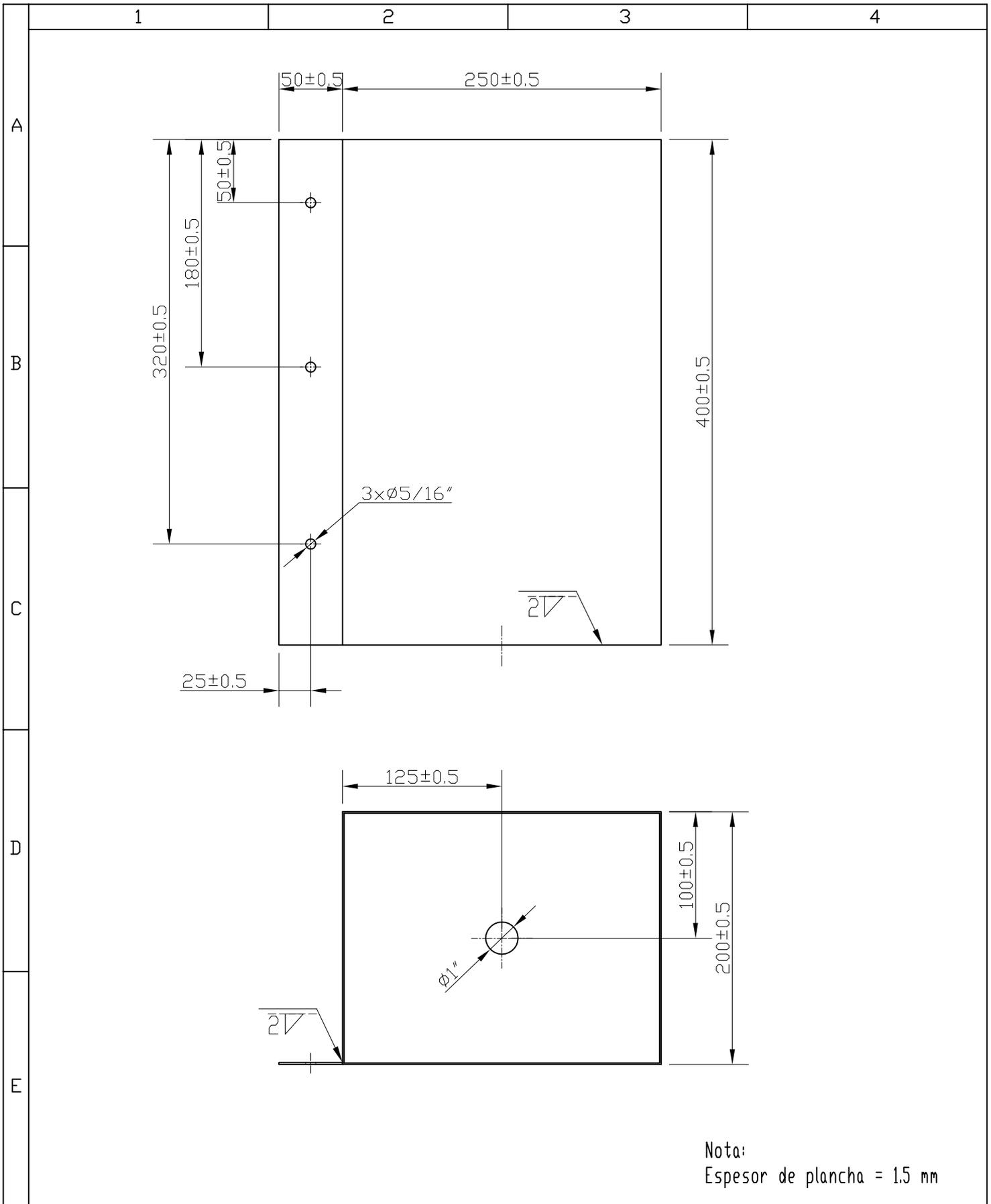


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL: AISI 1006	CANTIDAD: 2
Proyectado		Lasso Luis Felipe		DENOMINACION: CHAVETA	ESCALA: 4 : 1
Dibujado		Lasso Luis Felipe			
Revisado		Ing. Suntaxi			
Aprobado		Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO CARRERA DE INGENIERIA MECANICA				CODIGO: CHV-017-6	
				Susutituye a:	

