

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PROCESADORA SEMIAUTOMATIZADA DE LECHE DE SOYA CON CAPACIDAD DE 100 l/PARADA, PARA LA EMPRESA SOY SOYA VINCULADA DIRECTAMENTE CON LA FUNDACIÓN JUVENIL ESPERANZA ECUATORIANA”

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

JOSÉ DAVID NEGRETE PACHECO

LUIS OSWALDO VEGA VÁSQUEZ

DIRECTOR: ING. JOSÉ PÉREZ

CODIRECTOR: ING. LUIS ECHEVERRÍA

Sangolqui, 2012-05

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PROCESADORA SEMIAUTOMATIZADA DE LECHE DE SOYA CON CAPACIDAD DE 100 I/PARADA, PARA LA EMPRESA SOY SOYA VINCULADA DIRECTAMENTE CON LA FUNDACIÓN JUVENIL ESPERANZA ECUATORIANA” fue realizado en su totalidad por JOSE DAVID NEGRETE PACHECO Y LUIS OSWALDO VEGA VASQUEZ, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

Ing. José Pérez

DIRECTOR

Ing. Luis Echeverría

CODIRECTOR

Sangolqui, 2012-05-22

LEGALIZACION DEL PROYECTO

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PROCESADORA SEMIAUTOMATIZADA
DE LECHE DE SOYA CON CAPACIDAD DE 100 l/PARADA, PARA LA
EMPRESA SOY SOYA VINCULADA DIRECTAMENTE CON LA FUNDACIÓN
JUVENIL ESPERANZA ECUATORIANA”**

ELABORADO POR:

JOSE DAVID NEGRETE PACHECO

LUIS OSWALDO VEGA VASQUEZ

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ING XAVIER SÁNCHEZ

DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Sangolqui, 2012-05

DEDICATORIA

Este proyecto es dedicado a mi familia, a mi madre Marcia Vásquez que con su apoyo incondicional me ha formado y me ha llenado de sabiduría para vencer los obstáculos más difíciles que he tenido que afrontar a lo largo de mi vida, a mis tíos Arturo Vega y Cecilia Vásquez que me apoyaron incondicionalmente en los años de estudio de la universidad llevándome por un camino de bien, y a la memoria de mi mejor amigo José David Negrete Pacheco, por una amistad sincera y la ayuda incondicional en la finalización de este proyecto, siempre lo llevare en mi corazón.

LUIS OSWALDO VEGA VASQUEZ

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, a mi madre y mi hermano Marce por su gran apoyo y comprensión en todo momento, a mis primos Kate, Marco y Pablo, por haber compartido momentos de alegría y tristeza en los años universitarios.

Agradezco a mi novia Antonieta, que me apoyo en los momentos más difíciles que me llevaron a tomar las decisiones más adecuadas.

Agradezco a la ESPE, en especial a los docentes de la Carrera de Ingeniería Mecánica por haberme enseñado todos los fundamentos teóricos y prácticos necesarios para mi desarrollo como profesional.

Agradezco al Ing. Carlos Suntaxi y al Ing. Luis Escobar, ex - director y ex - 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. Cristian Cruz y Sra. Andrea Velásquez quienes patrocinaron económicamente el desarrollo de este proyecto.

Agradezco al Ing. José Pérez y al Ing. Luis Echeverría, director y codirector de este proyecto respectivamente, por la labor de revisión de la parte escrita que ayudaron a la finalización de este proyecto.

INDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	ii
LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
INDICE DE CONTENIDOS	vi
RESUMEN	xx
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 FABRICACION DE LECHE DE SOYA	5
2.1.1. EXISTEN DOS MÉTODOS DE TRANSFORMACIÓN DE LOS GRANOS DE SOYA O LECHE DE SOYA	5
2.1.2. EL PROCESO DE PRODUCCIÓN NATURAL: LA TRANSFORMACIÓN A PARTIR DE GRANOS DE SOYA ENTEROS	5
2.1.3. LA TRANSFORMACIÓN A PARTIR DE AISLADOS DE PROTEÍNAS DE SOYA	11
2.2. TIPOS DE MÁQUINAS DE MOLIENDA.	12
2.3. TIPOS DE SISTEMAS DE COCCION DE ALIMENTOS	33

2.3.1	COCCIÓN	33
2.3.2	MÉTODOS DE COCCIÓN	33
2.3.3	FUNCIONES DE LA COCCIÓN	38
2.3.4	MÉTODOS DE CALENTAMIENTO (TRANSFERENCIA DE CALOR)	39
2.4	TIPOS DE BOMBAS	42
2.4.1	BOMBAS EN LA INDUSTRIA	42
2.4.2	CLASIFICACION DE BOMBAS	43
2.4.2.1	BOMBAS CENTRÍFUGAS	43
2.4.2.2	BOMBAS ROTATORIAS	45
2.4.2.3	BOMBAS RECIPROCANTES	50
2.4.3	CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DE BOMBAS SANITARIAS	51
2.4.3.1	MATERIAL	51
2.4.3.2	DATOS DE LA BOMBA	52
2.4.3.3	CONEXIONES	53
2.5	TIPOS DE SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO	53
2.5.1	DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO	53
2.5.2	INTERCAMBIADOR DE CALOR	54
2.5.2.1	TIPOS DE INTERCAMBIADORES DE CALOR	55
2.5.3	SISTEMAS DE PASTEURIZACIÓN	59
2.5.3.1	SISTEMA CONTINUO	60
2.5.3.2	SISTEMA DISCONTINUO	62
2.5.4	TIPOS DE PASTEURIZACIÓN	62
2.5.4.1	PASTEURIZACIÓN LENTA (VAT O LTH)	62
2.5.4.2	PASTEURIZACIÓN ALTA (HTST)	64
2.5.4.3	PASTEURIZACIÓN SUPERIOR (UHT)	65
2.6	INSTRUMENTACIÓN	66
2.6.1	TIPOS DE MANÓMETROS	67
2.6.1.1	POR SU ELEMENTO SENSIBLE	67
2.6.2	TIPOS DE CONTROLADORES DE TEMPERATURA	70
2.6.2.1	ON-OFF CONTROL	72

2.6.2.2	TIME PROPORTIONING	72
2.6.2.3	CURRENT PROPORTIONING	74
2.6.2.4	POSITION PROPORTIONING	75
2.6.3	TIPOS DE SENSORES DE TEMPERATURA	75
2.6.3.1	TERMOCUPLAS	76
2.6.3.2	TERMO RESISTENCIAS (RTD)	77
2.6.4	TIPOS DE VÁLVULAS	78
2.6.4.1	VÁLVULAS DE COMPUERTA.	79
2.6.4.2	VÁLVULAS DE MACHO	79
2.6.4.3	VÁLVULAS DE GLOBO	80
2.6.4.4	VÁLVULAS DE BOLA	81
2.6.4.5	VÁLVULAS DE MARIPOSA	82
2.6.4.6	VÁLVULAS DE DIAFRAGMA	82
2.6.4.7	VÁLVULAS DE APRIETE	83
2.6.4.8	VÁLVULAS DE RETENCIÓN (CHECK) Y DE DESAHOGO	84
2.6.5	TIPOS DE MEDIDORES DE NIVEL	88
2.6.6	TIPOS DE TEMPORIZADORES	95

CAPITULO 3: ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

3.1	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	98
3.2	SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA	101

CAPITULO 4: DISEÑO

4.1	DISEÑO DEL BASTIDOR	111
4.2	SELECCIÓN DE SISTEMA DE MOLIENDA	116
4.2.1	CALCULO DE LA CAPACIDAD DE MOLIENDA DEL MOLINO	117
4.2.2	TRAMPA PARA SÓLIDOS	120
4.3	ESTUDIO Y ADECUACION DE SISTEMA DE COCCION	121
4.3.1	CAPACIDAD DEL RECIPIENTE	122

4.3.2	ADECUACIÓN DEL RECIPIENTE DE COCCIÓN	123
4.3.2.1	DISEÑO DEL AGITADOR	124
4.3.2.2	DISEÑO DEL EJE DEL AGITADOR	136
4.3.2.3	CAPACIDAD DE TRANSFERENCIA DE CALOR DEL RECIPIENTE DE COCCIÓN.	138
4.3.5	ESTUDIO Y ADECUACION DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	144
4.5	DISEÑO DE SISTEMA ELECTRICO Y DE CONTROL	161
4.6	SIMULACION DEL EQUIPO EN 3D	163
CAPITULO 5: CONSTRUCCIÓN		
5.1.	LISTA DE MATERIALES	165
5.2.	PROCESO DE CONSTRUCCIÓN	166
5.2.1	EQUIPOS NECESARIOS PARA LA FABRICACIÓN	166
5.2.2	DIAGRAMAS DE PROCESO DE LOS ELEMENTOS A FABRICARSE	172
5.3.	MONTAJE	217
CAPITULO 6: PRUEBAS Y CALIBRACIÓN		
6.1.	PRUEBAS	221
6.2.	CALIBRACIÓN	228
CAPITULO 7: EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA		
7.1.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	230
7.2.	EVALUACIÓN FINANCIERA	236
CAPITULO 8: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		
8.1.	CONCLUSIONES	239
8.2.	RECOMENDACIONES	240

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Maquinaria utilizada para la Reducción de Tamaño	14
Tabla 2.2	Comparativo de válvulas	87
Tabla 3.1	Selección del tipo de bombas	102
Tabla 3.2	Selección de tipos de pasteurización	103
Tabla 3.3	Selección de tipos de enfriadores	103
Tabla 3.4	Selección de tipos de manómetros	104
Tabla 3.5	Selección de tipos de controlador de temperatura	105
Tabla 3.6	Selección de tipos de sensores de temperatura	106
Tabla 3.7	Selección de tipos de válvulas	107
Tabla 3.8	Selección de tipos de medidores de nivel	108
Tabla 3.10	Selección de tipos de molinos	108
Tabla 5.1	Lista de piezas para maquinarse	165
Tabla 5.2	Lista de elementos normalizados	166
Tabla 6.1	Calibración del flujo de agua en función a la cantidad de grano de soya a molerse.	228
Tabla 7.1	Costo de materiales directos	232
Tabla 7.2	Costos máquinas-herramientas	233
Tabla 7.3	Costos mano de obra	234
Tabla 7.4	Costos Indirectos	234
Tabla 7.5	Costos de diseño	234
Tabla 7.6	Costo total procesadora de detergente	235
Tabla 7.7	Valores esperados de utilidad neta por producción de leche	236
Tabla 7.8	Cálculo del VAN	237
Tabla 7.9	Cálculo de la TIR	238

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Proceso de elaboración de la leche de soya	7
Figura 2.2	Recepción de granos de soya	8
Figura 2.3	Remojo de granos de soya	8
Figura 2.4	Molienda del grano de soya	9
Figura 2.5	Extracción de la leche de soya	9
Figura 2.6	Pasteurización de la leche de soya	10
Figura 2.7	Presentación de producto terminado	10
Figura 2.8	Fuerzas de Molienda	13
Figura 2.9	Tipos de trituradoras de Mandíbulas	16
Figura 2.10	Esquema Molino de Mandíbula	18
Figura 2.11	Esquema Trituradores Giratorios.	19
Figura 2.12	Esquema Rodillos Triturador	20
Figura 2.13	Forma de los rodillos	21
Figura 2.14	Trituradores de disco Symons	22
Figura 2.15	Molino de muelas verticales	23
Figura 2.16	Esquema Desintegrador	24
Figura 2.17	Molinos de martillos	25
Figura 2.18	Molino centrífugo.	27
Figura 2.19	Molino de Muelas de Piedras	28
Figura 2.20	Molino de Rodillos	30
Figura 2.21	Molino de bolas	31
Figura 2.22	Molino Ultra fino	32
Figura 2.23	Preparación en medio acuosos	34
Figura 2.24	Cocción de frituras	35
Figura 2.25	Cocción en medio aéreo asado	36
Figura 2.26	Esquema de los mecanismos de transferencia de calor	39
Figura 2.27	Transferencia de calor por Conducción	40
Figura 2.28	Transferencia de calor por Convección	41
Figura 2.29	Bomba Centrifuga	44
Figura 2.30	Bomba de Leva y Pistón	46

Figura 2.31	Bomba de Engranés Externos	46
Figura 2.32	Bomba de Engranés Internos	47
Figura 2.33	Bombas Lobulares	48
Figura 2.34	Bombas de Tornillo	48
Figura 2.35	Bombas de Aspas	49
Figura 2.36	Bombas de Acción Directa	50
Figura 2.37	Bombas de Potencia	51
Figura 2.38	Bomba sanitaria	51
Figura 2.39	Esquema de tubería doble	55
Figura 2.40	Esquema de intercambiador de tubería doble	56
Figura 2.41	Intercambiador enfriado por aire	56
Figura 2.42	Intercambiadores de tipo placa	57
Figura 2.43	Esquema de un intercambiador de calor tubos coraza	58
Figura 2.44	Flujo paralelo y contraflujo	59
Figura 2.45	Sistema de continuo de pasteurización	61
Figura 2.46	Tanque de doble pared	63
Figura 2.47	Flujo continuo – Pasteurización alta	64
Figura 2.48	Pasteurización UHT	65
Figura 2.49	Elemento sensible – capsula o membrana	68
Figura 2.50	Manómetro con fuelle	68
Figura 2.51	Manómetro Bourdon	69
Figura 2.52	Manómetro con fuelle	70
Figura 2.53	Controlador de temperatura	71
Figura 2.54	Curva de sensibilidad de un controlador de temperatura On – Off	72
Figura 2.55	Curva de sensibilidad de un controlador de temperatura Time Proportioning	73
Figura 2.56	Controlador del tipo Current Proportioning	74
Figura 2.57	Controlador de temperatura Current Proportioning	75
Figura 2.58	Características de las Termocuplas	76
Figura 2.59	Tipos de Termocuplas	77

Figura 2.60	Válvula de compuerta.	79
Figura 2.61	Válvula de macho	80
Figura 2.62	Válvula de globo	81
Figura 2.63	Válvula de bola	81
Figura 2.64	Válvula de mariposa	82
Figura 2.65	Válvula de diafragma	83
Figura 2.66	Válvula de apriete	84
Figura 2.67	Válvula de retención de elevación	85
Figura 2.68	Válvula de desahogo	86
Figura 2.69	Medidor actuado por desplazador	89
Figura 2.70	Medidor de nivel mediante Presión Hidrostática	90
Figura 2.71	Diafragma-caja medidor de nivel de líquidos	91
Figura 2.72	Transmisor de nivel de líquido	93
Figura 2.73	Medidor de sonda	94
Figura 2.74	Esquema de un transmisor de nivel de líquidos.	95
Figura 2.75	Temporizador común	96
Figura 4.1	Esquema de la máquina	111
Figura 4.2	Esquema de la estructura	112
Figura 4.3	Colocación de cargas en estructura	114
Figura 4.4	Gráfica de esfuerzos en la estructura	114
Figura 4.5	Gráfica de deflexión en la estructura	115
Figura 4.6	Gráfica de factor de seguridad en la estructura	116
Figura 4.7	Esquema del molino	117
Figura 4.8	Trampa de Solidos	121
Figura 4.9	Esquema del recipiente de cocción	123
Figura 4.10	Esquema del agitador	124
Figura 4.11	Agitador de placas inclinadas	125
Figura 4.12	Dimensiones standard para un sistema de agitación	126
Figura 4.13	Patrón de flujo con agitador no centrado	128
Figura 4.14	Diagrama de fuerza cortante en aspa	130
Figura 4.15	Diagrama de momento flector en aspa	130

Figura 4.16	Sección transversal del aspa	131
Figura 4.17	Diagrama de deflexión en aspa	131
Figura 4.18	Diagrama de fuerza cortante en aspa	132
Figura 4.19	Diagrama de momento flector en aspa	133
Figura 4.20	Diagrama de deflexión en aspa por fuerza Q_{tb}	133
Figura 4.21	Aplicación de cargas en el aspa	134
Figura 4.22	Gráfica de esfuerzos en aspa	135
Figura 4.23	Gráfica de deflexión en aspa	135
Figura 4.24	Esquema eje	136
Figura 4.25	Variaciones de temperatura	149
Figura 4.26	Espaciador de deflector	154
Figura 4.27	Arreglo triangular	155
Figura 4.28	Lote sin agitación	159
Figura 4.29	Vista de la maquina	163
Figura 5.1	Máquina de soldadura TIG	167
Figura 5.2	Torno paralelo	168
Figura 5.3	Taladro de pedestal	169
Figura 5.4	Amoladora	169
Figura 5.5	Cortadora de plasma	170
Figura 5.6	Taladro	171
Figura 5.7	Entenalla	171
Figura 5.8	Dobladora de planchas	172
Figura 5.9	Esmeril	172
Figura 5.10	Diagrama de procesos de tubo para sensor de temperatura	173
Figura 5.11	Tubo para sensor de temperatura	174
Figura 5.12	Diagrama de procesos de adecuación de recipiente de cocción	175
Figura 5.13	Recipiente de cocción	175
Figura 5.14	Diagrama de procesos de placa para bisagra para recipiente de producto terminado	176
Figura 5.15	Placa para bisagra para recipiente de producto terminado	177

Figura 5.16	Diagrama de procesos bisagra para recipiente de producto terminado	177
Figura 5.17	Bisagra para recipiente de producto terminado	178
Figura 5.18	Diagrama de procesos de adecuación de recipiente de producto terminado	179
Figura 5.19	Recipiente de producto terminado	179
Figura 5.20	Diagrama de procesos de tomas para tapa de intercambiador	180
Figura 5.21	Tomas para tapa de intercambiador	180
Figura 5.22	Diagrama de procesos de tapas de intercambiador	181
Figura 5.23	Tapas de intercambiador	182
Figura 5.24	Diagrama de procesos de placa intercambiador	182
Figura 5.25	Placa intercambiador	183
Figura 5.26	Diagrama de procesos de ensamble de tapas de intercambiador	183
Figura 5.27	Tapas de intercambiador terminadas	184
Figura 5.28	Diagrama de procesos de ensamble de tapas de intercambiador	184
Figura 5.29	Diagrama de procesos de la tapa de recipiente de cocción	186
Figura 5.30	Tapa de recipiente de cocción	186
Figura 5.31	Diagrama de procesos de base para moto-reductor	187
Figura 5.32	Base para moto-reductor	188
Figura 5.33	Diagrama de procesos de eje para agitador	188
Figura 5.34	Eje para agitador	189
Figura 5.35	Diagrama de procesos de aspas de agitador	189
Figura 5.36	Aspas de agitador	190
Figura 5.37	Diagrama de procesos de acople de moto-reductor – eje del agitador	191
Figura 5.38	Acople de moto-reductor – eje del agitador	191
Figura 5.39	Diagrama de procesos base para mecanismo de nivel	192
Figura 5.40	Base para mecanismo de nivel	192

Figura 5.41	Diagrama de procesos de eje para mecanismo de nivel	193
Figura 5.42	Diagrama de procesos de boya para mecanismo de nivel	193
Figura 5.43	Boya para mecanismo de nivel	194
Figura 5.44	Diagrama de procesos de tope para mecanismo de nivel	194
Figura 5.45	Tope para mecanismo de nivel	195
Figura 5.46	Diagrama de procesos bisagra para olla de cocción	195
Figura 5.47	Bisagra para olla de cocción	196
Figura 5.48	Diagrama de procesos de bases en tapa para sujetadores.	196
Figura 5.49	Bases en tapa para sujetadores.	197
Figura 5.50	Diagrama de procesos de mecanismo sujetadores.	198
Figura 5.51	Mecanismo sujetadores.	198
Figura 5.52	Diagrama de procesos de bases en recipiente de cocción para sujetadores.	199
Figura 5.53	Bases en recipiente de cocción para sujetadores.	199
Figura 5.54	Diagrama de procesos de ensamblaje componentes de tapa	200
Figura 5.55	Ensamblaje componentes de tapa	201
Figura 5.56	Diagrama de procesos de ensamblaje tapa-bisagra-olla de cocción.	201
Figura 5.57	Ensamblaje tapa-bisagra-olla de cocción.	202
Figura 5.58	Diagrama de procesos de ensamblaje de mecanismo sujetadores	203
Figura 5.59	Ensamblaje de mecanismo sujetadores	203
Figura 5.60	Diagrama de procesos de ensamblaje componentes de Agitador	204
Figura 5.61	Ensamblaje componentes de agitador	205
Figura 5.62	Diagrama de procesos de ensamblaje componentes de mecanismo de nivel	206
Figura 5.63	Ensamblaje componentes de mecanismo de nivel	206
Figura 5.64	Diagrama de procesos de estructura bastidor	207
Figura 5.65	Estructura bastidor	208

Figura 5.66	Diagrama de procesos de carcaza para filtro	209
Figura 5.67	Carcaza para filtro	209
Figura 5.68	Diagrama de procesos de malla filtrante	210
Figura 5.69	Malla filtrante	211
Figura 5.70	Diagrama de procesos de ensamblaje de filtro	212
Figura 5.71	Ensamblaje de filtro	212
Figura 5.72	Diagrama de procesos de tubería para leche	213
Figura 5.73	Tubería para leche	213
Figura 5.74	Diagrama de procesos de tubería para agua	214
Figura 5.75	Tubería para agua	215
Figura 5.76	Diagrama de procesos de ensamblaje del sistema eléctrico	216
Figura 5.77	Sistema eléctrico ensamblado	216
Figura 5.78	Diagrama de procesos de ensamblaje de la maquina	217
Figura 5.79	Ensamblaje de la máquina	220
Figura 6.1	Prueba del sistema eléctrico	221
Figura 6.2	Granos de soya preparada	222
Figura 6.3	Resultado prueba de molido	222
Figura 6.4	Desechos producidos	223
Figura 6.5	Prueba de funcionamiento de filtro	223
Figura 6.6	Prueba de funcionamiento de proceso de cocción	224
Figura 6.7	Prueba de funcionamiento del agitador	224
Figura 6.8	Prueba de funcionamiento de sensor de temperatura y controlador de temperatura	225
Figura 6.9	Prueba de funcionamiento de fin de carrera	225
Figura 6.10	Accionamiento de bombas	226
Figura 6.11	Calibración del termostato	227
Figura 6.12	Aviso de finalización del proceso	227
Figura 6.13	Producto terminado	227

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A:	CATÁLOGO DE BOMBA SANITARIA	242
ANEXO B:	SOLDADURA DE ACEROS INOXIDABLES Y ELECTRODOS PARA SOLDADURA TIG	247
ANEXO C:	ANÁLISIS PARA RECIPIENTES ENCHAQUETADOS	253
ANEXO D:	VISCOSIDADES DE LÍQUIDOS	259
ANEXO E:	FACTORES DE CORRECCIÓN PARA INTERCAMBIADORES	262
ANEXO F:	FACTORES DE OBSTRUCCIÓN	264
ANEXO G:	FACTOR J	268
ANEXO H:	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE AISI 304	270
ANEXO I:	MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	272
ANEXO J:	PLANOS DE CONJUNTO Y DE DETALLE	278

RESUMEN

En este proyecto se diseñó y construyó una procesadora de leche de soya, el principal motivo para la construcción, es la falta de tecnología asociada a este proceso, debido a que existen máquinas procesadoras de este producto, pero que no cumplen con los requerimientos de dicha empresa, por esta razón la empresa no puede crecer en el mercado local y con la elaboración de esta máquina se plantea satisfacer esta necesidad expuesta.

Para la elaboración de leche de soya se muelen los granos previamente preparados y se los mezclan con agua, con ayuda de un proceso de filtración se obtiene la leche, posteriormente se procede a cocinarla y finalmente se la enfría en un tiempo prudente.

La máquina tiene un diseño versátil que se adapta a la particularidad de preparación de este producto, debido a que el principal reto es poder mantener el sabor artesanal que ha caracterizado a la marca. Los equipos a utilizarse están cuidadosamente estudiados para que se obtenga la mejor eficiencia de ellos pero sin descuidar las limitantes económicas y factores tecnológicos que conllevan a que la ingeniería y el estudio de alternativas, sea un buen aliado.

La máquina cuenta con equipos que son fáciles de desmontar y que el operario los puede limpiar y realizar mantenimiento fácilmente, ya que solo hace falta remover algunos pernos y acoples.

La máquina cuenta con un tablero de control eléctrico, el cual permite que el operador, pueda controlar la maquina según se requiera, haciendo más fácil que se puedan realizar inspecciones de calidad y seguridad durante el proceso. Además, el sistema de control de temperatura permite que la maquina tenga una

proyección a futuro, que sea adaptable para la elaboración de otros productos derivados de la soya.

La máquina fue fabricada para la empresa SOY SOYA y se contrató los servicios de soldadores y metalmecánicos externos para los procesos de maquinado y ensamblado.

En el equipo se realizaron las pruebas y calibraciones necesarias para que cumpla con el proceso requerido por la empresa, la misma que aceptó la máquina ya que los parámetros iniciales de diseño, se cumplieron completamente.

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1. ANTECEDENTES

La empresa SOY SOYA trabaja en el campo de la producción alimenticia y venta de franquicias, los principales productos se derivan de la soya y son elaborados con procesos artesanales, los cuales son: leche, mayonesa, yogurt, leche saborizada, queso y carne.

La empresa desea aumentar su producción de leche de soya mediante una máquina semi automatizada, por lo que ha considerado conveniente construir una procesadora de leche de soya para la producción industrial de dicho producto.

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En el Ecuador se está promoviendo la inclusión en el mercado de productos derivados de la soya debido a su alto nivel nutricional y otros beneficios importantes para la salud humana, entre ellos está la leche de soya. Las máquinas procesadoras de leche de soya en el mercado Ecuatoriano son muy escasas y la fabricación de las mismas incluyen precios altos y características muy específicas en cuanto a la calidad, materiales, capacidad y tiempos de procesamiento, que son definidos por el dueño de la fábrica de acuerdo a la demanda; y las empresas internacionales que ofrecen este tipo de máquinas lo hacen a precios muy elevados que no justifican la inversión.