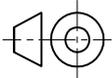


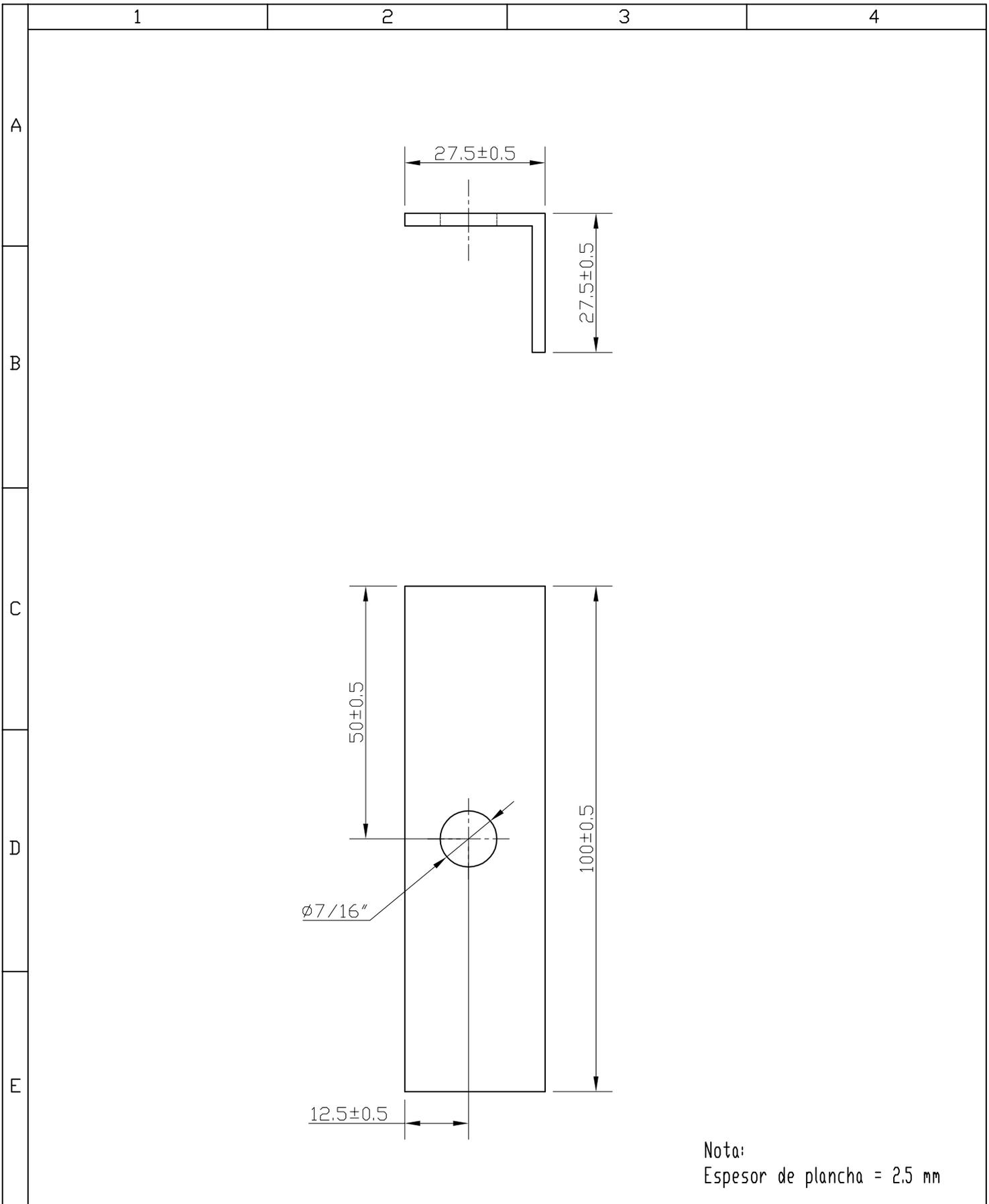
Nota:
Espesor de plancha = 1.5 mm

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL: AISI 304	CANTIDAD: 1
Proyectado		Lasso Luis Felipe		DENOMINACION: TAPA RECIPIENTE LIQUIDO	ESCALA: 1 : 2
Dibujado		Lasso Luis Felipe			
Revisado		Ing. Suntaxi			
Aprobado		Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO CARRERA DE INGENIERIA MECANICA				CODIGO: TRL-016-1.5	
				Susutituye a:	Hoja 15/26

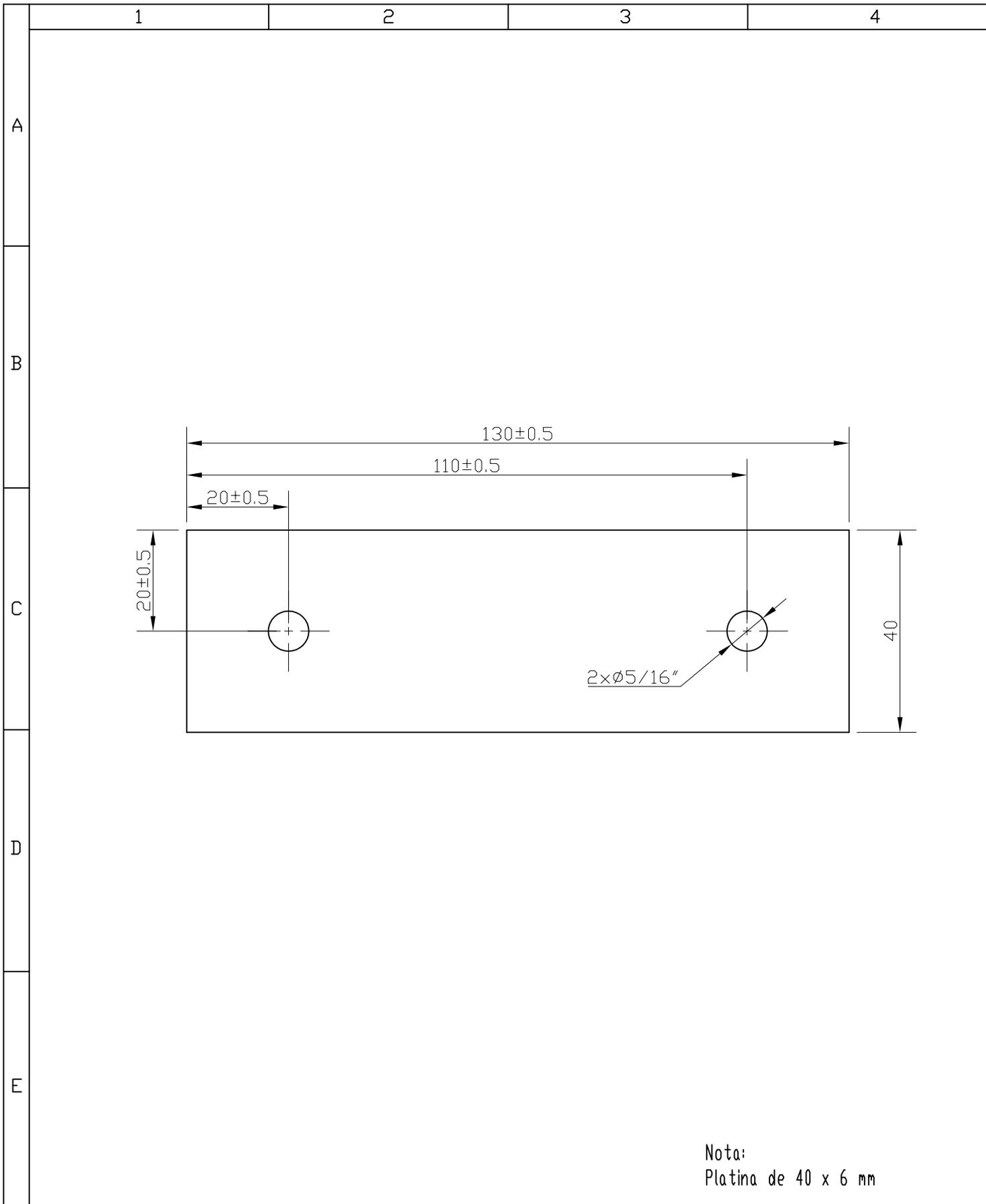


Nota:
Espesor de plancha = 1.5 mm

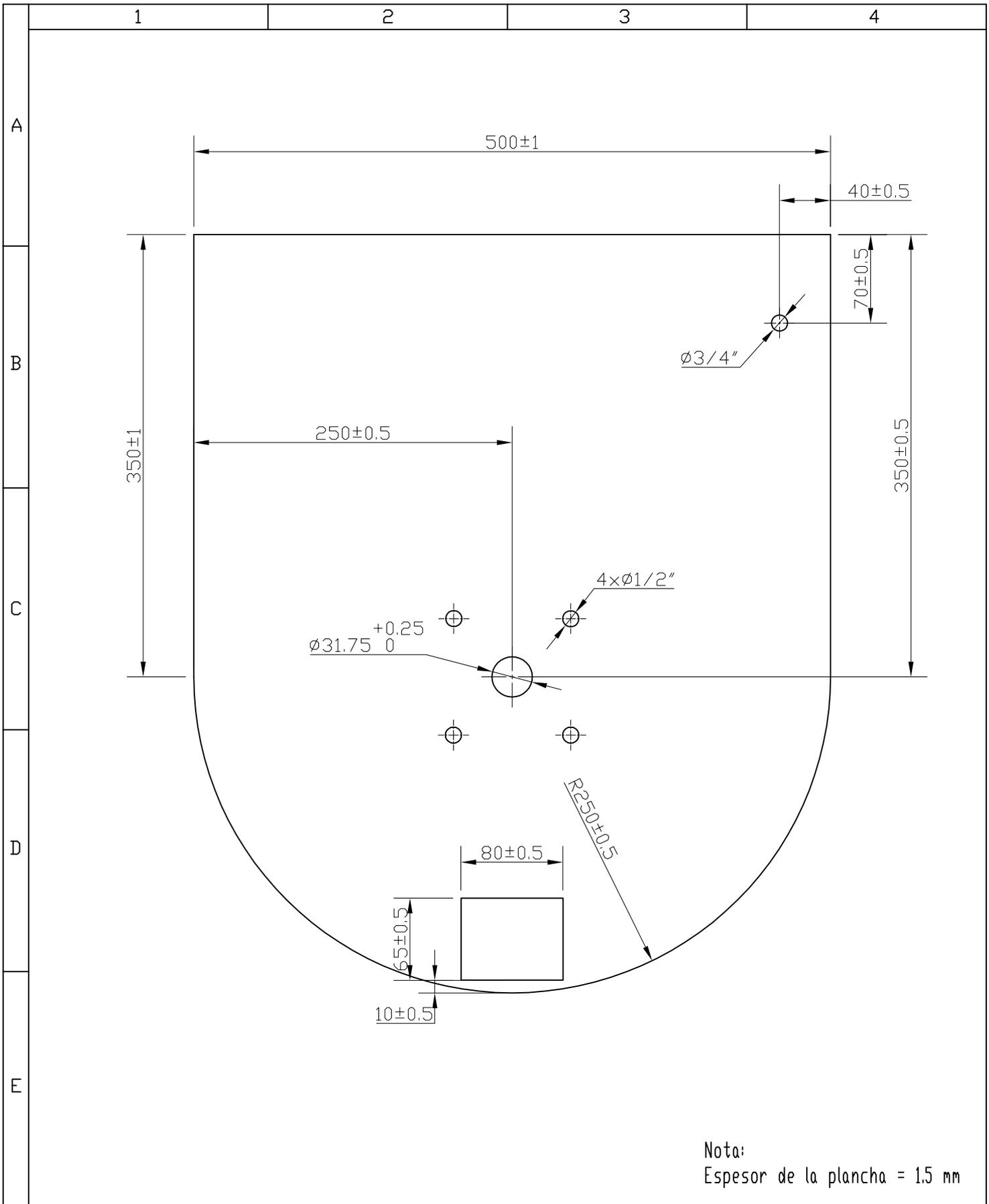
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL: AISI 304	CANTIDAD: 1
Proyectado		Lasso Luis Felipe		DENOMINACION: RECIPIENTE PARA LIQUIDO	ESCALA: 1 : 4
Dibujado		Lasso Luis Felipe			
Revisado		Ing. Suntaxi			
Aprobado		Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO CARRERA DE INGENIERIA MECANICA				CODIGO: RL-015-1.5	
				Susitituye a:	Hoja 16/26