En el país existen pocas empresas que elaboran este producto, entre la cuales se destaca “Industrias Oriental”, la cual la produce de manera industrial, también existen otras empresas pequeñas como: “Nutri Vital” y “Solo Soya”, las cuales la

producen de manera artesanal. El precio de la leche de soya es muy alto y no muy atractivo para la adquisición diaria de parte de los ecuatorianos, razón por la cual la empresa SOY SOYA desarrolló un producto económico, natural y de calidad, para que el mismo rote fácilmente.

La empresa SOY SOYA, actualmente está experimentando un crecimiento de un 10% mensual, razón que la obliga a buscar nuevas alternativas de producción, esto implica un diseño óptimo para la elaboración de dicho producto, reducción de tiempos de proceso y optimización de recursos, sin apartar los estándares de calidad de acuerdo con las normas alimenticias vigentes.

La empresa ha realizado un estudio de los ingredientes para obtener su propia fórmula, la misma que es patentada y con sus debidos registros sanitarios pertinentes para la venta al público. Por ende la empresa quiere elaborar este producto de manera industrial para satisfacer la demanda. La empresa posee una máquina de 40 l/parada para realizar esta actividad, pero solo puede cubrir la demanda del sector Sangolquí, debido a las bajas cantidades de producción y su falta de personal, traduciéndose en un proceso de elaboración lento, costoso y que representa un limitante para su expansión y crecimiento.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. GENERAL

Diseñar y construir una procesadora semiautomatizada de leche de soya con capacidad de 100 l/parada, para la empresa SOY SOYA vinculada directamente con la fundación juvenil ESPERANZA ECUATORIANA.

1.3.2. ESPECÍFICOS

- Describir la problemática, justificación e importancia del proyecto a construir.
- Investigar sobre los sistemas y métodos más óptimos para el proceso de elaboración de leche de soya.
- Estudiar y seleccionar la mejor alternativa para obtener un proceso óptimo.
- Diseñar, seleccionar y adecuar los elementos y sistemas de la máquina a construir
- Construir y ensamblar la máquina procesadora de leche de soya.
- Realizar pruebas de la máquina para verificar especificaciones requeridas.
- Realizar una evaluación económica y financiera.
- Sacar conclusiones y recomendaciones del presente proyecto.
- Realizar manual de operación y mantenimiento.

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO

La empresa SOY SOYA no dispone de una máquina semiautomatizada con la capacidad suficiente para abastecer la demanda de leche de soya del mercado, por lo que se necesita una máquina para realizar esta labor.

En el país existen Ingenieros que están dispuestos al diseño y construcción de este tipo de máquinas, pero por ser máquinas desconocidas en el medio, el precio es desfavorable para los productores de leche de soya; existen países que fabrican máquinas similares pero de gran costo y especificaciones que no se acomodan a las necesidades de la empresa, motivos por los cuales no son alternativas para la empresa SOY SOYA debido a que su presupuesto no justificaría la inversión. Por esta razón la empresa ha optado por fabricar la máquina en el país.

El diseño y construcción de la máquina para la elaboración de leche de soya impulsaría la actividad productiva de la empresa SOY SOYA brindándole una mayor participación en el mercado y aumentando la rentabilidad del producto.

La innovación en el diseño de una máquina para la elaboración de leche de soya, es la optimización del tiempo y costos de procesamiento, el aumento de la capacidad de producción, la optimización en el sistema de molido, la optimización del sistema de pasteurización y la implementación de sistemas automatizados de control, y con proyección para complementar con equipamiento adicional, razones que mejorarían los diseños de las máquinas para este fin.

El proyecto promueve el desarrollo tecnológico del país y la aplicación de conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica del Ejército.

El proyecto en mención es de gran interés para el campo de la Ingeniería Mecánica ya que su relación se infunda directamente con la innovación, selección y diseño de alternativas para aumentar y optimizar el proceso de elaboración de leche de soya de la empresa SOY SOYA, la cual interviene en el campo alimenticio del país.

1.5. ALCANCE

El alcance de este proyecto es el diseño, construcción y realización de pruebas de operación de una procesadora semiautomatizada para la elaboración de leche de soya, la cual tiene una capacidad de 100 l/parada.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. MÉTODOS PARA LA FABRICACIÓN DE LECHE DE SOYA.

2.1.1 EXISTEN DOS MÉTODOS DE TRANSFORMACIÓN DE LOS GRANOS DE SOYA O LECHE DE SOYA.

Las principales diferencias entre estos dos métodos tienen que ver con las materias primas y las condiciones de transformación. Traen como resultado leches de soya de composiciones nutricionales diferentes, especialmente en lo que se refiere a sus aspectos micro nutricionales.

1. La transformación a partir del grano de soya entero.
2. La transformación a partir de aislados de proteína de soja¹.

2.1.2 EL PROCESO DE PRODUCCIÓN NATURAL: LA TRANSFORMACIÓN A PARTIR DE GRANOS DE SOYA ENTEROS

Se utiliza un procedimiento de producción exclusivo 100 % natural que permite obtener productos no lácteos a partir de granos de soya enteros cuidadosamente seleccionados (y no a partir de aislados de soya), sin utilizar granos ni otros elementos modificados genéticamente.

¹ La proteína aislada de soya es una forma altamente refinada de proteína de soya con un contenido proteico mínimo del 90% sobre una base libre de humedad. Se elabora a partir de harina de soya desengrasada, a la que se elimina la mayor parte de sus componentes no-proteicos, grasas y carbohidratos. Debido a esto, tiene un sabor neutral y provoca menos gases debido a flatulencia bacteriana.

Las leches de soya producidas a partir de granos enteros conservan casi todos los micronutrientes naturales originales a una proporción más o menos igual en el extracto acuoso.

Con el procedimiento natural tradicional, los macro y micronutrientes son delicadamente extraídos de los granos de soya hidratados, bajo presión, en una misma y única etapa.

Las principales fases de la transformación son las siguientes:

- Descascarillado
- Remojado de los cotiledones en agua, hasta que estén lo suficientemente ablandados como para continuar con la transformación
- Triturado de los granos de soya hidratados con agua hasta obtener una papilla fina
- Retirada del residuo insoluble (bagazo, okara) de la papilla y obtención de la leche de soya de base
- Añadido de ingredientes para completar las fórmulas
- Tratamiento térmico de la leche de soya para asegurar una duración suficiente de conservación del producto.
- Envasado

Diagrama de Flujo de elaboración de la leche de soya

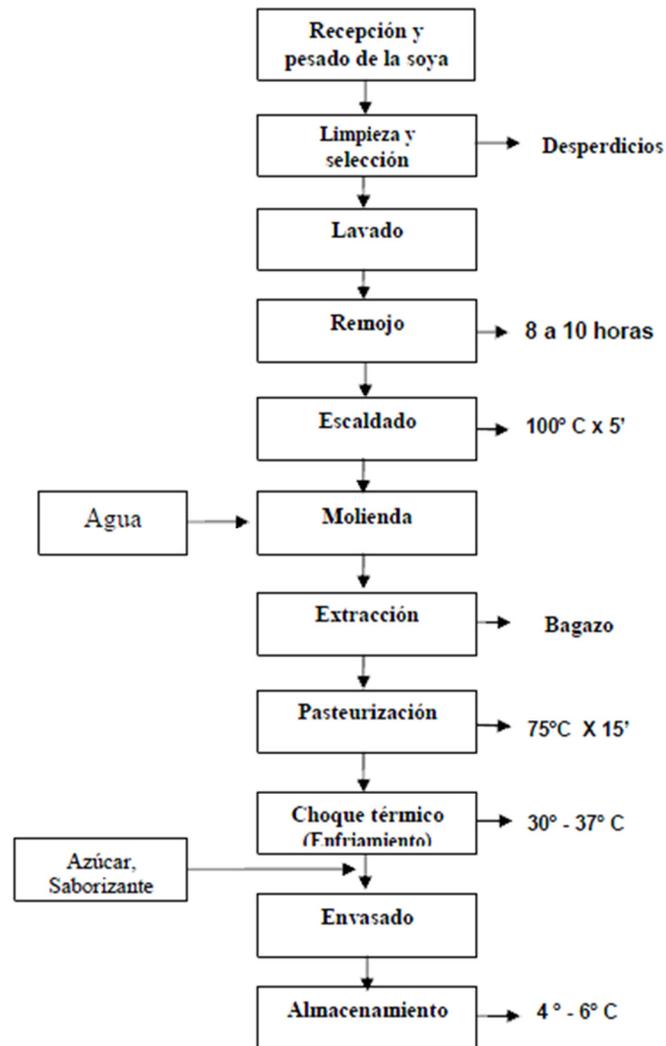


Figura 2.1 Proceso de elaboración de la leche de soya

Fuente: María Lorena Chavarría Morbioni

2.1.2.1 Descripción del Proceso:

Recepción y Pesado. Se receipta y se pesa la cantidad de soya a utilizar de acuerdo a la formulación.



Figura 2.2 Recepción de granos de soya

Fuente: María Lorena Chavarría Morbioni

Limpieza y selección. La soya se debe limpiar con el objetivo de remover los materiales extraños, como piedras, paja, hierbas y metales. Y posteriormente enjuagar con agua potable libre de contaminantes.

Lavado. Los granos de soya seleccionados y limpios se lavan con abundante agua para remover todas las impurezas aun presentes entre los granos

Remojo. La leche de soya es preparada con grano remojado en agua fría es preferible ya que hay menor pérdida de sólidos. La cantidad de agua utilizada para el remojo es tres veces el peso del frijol, y el tiempo de remojo es de 8 a 10 horas.



Figura 2.3 Remojo de granos de soya

Fuente: María Lorena Chavarría Morbioni

Escaldado: Se la realiza a una temperatura entre los 95 a 100°C por 5 minutos esto tiene como objetivo desactivar la enzima lipoxigenasa.

Molienda. El grano se muele con agua caliente o tibia en un molino en una proporción peso/volumen (25 libras de soya/100 litros de agua).



Figura 2.4 Molienda del grano de soya

Fuente: <http://www.ensa-eu.org>

Extracción. En esta etapa se extrae la leche, luego de moler los granos de soya.



Figura 2.5 Extracción de la leche de soya

Fuente: <http://www.ensa-eu.org>

Pasteurización. El objetivo perseguido de todo tratamiento térmico es la destrucción de los microorganismos patógenos que afectan la salud de quienes lo consumen y los microorganismos que originan su alteración. Además el

tratamiento térmico a que se someta la leche de soya mejora la digestibilidad de la proteína al inactivar los inhibidores de tripsina.



Figura 2.6 Pasteurización de la leche de soya

Fuente: <http://www.ensa-eu.org>

Enfriamiento y choque térmico. Se realiza un enfriamiento rápido hasta 30° C. Añadir los ingredientes y aditivos según formulación.

Envasado. Una vez que la leche alcanza temperaturas entre los 30-37°C se procede a envasar el producto en envases plásticos asépticos.



Figura 2.7 Presentación de producto terminado

Fuente: <http://creas.bligoo.com>

Almacenamiento. Posterior al envasado almacenar en refrigeración en un rango de temperatura de 4-6°C.

2.1.3 LA TRANSFORMACIÓN A PARTIR DE AISLADOS DE PROTEÍNAS DE SOYA

La materia prima para la producción de aislados de proteína de soya se compone de copos de soya a los que se extrae la grasa por disolvente, mientras que la de la leche de soya a base de granos enteros se compone de cotiledones de granos de soya, es decir, de los granos enteros.

El proceso utilizado para la producción de aislados de proteína de soya comprende distintas fases de purificación de la proteína con diversos valores de pH, mientras que el que se utiliza para la producción de leche de soya a base de granos enteros está basado en el método tradicional de extracción por agua.

Algunos de los fitonutrientes², los oligosacáridos³ de la soya, la vitamina E, los fitosteroles, etc. son suprimidos durante el proceso de purificación de la proteína de soya. En efecto, en los aislados de proteína de soya, las proteínas han sido más o menos "aisladas" de los otros macro y micronutrientes durante el proceso de purificación.

² Fitonutriente proviene de la palabra griega *fito*, que significa *planta*. Son componentes químicos naturales, biológicamente activos, que se encuentran en los alimentos derivados de plantas. En las plantas actúan como sistemas de defensa naturales, protegiéndolas de infecciones e invasiones microbianas. Es decir actúan como escudo y además son los responsables de darle **color, olor y sabor** a todos los vegetales.

³ Los oligosacáridos son carbohidratos de cadena corta (grado de polimerización de 2 a 7) encontrados en forma natural en frutas, verduras, leche y miel. Son considerados importantes debido a sus propiedades biológicas y fisiológicas.

2.2. TIPOS DE MÁQUINAS DE MOLIENDA.

Introducción.

El término molienda, se refiere a la pulverización y a la desintegración del material sólido. Específicamente, la desintegración se refiere a la reducción del tamaño de agregados de partículas blandas débilmente ligadas entre sí. Es decir, que no se produce ningún cambio en el tamaño de las partículas fundamentales de la mezcla. La pulverización, por su parte, implica la reducción del tamaño de las partículas fundamentales de las sustancias.⁴

La molienda es una operación unitaria que, a pesar de implicar sólo una transformación física de la materia sin alterar su naturaleza, es de suma importancia en diversos procesos industriales, ya que el tamaño de partículas representa en forma indirecta áreas, que a su vez afectan las magnitudes de los fenómenos de transferencia entre otras cosas. Considerando lo anterior, el conocimiento de la granulometría para determinado material es de importancia, consecuentemente.

La molienda es una operación unitaria que reduce el volumen promedio de las partículas de una muestra sólida. La reducción se lleva a cabo dividiendo o fraccionando la muestra por medios mecánicos hasta el tamaño deseado. Los métodos de reducción más empleados en las máquinas de molienda son compresión, impacto, frotamiento de cizalla y cortado.

La Reducción de Tamaño es la operación unitaria en la que el tamaño medio de los alimentos sólidos es reducido por la aplicación de fuerzas de impacto, compresión, cizalla (abrasión) y/o cortado.

- La compresión se usa para reducir sólidos duros a tamaños más o menos grandes.

⁴ <http://www.geocities.com/CollegePark/Library/6086/molienda.html>

- El impacto produce tamaños gruesos, medianos y finos.
- La frotación o cizalla, produce partículas finas.
- Cortado se usa para obtener tamaños prefijados.

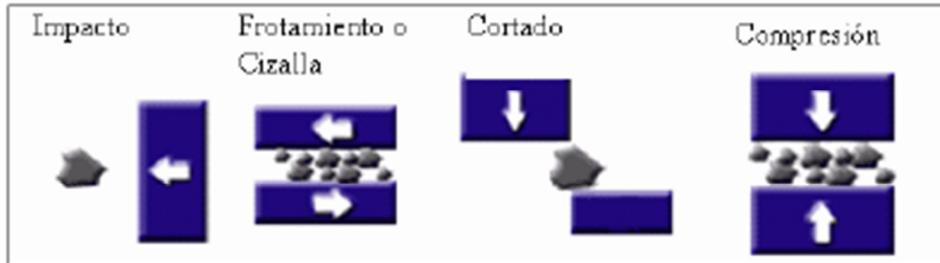


Figura 2.8 Fuerzas de Molienda

Fuente: www.geocities.com/Colle gePark

Los fines de la reducción de tamaño son muy importantes en la industria por las siguientes razones:

1. Facilita la extracción de un constituyente deseado que se encuentre dentro de la estructura del sólido, como la obtención de harina a partir de granos y jarabe a partir de la caña de azúcar.
2. Se pueden obtener partículas de tamaño determinado cumpliendo con un requerimiento específico del alimento, como ejemplo la azúcar para helados, preparación de especias y refinado del chocolate.
3. Aumento de la relación superficie-volumen incrementando, la velocidad de calentamiento o de enfriamiento, la velocidad de extracción de un soluto deseado, etc.
4. Si el tamaño de partículas de los productos a mezclarse es homogéneo y de tamaño más pequeño que el original, la mezcla se realiza más fácil y rápido, como sucede en la producción de formulaciones, sopas empaquetadas, mezclas dulces, entre otros

Caracterización de las partículas sólidas:

Para caracterizar partículas sólidas se debe hacer énfasis en algunas propiedades que pertenecen a la partícula individual y sobre las cuales se centra el estudio del comportamiento de partículas sólidas en la reducción de tamaño. Entre ellas se tienen el volumen, área superficial, masa, densidad, tamaño y forma de la partícula siendo estas últimas tres las de mayor importancia.

Maquinaria utilizada en la reducción de tamaño El siguiente cuadro muestra el tipo de alimento (fibrosos o pulpas y alimentos articulados secos) en el que se emplean diferentes maquinarias y el tamaño de partículas obtenido con cada uno

Máquina	Tipo					Producto			
	1	2	3	4	5	a	b	c	d
Rebanadoras			x	x	x	x			
Formadoras de cubos			x	x	x	x			
Ralladoras				x	x	x	x		
Cortadoras de taza			x	x	x		x	x	
Preplastadora	x			x	x		x		
Molino de Martillo	x	x		x	x		x	x	
Molino de Impacto Fino	x			x	x		x	x	x
Molino clasificador	x				x				x
Molino de Chorro de Aire	x	x			x				x
Molino de Bola		x							x
Molino de Disco	x							x	x
Molino de Rodillo	x			x	x			x	x
Formadores de Pulpa				x				x	x

Tabla 2.1 Maquinaria utilizada para la Reducción de Tamaño

Fuente: propia

Dónde:

1: Blando, quebradizo, cristalino; 2: Duro abrasivo; 3: Elástico, resistente, cortante; 4: Fibroso; 5: Termolábil, graso. a: Grumoso granujientos; b: Particular groseras; c: Semifinos a finos; d: Finos a ultrafinos

Las principales clases de máquinas para molienda son:

1. Trituradores bastos.

a) Trituradores de mandíbulas (quebrantadores).

- i) Blake.
- ii) Dodge.
- iii) Universal.

b) Triturador Giratorio

2. Intermedios

- a) De rodillos.
- b) De disco.
- c) De muelas verticales.
- d) Desintegradores.
- e) De martillos.

3. Molinos finos.

a) Centrífugos.

i) Raymond.

b) De piedras de molino.

c) De rodillos.

d) De bolas y de tubo.

4. Molinos ultra fino.

Trituradores bastos

a) Trituradores (quebrantadores) de mandíbulas.

Las trituradoras de mandíbulas se subdividen en tres tipos, en función de la ubicación del punto de balanceo de la mandíbula móvil, que son: Trituradoras de mandíbulas tipo Blake, Dodge y Universal

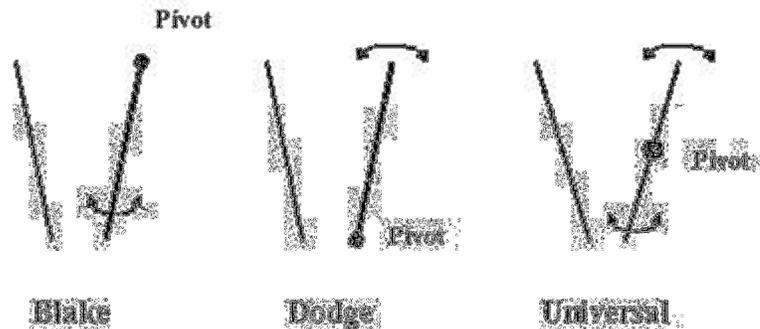


Figura 2.9 Tipos de trituradoras de Mandíbulas

Fuente: Trituracion-mineral2

A continuación se muestran las partes más importantes de un triturador tipo Blake de doble efecto (double toggle). El movimiento de vaivén de la mandíbula móvil es

accionado por el movimiento vertical (ascendente y descendente) de una biela la cual está articulada a un eje excéntrico por su parte superior y a dos riostras por la parte inferior, estando la riostra trasera articulada a un punto de apoyo ubicado en la parte trasera de la máquina y la riostra delantera articulada a la parte inferior de la mandíbula móvil, en estas condiciones, esta última pieza tiene un recorrido (amplitud de golpe) desde un punto de máxima abertura de descarga hasta un punto de mínima abertura de descarga.

Debido a este movimiento de vaivén de la mandíbula móvil, las partículas que entran al espacio comprendido entre ambas mandíbulas se fragmentan debido principalmente a fuerzas de compresión.

Estas máquinas trabajan en condiciones extremadamente duras y por tanto son de construcción robusta. El marco o bastidor principal está hecho de hierro fundido o acero, las chancadoras grandes, puede estar construido en partes y unidos a través de pernos.

La razón de reducción de estas máquinas está entre 4 y 8. Son muy resistentes a la abrasión, no soporta materiales pegajosos ya que se hace una pasta a la salida, impidiendo la salida del material.

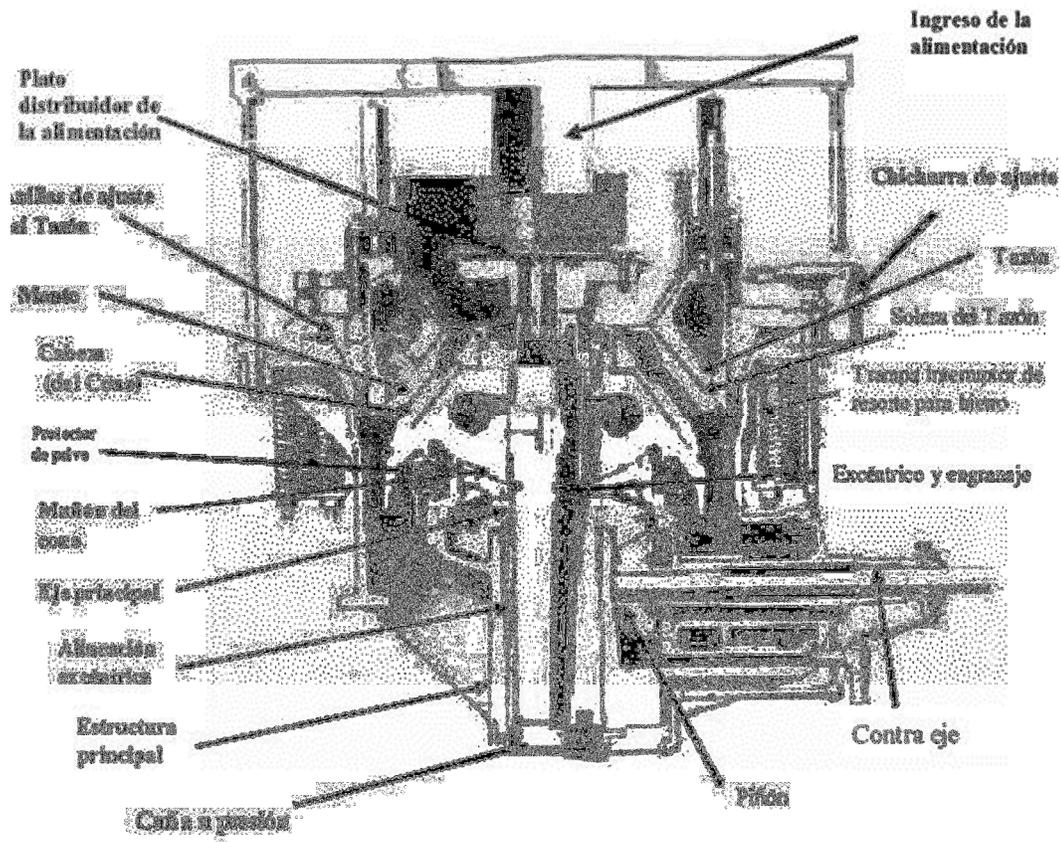


Figura 2.10 Esquema Molino de Mandíbula⁵

Fuente: Monografias.com/trituracion-mineral

b) Trituradores giratorios.

Es una máquina rotativa en lugar de alternativa, y tiene una capacidad por unidad de área de descarga mayor que el quebrantador alternativo de mandíbulas. Por estas razones el triturador giratorio utiliza mucho para el troceo previo de rocas duras.

⁵<http://www.monografias.com/trabajos69/trituracion-mineral/trituracion-mineral2.shtml>

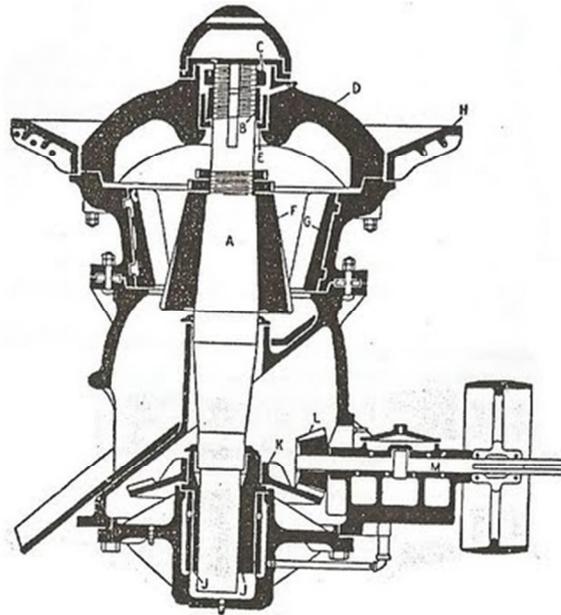


Figura 2.11 Esquema Trituradores Giratorios.

Fuente: Monografias.com/trituracion-mineral

Dónde:

A, eje principal; B buje giratorio; C, tuerca de seguridad; D armadura en patas de araza; E, buje fijo; F, cabeza trituradora; G, mandíbulas trituradoras; H, tolva de alimentación; J, cojinete excéntrico; K, engranajes de movimiento; L, piñón de movimiento; M, eje de movimiento.

Trituradores intermedios.

No admiten una alimentación de gran tamaño o el producto que se obtiene de ellas no pasa por el tamiz. Los dispositivos varían ampliamente según la clase de materiales para la que son aptos. Algunos pueden admitir una alimentación de hasta 38 a 50mm.