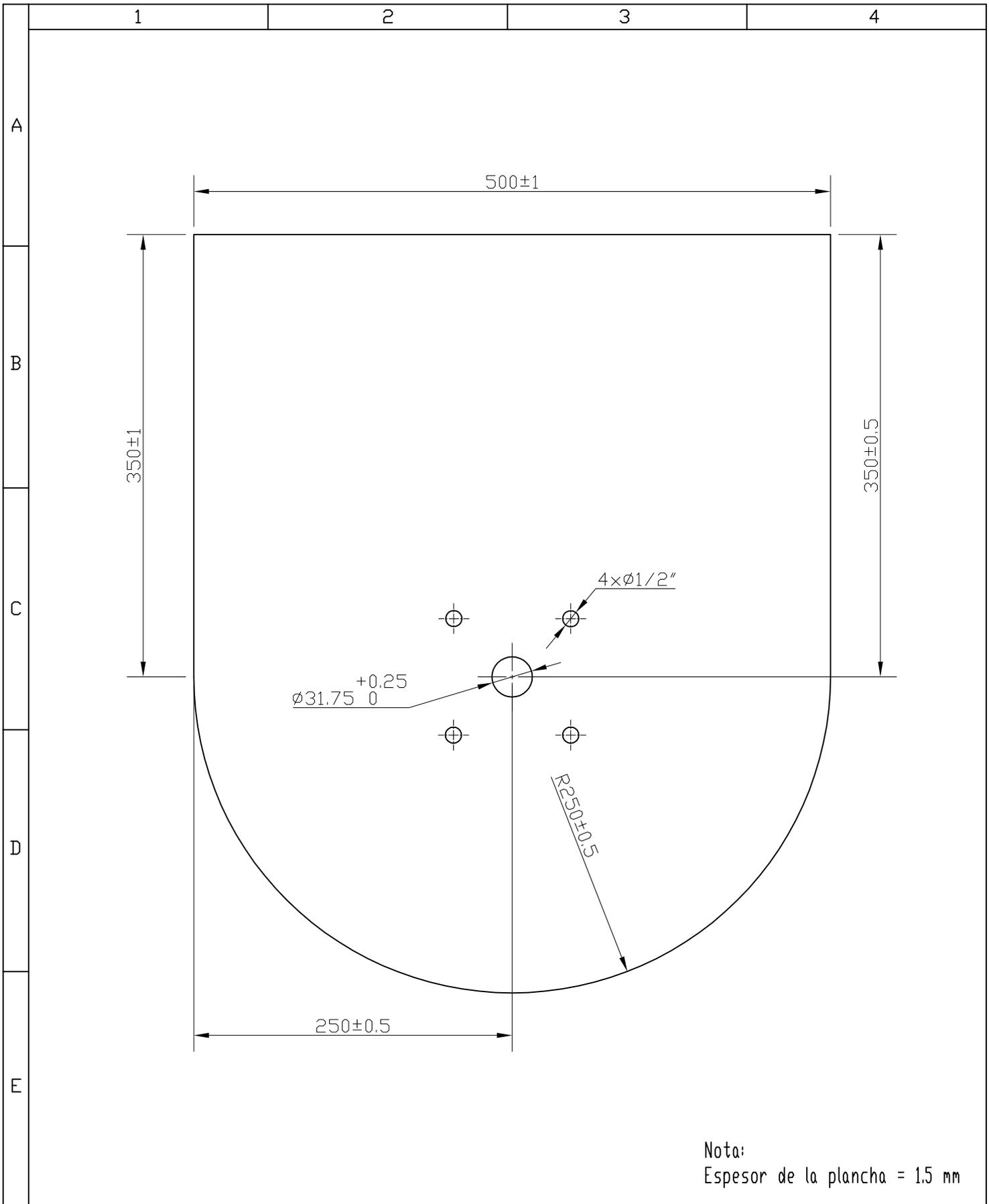
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL: AISI 304	CANTIDAD: 6
Proyectado		Lasso Luis Felipe		DENOMINACION: OREJA SUJECCION TOLVA	ESCALA: 1 : 1
Dibujado		Lasso Luis Felipe			
Revisado		Ing. Suntaxi			
Aprobado		Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO CARRERA DE INGENIERIA MECANICA				CODIGO: OPST-005-2.5	
				Susutituye a:	Hoja 17/26



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL: ASTM A36	CANTIDAD: 4
Proyectado		Lasso Luis Felipe		DENOMINACION: PLACA DE ANCLAJE	ESCALA: 1 : 1
Dibujado		Lasso Luis Felipe			
Revisado		Ing. Suntaxi			
Aprobado		Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO CARRERA DE INGENIERIA MECANICA				CODIGO: PDA-008-6	
				Susutituye a:	

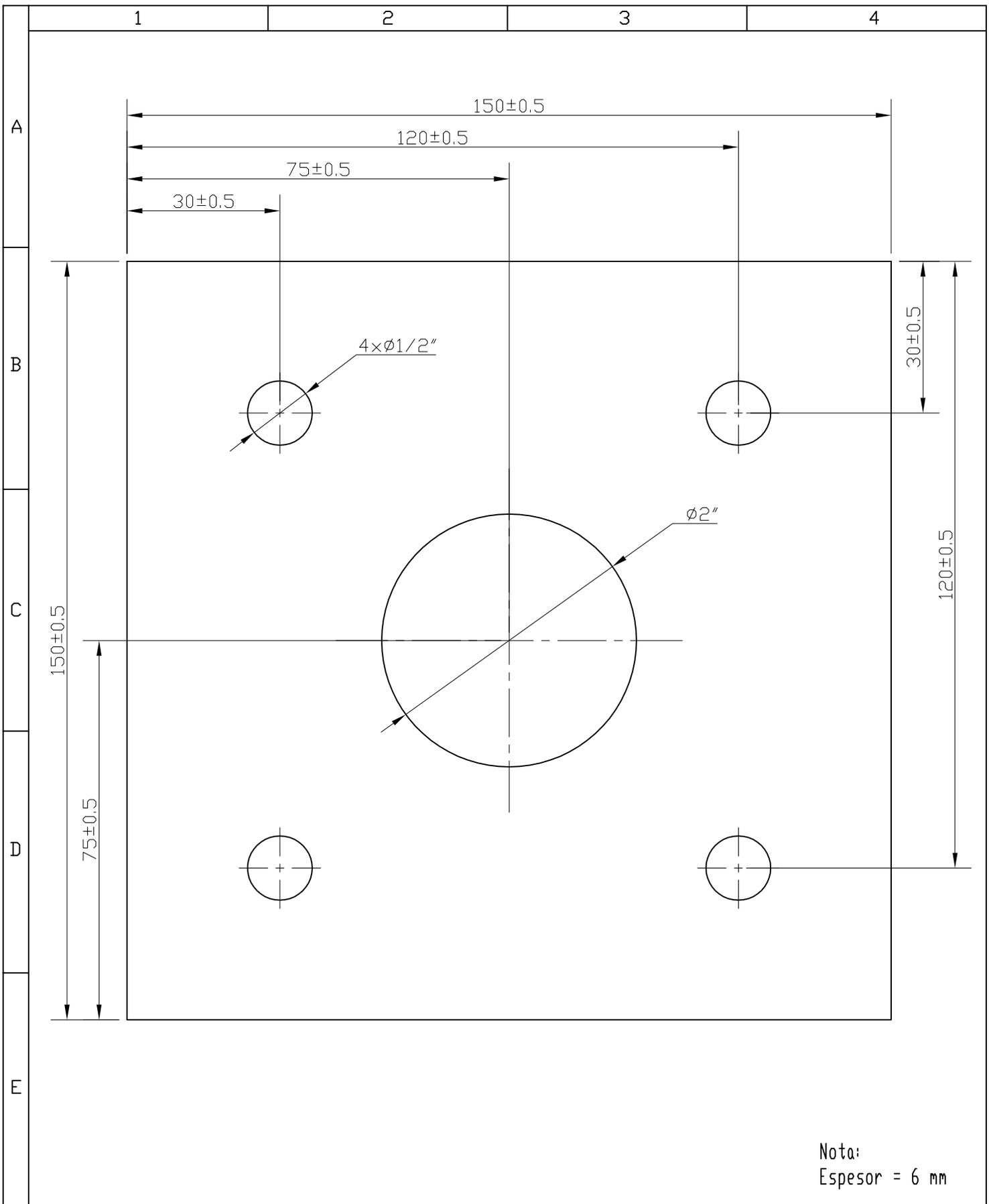


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado		Lasso Luis Felipe		AISI 304	1
Dibujado		Lasso Luis Felipe		DENOMINACION:	ESCALA:
Revisado		Ing. Suntaxi		TAPA LATERAL TOLVA DOSIFICADO	1 : 4
Aprobado		Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO CARRERA DE INGENIERIA MECANICA				CODIGO:	
				Susutituye a:	

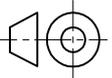


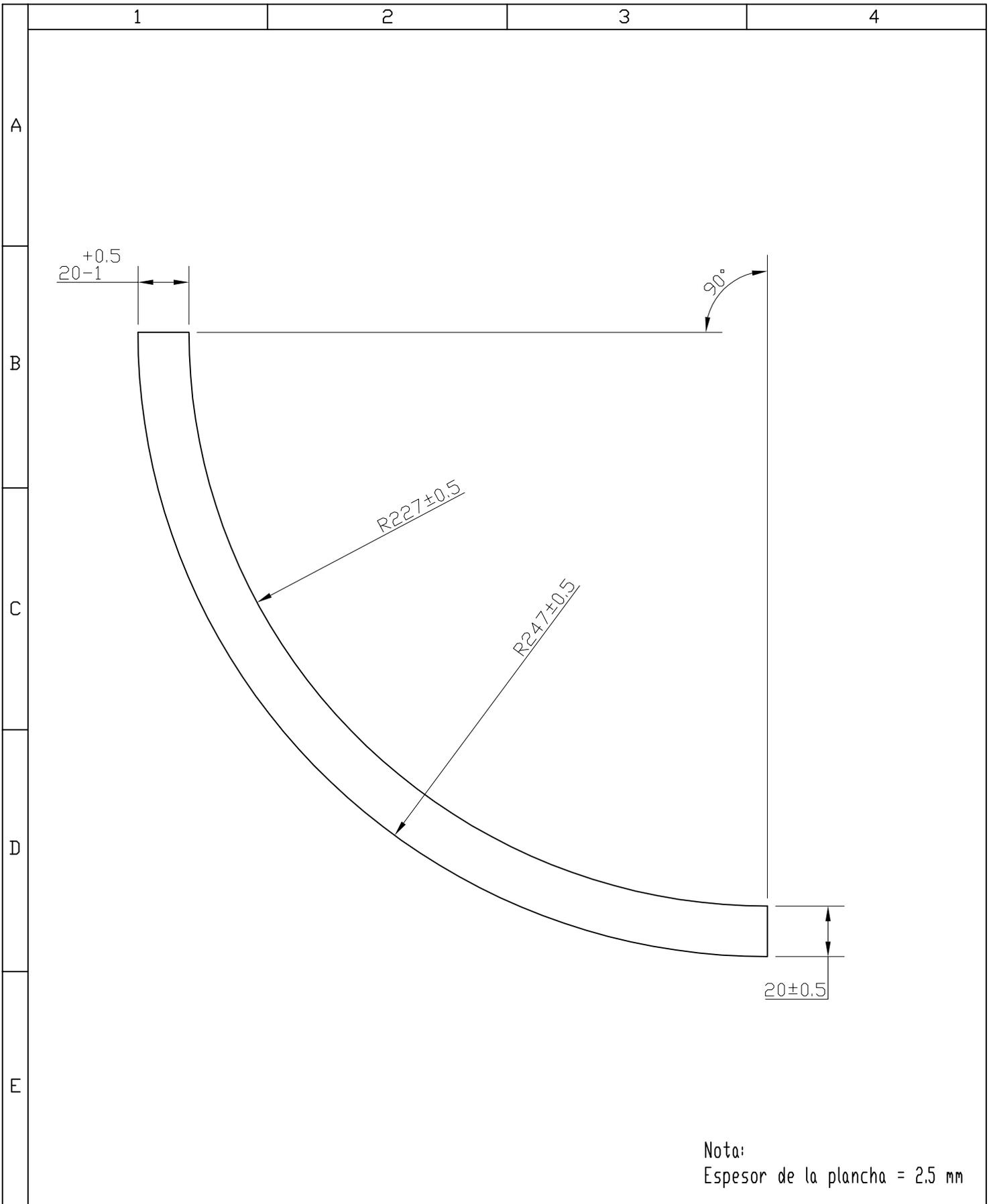
Nota:
Espesor de la plancha = 1.5 mm

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado		Lasso Luis Felipe		AISI 304	1
Dibujado		Lasso Luis Felipe		DENOMINACION:	ESCALA:
Revisado		Ing. Suntaxi		TAPA LATERAL TOLVA	1 : 4
Aprobado		Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO CARRERA DE INGENIERIA MECANICA				CODIGO:	
				TLV(a)-004-1.5	
				Susutituye a:	Hoja 20/26