Estas máquinas muestran una amplia variedad de construcciones y no es posible decir exactamente las ventajas y desventajas de los diferentes tipos.

a).- Rodillos.

Los rodillos trituradores se han adoptado como el tipo normal que sigue al triturador giratorio.

El rodillo móvil se mueve principalmente por fricción con el material que se tritura. Tritrador de rodillos: (a) alzado; (b) sección; A, bancada; B, cojinete fijo; C, eje de rodillo fijo; D, rodillo fijo; D' rodillo móvil; E, polea principal de movimientos; F, cojinete móvil; G, muelle; H, varilla de unión; J, tuerca de ajuste; K, separadores; L, tornillos; M, polea de movimiento del rodillo móvil; N y N', armaduras principales de los rodillos; P, cubierta de los rodillos.

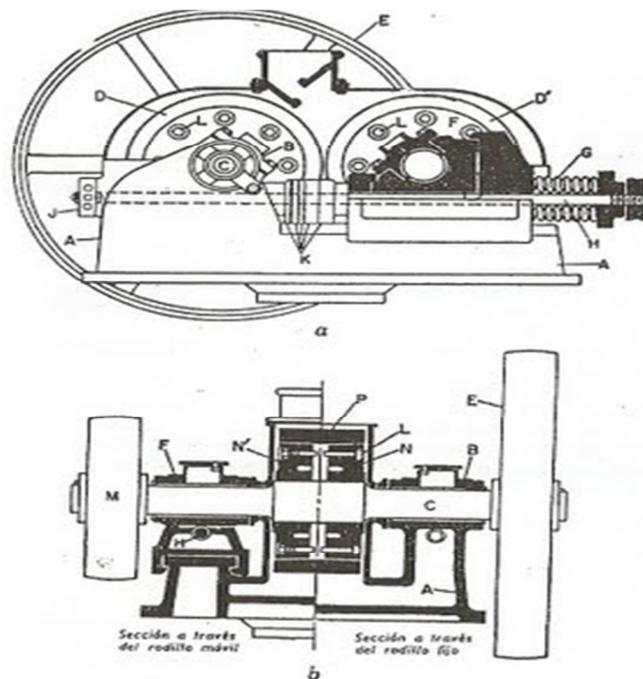


Figura 2.12 Esquema Rodillos Tritrador

Fuente: <http://arcangelenlaescuela.blogspot.com>

Selección de los trituradores de rodillos.

En la figura 2.13, sean A1 y A2 los centros de los dos rodillos, y B una partícula esférica del material, en el momento en que es cogida entre los mismos. Existe una fuerza r que actúa sobre la partícula y que forma un cierto ángulo α con la línea A1 y A2 de los centros. Esta fuerza r puede descomponerse en los dos componentes m y n .

También existe la fuerza t , que tiene a arrastrar la partícula entre los rodillos que depende de la fuerza r y del coeficiente de rozamiento entre el material que se tritura y la superficie del rodillo.

Las fuerza e y m tienen dirección opuestas. La tangente del ángulo α debe ser menor que el coeficiente de rozamiento.

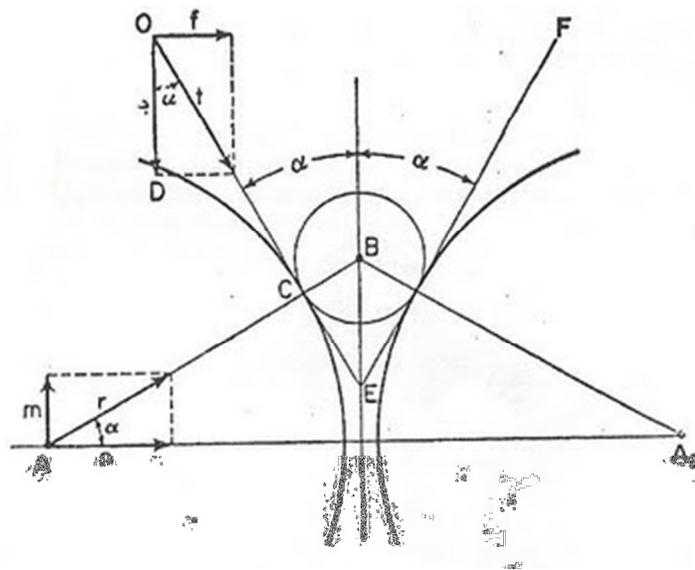


Figura 2.13 Forma de los rodillos

Fuente: Monografias.com/trituracion-mineral

b).-Trituradores de disco o cono.

Son semejantes en principio a los giratorios, pero están modificados para admitir una alimentación y dar un producto más pequeño. Pueden trabajar con el eje principal vertical u horizontalmente.

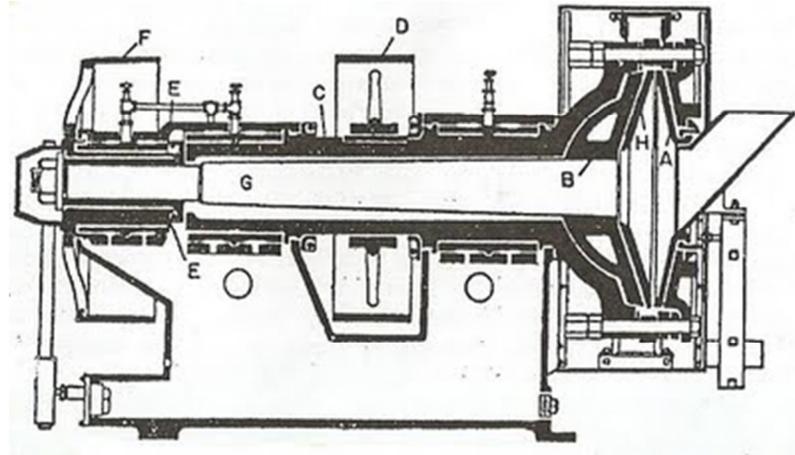


Figura 2.14 Trituradores de disco Symons

Fuente: Monografias.com/trituracion-mineral

Dónde:

A, H, platos de molienda; B, cojinete esférico; C, eje hueco; D, polea de movimiento; E, cojinete excéntrico; F, polea de movimiento, del cojinete excéntrico; G, eje macizo.

Resulta una acción de molienda muy similar a la de los trituradores giratorios, aunque este dispositivo no está habilitado para admitir una alimentación tan gruesa como los giratorios. En esta máquina se utiliza únicamente para rocas duras.

c).- Molinos de muelas.

El tipo más antiguo es el Arastra, que consiste en una plataforma circular formada por piedras ásperas y un poste en el centro de ellas. Unos brazos horizontales salen de este poste, a los que van unidas unas pesadas piedras por medio de unas cadenas. Este dispositivo primitivo se utilizó ampliamente y está fuera de uso actualmente, pero varios de los dispositivos más utilizados se han desarrollado a partir de él.

No es apropiada para triturar rocas duras. Existe normalmente algún rasgador para arrancar continuamente el material del frente de las muelas según va girando la plataforma.

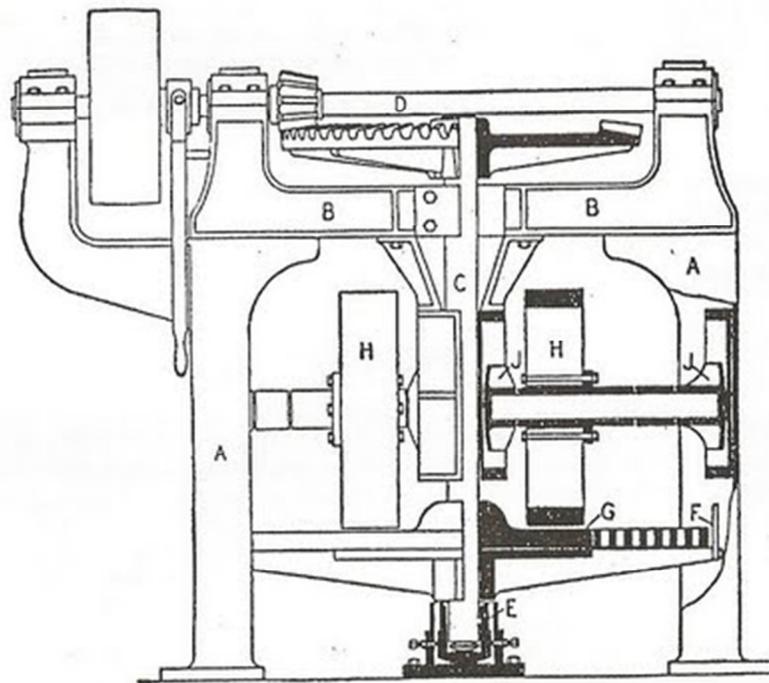


Figura 2.15 Molino de muelas verticales

Fuente: Monografias.com/trituracion-mineral

Dónde:

A, armaduras; B, yugo; C, eje principal; D, eje; E, rangua; F, artesa; G, anillo de recubrimiento; H, muelas; J, cajas de cojinetes.

d).- Desintegrador de jaula de ardilla.

Se denomina desintegrador, debido a que es apto para desintegrar materiales fibrosos que no sean muy duros.

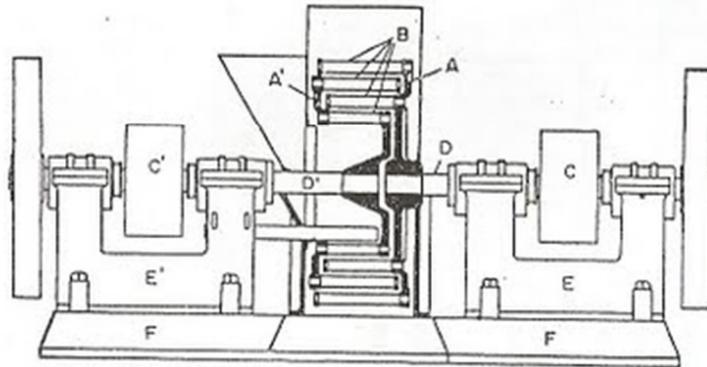


Figura 2.16 Esquema Desintegrador

Fuente: Monografias.com/trituracion-mineral

Dónde:

A, A', discos giratorios; B, barras desintegradoras; C, C', poleas de movimiento; D, D', ejes de movimiento; E, E', soportes de cojinetes; F', balanceada.

La fuerza centrífuga impartida por el rápido giro de las jaulas lanza al material de una jaula a otro, y lo subdivide casi completamente por el impacto con las barras

de tal manera que es desgarrado o desintegrado antes de alcanzar las carcasas. Se utiliza principalmente en la industria de fertilizantes.

e).-Molinos de martillos.

Operan más por impacto que por presión. El eje se hace girar a alta velocidad y la fuerza centrífuga hace que los martillos salgan hacia fuera de los platos. El material frágil, es golpeado por impacto contra los platos rompedores o contra las barras, se rompe y cae a través del tamiz. Utilizando martillos de diferentes pesos y barras tamizadoras de diferentes secciones rectas, la máquina puede adaptarse a los materiales.

Hay muchos tipos de estos molinos que difieren en detalles de construcción y en la forma de las barras martillos, pero la forma de trabajar de todos los molinos de este tipo es esencialmente la misma.

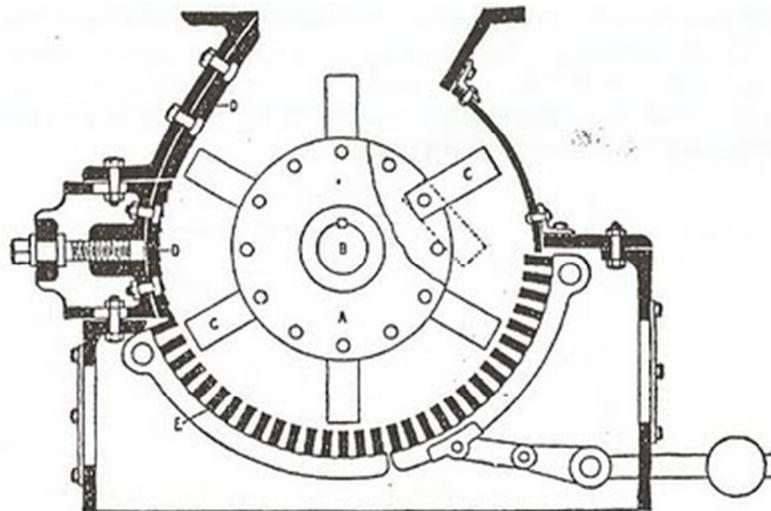


Figura 2.17 Molinos de martillos

Fuente: <http://arcangelenlaescuela.blogspot.com>

Dónde:

A, disco giratorio; B, eje; C, martillos; D, platos quebrantadores; E, barras de la criba.

Hay un cierto número de modificaciones de este tipo en los que los martillos son más pequeños y se utiliza un solo anillo de ellos. En estos casos, tanto las barras del tamiz como las superficies de la envuelta actúan como superficies de trituración.

Molinos finos.

La mayor parte del producto pasa por el tamiz de 200 mallas. Este es el criterio de molino fino, no porque la partícula que pasa por el tamiz de 200 mallas sea más pequeña que se puede producir, sino porque el tamiz de 200 mallas es el tamiz más fino que ordinariamente se emplea para analizar los productos industriales.

a).- Molinos centrífugos.

La moliendo se hace por una o más muelas rotativas que ejercen una presión sobre el material y lo trituran total o parcialmente por molienda fina, el Raymond combina en una sola unidad una máquina de moler y un separador de aire. Las cabezas muelen por acción de laminado en lugar de acción de frotamiento. Todas las partes deben proyectarse muy cuidadosamente para asegurar que todas las superficies sobre las que existe rozamiento están libres de polvo.

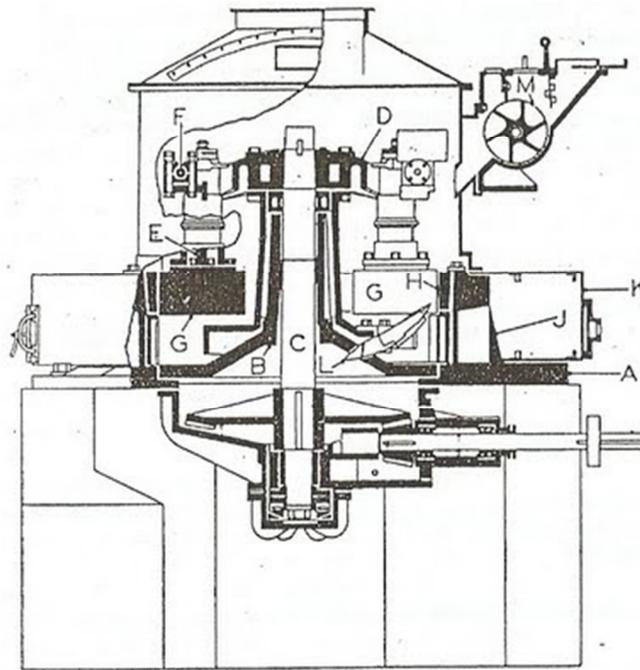


Figura 2.18 Molino centrífugo.

Fuente: <http://arcangelenlaescuela.blogspot.com>

Dónde:

A, base fundida; B, manguito vertical; C, eje de movimiento; D, brazo de la armadura; E, eje de la muela; F, eje horizontal; G, muela; H, anillo de molienda; J, aletas; K, envuelta de chapa metálica; L, arados; M, dispositivos de alimentación.

Alrededor de la base, hay una serie de aberturas provistas en su interior de aletas directoras J, y alrededor de estas aberturas va una cubierta ligera de chapa metálica K, en el interior de la que se insufla aire a una presión moderada. Este aire sube a través del molino, eleva el material que tenga la suficiente figura como para quedar suspendido y lo lleva a través de la parte superior de la cubierta al separador de polvos. El material que no ha sido pulverizado cae al fondo, y aquél

es tomado por las piezas L, y lanzado nuevamente al anillo de molienda.

b).- Molino de muelas de piedra.

El molino de muelas de piedras es probablemente el tipo de molino más antiguo que aún permanece en uso.

Los molinos de muelas se distinguen como de movimiento inferior o superior, no por la situación del mecanismo de movimiento, sino según la inferior o la superior la muela que se mueve.

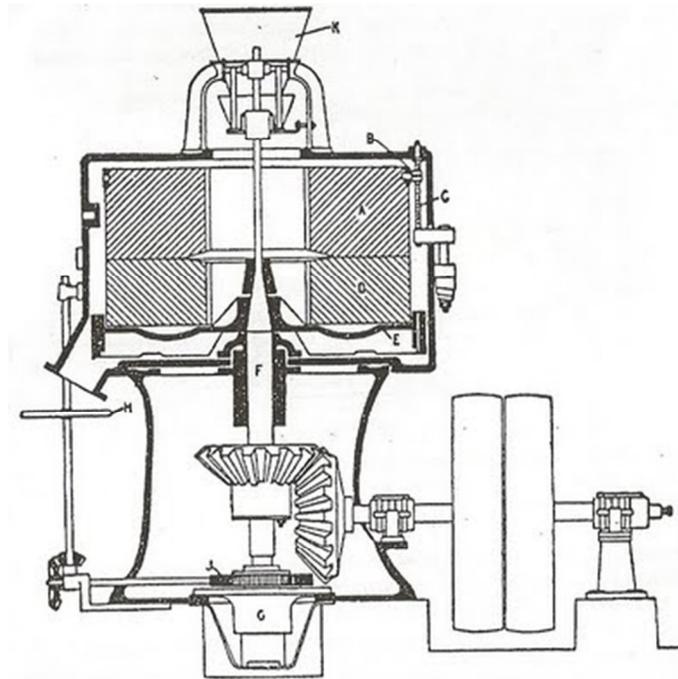


Figura 2.19 Molino de Muelas de Piedras

Fuente: Monografias.com/trituracion-mineral

Dónde:

A, piedra superior; B, banda metálica; C, espárragos; D, piedra inferior; E, soporte de patas de araña; F, eje principal; G, rangua; H, volante de ajuste; J, engranaje de ajuste; K, alimentador.

El material se trabaja gradualmente entre las muelas y sale finalmente por la conexión indicada. Las piedras utilizadas son de una arenisca especial que es encuentra en pocas localidades.

Una característica partículas de las muelas de piedra es el método de tallado de sus caras. Este método de tallado ha permanecido fijo durante años, y su origen es incierto. El uso de los molinos de muelas de piedra para moler granos está disminuyendo rápidamente, siendo reemplazado por los molinos de rodillos, más modernos.

c).- Molinos de rodillos.

Se utiliza para la molienda de granos en la fabricación de harina. Puesto que este molino tiene una acción cortante en lugar de una acción de trituración o de fricción, puede utilizarse cuando el material ha de reducirse a un tamaño moderadamente fino, pero con el mínimo de finos.

Está formado por dos pares de rodillos, y los rodillos de cada par giran el uno hacia el otro. Los rodillos tiene su superficie con ondulaciones, y uno de los rodillos de cada par gira más rápido que el otro, lo que da origen a una acción de corte en lugar de una de presión que es la que se tiene en los molinos trituradores ordinarios. Uno de los rodillos de cada par gira en cojinetes fijos.

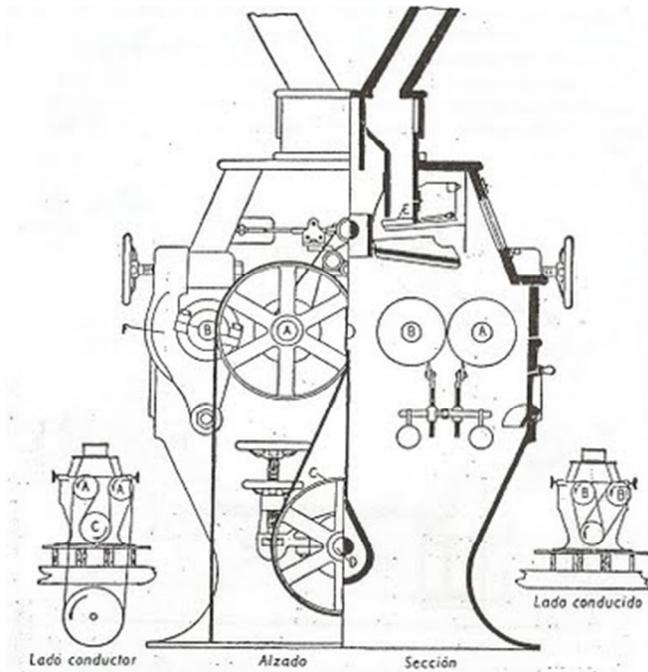


Figura 2.20 Molino de Rodillos

Fuente: Monografias.com/trituracion-mineral

Dónde:

A, rodillo rápido; B, rodillo lento; C, polea loca; D, eje loco; E, alimentador;
F, trinquetes.

d).- Molino de bolas y de tubos.

La distinción entre estos dos tipos es únicamente por la relación entre la longitud y el diámetro. El molino de bolas tiene una longitud igual al diámetro, mientras que

el molino de tubo tiene una longitud de aproximadamente dos diámetros o mayor, consisten en un cilindro horizontal que contiene bolas de porcelana. La alimentación se introduce por un extremo y el impacto de las bolas sobre el material produce una final pulverización del mismo.

Está formado por un cilindro horizontal. El tamiz de descarga es un tamiz de mallas grandes que tiene por objeto retener las bolas, pero no tamizar las partículas que no han sido molidas al tamaño desaseado.

Si el molino gira a mayor velocidad, será mayor el consumo de potencia, pero la figura, para una capacidad dado o la capacidad, para una finura dada, aumentan. También, cuánto más pequeñas sean las bolas, mayor será la finura del producto. Finalmente, cuanto más rápida sea la alimentación del molino más rápida será la descarga que llega al otro extremo y el producto será más grueso. Pueden trabajar tanto en húmedo como en seco.

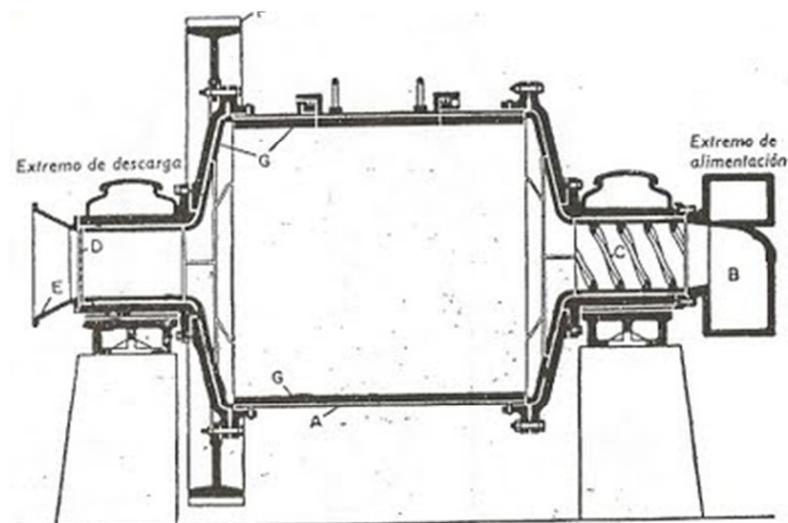


Figura 2.21 Molino de bolas

Fuente: Monografias.com/trituracion-mineral

Dónde:

A, envuelta; B, caracol de alimentación; C, espiral de alimentación; D, tamiz de descarga; E, embudo de descarga; F, engranaje de movimientos; G, placas de revestimiento.

Molinos de tubo: operan de la misma forma que un molino de bolas. Produce un producto más fino, se emplea mucho en la molienda de rocas duras y el clinker de cemento portland trabaja a pequeñas velocidades. Los revestimientos se reemplazan a medida que se desgastan, mientras que la envuelta exterior es permanente.

Molinos ultra finos

Hasta 5 micrones o menos. Puede tratar grandes toneladas, pero su compartimiento puede ser muy importante. Estas máquinas algunas veces se denominan molinos coloidales. La molienda se efectúa por impactos a alta velocidad, y esta alta velocidad se obtiene por chorros de fluido.

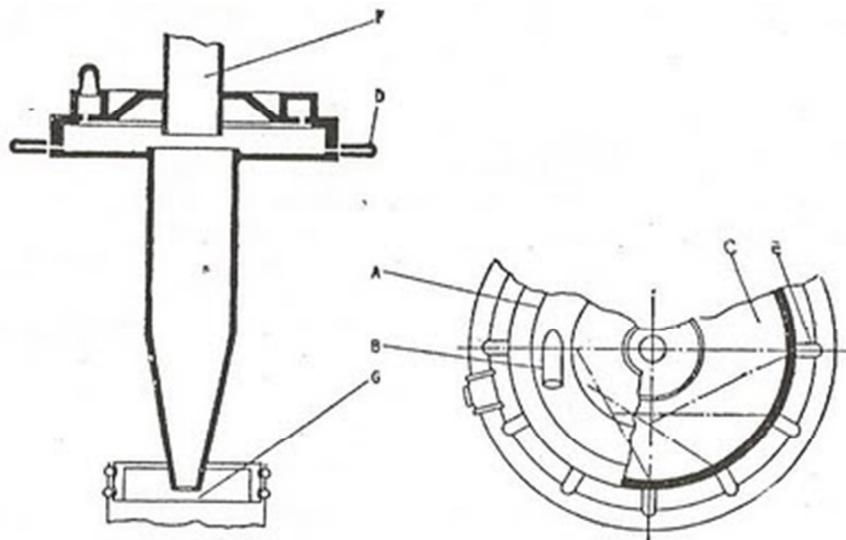


Figura 2.22 Molino Ultra fino

Fuente: Monografias.com/trituracion-mineral

Dónde:

MA, anillo de alimentación; B, toberas tangenciales de alimentación; C, cámara de molienda; D, dispositivo de aire; E, toberas de aire; F, descarga del aire; G, descarga del producto.