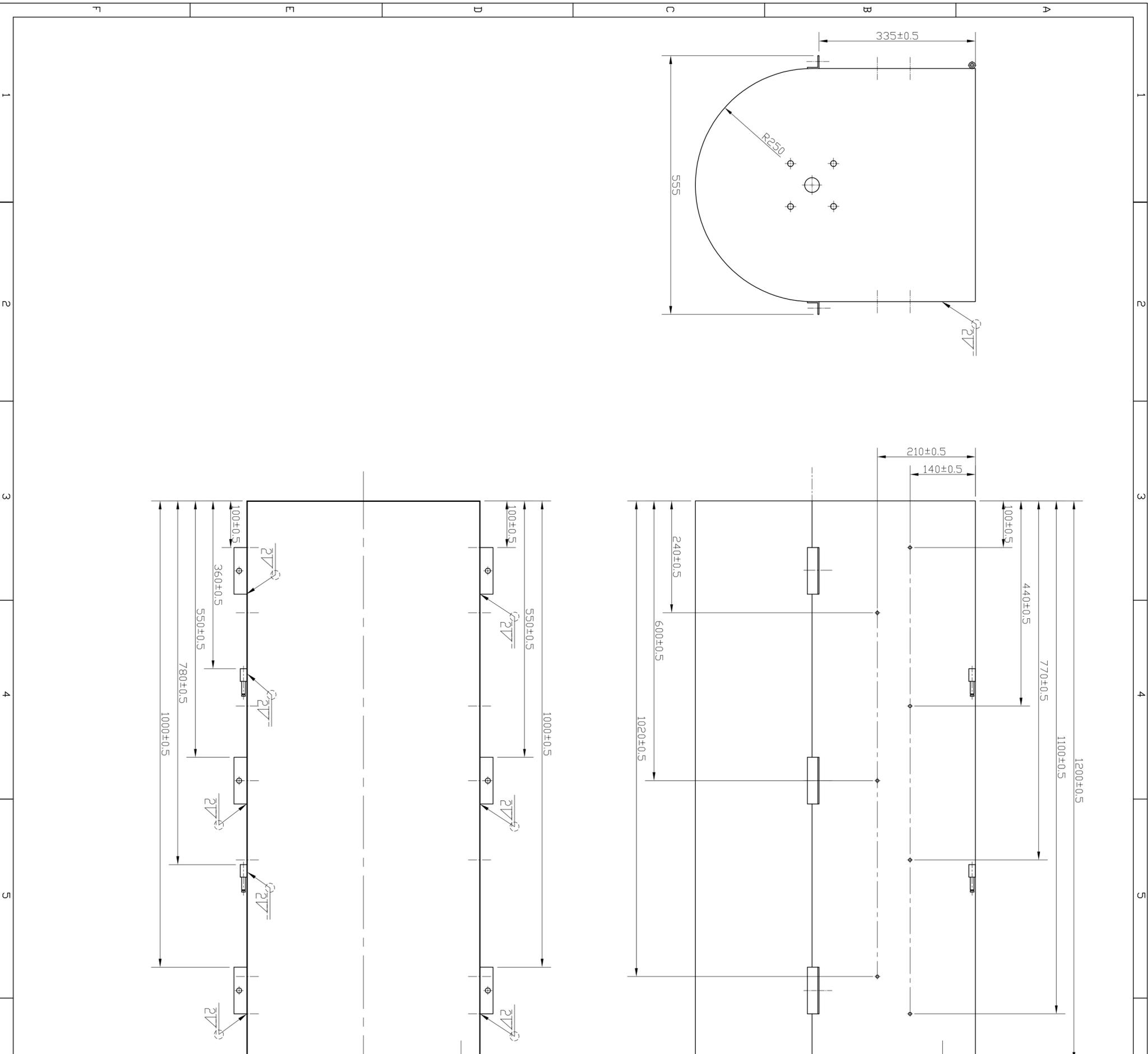
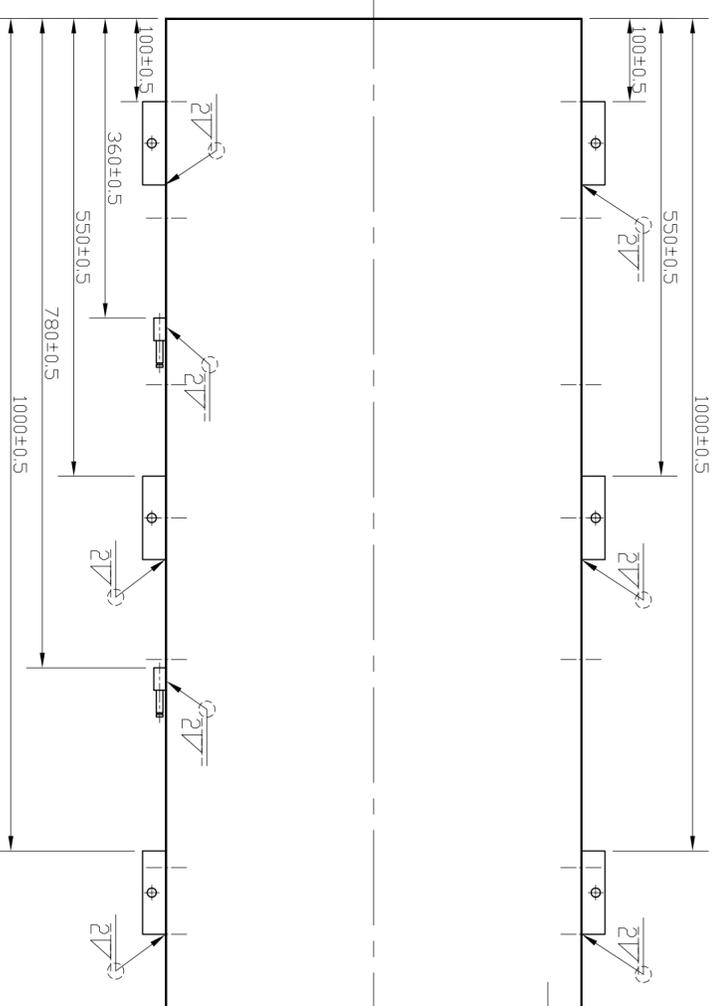
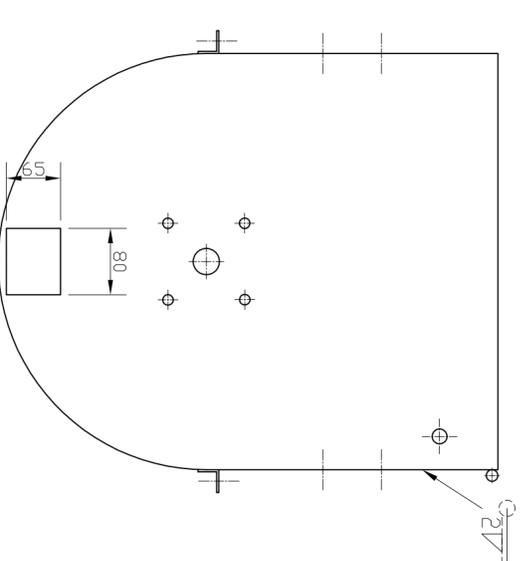
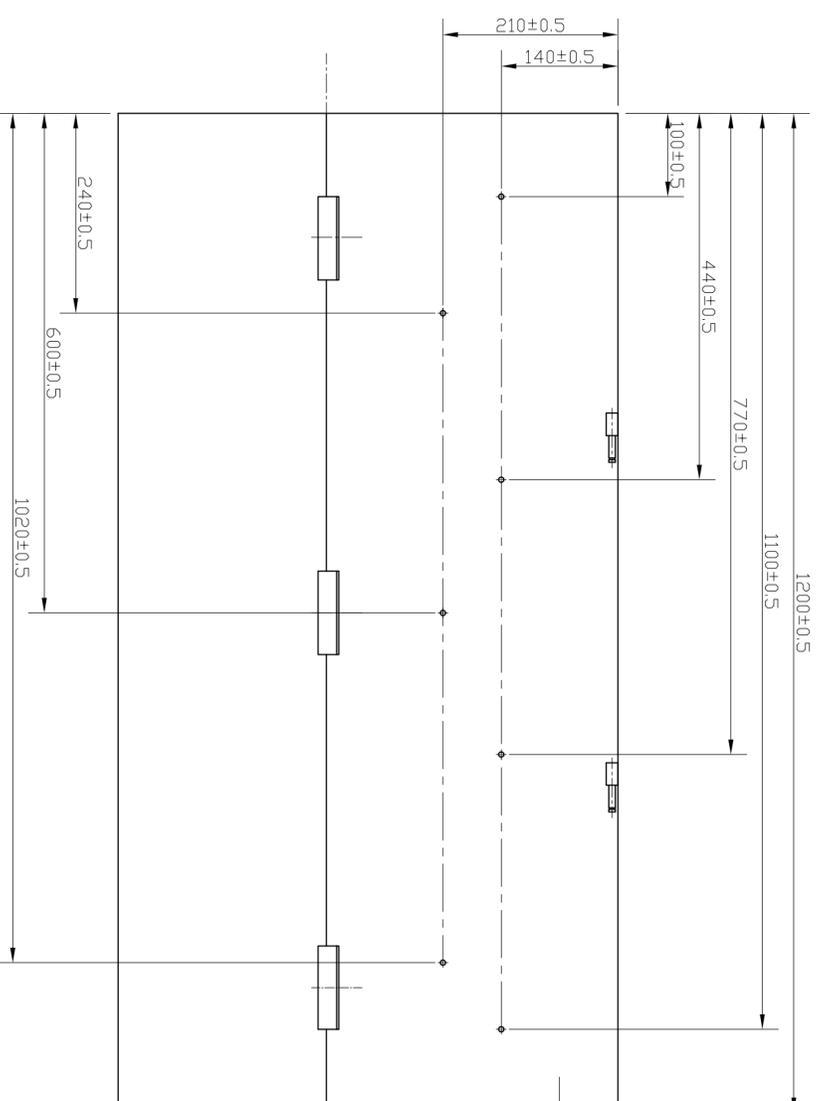
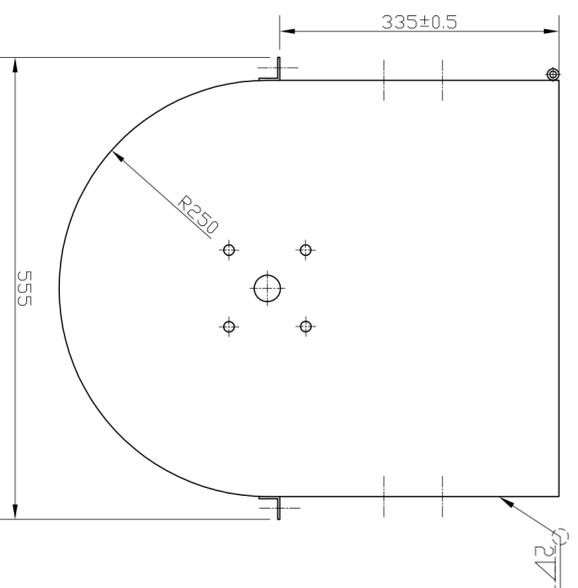


Nota:
Espesor = 6 mm

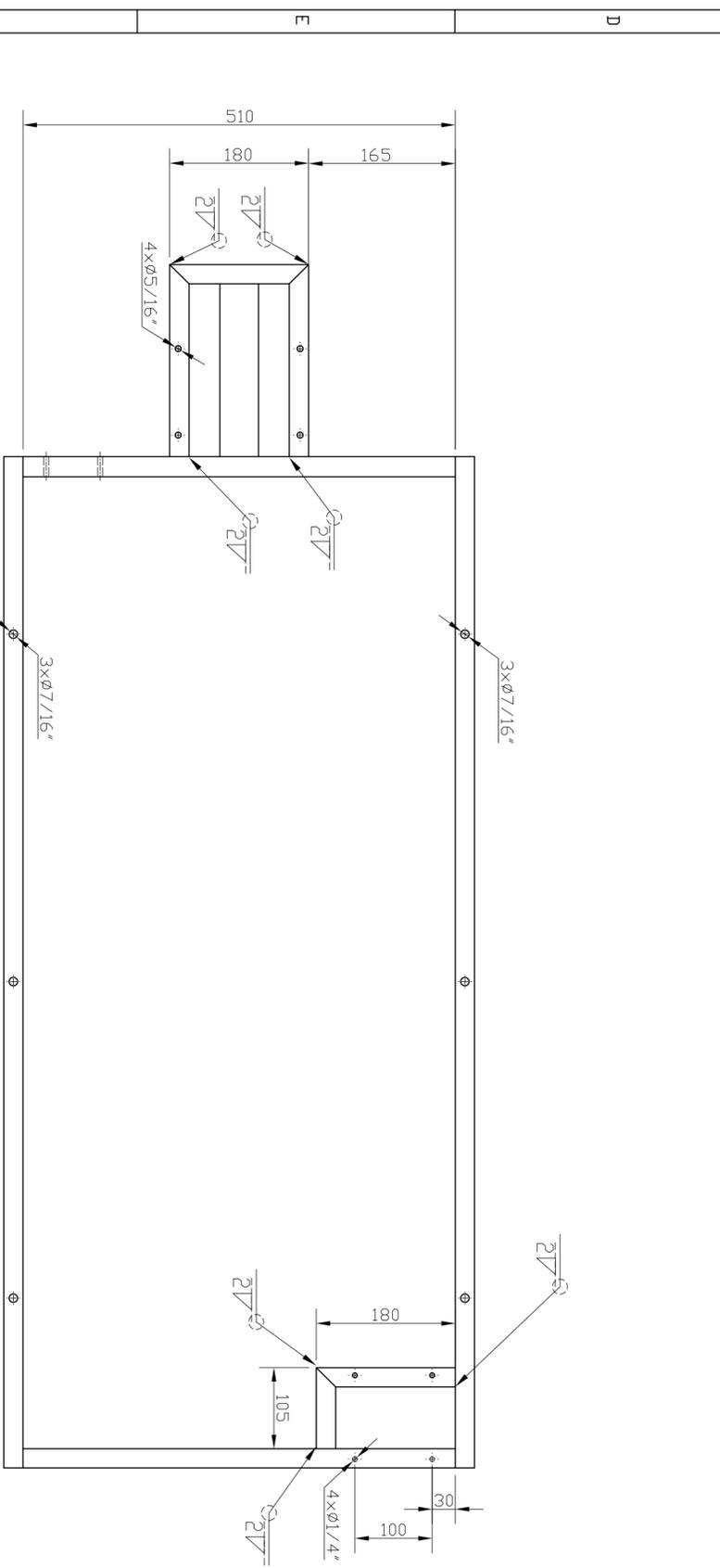
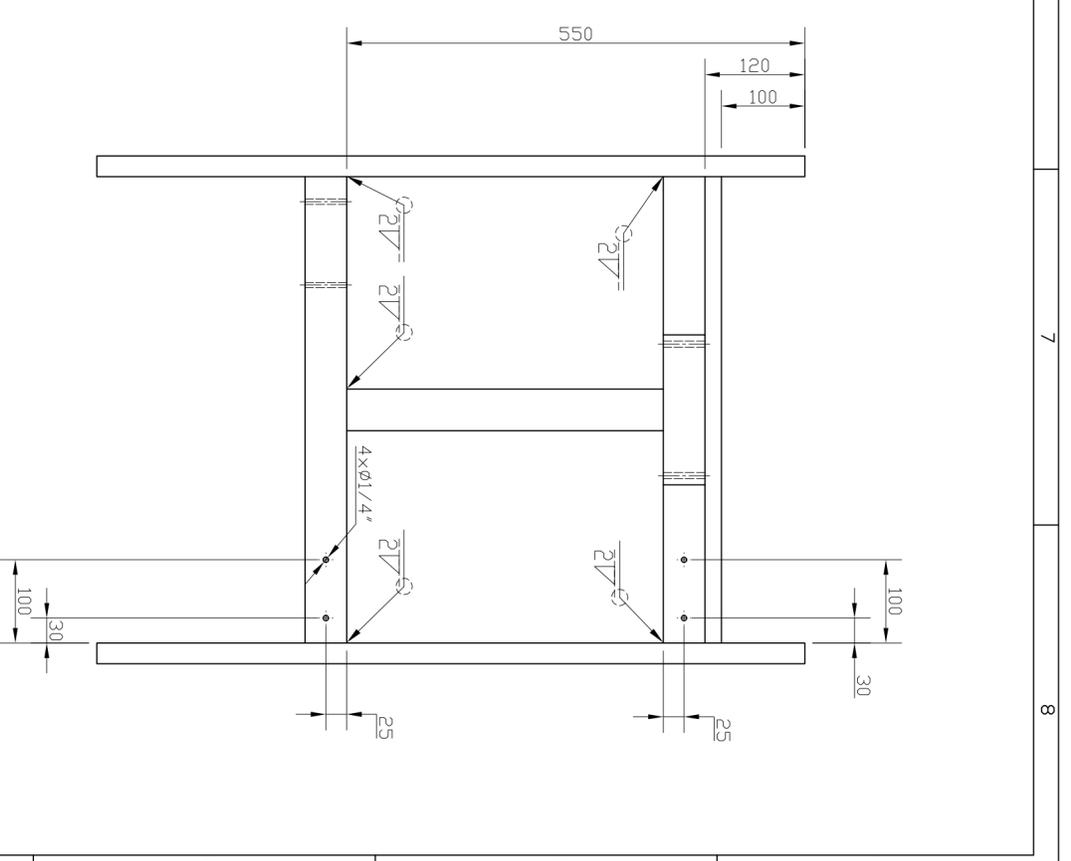
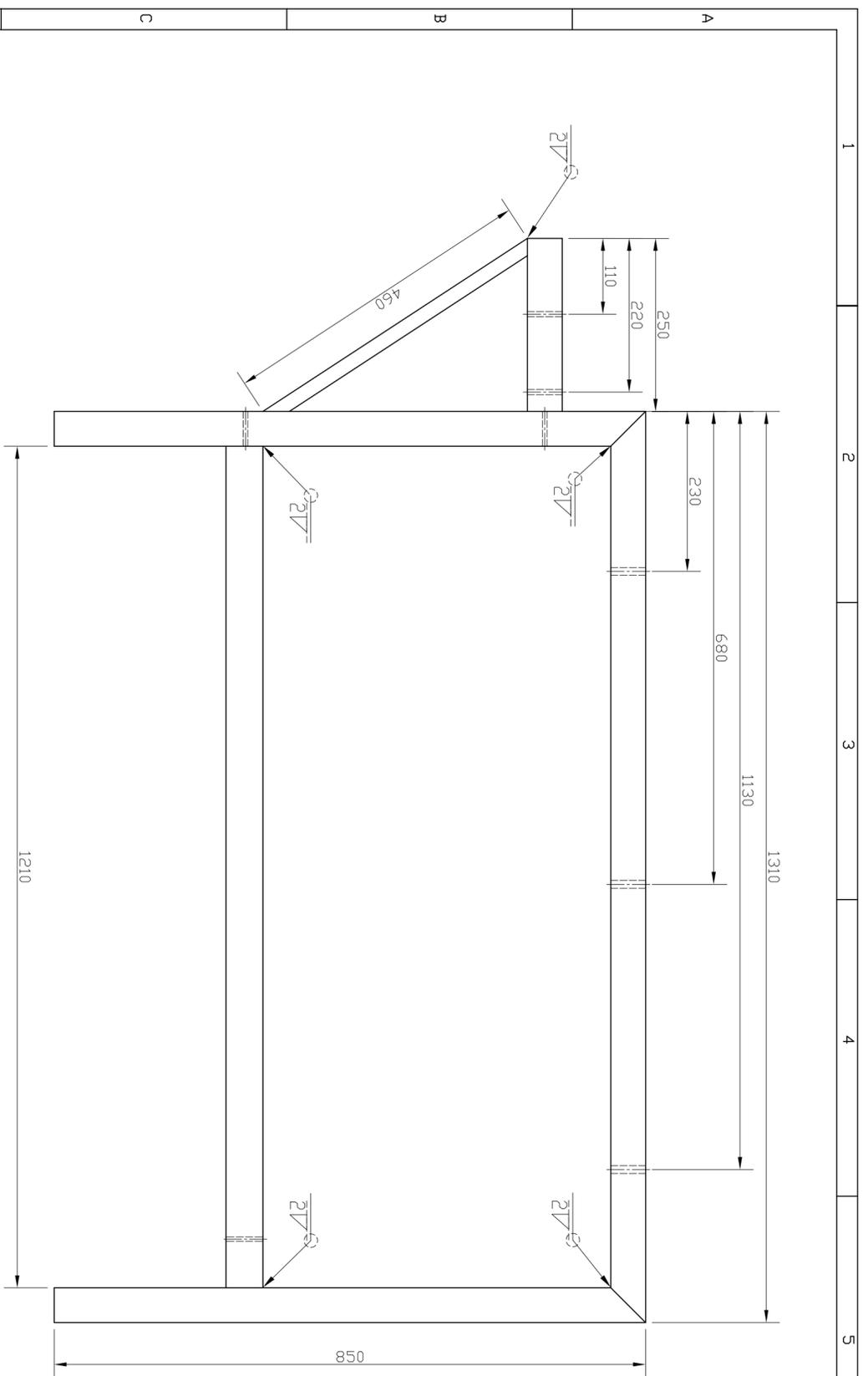
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado		Lasso Luis Felipe		ASTM A36	2
Dibujado		Lasso Luis Felipe		DENOMINACION:	ESCALA:
Revisado		Ing. Suntaxi		PLACA SOPORTE CHUMACERA	1 : 1
Aprobado		Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO CARRERA DE INGENIERIA MECANICA				CODIGO:	
				PLSC-009-6	
				Susutituye a:	Hoja 21/26