2.3. TIPOS DE SISTEMAS DE COCCIÓN DE ALIMENTOS

2.3.1 COCCIÓN

La cocción es uno de los procesos básicos del acto de cocinar. Es la operación culinaria que se sirve del calor para que un alimento sea más sabroso, apetecible y digerible, favoreciendo también su conservación. La mayoría de las frutas y muchas verduras pueden comerse crudas, así como en determinados casos la carne, el pescado y los huevos, sin embargo la mayoría de los productos se cuecen⁶.

2.3.2 MÉTODOS DE COCCIÓN

La forma de clasificar los métodos de cocción varía mucho de un autor a otro, pero una aproximación podría ser agruparlos mediante los medios en los que se realiza la cocción: agua, gas, aire y vacío.

a)._ Cocción en medio acuoso

⁶ <http://es.wikipedia.org/wiki/Cocci%C3%B3n>



Figura 2.23 Preparación en medio acuosos

Fuente: Wikipedia

Se puede realizar tanto sumergiendo el alimento en agua fría o agua hirviendo. Es posible realizar otras variaciones como la cocción al vapor o el baño María. En este grupo existen varias técnicas que variarán el resultado final:

- **Hervir:** Consiste en la inmersión en un líquido (agua o caldos) que, o ya está o se lleva a ebullición. El que hierva a mayor o menor velocidad no implica que el alimento se haga antes o después.
- **Escaldar:** Consiste en dar un hervor rápido e intenso.
- **Pochar:** Consiste en cocinar lentamente en un líquido el cual nunca debe hervir, para que se produzca intercambio entre el medio y el alimento.
- **Cocción al vapor:** Domésticamente se realiza mediante dos recipientes: uno, que se sitúa en la parte inferior, es el que posee el agua en ebullición. El otro, que tiene el fondo agujereado, se coloca encima. Con esta técnica, usada principalmente con las verduras, se logra conservar las vitaminas y minerales hidrosolubles.
- **Cocción en olla a presión:** Es una variedad de la primera técnica. Permite cocer a temperaturas superiores a los 100 °C que como máximo se alcanza en la ebullición del agua. Gracias a ese aumento de temperatura y de presión se consigue reducir los tiempos a una tercera parte de los habituales, con resultados en muchos casos similares. En determinados casos, como en zonas de alta montaña, es el único método de cocción

posible, ya que el agua no herviría a la temperatura suficiente para lograr los resultados deseados.

- **Olla de cocción lenta** La cocción lenta se ha realizado en la elaboración de cocidos mediante olla de barro. Es empleada en el cocinado a baja temperatura.
- **Escalfar:** Consiste en introducir un alimento en agua hirviendo para poder retirar la piel del mismo sin que haya una cocción interna.

b).- Cocción en medio graso



Figura 2.24 Cocción de frituras

Fuente: Wikipedia

Es la que se realiza con aceites y grasas. En este medio, normalmente, se utilizan temperaturas muy superiores a los 100 °C habituales en la cocción en medio acuoso, pudiéndose alcanzar los 200 °C. La técnica puede variar desde la fritura al salteado. Para evitar que el alimento se seque existe una técnica llamada rebozado: consiste en cubrir el alimento con harina o pan rallado y, opcionalmente huevo, para que forme una capa crujiente y que evita que el interior quede seco.

Así pues, teniendo en cuenta las distintas formas en las que se puede cocinar en medio graso, tendríamos:

- **Freír:** Es el proceso de sumergir un alimento en grasa caliente. Dado que el punto de ebullición de los aceites es mucho más alto que el del agua, los alimentos se cocinan a temperaturas más altas, pudiendo llegar a los 200 grados centígrados.
- **Sofreír:** Se denomina así una fritura a temperatura baja, durante un tiempo largo y con una cantidad escasa de aceite (cubrir el fondo de la sartén).
- **Saltear:** Es una fritura también con poco aceite pero a temperaturas más altas y durante poco tiempo.
- **Confitar:** Es un procedimiento de cocción sumergido en un medio grasoso a baja temperatura (de 60º a 90º), por un período de tiempo largo.
- **Dorar:** Consiste en darle un tono dorado al alimento, si bien una carne roja nunca tomará un tono realmente dorado, más bien tostado.

c).- Cocción en medio aéreo



Figura 2.25 Cocción en medio aéreo asado

Fuente: <http://es.wikipedia.org>

En este caso la cocción se produce por el contacto directo con la llama o la fuente de calor (barbacoa, parrilla, debajo de cenizas...) o en un medio de calor seco como lo es el horno.

- **En parrilla (o barbacoa):** Consiste en asar el alimento sobre las brasas, en ocasiones sobre las llamas, de algún tipo de madera o carbón vegetal, si bien existen artilugios que funcionan a gas o con electricidad.
- **Al horno:** Consiste en someter a un alimento a la acción del calor sin mediación de ningún elemento líquido.
- **Papillot:** Esta técnica consiste en encerrar lo que se va a cocinar en una hoja de papel engrasado o de aluminio, de forma que se haga en el interior, sin pérdida de líquidos.
- **Asado a la sal:** Se aplica a carnes y pescados y consiste en cubrir la pieza de sal gorda y asarlo en el horno de esa manera.
- **Asado en cenizas o bajo tierra:** Se envuelve bien el alimento, junto con diversos condimentos, para que no se manche y en el caso de las cenizas, simplemente se colocarían en su interior mientras éstas están calientes.

d).- Cocción al vacío

Es una técnica de cocción reciente y solamente está a disposición de cocinas profesionales debido a la complejidad del equipamiento y de la técnica requerida. Suele ir acompañada de otras técnicas que permitan un dorado exterior del producto antes de comenzar con el proceso de cocción al vacío. Es bastante similar en tiempos y métodos a la cocción a fuego lento.

Se necesita un control preciso de la temperatura. El alimento se sitúa en una bolsa de plástico retractilado que mejora el intercambio térmico. El cocinado puede ser por aspersion o inmersión. Con esta técnica el alimento conserva todo su aroma y se encuentra protegido de contaminaciones y de la oxidación.

2.3.3 FUNCIONES DE LA COCCIÓN

La principal función por la que realizamos la cocción sería la modificación de los alimentos para hacerlos más apetecibles, para que esto ocurra se dan una serie de particularidades que hacen que el alimento sea agradable a nuestros sentidos:

2.3.3.1 Modificación de los componentes

Mediante la cocción modificamos los componentes físicos y bioquímicos del alimento, mediante uno o varios de estos procesos: ablandamiento, coagulación, hinchamiento o disolución. Gracias a ello los productos los podemos consumir mejor (arroz, harina, legumbres secas...) o son más fáciles de absorber. Así pues, con la cocción de las verduras conseguiremos la destrucción de la pectina o del almidón y con ello lograremos se hagan que el alimento se ablande y facilitaremos la digestión.

2.3.3.2 Reducción o extracción de los jugos y principios nutritivos

La forma de realizar esta transformación puede ser por:

- **Concentración:** consiste en someter el alimento a un choque térmico rápidamente sin pérdida de muchos sabores ni sustancias, aunque la pérdida de líquidos será casi igual de considerable que por la extracción.
- **Extracción:** en este caso el alimento se sumergiría en un líquido frío, dejando que sus sustancias tengan un mayor tiempo de extracción para cuando esté cocinado, impregnando de sabores y de sustancias deseadas o indeseadas dicho líquido.
- **Una forma mixta:** sería el caso del braseado, en el que se le da un golpe de calor al producto sin dejar que tome demasiado color y posteriormente se introduce en un líquido donde continuará la cocción.

2.3.3.3 Desarrollo del sabor y el aroma

En general la cocción desarrolla los sabores, aunque es posible que en algunos casos se atenúen, sobre todo con sabores ácidos y amargos. Con los condimentos y la mezcla de distintos ingredientes lograremos el desarrollo de nuevas sensaciones sápidas y olfativas. Para la modificación, tanto del sabor, como del olor, disponemos además de la cocción de diversas técnicas: la maceración, el flambeado, la reducción.

2.3.3.4 Destrucción de elementos nocivos

Gracias al calor se consigue la destrucción de prácticamente todos los agentes causales de enfermedades que se encuentran en los alimentos crudos. Los más comunes son bacterias como la *Salmonella*, la *Escherichia coli*, algunas especies de *Vibrio* y otras de *Yersinia*, que ocasionan trastornos gastrointestinales.

2.3.4 Métodos de calentamiento (transferencia de calor)

Cuando dos o más superficies se encuentran a diferentes temperaturas, empieza la transferencia de calor entre ellas, es decir, las superficies calientes se enfrían y las frías se calientan, hasta llegar a un equilibrio. Es sucede gracias a los siguientes procesos:

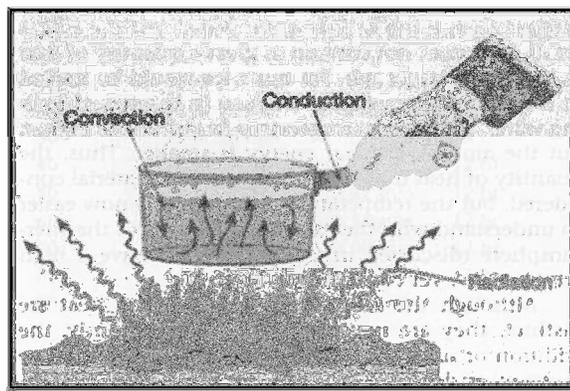


Figura 2.26 Esquema de los mecanismos de transferencia de calor

Fuente: <http://www.monografias.com/calor-conceptos-y-tipos-transferencia-calor>

2.3.4.1 Conducción

Es el mecanismo de transferencia de calor a través de la materia gracias a la actividad molecular producida por el choque de ellas, donde las partículas más energéticas le entregan energía a las menos energéticas, es decir, se produce un flujo de calor desde la parte más caliente hasta la más fría.

Los mejores conductores son los metales.

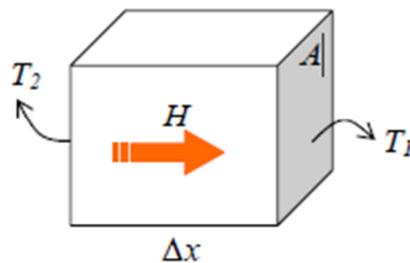


Figura 2.27 Transferencia de calor por Conducción

Fuente: <http://www.monografias.com/calor-conceptos-y-tipos-transferencia-calor>

2.3.4.2 Convección

Este mecanismo de transferencia de calor se basa principalmente en el movimiento de la masa dentro de una sustancia, estos pueden ser:

- Natural: producido por las diferencias de densidades de la materia.
- Forzada: cuando la materia es obligada a moverse con ayuda de algún mecanismo o equipo.

Este tipo de transferencia de calor solo puede suscitarse en líquidos y gases ya que las moléculas son libres de moverse.

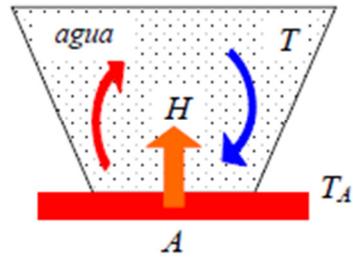


Figura 2.28 Transferencia de calor por Convección

Fuente: <http://www.monografias.com/calor-conceptos-y-tipos-transferencia-calor>

2.3.4.3 Radiación

La radiación es la energía emitida por la materia desde la misma hacia todas las direcciones alrededor en forma de ondas, es decir, un cuerpo que se encuentra a una temperatura elevada interactuara con el medio hasta llegar a un equilibrio térmico.

A diferencia de la conducción y convección que necesitan un medio para propagarse, ésta es independiente de la materia, de hecho, la transferencia de calor por radiación es más efectiva en el vacío.

2.4 TIPOS DE BOMBAS

2.4.1 BOMBAS EN LA INDUSTRIA

Las bombas en la industria deben tener sus respectivas características, de las cuales dependen de diferentes factores, entre las cuales deben ajustarse a las necesidades de trabajo, eficiencia, espacio y dinero.

En caso de trabajar con alimentos, necesitamos un tipo de bombas conocidas como bombas sanitaria, las mismas que deben reunir ciertas características importantes:

- Tener el menor número de partes que se desgasten durante su funcionamiento.
- Sus empaques deben ser totalmente sellados del lado interior de la carcasa.
- Las superficies interiores de las carcasas deben ser tersas y sin esquinas.
- Gran resistencias a la corrosión
- No deben producir espuma o triturar los alimentos.
- Deben ser fáciles de limpiar interiormente.
- Poseer un sistema de lubricación totalmente aparte.

Los materiales mas comunes para la fabricación de bombas en general son:

- Acero inoxidable
- Monel
- Aluminio
- Hierro
- Cristal
- Porcelana
- Aleaciones especiales

Las bombas deben tener ciertas características especiales que implican la resistencia ante ciertas sustancias como químicos, detergentes, productos germicidas, etc... las cuales pueden ser usados como fluido de trabajo o como método de limpieza de la bomba.

2.4.2 Clasificación de bombas

Las bombas en general se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Centrífugas
- Rotatorias
- Reciprocantes.

2.4.2.1 Centrífugas

Las bombas Centrífugas transforman la energía mecánica de un impulsor, transmitida a través de un eje de giro, para convertirla en energía cinética, la misma que es utilizada para conducir el fluido hacia el exterior, conducido a través de una brida de impulsión.

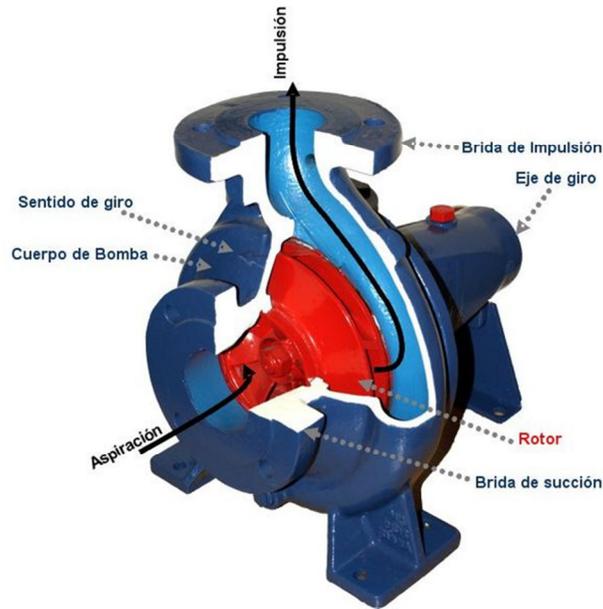


Figura 2.29 Bomba Centrífuga

Fuente: JaviMad - Wikipedia

La fuerza centrífuga depende directamente de la velocidad que existe en la periferia del impulsor, por ende también dependerá de la densidad del fluido de trabajo, pero, la energía que se aplica hacia el líquido es totalmente independiente de la densidad, por tanto, sin importar la viscosidad del fluido, una bomba Centrífuga con una velocidad y volumen definido siempre aplicará y transferirá la misma energía hacia este.

2.4.2.1.1 Bombas Centrífugas sanitarias

En la industria de alimentos se debe tener en cuenta que muchos factores, entre los cuales, las mas importantes son:

- Impulsores con una o dos aletas, para evitar que los alimentos se dañen, ó impulsores de tipo caracol
- Material de acero inoxidable.
- Facil de lavar

- Facil de desarmar
- Evitar al maximo superficies con esquinas.

Entre las aplicaciones mas frecuentes para este tipo de bombas tenemos la manzana, huevo, aceitunas, fresas, maiz, astiones, camarones, jugos, caña, pures, aceites vegetales, leche, etc...

2.4.2.2 Bombas Rotatorias

Las bombas rotatorias usa la energía mecánica obtenida de un impulsor para mover ciertos elementos mecánicos como engranes, aspas, pistones, levas, segmentos, tornillos, etc... los mismos que succionan e impulsan el líquido gracias a su holgura mínima existente entre estos y la carcasa, esta característica hacen que estas bombas proporcionen un flujo continuo.

Las bombas rotatorias a la vez se clasifican de acuerdo al elemento mecánico que mueve el fluido.

2.4.2.2.1 Bombas de Leva y Pistón

Este tipo de bombas tienen un excéntrico la cual, al girar hace que atrape una cierta cantidad de líquido y la impulse hacia el puerto de descarga.

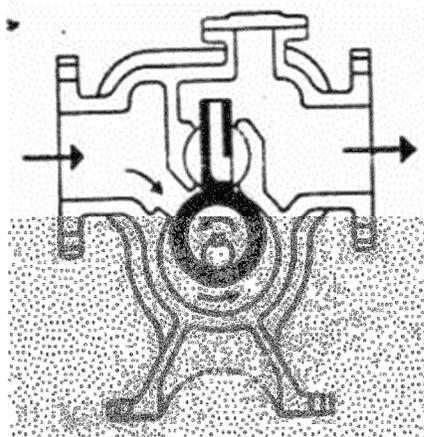


Figura 2.30 Bomba de Leva y Pistón

Fuente: TYLER G. HICKS, Bombas. Su Selección y Aplicación

2.4.2.2.2 Bombas de Engranés Externos

Las bombas de engranes obtienen el movimiento rotatorio de una fuente de energía externa, misma que hace que los engranes giren y acarreen una cierta cantidad de líquido por una trayectoria circular hacia afuera, este líquido al llegar al puerto de descarga, es expulsado debido a que los dientes el engranes se unen.

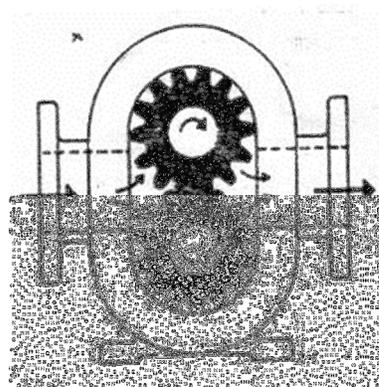


Figura 2.31 Bomba de Engranés Externos

Fuente: TYLER G. HICKS, Bombas. Su Selección y Aplicación

2.4.2.2.3 Bombas de Engrane Interno

Este tipo de bombas tienen un rotor que conecta a un engrane cortado internamente y a la vez este encaja a otro engrane, el cual es externo, este al girar puede succionar el fluido y gracias a una partición en forma de una media luna, se evita que se regrese el fluido al lado de succión.

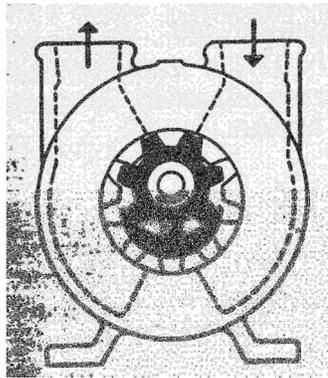


Figura 2.32 Bomba de Engranes Internos

Fuente: TYLER G. HICKS, Bombas. Su Selección y Aplicación

2.4.2.2.4 Bombas Lobulares

Este tipo de bombas usan elementos mecánicos, los cuales tienen diferentes configuraciones, mostradas en la figura de abajo: Estos elementos interactúan entre sí para poder succionar y descargar el fluido.

Las características principales de esta bomba son:

- Flujo no es constante
- Varias configuraciones (lóbulo – lóbulo, engrane lóbulo, etc...)

- Flujo reducido

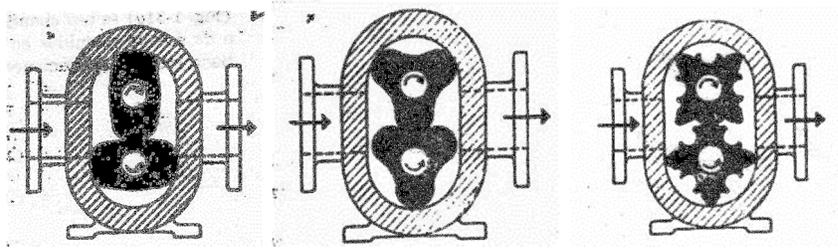


Figura 2.33 Bombas Lobulares

Fuente: TYLER G. HICKS, Bombas. Su Selección y Aplicación

2.4.2.2.5 Bombas de Tornillo.

Este tipo de bombas poseen elementos mecánicos los cuales tienen la similitud de un tornillo, los mismos que pueden variar de uno a tres por bomba. El funcionamiento consiste en rotar el o los tornillos para poder atrapar el fluido en el espacio existente entre la carcasa y el tornillo y poder llevarlo hacia el puerto de descarga.

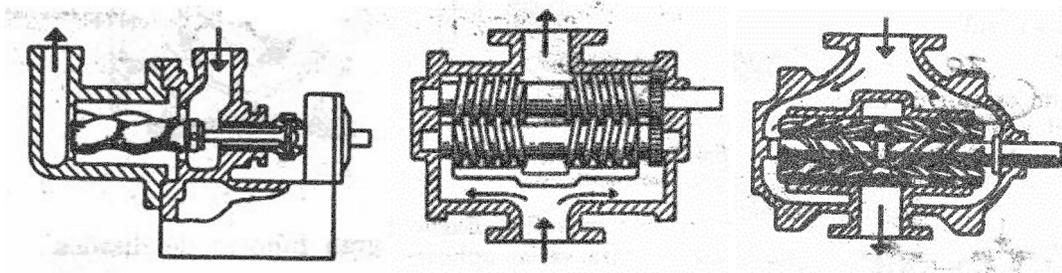


Figura 2.34 Bombas de Tornillo

Fuente: TYLER G. HICKS, Bombas. Su Selección y Aplicación

2.4.2.2.6 Bombas de Aspas

Las bombas de aspas son movidos mediante un rotor el cual contiene un conjunto mecánico conformado por aspas, las cuales interactúan contra la carcasa para succionar y descargar el fluido, la interacción de las aspas contra la carcasa se debe a la fuerza centrífuga existente al hacer girar el rotor.

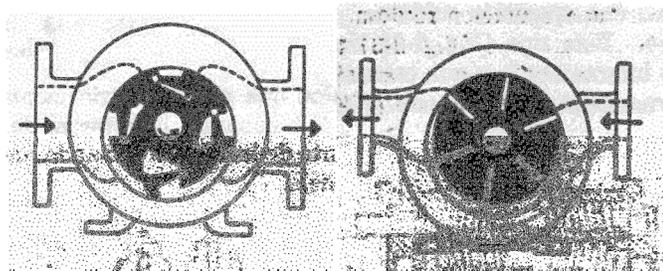


Figura 2.35 Bombas de Aspas

Fuente: TYLER G. HICKS, Bombas. Su Selección y Aplicación

2.4.2.3 Bombas Reciprocantes

Este tipo de bombas están constituidas básicamente de pistones, los cuales nos dan la cantidad de volumen a descargar, pero este volumen no es el neto, ya que existe varios sistemas de alivio y escape que evitan que todo el fluido vaya directamente al puerto de descarga.

Se puede concluir que este tipo de bombas son de desplazamiento positivo, y por ende son bombas de alta eficiencia y manejan grandes cantidades de flujo.

Existen básicamente dos tipos de Bombas de este tipo la cuales son:

2.4.2.3.1 Bombas de Acción Directa

Este sistema consiste básicamente en dos pistones, uno de vapor y el otro de líquido, el primero es usado para proporcionar movimiento al segundo gracias a la acción y la energía que nos proporciona el vapor. También existen bombas dobles los cuales tienen dos pistones de vapor y dos de líquido.

Anteriormente, estas bombas eran usadas para bombear grandes cantidades de líquido, lodo, crudo, agua, alimentación de calderas, etc...

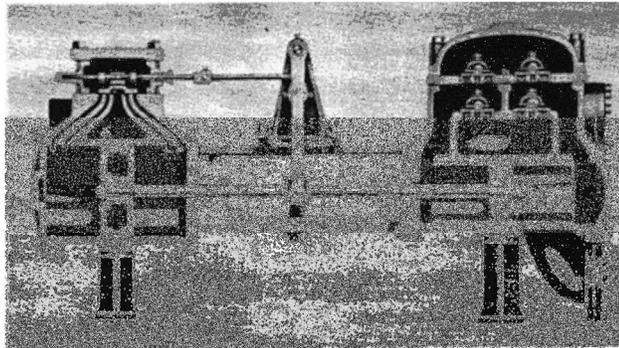


Figura 2.36 Bombas de Acción Directa

Fuente: TYLER G. HICKS, Bombas. Su Selección y Aplicación

2.4.2.3.2 Bombas de Potencia

Las bombas de este tipo consisten en un pistón movido por un cigüeñal, los cuales producen altas presiones, por esta razón se debe controlar por válvulas de alivio. Las características principales de este tipo de bombas es que tienen buena eficiencia y es de acción directa. Las aplicaciones principales se radican para la alimentación de calderas, bombeo de líneas de tuberías, procesos de petróleos y aplicaciones similares.

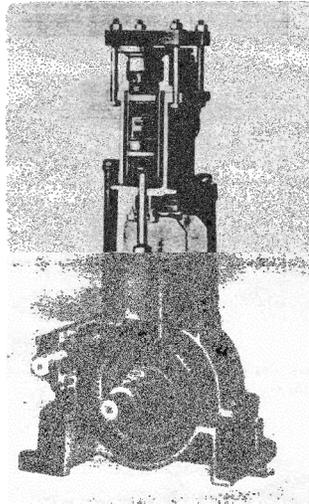


Figura 2.37 Bombas de Potencia

Fuente: TYLER G. HICKS, Bombas. Su Selección y Aplicación

2.4.3 CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DE BOMBAS SANITARIAS

Las bombas sanitaria deben tener varias características las cuales se rigen principalmente a la aplicación y a los recursos disponibles.



Figura 2.38 Bomba sanitaria

Fuente: CSF Inox Spa

2.4.3.1 Material:

Esta característica nos permite saber el tipo de material con el que ésta diseñada la bomba, puede variar pero la más usual para la industria de alimentos es:

- Acero inoxidable AISI 316L

Para aplicaciones más comunes, con es el agua, los materiales pueden variar, desde acero inoxidable hasta polímeros.

2.4.3.2 Datos de la bomba

En la selección de una bomba tenemos que tomar en cuenta, además de las características y opciones mencionadas anteriormente, algunos parámetros muy importantes que rige directamente al comportamiento de la bomba frente al sistema hidráulico del conjunto hidráulico, entre algunos ejemplos tenemos:

	Características comunes	Bajo pedido
Caudal	Max. 130 m ³ /h	>130 m ³ /h
Altura	Max. 75 m	> 75 m
Temperatura	Max 95 °C	> 95 °C
Presión	Max 10 bar	> 10 bar

Figura 2. Cuadro de datos – Bomba Sanitaria

Fuente: CSF Inox Spa

	Características comunes	Bajo pedido
Caudal	Max. 50 m ³ /h	> 50 m ³ /h
Altura	Max. 170 m	> 170 m
Temperatura	(-20 a 95) °C	> 95 °C
Presión	Max 25 bar	> 25 bar

Figura 2. Cuadro de datos – Bomba Sanitaria

Fuente: CSF Inox Spa

2.4.3.3 Conexiones

Las conexiones pueden variar según el fabricante de la bomba, pero usualmente se encuentran con las siguientes características:

- Roscada según estándares DIN 11851
- Roscas sanitarias según DIN 11864-1 PN 16
- Bridas sanitarias según DIN 11864-2 PN 16
- Bridas según DIN EN 1092-1 (DIN 2642 PN 10)
- Abrazadera SMS, RJT opcional según DIN, ISO y TRI-clover Roscadas

2.5 TIPOS DE SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO

2.5.1 DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO

La pasteurización es un proceso térmico el cual es aplicado generalmente a líquidos, los mismos que están vinculados con la industria alimenticia. El objetivo del enfriamiento dentro de la pasteurización es reducir significativamente agentes que pueden descomponer al fluido, por ejemplo, bacterias, protozoos, mohos, levaduras, etc.

Gracias a los estudios del científico Louis Pasteur y su colega Claude Bernard, que promovieron este proceso el cual consiste en la esterilización parcial de los líquidos, alterando en lo menos posible la estructura física, componentes químicos y propiedades organolépticas, podemos gozar de alimentos que pueden prolongar su tiempo de caducidad.

El proceso térmico consiste principalmente el calentar el producto en aproximadamente 15 a 30 min hasta una temperatura de 60 – 95 °C; luego realizar un choque térmico que permita que el líquido baje rápidamente la

temperatura, gracias a un proceso de intercambio de calor, lo cual reduce en aproximadamente un 98% la población de microorganismos.

En el proceso de calentamiento existen bacterias que van a resistir a este proceso, llamadas termofilicas⁷, y en proceso de enfriamiento van a existir bacterias que resistan también a este proceso, llamadas psicofilicas⁸, por tal razón conjuntamente estos dos procesos eliminan gran cantidad de bacterias pero existen algunos como los microorganismos no-mesofilos que pueden introducirse en el producto, por eso es recomendable envasar inmediatamente el producto.

En general podemos decir que el enfriamiento dentro de la pasteurización comprende una exposición suficiente en tiempo/temperatura para destruir o frenar el crecimiento de microorganismos, matando las bacterias productoras de enfermedades y reteniendo aún las propiedades deseadas en el producto.

2.5.2 INTERCAMBIADOR DE CALOR

Un Intercambiador de Calor es un equipo utilizado para enfriar un fluido que está más caliente de lo deseado, transfiriendo calor a otro fluido que está frío y necesita ser calentado. La transferencia de calor se realiza a través de una pared metálica o de un tubo que separa ambos fluidos.

Las aplicaciones de los intercambiadores de calor son muy variadas y reciben diferentes nombres:

- Intercambiador de Calor: Realiza la función doble de calentar y enfriar dos fluidos.
- Condensador: Condensa un vapor o mezcla de vapores.
- Enfriador: Enfría un fluido por medio de agua.
- Calentador: Aplica calor sensible a un fluido.

⁷ Bacterias termofilicas.- microorganismos resistentes al calor

⁸ Bacterias psicofilicas.- microorganismos resistentes al frio.

- Re hervidor: Conectado a la base de una torre fraccionadora proporciona el calor de re ebullición que se necesita para la destilación.
- Vaporizador: Un calentador que vaporiza parte del líquido

2.5.2.1 Tipos de intercambiadores de calor

En este punto se realiza una descripción de los tipos fundamentales de intercambiadores que son:

- Intercambiadores de tubería doble
- Intercambiadores enfriados por aire
- Intercambiadores de tipo placa
- Intercambiadores de casco y tubo

2.5.2.1.1.- Intercambiadores de tubería doble

Consiste en un tubo pequeño que está dentro de otro tubo mayor, circulando los fluidos en el interior del pequeño y entre ambos. Estos intercambiadores se utilizan cuando los requisitos de área de transferencia son pequeños.

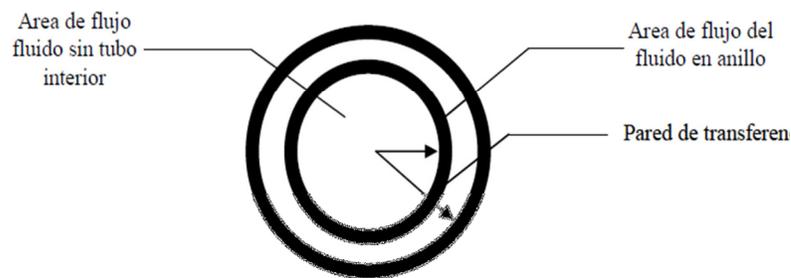


Figura 2.39 Esquema de tubería doble

Fuente: www.ibeninson.com.ar

Constructivamente están constituidos por juegos de tubos concéntricos, "tes" conectoras, cabezales de retorno y codos en U según el esquema siguiente.

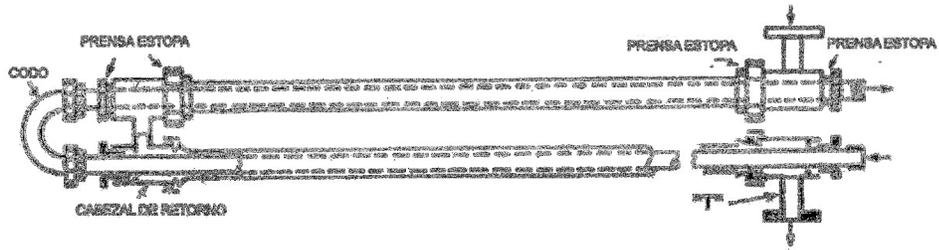


Figura 2.40 Esquema de intercambiador de tubería doble

Fuente: www.ibeninson.com.ar

2.5.2.1.2.- Intercambiadores enfriados por aire

Consisten en una serie de tubos situados en una corriente de aire, que puede ser forzada con ayuda de un ventilador. Los tubos suelen tener aletas para aumentar el área de transferencia de calor.



Figura 2.41 Intercambiador enfriado por aire

Fuente: www.pfenniger.cl

Pueden ser de hasta 40 ft (12 m) de largo y anchos de 8 a 16 ft (2,5 a 5 m). La selección de un intercambiador enfriado por aire frente a uno enfriado por agua es una cuestión económica, hay que considerar gastos de enfriamiento del agua, potencia de los ventiladores y la temperatura de salida del fluido (un

intercambiador de aire, tiene una diferencia de temperatura de unos 15 °F (8 °C). Con agua se obtienen diferencias menores.

2.5.2.1.3.- Intercambiadores de tipo placa

Llamados también intercambiadores compactos. Pueden ser de diferentes tipos:

- Intercambiadores de tipo placa y armazón (*plate-and-frame*) similares a un filtro prensa.
- Intercambiadores de aleta de placa con soldadura (*plate fin*).



Figura 2.42 Intercambiadores de tipo placa

Fuente: www.sedical.com

Admiten una gran variedad de materiales de construcción, tiene una elevada área de intercambio en una disposición muy compacta. Por la construcción están limitados a presiones pequeñas.

2.5.2.1.4.- Intercambiadores de tubo y coraza

Los intercambiadores de tubo y coraza ofrecen una razonable compactación y permiten un económico proceso de transferencia de calor en concordancia con la fortaleza de la estructura mecánica y constructiva.

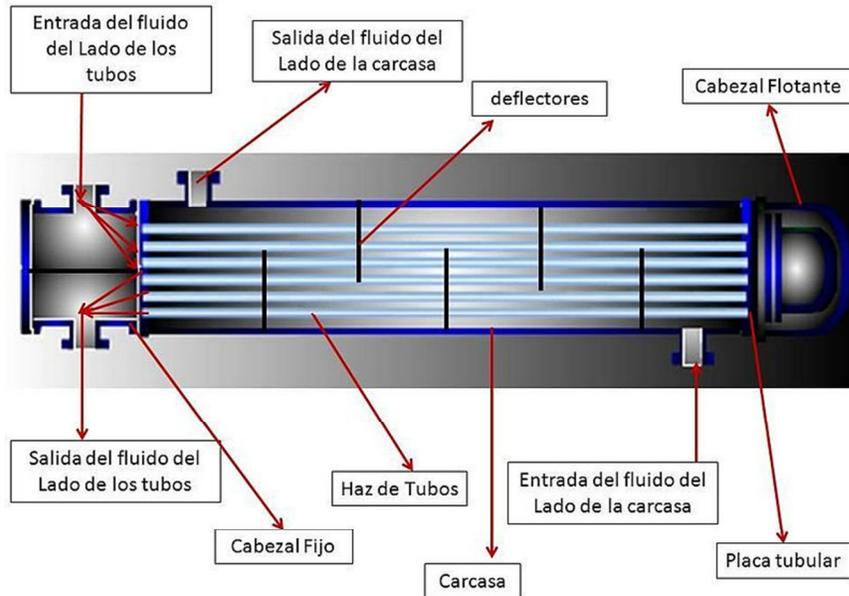


Figura 2.43 Esquema de un intercambiador de calor tubos coraza

Fuente: Mendoza P, Heriberto(2006), *Desarrollo de un procedimiento de cálculo mejorado para diseño térmico y/o evaluación térmica de intercambiadores de calor de carcasa-haz de tubos, UCV*

Son los intercambiadores más ampliamente utilizados en la industria química y con las consideraciones de diseño mejor definidas. Consisten en una estructura de tubos pequeños colocados en el interior de un carcasa de mayor diámetro.

Los intercambiadores de calor de tubos coraza se clasifican, según el flujo en:

- Flujo paralelo
- Contraflujo

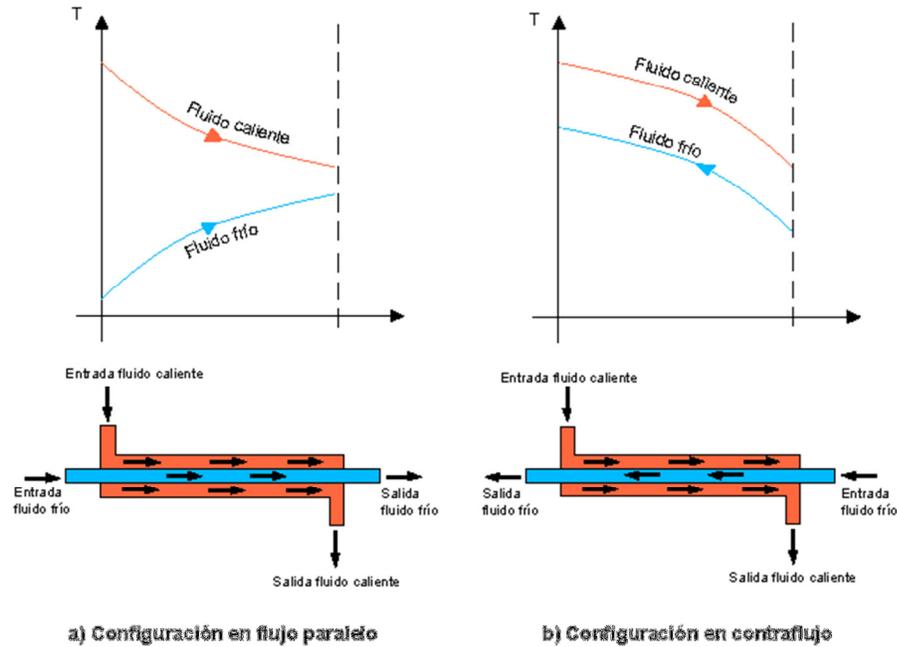


Figura 2.44 Flujo paralelo y contraflujo

Fuente: Transferencia de calor, Cengel, 6ta Ed.

De los cuales la mayor tasa de transferencia de calor se da cuanto la configuración es en contraflujo

2.5.3 SISTEMAS DE PASTEURIZACIÓN

Existen básicamente dos tipos de sistemas de pasteurización, los cuales radican su eficiencia en los componentes mecánicos a utilizar.

2.5.3.1 Sistema Continuo

Este sistema consiste en tener una sola unidad compacta que realice todo el proceso, la cual basa su fundamento en la preparación de la mezcla, calentamiento y enfriamiento y está formado de los siguientes componentes:

- Tanque de preparación de la mezcla el cual tiene una camisa de calefacción que permite calentar la mezcla.
- Bomba de transferencia para enviar la mezcla a un tanque “balanceador”.
- Tanque balanceador el cual posee en su interior un medidor de nivel.
- Bomba centrífuga de alimentación al pasteurizador, la cual toma la mezcla del tanque balanceador hacia el pasteurizador.
- El intercambiador de calor de placas consiste en un bastidor rígido donde se montan las placas, las cuales realizan el proceso en etapas, las primeras dos son de enfriamiento, la siguiente es de regeneración, una de calentamiento y una de mantenimiento de la temperatura. Además estas placas son de fácil desarme para limpieza periódica. En la etapa de recuperación, por una cara circula el mix caliente y por la otra el mix frío lográndose de este modo una recuperación de calor que y según el diseño del equipo puede ser superior al 90%.
- Equipo de calentamiento: el cual utiliza agua caliente la cual es calentada en un sistema de calentamiento externo o puede ser calentado por inyección directa de vapor suministrado por una caldera o en instalaciones pequeñas calentado por energía eléctrica.
- Válvula de seguridad la misma que impide que la mezcla cruda se mezcle con el producto pasteurizado.
- Equipo de producción de agua fría la cual es la última sección del pasteurizador, en esta parte la mezcla es enfriada a 4 o 5 °C por medio de la acción de agua helada, normalmente a 0°C, utilizando unidades o bancos de enfriamiento que permitan mantener el agua a esta temperatura.

Cabe recalcar que todos los componentes deben estar construidos en acero inoxidable para mejor tratamiento del producto.

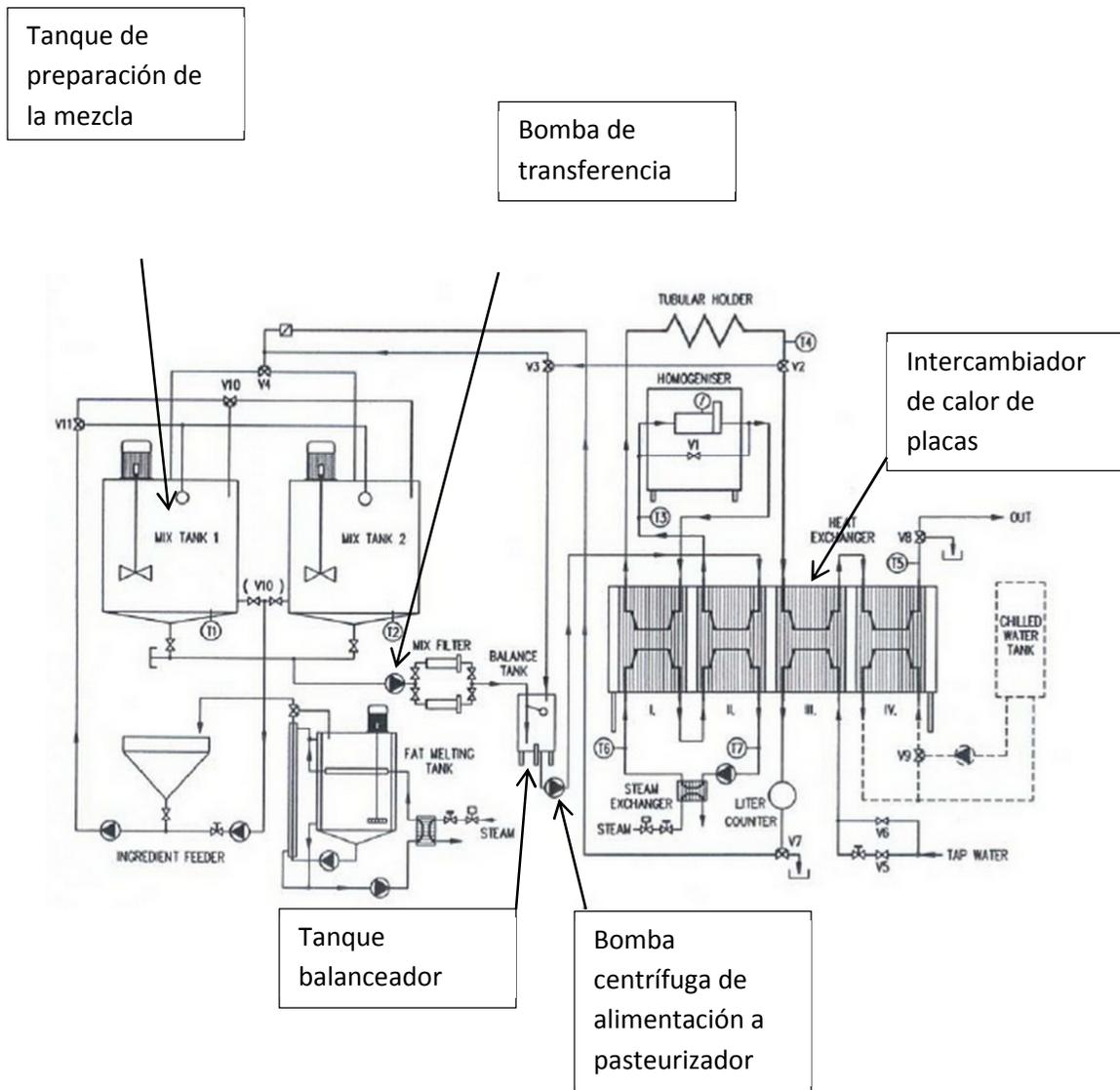


Figura 2.45 Sistema de continuo de pasteurización

Fuente: Wordpress

2.5.3.2 Sistema discontinuo

Este sistema es muy eficiente para volúmenes pequeños, al contrario del sistema continuo anteriormente mencionado, por lo que sus características principales se basan en que se puede procesar cantidades desde 40 a 150 litros con costos muy asequibles y que responden a las necesidades.

Los componentes principales de este tipo de configuraciones consisten en los siguientes componentes:

- Recipiente deposito el cual contiene un fondo cónico para poder evacuar la mezcla y además tiene una camisa externa para un sistema de intercambio de calor.
- Circuito de calentamiento el cual permite calentar el líquido hasta una temperatura que permita eliminar la mayoría de los microorganismos resistentes al frío. Normalmente este sistema es realizado por resistencia eléctrica o termostato.
- Circuito enfriamiento el cual consiste en enfriar el producto hasta una temperatura de 25 – 30 °C, gracias a que un agente externo (agua o glicol) extrae el calor mientras se realiza este proceso.

2.5.4 TIPOS DE PASTEURIZACIÓN

Existen generalmente tres tipos de pasteurización, los cuales están descritos abajo:

2.5.4.1 Pasteurización Lenta (VAT o LTH)

Este proceso es aplicable para alimentos enlatados como cerveza, zumo de frutas, etc... y esencialmente para volúmenes desde 100 a 2000 litros en un tiempo aproximado de 30 minutos.

La principal característica de este tipo de pasteurización es que el intercambio de calor se realiza a través de tanques de doble pared por los cuales circulan el fluido caliente el fluido frío.

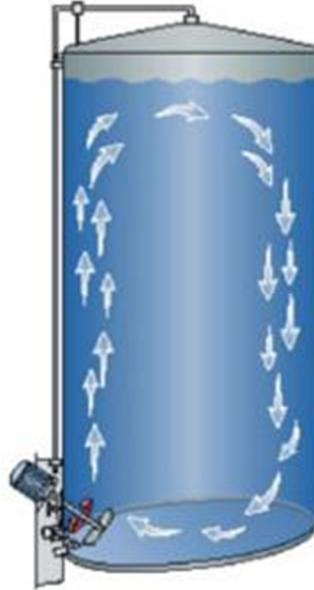


Figura 2.46 Tanque de doble pared

Fuente: Wordpress

También se puede realizar el enfriamiento, por medio de un intercambiador de calor de otro tipo, por ejemplo, torre de enfriamiento, tubos coraza, aletas, etc...

Para el proceso en mención, tenemos que llegar a temperaturas bajas, por lo que un intercambiador externo al tanque de doble pared es la mejor opción ya que el proceso de enfriamiento del metal es lento y aumentaría la posibilidad de que las bacterias se desarrollen, dañando el producto.

2.5.4.2 Pasteurización Alta (HTST)

La pasteurización alta, hoy en día es la más utilizada ya que consta de intercambiadores de calor que elevan la temperatura del producto a 85°C aproximadamente en un tiempo de 15 a 20 segundos. El intercambiador de calor más común es el de placas, el cual es realmente eficiente para este tipo de aplicación.

En este tipo de pasteurización se conocen dos tipos:

- Por lotes el cual consiste en producir cantidades determinadas con paradas en cada proceso.
- Continuo el cual consiste en una producción sin paros durante el proceso, el cual utiliza intercambiadores como se muestra en la figura.



Figura 2.47 Flujo continuo – Pasteurización alta

Fuente: Wordpress

Ventajas del proceso

- Procesa grandes volúmenes de líquido
- Puede transportarse separando sus componentes
- Sistema automatizado.
- Proceso rápido
- Evita al máximo contaminaciones, ya que es un sistema cerrado.

Desventajas del proceso

- No puede adaptarse para procesar cantidades pequeñas
- Es difícil su drenaje
- Es necesario una bomba de presión

2.5.4.3 Pasteurización superior (UHT)

Este proceso está aplicado a nivel industrial, ya que consiste en elevar la temperatura del producto a 110 o 115 °C en un tiempo relativamente corto de 4 segundos y repentinamente enfriado hasta 32 °C, por tal desfase de tiempo, se evita al máximo la degradación del alimento y produce que los alimentos tengan un sabor muy particular: Este proceso es ideal para zumos de frutas, leche, cremas, yogures, vino, sopas, guisos, alimentos, para bebé y derivados del tomate.

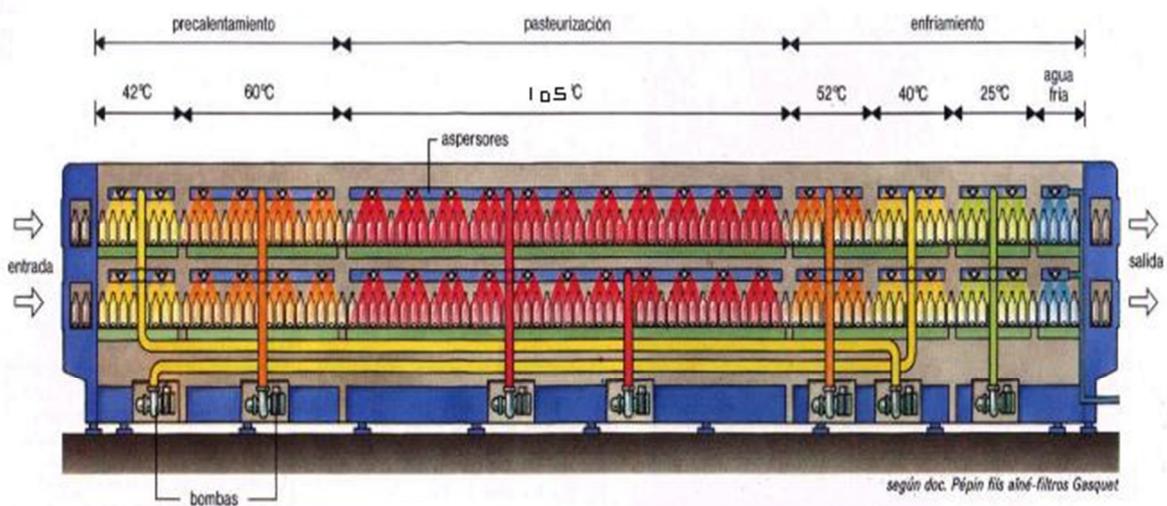


Figura 2.48 Pasteurización UHT

Fuente: Wordpress

Ventajas del proceso

- Alta calidad del producto
- Tiempo de caducidad de hasta 6 meses
- Costo de empaque más económico.
- No requiere enfriamiento para su transportación.

Desventajas del proceso

- Se necesita equipo altamente tecnológico
- Personal capacitado para manejo de la máquina.
- Mantenimiento de alta calidad.

2.6 INSTRUMENTACIÓN

La instrumentación es la ciencia que se dedica a la medición y control de procesos industriales, electrónicos o musicales, mismos que están conformados de diferentes variables las cuales se destacan la presión, caudal, temperatura, tiempo, peso, velocidad, nivel, etc...

Dependiendo es proceso industrial a medir o controlar, es indispensable enfocarse específicamente a las necesidades a indagar.

El proceso de la leche de Soya, contiene ciertos pasos y regulaciones, las cuales deben ser medidas y controladas para obtener el producto deseado, y para ello se debe considerar los siguientes componentes:

- Manómetros
- Sensores de temperatura
- Controladores de temperatura

- Válvulas
- Medidores de nivel
- Temporizadores

2.6.1 TIPOS DE MANÓMETROS

Un manómetro es un instrumento que sirve para medir e interpretar en cierta escala la presión que especificado sistema contiene. La presión puede estar dada en diferentes escalas de unidades, siendo las más comunes:

- Psi
- Bar
- Atm

Las aplicaciones de los manómetros dependen directamente de la necesidad, ya que existen de varias capacidades y de exactitudes diferentes, según se requiera.