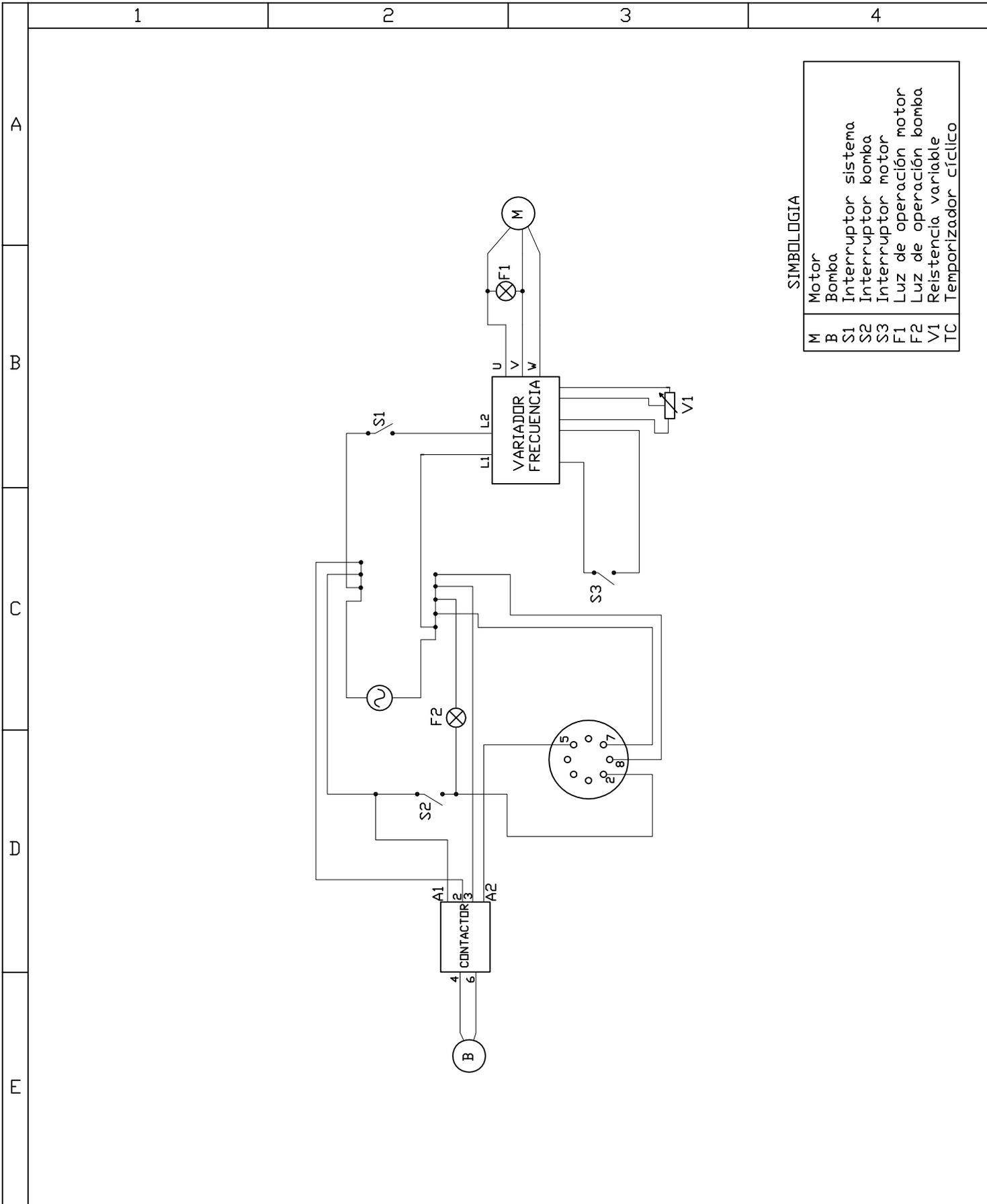
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado		Lasso Luis Felipe		AISI 304	12
Dibujado		Lasso Luis Felipe		DENOMINACION:	ESCALA:
Revisado		Ing. Sntaxi		ASPA	1 : 2
Aprobado		Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO CARRERA DE INGENIERIA MECANICA				CODIGO:	
				Susutituye a:	
					Hoja 22/26



Proyectado	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Dibujado		Lasso Luis Felipe		ANSI 304	1
Revisado		Lasso Luis Felipe		DENOMINACION:	ESCALA:
Aprobado		Ing. Suintaxi		ENSAMBLE TOLVA	1 : 6
		Ing. Echeverria		CODIGO:	
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO CARRERA DE INGENIERIA MECANICA				ENS-TLV-013	
Sustituye a:					
					Hoja 24/26



FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
	Lasso Luis Felipe		TUBO RECTANGULAR 30X25X12 ASTM A36	1
Dibujado	Lasso Luis Felipe		DENOMINACION:	ESCALA:
Revisado	Ing. Suntaxi		ESTRUCTURA BASTIDOR	1 : 6
Aprobado	Ing. Echeverria		CODIGO:	
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO CARRERA DE INGENIERIA MECANICA			CODIGO: EB-011-1.2 Susituye a:	 Hoja 25/26



SIMBOLLOGIA

M	Motor
B	Bomba
S1	Interruptor sistema
S2	Interruptor bomba
S3	Interruptor motor
F1	Luz de operación motor
F2	Luz de operación bomba
V1	Reistencia variable
TC	Temporizador cíclico

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL: VARIOS	CANTIDAD: 1
Proyectado		Lasso Luis Felipe		DENOMINACION: DIAGRAMA ELECTRICO	ESCALA: N/A
Dibujado		Lasso Luis Felipe			
Revisado		Ing. Suntaxi			
Aprobado		Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO CARRERA DE INGENIERIA MECANICA				CODIGO: DE-000	
				Susutituye a:	

Quito, 08 de Noviembre del 2010

CERTIFICADO

A quien corresponda, se certifica la conformidad de la empresa expuesta al proyecto de tesis de grado presentado por el señor LUIS FELIPE LASSO TAMAYO con CI 1710805852, cuyo tema fue "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PROCESADORA DE DETERGENTE EN POLVO PARA MÁQUINAS LAVAPLATOS AUTOMÁTICAS CON CAPACIDAD DE 60 KG/H PARA LA EMPRESA H&H ASOCIADOS", debido a que la máquina construida cumple con las expectativas esperadas y con los parámetros de diseño establecidos. Todos estos parámetros se los comprobó mediante pruebas realizadas el día viernes 29 de Octubre del 2010 en la planta industrial de H&H ASOCIADOS con supervisión de la gerencia técnica.

El beneficiario de este certificado puede hacer uso del mismo para su conveniencia dentro del ámbito formativo y profesional.

Atentamente



H&H
Asociados
R.U.C. 1712909819001

Ing. Esteban Hinostraza

H&H Asociados

Cel.: 095566306/093583385

Telf.: (593)-2-2490347/2493797

Mail: estebanh@suministrosonline.com

Quito-Ecuador