Existen muchas clasificaciones de los manómetros, pero la que mejor se adapta, para poder elegirlo en este proyecto es la siguiente:

2.6.1.1 Por su elemento sensible

El elemento que genera la deformación elástica, el cual nos proporciona indirectamente la medida de presión, es un elemento interno del manómetro que juega el rol más importante del funcionamiento del mismo, por ende los podemos clasificar dependiendo su diseño.

- Cápsula o membrana.- usualmente este tipo de manómetros es usado para medir presiones comprendidas entre 5 mbar y 600 mbar

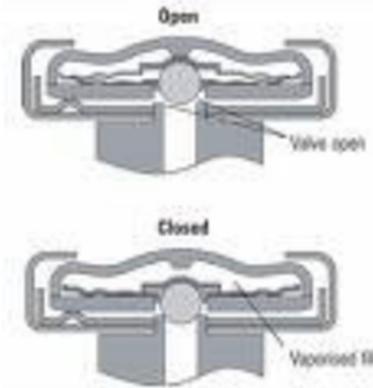


Figura 2.49 Elemento sensible – capsula o membrana

Fuente: Manometría e instrumentación

- Fuelle.- básicamente está formado por un fuelle metálico el cual puede estar compuesto de un resorte o sin este. Este instrumento es utilizado generalmente para medir presiones bajas de hasta 7 bar.

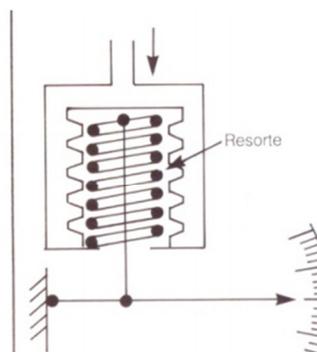


Figura 2.50 Manómetro con fuelle

Fuente: Manometría e instrumentación

- Tubo bourdon.- este tipo de manómetro, trabajo desde 1 bar hasta presiones aproximadas de 60 bar.

Este contiene principalmente un tubo aplanado de bronce o acero que tiene la forma de una "C", el cual es muy eficaz para medir bajas presiones; en caso de medir presiones altas, este tubo aplanado está enrollado en forma de espiral el cual se endereza gradualmente proporcional al aumento de presión. Este movimiento es transmitido mediante un multiplicador que mueve directamente una aguja que nos indica sobre una escala graduada, la presión interpretada.

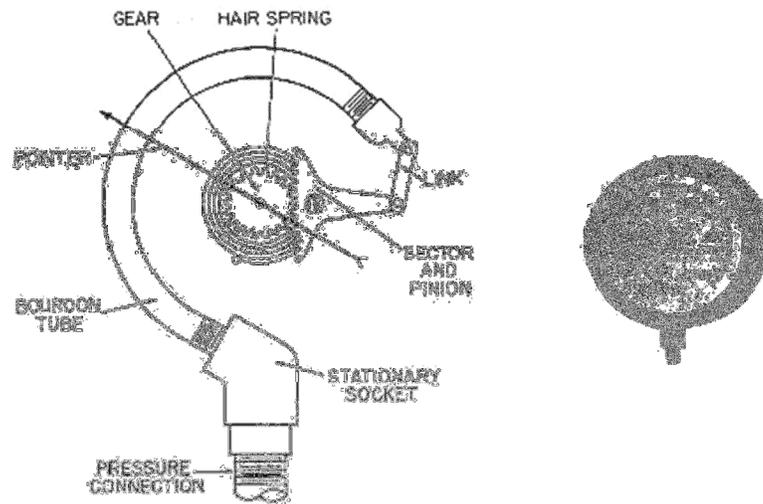


Figura 2.51 Manómetro Bourdon

Fuente: Ricardo Ambrosio Carrillo, I.A.

El tubo es el que define directamente la exactitud de este tipo de manómetros, por esa razón sólo deben emplearse tubos fabricados con las normas más estrictas, por ejemplo la UNE-EN 837-1.

Una de las características más funcionales es que existe un elemento de transmisión el cual contiene una biela para su ajuste.

Como una desventaja de este tipo de manómetros es que el almacenamiento y transporte deberá realizarse con cuidado al tratarse de elementos muy sensibles a los golpes y vibraciones.

- Tubo helicoidal.- el cual tiene la capacidad de medir presiones de hasta 100 bar



Figura 2.52 Manómetro con fuelle

Fuente: Manometría e instrumentación

2.6.2 TIPOS DE CONTROLADORES DE TEMPERATURA

El controlador de temperatura es un dispositivo electrónico capaz de interpretar una señal análoga de temperatura, mostrarlo en una pequeña pantalla o monitor y es capaz también de controlar dicha variable con el fin de mandar una señal de respuesta, la cual va a activar algún actuador externo.



Figura 2.53 Controlador de temperatura

Fuente: controladores HT4820

Este dispositivo tiene la capacidad de comparar la medida actual de temperatura con la temperatura a la que se desea llegar, con el fin de poder mandar una señal eléctrica al sistema de calefacción, refrigeración o algún otro sistema y así controlar el comportamiento del sistema.

La función principal de este dispositivo es controlar la temperatura que se encuentra censando para poder darnos información y a la vez realizar un proceso automático de dicho sistema mecánico.

Existen varios tipos de controladores de temperatura, los cuales deben ser configurados dependiendo la necesidad, entre los más comunes tenemos:

- On – Off Control
- Time Proportioning
- Current Proportioning
- Position Proportioning

2.6.2.1 ON-OFF CONTROL

Este controlador es un dispositivo diseñado para limitados procesos de control, la misma que tienen la funciones en encendido o apagado, dos posiciones, abierto o cerrado, es decir que trabaja al 100% en una posición y en la otra al 0%.

La sensibilidad de estos dispositivos está diseñada para operar dentro de un rango cercano a los puntos de activación y así poder ejecutar la señal de On a Off o viceversa. La histéresis no es recomendable setearla en un rango muy estrecho, ya que puede ser que al activarse y desactivarse demasiadas veces, la vida útil del dispositivo puede bajar considerablemente, debido a que algún relé puede dañarse o aumentar la temperatura de todo el sistema; por lo tanto esta hysteresis debería estar seteada con un suficiente tiempo de retardo para evitar esta condición.

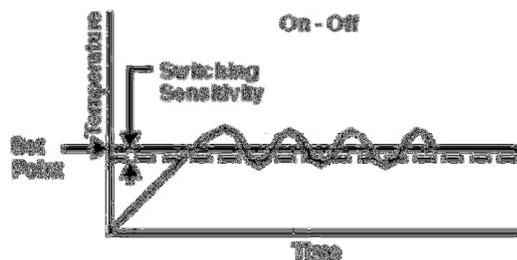


Figura 2.54 Curva de sensibilidad de un controlador de temperatura On - Off

Fuente: Aldo Amador, ABC de la Automatización

2.6.2.2 Time Proportioning

Este tipo de dispositivo es recomendable específicamente para aplicaciones que requieran más control de los procesos que realiza o los que controla.

El funcionamiento consiste en controlar el tiempo de apagado o encendido al momento que la señal se acerca al set-point, que en este caso es ingresado por

el usuario, por esta razón es mucho más exacto y se puede controlar de mejor manera determinados procesos que exijan más variantes de control.

Los tiempos de activación y desactivación para este tipo de dispositivos funcionan de la siguiente manera:

- Cuando el proceso se encuentra en el nivel más bajo de la Banda proporcional el tiempo de activación (On) es más largo que el tiempo de apagado (Off),
- Cuando el proceso se encuentra cerca del set point el tiempo de activación (On) es más corto que el tiempo de apagado (Off), la diferencia que existe entre el punto de control y el set point es denominada “droop”.

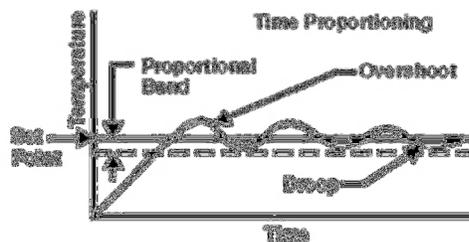


Figura 2.55 Curva de sensibilidad de un controlador de temperatura Time Proportioning

Fuente: Aldo Amador, ABC de la Automatización

La mejor manera de explicar el funcionamiento de este dispositivo es poner como ejemplo un horno en el que se necesita regular la temperatura controlando a una resistencia de calefacción, ya que gradualmente se activaría el calentamiento de la resistencia y cuando quiera exceder la temperatura del sistema, este controlador, lo desactivaría proporcionalmente.

2.6.2.3 Current Proportioning

Este tipo de dispositivo tiene mucho más control que el mencionado anteriormente, ya que varía su señal dependiendo de la temperatura que existe en el sistema a controlar. Este dispositivo envía una señal eléctrica que va desde 4 a 20mA DC dependiendo de la temperatura que este programada, así por ejemplo, una señal de 20mA, apagara completamente el sistema y una señal de 4mA encenderá el sistema completamente, o viceversa. Mientras el sistema se encuentre en funcionamiento, el controlador ira variando la intensidad de corriente para controlar el sistema poco a poco y no tener cambios bruscos de temperatura en el sistema.

En este tipo de control existe una relación lineal continua entre el valor de la variable controlada y la posición del elemento final de control.

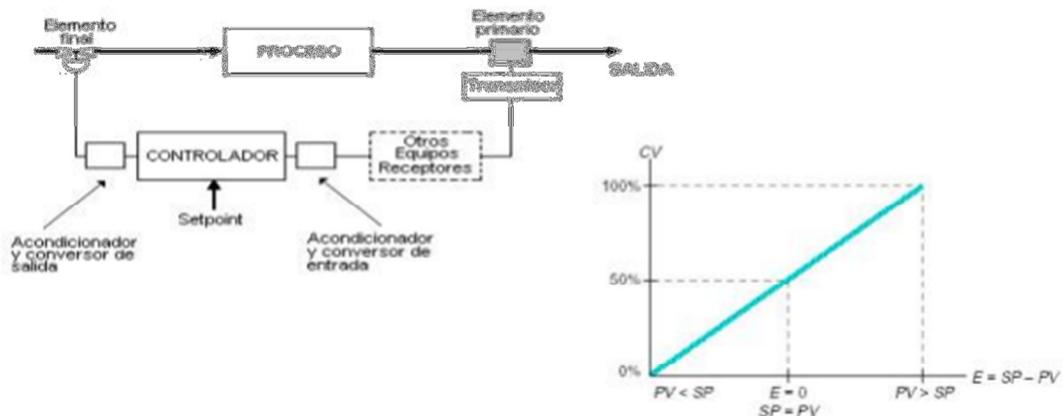


Figura 2.56 Controlador del tipo Current Proportioning

Fuente: Aldo Amador, ABC de la Automatización

2.6.2.4 Position Proportioning

Este dispositivo es básicamente el anterior (Current Point) adicionado un elemento adicional llamado SlideWire, el cual consiste en variar la posición de un dispositivo de 0 a 90°. Este sistema se encuentra formado de un sensor del tipo Slidewire que entrega una señal que puede variar de 4 a 20 mA, valor que depende de la posición (0 a 90°), este sistema puede controlar el comportamiento de algún actuador dependiendo de la intensidad de señal que reciba, manteniendo siempre un control más riguroso al comportamiento del sistema.

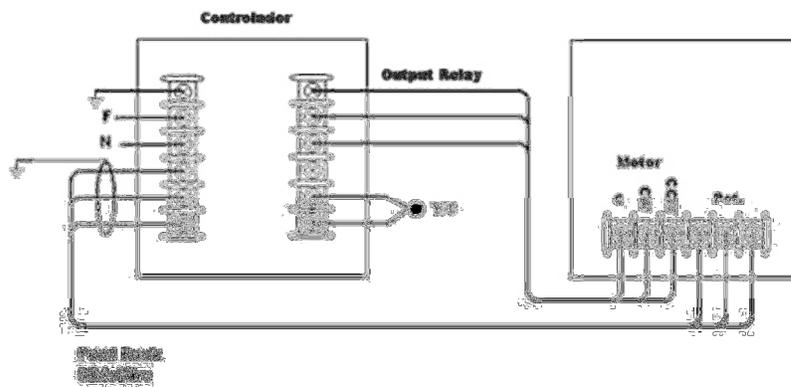


Figura 2.57 Controlador de temperatura Current Proportioning

Fuente: Aldo Amador, ABC de la Automatización

2.6.3 TIPOS DE SENSORES DE TEMPERATURA

Los sensores de temperatura son elementos que nos sirven para obtener un dato de una variable de temperatura, las cuales se encuentran clasificadas básicamente en dos:

- Termocuplas
- Termo resistencias (RTD)

2.6.3.1 Termocuplas

Las Termocuplas están formadas por dos materiales distintos en un extremo, con el fin de que cuando exista una variación de temperatura, en dicha unión se genera una tensión, que puede ser expresada en mili voltios, esta variable de voltaje aumenta con el incremento de temperatura.

Por lo dicho anteriormente, las Termocuplas están formadas por dos clases de metales unidos, por lo que a la vez estos se pueden clasificar dependiendo del material. Esta unión e interacción de distintos materiales nos sirve para que las Termocuplas puedan ser usadas para distintas aplicaciones y rangos de temperatura.

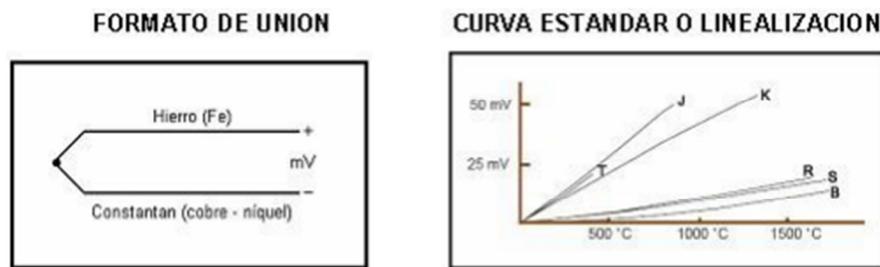


Figura 2.58 Características de las Termocuplas

Fuente: Pedro Garrido, ABC de la Automatización

Los tipos de Termocuplas varían dependiendo de la temperatura y del material, y se clasifican de la siguiente manera:

TIPO	COMPOSICION	RANGO T ^a
J	Hierro - Constantan	0 a 600° C
K	Niquel – Cromo Niquel	0 A 1200 °C
S	90% Platino 10% Rodio – 100% Platino	0 A 1600 °C
R	87% Platino 13% Rodio – 100% Platino	0 A 1750 °C
T	Cobre - Constantan	0 A 370 °C
B	70% Platino 30% Rodio – 94% Platino 6% Rodio	0 A 1820 °C

Figura 2.59 Tipos de Termocuplas

Fuente: Pedro Garrido, ABC de la Automatización

2.6.3.2 Termo resistencias (RTD)

Las termo resistencias se basan en la resistencia que tienen los materiales en función de la temperatura en la que se encuentran, así por ejemplo, la resistividad del platino, más conocido en la industria como PT100, tienen una resistencia de 100 (Ohms) a 0°C

El valor resistivo de estos elementos aumenta, conforme aumenta la temperatura, y su rango de aplicación varía desde los -220 °C a 1050 °C, siendo la aplicación más común hasta los 700 °C.

Estos elementos están fabricados dependiendo de la necesidad y la temperatura a censar, las más comunes están fabricadas en una diminuta placa de fibra resinoide y esta nos puede ser útil para un rango de -50 hasta 200°C, para mayores temperaturas se fabrican en cápsulas de vidrio, y para las temperaturas más altas, hasta 700°C, se fabrican en bulbo cerámico.

2.6.4 TIPOS DE VÁLVULAS

Una válvula es un elemento de control el cual impide o deja pasar al fluido de trabajo por medio de una señal, sea esta manual, electrónica, neumática o hidráulica.

La apertura de la válvula puede variar desde 0 a 100 % de la carrera, dependiendo de las características de cada válvula. Existen válvulas que solo funcionan en dos posiciones, por ejemplo, ON – OFF, o hay otras válvulas que puede variar su posición porcentualmente dependiendo de la necesidad.

En el diseño de líneas hidráulicas debemos tener en cuenta que las válvulas nos quitan siempre una cantidad de presión, debido a su configuración en sí, siendo así que esta reducción se puede representar siguiendo la siguiente relación:

$$Q = Cv \sqrt{\frac{\Delta}{Y}}$$

Donde

Q = caudal medido (GPM)

Cv = capacidad inherente de la válvula, o caudal característico, el cual es la capacidad que tiene una válvula de dejar pasar el fluido sin restricción, la cual la hace comparable con otro tipo de válvulas.

ΔP = diferencia de presión entre la entrada y salida de la válvula (PSI)

Y = es la gravedad específica del fluido (adimensional).

En la industria existen muchas variables a tomar en cuenta para la selección del mejor tipo de válvula para satisfacer la necesidad, por esta razón, se han creado un sinnúmero de clases de válvulas las cuales intentan cubrir todos los requerimientos mencionados anteriormente, las cuales son:

2.6.4.1 Válvulas de compuerta.

Las válvulas de compuerta están diseñadas básicamente para deslizarse en ángulo recto sobre su asiento, dado que existe una compuerta que es accionada por un sistema de tornillo, el cual dicta su posición, cerrando o abriendo el paso del fluido.

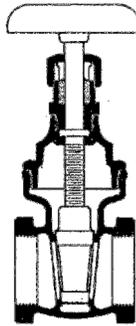


Figura 2.60 Válvula de compuerta.

Fuente: Robert C. Rosaler, Manual de mantenimiento industrial.

Para seleccionar de mejor manera este tipo de válvulas, se tiene que tomar en cuenta la siguiente información:

- Tipo de conexiones de extremo.
- Tipo de asiento
- Capacidad de presión para operación
- Capacidad de temperatura.

2.6.4.2 Válvulas de macho

Este tipo de válvulas son más conocidas como $\frac{1}{4}$ de vuelta, ya que con un ligero cambio de posición de 0 a 90° se puede abrir o cerrar dependiendo la necesidad. Este tipo de valvulas tiene un agujero en el macho cilíndrico que permite el paso del fluido.

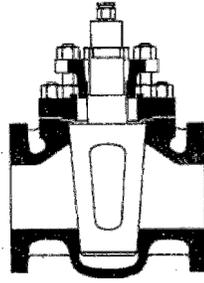


Figura 2.61 Válvula de macho

Fuente: Robert C. Rosaler, Manual de mantenimiento industrial.

Para seleccionar de mejor manera este tipo de válvulas, se tiene que tomar en cuenta la siguiente información:

- Material del cuerpo.
- Material del macho.
- Capacidad de temperatura.
- Tipo de lubricante.

2.6.4.3 Válvulas de globo

Este tipo de válvulas es similar a las de compuerta con la diferencia que este se cierra por medio de un tapón o disco como se puede apreciar en la figura inferior.

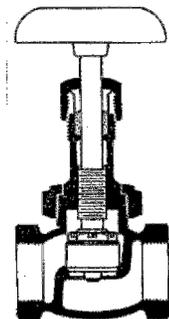


Figura 2.62 Válvula de globo

Fuente: Robert C. Rosaler, Manual de mantenimiento industrial.

Para seleccionar de mejor manera este tipo de válvulas, se tiene que tomar en cuenta la siguiente información:

- Tipo de conexiones de extremo.
- Capacidad de presión.
- Capacidad de temperatura.

2.6.4.4 Válvulas de bola

Estas válvulas tienen la acción de $\frac{1}{4}$ de vuelta, la misma que tiene una bola que gira rotatoriamente. Este tipo de válvulas tienen una perforación en la bola con el fin de que cuando gire hasta la posición final, pueda dejar pasar el fluido.

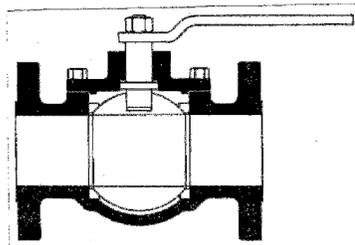


Figura 2.63 Válvula de bola

Fuente: Robert C. Rosaler, Manual de mantenimiento industrial.

Para seleccionar de mejor manera este tipo de válvulas, se tiene que tomar en cuenta la siguiente información:

- Temperatura de operación.
- Presión de funcionamiento.
- Orificio completo o reducido.

2.6.4.5 Válvulas de mariposa

Las válvulas mariposa tienen un disco que obstruye el paso del fluido, este gira 90° y adopta la dirección del fluido para dejarlo pasar completamente y evitar al máximo las pérdidas de presión.



Figura 2.64 Válvula de mariposa

Fuente: Robert C. Rosaler, Manual de mantenimiento industrial.

Para seleccionar de mejor manera este tipo de válvulas, se tiene que tomar en cuenta la siguiente información:

- Tipo de cuerpo.
- Material del cuerpo.
- Presión de funcionamiento.
- Temperatura de funcionamiento.

2.6.4.6 Válvulas de diafragma

Las válvulas de diafragma efectúan su sello por medio de un elemento flexible, gracias a su sistema de vueltas múltiples, puede garantizar un sello permanente e impedir el paso del fluido. Este tipo de válvulas a la vez funcionan con un compresor el cual es movido por el vástago para hacer sello entre las superficies.

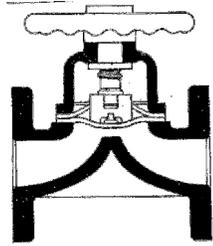


Figura 2.65 Válvula de diafragma

Fuente: Robert C. Rosaler, Manual de mantenimiento industrial.

Para seleccionar de mejor manera este tipo de válvulas, se tiene que tomar en cuenta la siguiente información:

- Presión de funcionamiento.
- Temperatura de funcionamiento.
- Material del cuerpo.
- Material del diafragma.
- Conexiones de extremo.
- Tipo de accionamiento.

2.6.4.7 Válvulas de apriete

Este tipo de válvulas tiene un sistema de tornillo con el fin de apretar a los elementos flexibles interiores, sean estos de caucho o diafragmas, para lograr obtener un sello y poder controlar el paso del fluido.

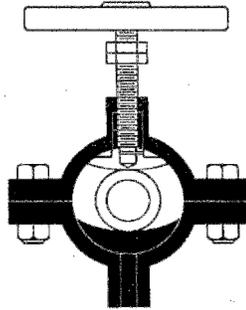


Figura 2.66 Válvula de apriete

Fuente: Robert C. Rosaler, Manual de mantenimiento industrial.

Para seleccionar de mejor manera este tipo de válvulas, se tiene que tomar en cuenta la siguiente información:

- Presión de funcionamiento.
- Temperatura de funcionamiento.
- Materiales de la camisa.

2.6.4.8 Válvulas de retención (check) y de desahogo (alivio)

Este tipo de válvulas nos sirven para control de flujo y presión del sistema hidráulico: Al contrario de las válvulas mencionadas anteriormente, estas no necesitan accionamiento manual, sino que se accionan automáticamente dependiendo de cómo esta haya sido configurada, a continuación se mencionan los tipos de válvulas que pertenecen a este grupo:

2.6.4.8.1 Válvulas de retención (check).

Las válvulas de retención están diseñadas para impedir el paso del fluido de un solo sentido, la misma válvula posee un funcionamiento totalmente independiente

y funcional el cual permite abrirse cuando el fluido va en un sentido mientras que se cierra cuando el fluido quiere regresar.

Existen 3 tipos de estas válvulas las cuales son:

2.6.4.8.1.1 Válvulas de retención del columpio.

El funcionamiento de esta válvula depende de un disco en forma de bisagra que solo se abre en un solo sentido, con el propósito de que cuando el fluido salga, este disco se desplace y deje pasar el líquido, pero cuando el fluido quiera regresar, el disco regresara a la posición inicial impidiendo el paso del líquido.

2.6.4.8.1.2 Válvulas de retención de elevación

La válvula de retención de elevación es muy similar a la válvula de globo, ya que tiene sus mismos componentes excepto el accionamiento, ya que este es automático. Cuando el fluido quiere pasar en un sentido, este debe sobrepasar la constante del resorte interno, el cual debe estar seleccionado dependiendo del trabajo o servicio, y cuando se suspende el flujo y el fluido quiere regresar, el resorte regresa a la posición inicial, cerrando el sistema e impidiendo el paso en sentido contrario.

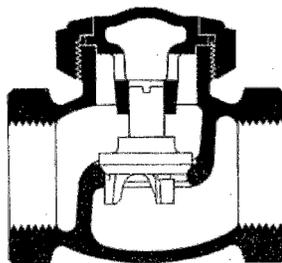


Figura 2.67 Válvula de retención de elevación

Fuente: Robert C. Rosaler, Manual de mantenimiento industrial.

2.6.4.8.1.3 Válvula de retención de mariposa

Esta es muy similar a la válvula de mariposa, pero con la diferencia que el disco interno funciona como bisagra sujeto a un eje, de modo que cuando exista la fuerza de flujo en un sentido, este adopte la posición en sentido del flujo, pero cuando este quiera ir en el sentido contrario, este regresara a la posición inicial.

2.6.4.8.2 Válvulas de desahogo (alivio)

Las válvulas de desahogo sirven principalmente de seguridad y control del funcionamiento del sistema, ya que esta depende de la presión. Este tipo de válvulas controla directamente la presión interna del sistema, abriendo con lentitud el paso del fluido, conforme el sistema excede la presión normal de funcionamiento del sistema.

Esta válvula es muy similar a la válvula de seguridad, la misma que se abre para sacar el exceso de presión del algún componente presurizado.

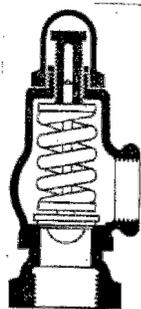


Figura 2.68 Válvula de desahogo

Fuente: Robert C. Rosaler, Manual de mantenimiento industrial.

2.6.5 TIPOS DE MEDIDORES DE NIVEL

Para medir el nivel de un recipiente, es necesario conocer cómo funcionan los diferentes sistemas de medición, métodos de medición y las clases de medidores existentes, con el fin de adoptar uno de ellos al servicio o trabajo a realizar.

El nivel se puede entender como la medición de distancia que existe entre una línea de referencia y la superficie del fluido, dada esta afirmación podemos decir que nuestro medidor nos va a mostrar la cantidad de fluido existente dentro de un recipiente.

2.6.5.1 Métodos de medición.

El nivel de fluido que existe dentro de un recipiente puede variar dependiendo de la necesidad del sistema a medir, ya que puede existir sistemas cerrados, abiertos, presurizados, etc... los cuales pueden contener distintos tipos de fluidos, los mismos que varían su viscosidad, temperatura, etc... por estas razones existen métodos para cada necesidad las cuales son:

- Métodos de medición directa
- Métodos de medición indirecta.

2.6.5.1.1 Métodos de medición indirecta

2.6.5.1.1.1 Método por medidores actuados por desplazadores.

Los medidores de este tipo están formados por una palanca, un tubo de torsión y un desplazador, los cuales interactúan entre sí para darnos una medida de cuanto líquido existe dentro de un recipiente.

Las aplicaciones más frecuentes de este tipo de medidores se radica en sitios remotos, es decir, cuando existe un limitante de espacio o difícil de acceder a los tanques.

Su funcionamiento depende directamente de la fuerza ejercida por el agua hacia el desplazador, el cual desplaza una palanca que ejerce una acción de torque hacia el tubo de torsión y este a la vez gira para representar la acción en un monitor o instrumento tipo aguja.

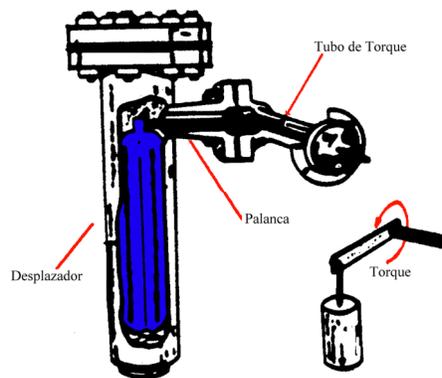


Figura 2.69 Medidor actuado por desplazador

Fuente: Robert C. Rosaler, Manual de mantenimiento industrial.

2.6.5.1.1.2 Método de medidores actuados por presión hidrostática.

Este tipo de medidores se basan en el principio de la presión en cualquier punto debajo del nivel del líquido, dado que:

$$P = Pe \cdot H$$

Dónde:

P = Presión hidrostática

Pe = Peso específico

H = altura

Para este tipo de principio existe algunos medidores de los cuales lo más usuales son:

2.6.5.1.1.2.1 Sistema básico o Manómetro.

Este dispositivo tiene el mismo principio del manómetro, cuyo principio de basa en la presión hidrostática existente en un recipiente, pero con la ligera variación que en la escala no está graduada en unidades de presión, sino en unidades de nivel.

En caso de que el líquido sea corrosivo o viscoso, es necesario aislar el instrumento del medio.

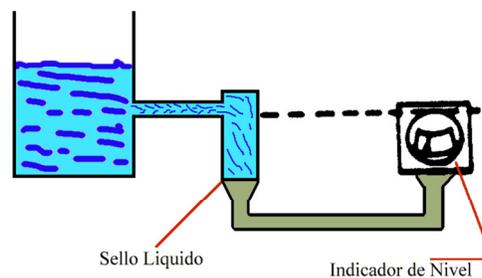


Figura 2.70 Medidor de nivel mediante Presión Hidrostática

Fuente: Robert C. Rosaler, Manual de mantenimiento industrial.

2.6.5.1.1.2.2 Método de diafragma-caja

Este instrumento es una caja en la que contiene un tubo capilar lleno de aire, el cual cuando recibe contacto con el agua, este tiende a comprimirse por la acción del diafragma, mandando una señal al instrumento que interpreta este desplazamiento y lo interpreta en unidades de nivel.

Los diafragmas a ser colocados dependen de la necesidad, siendo los más usuales de caucho o de una composición sintética para el caso de aceites.

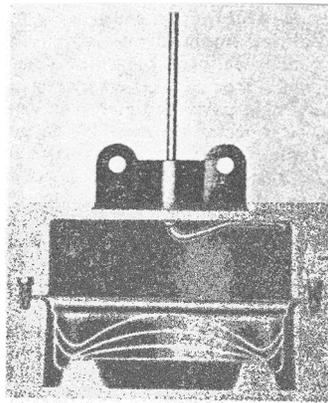


Figura 2.71 Diafragma-caja medidor de nivel de líquidos

Fuente: Cortesía de Foxboro Co.

2.6.5.1.1.2.3 Método de presión diferencial

Este tipo de medidores basan su principio de medidores de flujo por medio de la presión diferencial, y es usada en tanques al vacío. Para poder tener una lectura de nivel es simple recordar que cuando el caudal este en cero, quiere decir que el nivel ha llegado al máximo.

Cabe recalcar este se basa en el principio neto de la presión hidrostática, la cual coge lecturas de presión en la superficie del líquido en ambas conexiones con la

finalidad de anularla, y que la presión que detecta sea netamente la presión hidrostática, con la que se puede fácilmente traducirla a unidades de nivel.

2.6.5.1.1.2.4 Método de presión relativa.

El principio del funcionamiento de este método es el más simple de los fundamentos hidráulicos, ya que por medio de la presión que ejerce un fluido contenido en un recipiente, se puede obtener la altura por medio de un tubo, anexo al tanque y conectado directamente en el nivel más bajo del nivel que se desea medir. Dada esta afirmación, se puede decir que la altura medida en este instrumento, es directamente proporcional a la presión que ejerce el fluido al elevar su altura.

Para tener una medida muy específica del fluido es necesario conocer las propiedades del fluido, sean estas: gravedad específica, temperatura, etc... las cuales permitirán informarnos el comportamiento del líquido dentro del recipiente.

2.6.5.1.1.2.5 Método de trampa de aire

Esta opción es muy similar al método de diafragma, tiene el mismo principio pero con la ligera diferencia que no posee diafragma, sino que existe la presión directa del aceite hacia el capilar y por medio de este el instrumento nos dará una lectura de nivel.

Es necesario tomar en cuenta que necesariamente el aceite debe estar siempre limpio para poder adaptar este método de medición.

2.6.5.1.1.2.6 Método de duplicador de presión

Este método consiste en un sistema mecánico, el cual interactúa entre sí para poder darnos una medida de nivel por medio de la toma de la presión de una columna de líquido.

El funcionamiento consiste en que la columna de líquido ejerce una presión sobre el diafragma mientras que una tubería suministra aire al medidor de nivel a una presión de 3 a 5 psi más que la presión que ejerce la columna del líquido en su nivel máximo, a la vez una conexión transmite una señal hacia un receptor de una lectura que será interpretada como nivel del líquido.

Normalmente este tipo de medidores se los coloca en el fondo del recipiente.

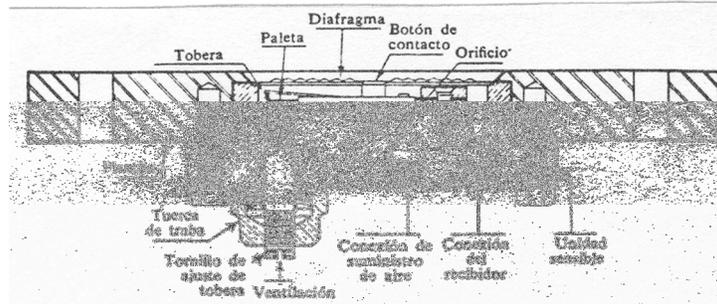


Figura 2.72 Transmisor de nivel de líquido

Fuente: Cortesía de Taylor Instrument Co.

2.6.5.1.2 Métodos de medición directa

2.6.5.1.2.1 Método de medición de sonda.

Este método es la más antigua y conocida por muchas persona, ya que consiste simplemente en introducir una regla graduada de cierta longitud, la cual nos permite verificar en unidades de nivel, la altura en que se encuentra el fluido.

Como se debe introducir la regla, es recomendable hacer esta lectura solo en tanques que estén a presión atmosférica, generalmente tanques de gasolina, aceite, agua, etc...

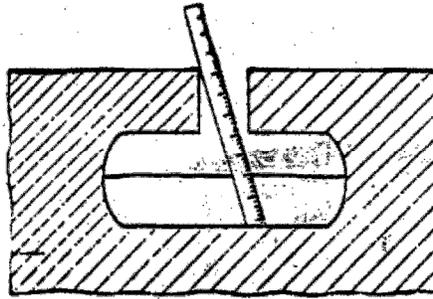


Figura 2.73 Medidor de sonda

Fuente: Cortesía de Taylor Instrument Co.

2.6.5.1.2.2 Método por aforación.

Cuando existen tanques de gran profundidad, se puede usar este método, ya que consiste en una carrete, una cinta graduada y un peso o plomada, los cuales unidos forman una cinta deslizante vertical que permite introducirse fácilmente en el tanque y por medio de una señal de líquido se pueda verificar el nivel de líquido.

2.6.5.1.2.3 Método indicador de cristal.

Este método es simplemente una especie de tubo anexo al tanque reservorio el cual nos indica directamente la altura del líquido, este contiene dos válvulas las cuales pueden ser abiertas en cualquier momento para poder ver el nivel sin para el proceso.

Este método es usado tanto para recipientes abiertos como para cerrados (altas y bajas presiones)

2.6.5.1.2.4 Método de flotador-boya

Usando un flotador nos permite tener una medida de nivel, gracias al empuje que ejerce la superficie del líquido en un cuerpo más liviano, por tal razón se puede obtener, por medio de un sistema mecánico, un medidor de nivel muy eficiente.

Shand y Jurs crearon un sistema mecánico que trasmite el movimiento del flotador en una medida de nivel, por medio de engranes y relaciones de transmisión, pueden interpretar en una medida exacta es comportamiento.

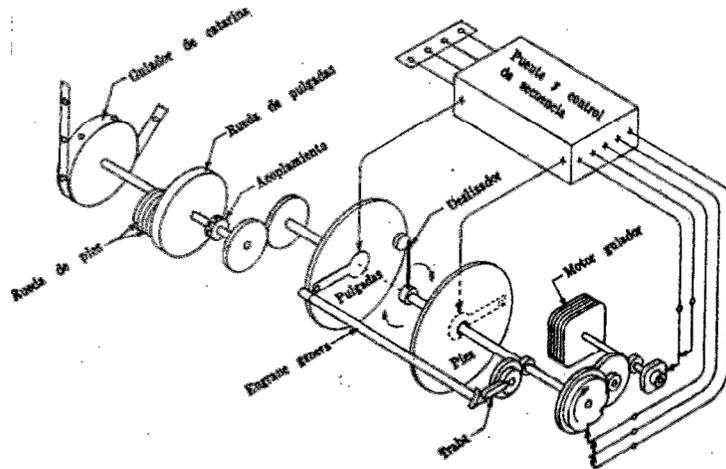


Figura 2.74 Esquema de un transmisor de nivel de líquidos.

Fuente: Cortesía de Shand & Jurs

2.6.6 TIPOS DE TEMPORIZADORES

Los temporizadores son dispositivos que nos permiten el control de circuitos eléctricos regidos por un parámetro, el tiempo. Dicho componente puede controlar la conexión y desconexión pasado un tiempo desde que se dio una orden.



Figura 2.75 Temporizador común

Fuente: Blog – temporizadores

Los temporizadores pueden trabajar a la conexión o a la desconexión.

- **A la conexión:** cuando el temporizador recibe tensión y pasa un tiempo hasta que conmuta los contactos.
- **A la desconexión:** cuando el temporizador deja de recibir tensión y al cabo de un tiempo conmuta los contactos.

Los temporizadores se pueden clasificar en:

1. **Temporizadores térmicos.**

Este tipo de dispositivos tienen una lámina bimetálica, la misma que está conectado a un transformador. Siempre tiene que estar en corto circuito para poder producir el calentamiento de dicha lamina, por lo que cuando el tiempo de temporización ha finalizado, se debe realizar la desconexión.

2. Temporizadores neumáticos.

Este tipo de temporizadores, tienen un fuelle que se comprime al ser accionado por un electroimán. El momento en que el fuelle tiende a regresar a la posición normal, este regresa de manera lenta, cumpliendo con la tarea de temporizar al sistema.

3. Temporizadores de motor sincrónico.

Este tipo de temporizadores consisten en que en su interior, tienen un mecanismo de reloj accionado por pequeño motor, y luego de cierto periodo de tiempo, un embrague electromagnético se acciona, produciendo la activación o desactivación del sistema.

4. Temporizadores electrónicos.

Este dispositivo consta de un condensador el cual se carga o descarga mediante una resistencia, siendo esta, la variante de tiempo y la manera de accionamiento o desactivación del sistema.

5. Temporizadores para arrancadores estrella triángulo.

Este tipo de temporizador está diseñado para un sistema de arranque estrella – triángulo, lo que permite el control adecuado de esta secuencia de órdenes, siendo el factor predominante, el tiempo que toma la activación de un y otro orden, de acuerdo a la necesidad de cambio de estrella a triángulo. Comúnmente, el tiempo está entre los 100 y 150 MS.

Nota: Los temporizadores mencionados anteriormente se los pueden adicionar relees, los cuales pueden facilitar a gran escala el manejo de otros dispositivos electrónicos accionándolos sin que tener que usar mucha energía y pudiendo ser adaptable para varios circuitos eléctricos.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

3.1 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Tipo de molino

Los tipos de molinos a emplearse en este tipo de máquinas, pueden ser de tipo tornillo, discos, muelas, rodillos, martillos, los cuales son aptos para moler productos alimenticios.

Tipo de filtración

Existen diferentes maneras de filtrar y separar los residuos sólidos del producto, entre los más importantes están: filtración centrífuga, por elementos filtrantes, por etapas, discos, etc... los cuales deben cumplir con el requerimiento del proceso, el mismo que consiste en separar la mayor cantidad de producto de los desechos para obtener un sistema eficiente y aprovechar al máximo la materia prima.

Recipiente de cocción

El recipiente de cocción debe tener una forma cilíndrica con la finalidad de que no exista acumulación de sólidos en esquinas. Además el recipiente de cocción debe ser adecuado para contener los mecanismos del agitador, medidor de nivel y temperatura.

El recipiente de cocción debe tener la capacidad de resistir la temperatura de vapor de agua en su pared externa, ya que la fuente de calor va a ser suministrada por la empresa auspiciante, la misma que es de un caldero de vapor.

Bombas sanitarias

Existen varios tipos de bombas en el mercado, rotatorias, centrífugas y reciprocantes, por lo que se deben tomar en cuenta las siguientes observaciones antes de seleccionar una de ellas:

- Tener el menor número de partes que se desgasten durante su funcionamiento.
- Sus empaques deben ser totalmente sellados del lado interior de la carcasa.
- Las superficies interiores de las carcasas deben ser tersas y sin esquinas.
- Gran resistencias a la corrosión
- Deben ser fáciles de limpiar interiormente.
- Deben ser de acero inoxidable

Todas las observaciones mencionadas anteriormente se relacionan directamente con los requerimientos del proceso.

Nota: La bomba que debe estar en contacto con el producto debe ser del material adecuado para dicha acción.

Sistema de Pasteurización

El sistema de enfriamiento debe ser eficiente y que cumpla con los requerimientos del cliente, ya que existe una limitación de presupuesto y la mejor opción debería ser un intercambiador de tubos-coraza.

El material debe ser de acero inoxidable, ya que el producto a procesar es alimenticio y por ende las normas de calidad así lo describen.

Es recomendable tener un sistema de recirculación para la leche de soya, para reducir las dimensiones del intercambiador y reducir la temperatura del líquido en el tiempo requerido.

Manómetros

Los tipos de manómetros varían en el mercado desde manómetros tipo bourdon hasta manómetros de tubo diferencial.

Sensores de temperatura

En procesos alimenticios se debe evitar el contacto con materiales que no sean acero inoxidable, por lo que se debe usar un aislante en la termocupla o en la termo resistencia para separarlos entre sí.

Controladores de temperatura

Para que exista un proceso adecuado y semiautomatizado se debe tomar en cuenta un controlador de temperatura para que este realice el trabajo de controlar la cocción y el enfriamiento del sistema. En los procesos automatizados existen muchos dispositivos de este tipo, usados generalmente para control de temperatura del sistema, ya que poseen una opción programable para adaptarlo a nuestras necesidades.

Válvulas

En los procesos alimenticios, tenemos a disposición una amplia gama de válvulas, las cuales varían desde las válvulas de compuerta hasta electro válvulas que se accionan automáticamente.

Medidores de nivel

Los tipos de medidores de nivel para este tipo de proceso son: medidores por presión hidrostática, flotador, indicador de cristal, sonda, etc... los mismos que son elegidos dependiendo de la necesidad y el grado de dificultad en lo que se refiere al acceso al tanque.

Dichos medidores tienen la capacidad de proveernos de una lectura rápida y muy acertada del volumen del líquido existente en el tanque.

Temporizadores

Este componente sirve para realizar una acción en un tiempo determinado, el mismo que nos va a facilitar con el control del tiempo de cocción del producto.

Los tipos de temporizadores que se encuentran en el mercado local son principalmente análogos y digitales.

Para el proyecto en curso, se pretende usar un temporizador con un rango de 0 a 60 min, el cual se lo pudo conseguir con anterioridad de segunda mano, el mismo que se encuentra en muy buenas condiciones.

3.2 SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA

Para poder tener una decisión muy acertada, se va a proceder a utilizar una matriz, más conocida como “Matriz de decisión”, la misma que toma valores numéricos dependiendo el grado de importancia, así por ejemplo:

1 – Menos importante o menos adecuado

10 – Más importante o más adecuado.

Tabla 3.1 Selección del tipo de bombas

No.	Criterio de selección	Centrifugas		Rotatorias		Reciprocantes		Importancia
		C	C x I	C	C x I	C	C x I	I
1	Facilidad de instalación	8	64	6	48	5	40	8
2	Disponibilidad en el mercado local	8	80	5	50	4	40	10
3	Facilidad de mantenimiento	7	63	5	45	7	63	9
4	Eficiencia	5	35	9	63	7	49	7
5	Costos	9	81	9	81	6	54	9
6	Vida Útil	8	64	8	64	8	64	8
	TOTAL		387		351		310	
	VALOR PROMEDIO		6,45		5,85		5,17	

Fuente: propia

La mejor opción es la bomba centrífuga debido a la facilidad de encontrarla en el mercado y porque se adapta a las necesidades que tiene el proceso, además la bomba centrífuga es la más barata en el mercado y la más fácil de realizar sus respectivos mantenimientos.

El parámetro decisivo sin duda fue la disponibilidad en el mercado debido a que en un futuro puede existir la necesidad de cambiar este elemento o reemplazar sus componentes debido al desgaste de los mismos.

Cabe recalcar que la bomba para la leche debe ser una bomba sanitaria a diferencia de la bomba de agua que no tiene ninguna exigencia en cuanto a su material.

Tabla 3.2 Selección de tipos de pasteurización

No.	Criterio de selección	Pasteurización Lenta (VAT o LTH)		Pasteurización Alta (HTST)		Pasteurización superior (UHT)		Importancia
		C	C x I	C	C x I	C	C x I	
1	Facilidad de fabricación	9	81	7	63	5	45	9
2	Eficiencia del proceso	6	42	9	63	10	70	7
3	Facilidad de mantenimiento	9	81	7	63	5	45	9
4	Rapidez del proceso	4	32	9	72	10	80	8
5	Adecuado para 100 lt	9	72	6	48	3	24	8
6	Costos	9	90	4	40	2	20	10
7	Vida Útil	8	64	8	64	8	64	8
	TOTAL		462		413		348	
	VALOR PROMEDIO		6,6		5,90		4,97	

Fuente: propia

La mejor alternativa se basa en la capacidad monetaria de los inversores y la respuesta que recibe el proceso frente a la inversión. Si bien es cierto, los tipos de pasteurización HTST y UHT son los más eficientes pero también son los más costosos y están diseñados para abastecer a grandes cantidades de líquido. Por tal motivo el tipo VAT o LTH, la cual es un método de pasteurización lenta, es la mejor opción para la cantidad requerida, con la observación que este proceso puede optimizarse diseñando un sistema de enfriamiento más eficiente que pueda cumplir con los parámetros de pasteurización de la leche de soya.

Tabla 3.3 Selección de tipos de enfriadores

No.	Criterio de selección	Recipiente doble camisa		Serpentín		Tubos coraza		Placas		Imp.
		C	C x I	C	C x I	C	C x I	C	C x I	
1	Facilidad de construcción	9	90	9	90	7	70	3	30	10
2	Eficiencia de enfriamiento	6	54	7	63	8	72	9	81	9
3	Rapidez de enfriamiento	5	50	5	50	7	70	10	100	10
4	Facilidad de mantenimiento	7	56	7	56	8	64	5	40	8
5	Facilidad de limpieza	5	50	7	70	8	80	8	80	10
6	Costos	9	90	8	80	7	70	3	30	10
7	Vida Útil	7	56	8	64	8	64	9	72	8
	TOTAL		446		473		490		433	
	VALOR PROMEDIO		6,3714		6,76		7,00		6,19	
	fuentes: propia									

El mejor enfriador sin duda para este proceso es el de placas ya que su rapidez de enfriamiento lo realiza en pocos segundos, pero es demasiado costoso y no sustenta la inversión con respecto a la cantidad a producir. En cuanto a los otros enfriadores, el principal agente sigue siendo la rapidez de enfriamiento ya que de este proceso depende que las bacterias no lleguen a desarrollarse, por tal motivo el proceso de pasteurización VAT, lo vamos a modificar para optimizarlo con un enfriador de tipo tubos – coraza.

El enfriador se lo pretende conseguir previamente construido y adecuarlo para el proceso ya que la construcción de uno todavía supera la capacidad de gasto de la empresa auspiciante, por ende, un enfriador de segunda mano es la mejor opción para el desarrollo del proyecto, sin duda, se debe realizar las pruebas y cálculos necesarios para que este componente se ajuste a los requerimientos.

Tabla 3.4 Selección de tipos de manómetros

No.	Criterio de selección	Tipo Bourdon		Capsula o membrana		Fuelle		Tubo helicoidal		Columna liquida		Imp.
		C	C x I	C	C x I	C	C x I	C	C x I	C	C x I	
1	Facilidad de instalacion	9	72	8	64	8	64	8	64	6	48	8
2	Disponibilidad en cobre	9	90	8	80	7	70	8	80	8	80	10
3	Disponibilidad en el mercado local	9	90	8	80	8	80	8	80	5	50	10
4	Facilidad de mantenimiento	5	35	5	35	6	42	5	35	5	35	7
5	Apreciacion 1 psi	9	81	8	72	8	72	9	81	7	63	9
6	Rango 0 - 100 psi	9	81	8	72	8	72	9	81	8	72	9
7	Costos	9	81	7	63	6	54	6	54	7	63	9
8	Vida Util	7	56	9	72	9	72	9	72	9	72	8
	TOTAL		586		538		526		547		547	
	VALOR PROMEDIO		7,33		6,73		6,58		6,84		6,84	

Fuente: propia

Existen muchas clasificaciones de tipo de manómetros, pero los tomados en cuenta son los que existen comúnmente en el mercado local y también por la aplicación, ya que se debe a una presión baja y de uso para alimentos.

El tipo de manómetro a ser utilizado está definido principalmente en la disponibilidad en el país. El más económico y más eficiente en cuanto al trabajo que va a realizar es el tipo bourdon, ya que este nos da una medida clara de cuanta presión existe interiormente y además es fácil de leer e instalar, además como no es costoso, este se puede cambiar a futuro fácilmente.

Tabla 3.5 Selección de tipos de controlador de temperatura

No.	Criterio de selección	On - off		Time Proportioning		Current Proportioning		Position Proportioning		Imp.
		C	C x I	C	C x I	C	C x I	C	C x I	
1	Facilidad de instalacion	9	72	8	64	6	48	4	32	8
2	Disponibilidad en el mercado local	9	90	8	80	8	80	8	80	10
3	Programable	9	63	9	63	9	63	9	63	7
4	Facilidad de mantenimiento	6	42	6	42	6	42	6	42	7
5	Apreciacion 1 °C	9	81	9	81	9	81	9	81	9
6	Dos posiciones	10	100	5	50	5	50	5	50	10
7	Costos	7	63	5	45	4	36	3	27	9
8	Vida Util	7	56	7	56	7	56	7	56	8
	TOTAL		567		481		456		431	
	VALOR PROMEDIO		7,09		6,01		5,70		5,39	

Fuente: propia

El tipo de controlador de temperatura debe ser programable pero la característica fundamental es que sea utilizable solo para dos posiciones, es decir abierto o cerrado, por tal razón la mejor opción es el controlador de tipo On – off, ya que conjuntamente con el precio se acomoda de mejor manera a la necesidad del proyecto.

Tabla 3.6 Selección de tipos de sensores de temperatura

No.	Criterio de selección	Termocuplas		Termoresistencias		Imp.
		C	C x I	C	C x I	I
1	Facilidad de instalacion	9	72	8	64	8
2	Disponibilidad en el mercado local	9	90	9	90	10
3	Adaptabilidad a alimentos	9	90	8	80	10
4	Facilidad de mantenimiento	8	64	7	56	8
5	Facilidad de limpieza	9	81	8	72	9
6	Costos	8	72	6	54	9
7	Vida Util	9	72	9	72	8
	TOTAL		541		488	
	VALOR PROMEDIO		7,7286		6,97	

Fuente: propia

El tipo de sensor de temperatura debe ser adaptable a ser utilizado en líquidos alimenticios, los mismos que no deben dañar al producto y tener una buena lectura de a temperatura interior, ya que de este depende que el proceso esté bien hecho.

Entre factores más influyentes esta la disponibilidad en el mercado local, ya que por ser estos elementos delicados, pueden sufrir golpes por el personal de limpieza, y deben ser sustituibles inmediatamente para no parar el proceso.

El factor determinante en sí, es el precio de estos elementos, ya que al ser una parte realmente importante del proceso, deben ser asequibles y no presentar ninguna contrariedad en el caso de adquirir uno en un futuro.

La termocupla más atractiva para este proceso es la tipo J (Hierro – Constantan) la misma que tiene la capacidad de sensar de 0 a 600 ° C.

Tabla 3.7 Selección de tipos de válvulas

No.	Criterio de selección	Compuerta		Macho		Globo		Bola		Mariposa		Diafragma		Apriete		Retencion		Imp.
		C	C x I	C	C x I	C	C x I	C	C x I	C	C x I	C	C x I	C	C x I	C	C x I	I
1	Facilidad de instalacion	9	72	9	72	9	72	9	72	9	72	8	64	9	72	9	72	8
2	Disponibilidad en el mercado local	9	90	9	90	9	90	9	90	9	90	7	70	7	70	9	90	10
3	Disponibilidad en acero inoxidable/cobre	9	90	9	90	9	90	9	90	9	90	5	50	5	50	9	90	10
4	Facilidad de mantenimiento	8	56	8	56	9	63	9	63	9	63	6	42	6	42	6	42	7
5	Disponible con mando electronico	5	50	8	80	6	60	8	80	9	90	6	60	6	60	9	90	10
6	Facilidad de limpieza	9	81	9	81	9	81	9	81	9	81	6	54	6	54	6	54	9
7	Costos	8	72	7	63	9	81	9	81	8	72	6	54	7	63	8	72	9
8	Vida Util	7	56	8	64	8	64	8	64	8	64	6	48	7	56	8	64	8
	TOTAL		567		596		601		621		622		442		467		574	
	VALOR PROMEDIO		7,09		7,45		7,51		7,76		7,78		5,53		5,84		7,18	
	fuelle: propia																	

En la selección del tipo de válvulas se tomó en cuenta la disponibilidad en el mercado, el material que sea de acero inoxidable o cobre y que pueda ser controladas manual y electrónicamente, ya que de esta última, depende que el proceso sea semi-automatizado y que el controlador de temperatura pueda ejercer su trabajo y procesar así la leche de mejor manera.

Cabe recalcar que las válvulas a utilizarse deben ser de acero inoxidable para partes que están en contacto con el producto y de cobre o acero para partes que están en contacto con vapor.

Este tipo de conjuntos mecánicos es susceptible a sufrir desgastes por la fricción interna del material y sellos, por ende, estas válvulas deben estar disponibles en el mercado local y a precios asequibles.

Tabla 3.8 Selección de tipos de medidores de nivel

No.	Criterio de selección	Indirecta				Directa								
		Actuados por desplazadores		Presion hidrostatica		Medicion de sonda		Aforacion		Indicador de cristal		Flotador		Imp.
		C	C x I	C	C x I	C	C x I	C	C x I	C	C x I	C	C x I	
1	Facilidad de instalacion	7	56	7	56	9	72	8	64	9	72	9	72	8
2	Disponibilidad en el mercado local	6	60	9	90	9	90	8	80	9	90	9	90	10
3	Disponibilidad en material alimenticio	8	80	7	70	9	90	9	90	9	90	9	90	10
4	Facilidad de mantenimiento	6	42	7	49	9	63	9	63	9	63	9	63	7
5	Medicion autonoma	9	90	9	90	5	50	5	50	9	90	9	90	10
6	Facilidad de limpieza	7	63	7	63	9	81	9	81	7	63	8	72	9
7	Costos	6	54	7	63	9	81	9	81	8	72	8	72	9
8	Vida Util	8	64	8	64	9	72	9	72	8	64	8	64	8
	TOTAL		509		545		599		581		604		613	
	VALOR PROMEDIO		6,3625		6,81		7,49		7,26		7,55		7,66	

Fuente: propia

Los tipos de medidores de nivel varían dependiendo de la necesidad de la aplicación, por ende los factores relevantes que inciden en la decisión de los mismo es la disponibilidad en el mercado, que sea de material acero inoxidable y que puedan darnos una medida inmediata del nivel sin que nosotros realicemos alguna acción, ya que de esto depende que nuestro proceso esté bien controlado y sea fácil de manejar.

Tabla 3.10 Selección de tipos de molinos

No.	Criterio de selección	Piedras		Rodillos		Martillos		Tornillo sin fin		Imp.
		C	C x I	C	C x I	C	C x I	C	C x I	
1	Facilidad obtencion en el mercado local	9	90	9	90	7	70	3	30	10
2	Eficiencia de molido	8	72	7	63	8	72	9	81	9
3	Rapidez de molido	6	60	6	60	7	70	10	100	10
4	Facilidad de mantenimiento	9	90	8	80	8	80	7	70	10
5	Facilidad de limpieza	7	70	7	70	7	70	6	60	10
6	Costos	9	90	8	80	7	70	3	30	10
7	Vida Util	7	56	8	64	8	64	9	72	8
	TOTAL		528		507		496		443	
	VALOR PROMEDIO		7,5429		7,24		7,09		6,33	
	fuelle: propia									

A nivel mundial se pueden encontrar muchos tipos de molinos, pero para la selección de este componente se ha tomado en cuenta los molinos que se pueden encontrar fácilmente en el mercado local.

Los factores más importantes tomados en cuenta para la selección de molino, es la facilidad de mantenimiento y el costo del mismo, siendo fundamental el requerimiento que cumpla con las exigencias de los cálculos previstos.

El molino de piedras, es una muy buena atractiva opción ya que este presenta la ventaja que tiene acoplada una malla filtrante que permite la separación de sólidos por medio de fuerzas centrífugas; dicha acción es un valor muy importante ante los otros tipos de molinos.

CAPÍTULO 4

DISEÑO

En el marco teórico se puede observar los distintos tipos de componentes que podemos utilizar y luego en el capítulo 3, se procede a realizar una evaluación de las opciones disponibles.

Los parámetros de diseño son:

PROCESO	CAPACIDAD (l)	TIEMPO MAX PERMITIDO (min)
Molienda	100	25
Cocción	100	60
Enfriamiento	100	10

DISEÑO SISTEMA MECÁNICO

En la figura siguiente se puede observar un esquema del diseño final de la máquina, que luego de apreciar las distintas opciones de diseño, este es el más idóneo para el proceso requerido, el cual está conformado de los siguientes componentes:

- Molino de piedras
- Recipiente de cocción
- Recipiente de almacenado
- Intercambiador de calor tipo tubos – coraza.
- Bomba sanitaria.
- Bomba de agua.
- Tablero de control.
- Líneas de tuberías.

- Válvulas manuales y electro válvulas
- Sensores de temperatura

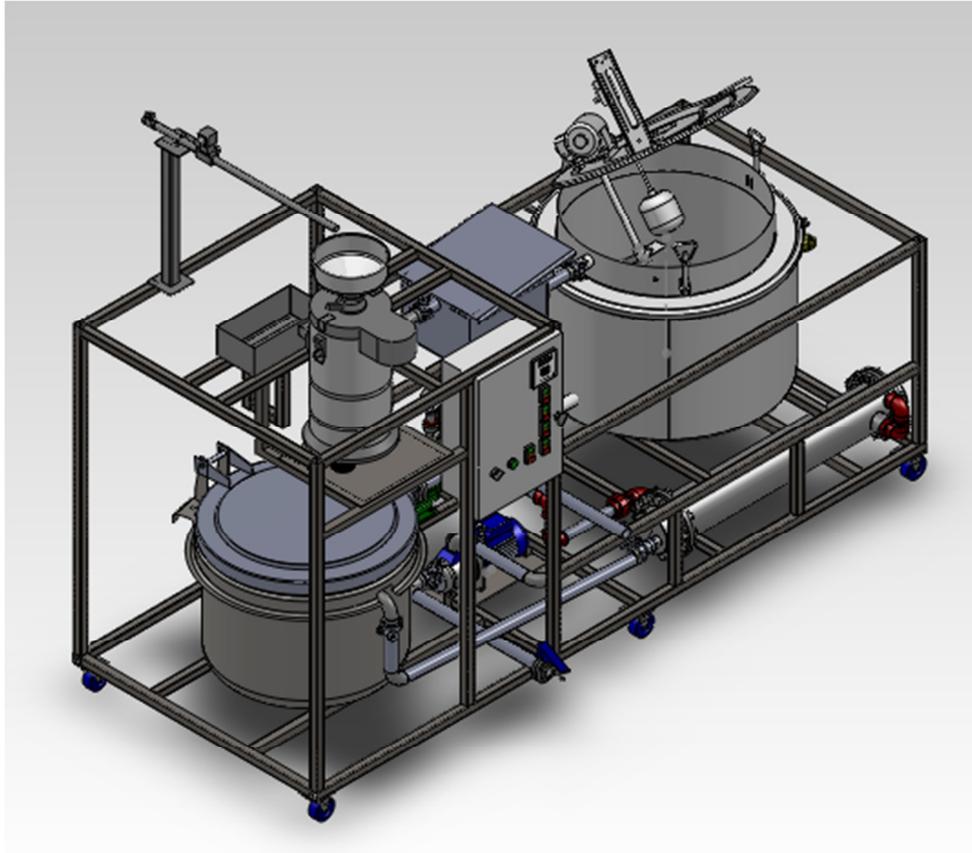


Figura 4.1 Esquema de la máquina

Fuente: propia

4.1 DISEÑO DEL BASTIDOR

El bastidor tiene los principales parámetros de diseño los cuales se rigen por el espacio disponible y la facilidad de ubicar todos los componentes en la mejor posición posible, con el fin de no afectar la comodidad de realizar el proceso.

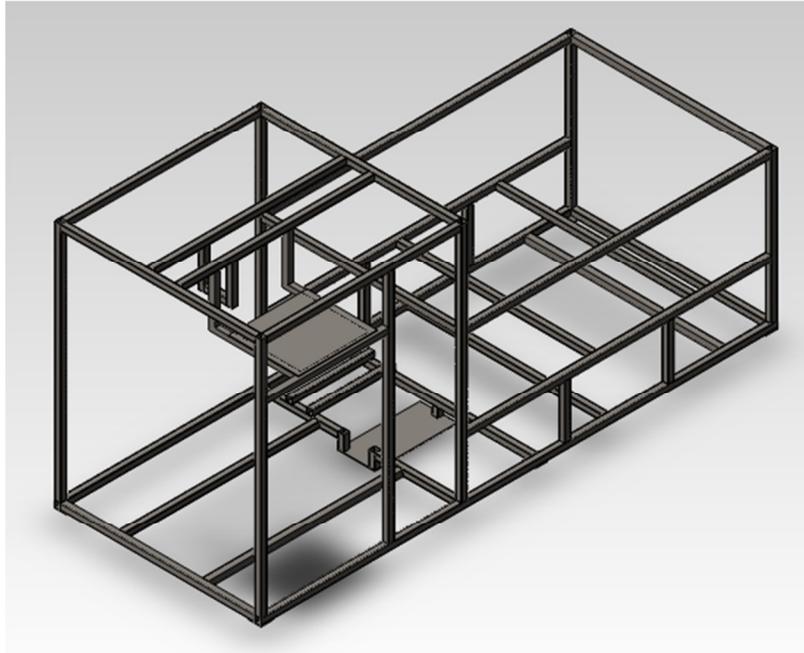


Figura 4.2 Esquema de la estructura

Fuente: propia

Para las bases, vamos a utilizar un perfil rectangular ASTM A36 1 ¼" x 1.5 mm, con el fin de poderlo adquirir fácilmente en el mercado local.

La parte más crítica de la estructura, es donde va a soportar los componentes más pesados, como son el molino, recipiente de cocción, recipiente de almacenamiento e intercambiador. Dicho esto, procederemos a utilizar un software especializado para poder realizar un análisis completo del comportamiento de la estructura frente a las cargas máximas que puede llegar a resistir, las cuales son:

- Peso del recipiente de cocción:
- Peso del recipiente de almacenamiento:
- Intercambiador

El fluido, es decir la leche, cumple un peso total de 220 lb, lo que representa un peso muy significativo, el mismo va a estar estático durante muy poco tiempo en la máquina, por lo que se asume este peso a los dos componentes que lo contienen la mayor cantidad de tiempo, es decir, el recipiente de cocción y el de almacenamiento.

Cabe recalcar que el líquido lo va a contener cada recipiente en un tiempo diferente, por tal razón se estima que la carga es menor en los dos recipientes.

COMPONENTE	PESO (lb)
Recipiente de cocción	400
Recipiente de almacenamiento	240
Intercambiador	100

Una vez tomadas como referencias las anteriores cargas, se procede a realizar el análisis en el programa Solidworks con la aplicación Simulation Xpress para analizar esfuerzos y deformaciones.

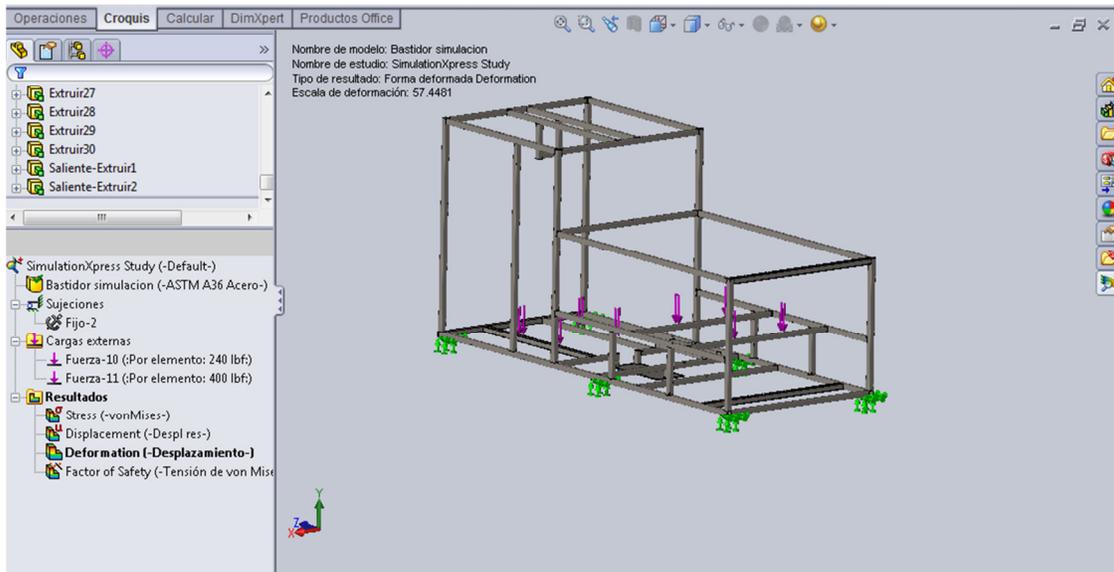


Figura 4.3 Colocación de cargas en estructura

Fuente: propia

El factor de seguridad calculado por este software es de 1.3, valor que es aceptable en el diseño de esta estructura, ya que como se mencionó el peso que representa el líquido es mucho menor y las posiciones en donde están los recipientes presentan menos cargas estáticas.

El diseño está basado directamente en el limitante de espacio que presentamos en la empresa auspiciante, por tal motivo, se tomó todas las alternativas posibles para realizar una máquina compacta que cumpla con el proceso y que abarque la colocación de todos sus componentes sin presentar problemas para desarmar cualquiera de ellos, para mantenimiento o limpieza de los mismos.

En la siguiente figura se presentan los esfuerzos de Von Mises en N/mm^2 con su respectiva representación en colores

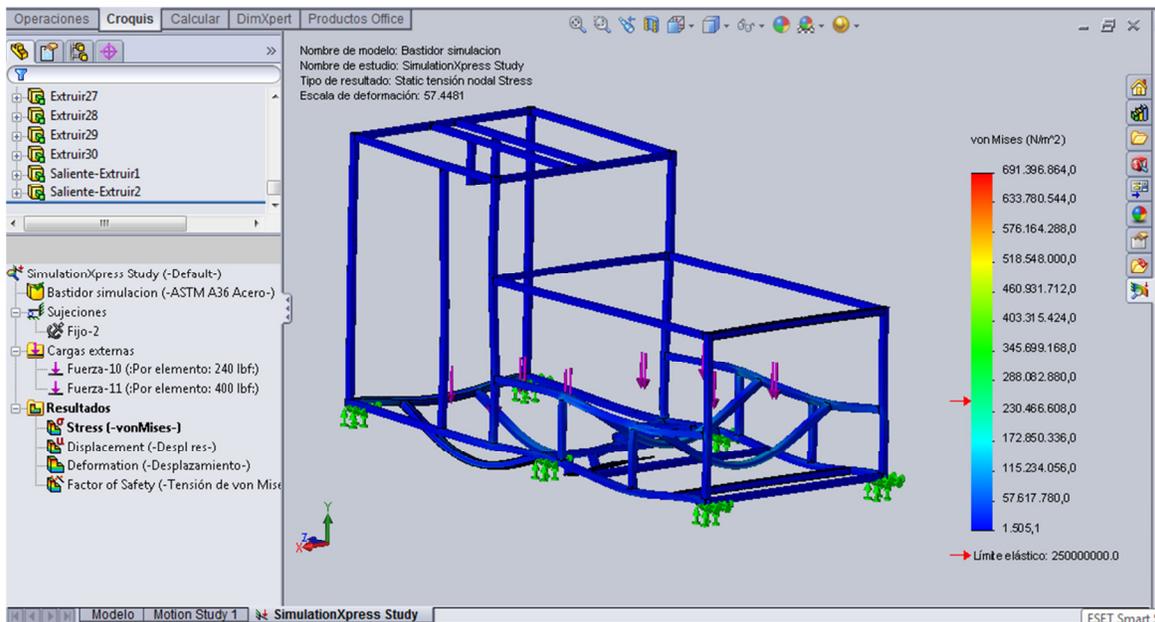


Figura 4.4 Gráfica de esfuerzos en la estructura

Fuente: propia

Para evitar cualquier deformación que afecte la integridad de las conexiones de tubería, se ha limitado la deformación máxima de la máquina a 5 mm.

En la siguiente gráfica, el programa nos muestra la deformación máxima que puede tener la estructura en sus puntos más críticos, simulación que nos muestra una aproximación muy real del fenómeno físico.

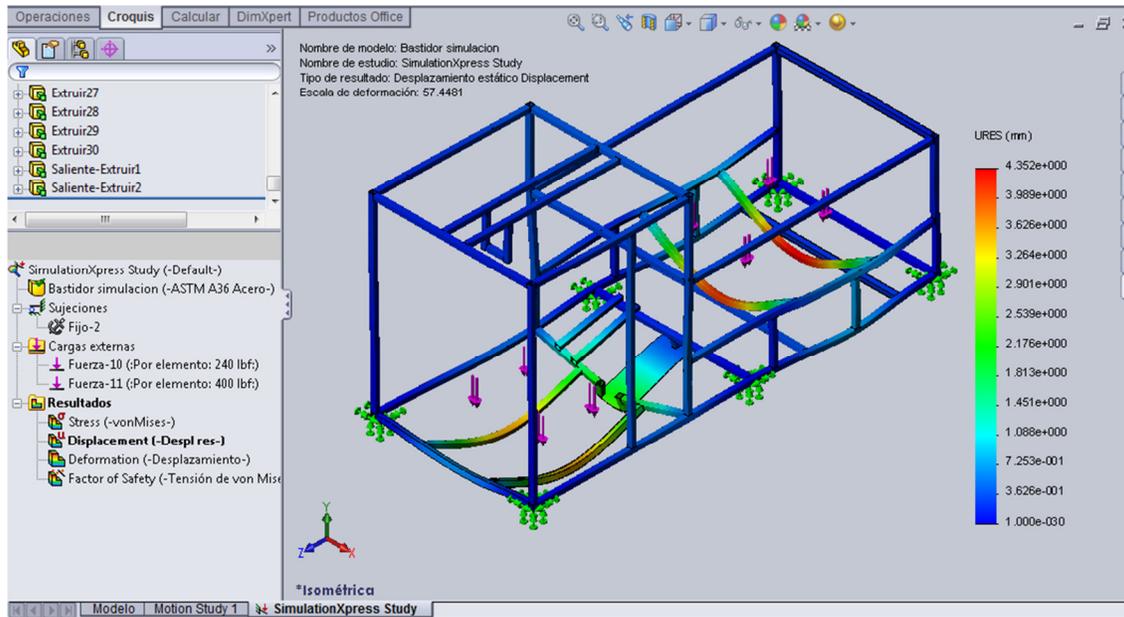


Figura 4.5 Gráfica de deflexión en la estructura

Fuente: propia

Tras el análisis de deformación simulada, se puede mostrar que la deformación es menor a 4.4 mm, lo que nos permite estar en un rango aceptable para el desarrollo íntegro del proyecto.

En el siguiente análisis es se muestra las posibles partes donde la estructura puede empezar a fallar, tomándose como referencia un factor de seguridad menor a 5.

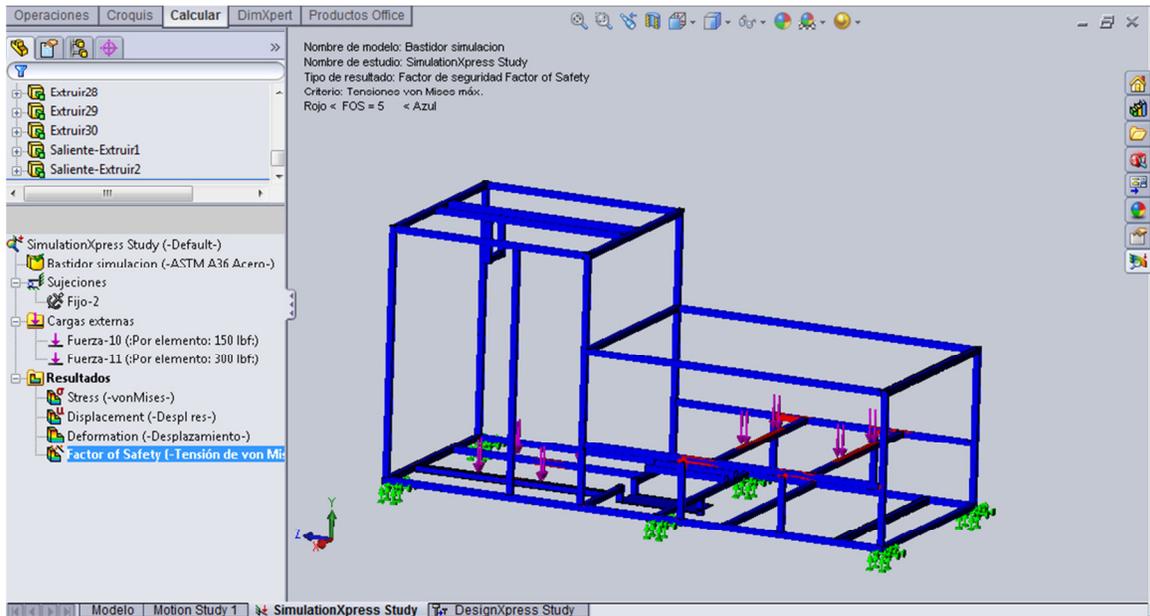


Figura 4.6 Gráfica de factor de seguridad en la estructura

Fuente: propia

4.2 SELECCIÓN DE SISTEMA DE MOLIENDA

Para desarrollar el criterio para la selección de un sistema de molienda que se ajuste a los requerimientos del proceso, se procedió a evaluar factores como:

- Eficiencia.
- Facilidad de operación.
- Estética
- Facilidad de limpieza.

El molino cuenta con un motor en forma vertical, el cual va a proporcionar el movimiento de los componentes internos del molino, haciendo que el producto se deslice por gravedad hacia las piedras rotatorias y con ayuda de la fuerza centrífuga producida se separara el líquido de los sólidos.

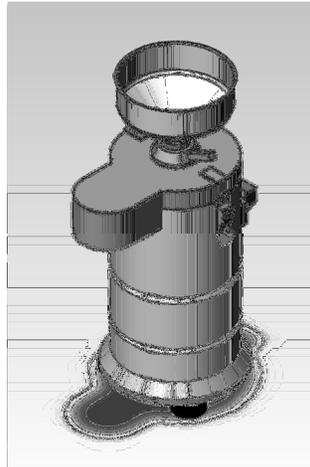


Figura 4.7 Esquema del molino

Fuente: propia

Para determinar la dimensión volumétrica del molino, se hace referencia al volumen de producto que se requiere procesarse, es decir, los 100 l. En este caso el producto debe ser molido, separado, mezclado y enviado hacia el recipiente de cocción. Para esto fue necesario tomar en cuenta que el producto debe pasar con total libertad hacia el recipiente de cocción y los desechos sólidos deben ser desalojados sin atascamiento hacia un recipiente aparte. A continuación se muestra los cálculos realizados para el dimensionamiento del molino.

4.2.1 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE MOLIENDA DEL MOLINO

En base a que el proceso debe cumplirse en un tiempo de no más de 20 minutos, se debe tomar en cuenta los parámetros de preparación del producto:

- Cantidad de granos de soya.
- Cantidad de agua necesaria.
- Cantidad de producto desechado.

La cantidad de granos de soya, es proporcionado por la empresa auspiciante, por lo que tiene una relación de 1 a 4, es decir por cada 4 partes de agua se le adiciona 1 parte de soya hidratada.

Nota: El proceso se cumple así, dado que la empresa maneja su receta exclusiva.

La cantidad de soya para 100 l de producto terminado debe de ser 25 lb, y la cantidad de agua a suministrarse se dividirá en la cantidad de agua atrapada en los desechos sólidos y la cantidad de agua mezclada exitosamente.

Tenemos que:

$$M_s := 25 \frac{1}{2.2} \quad \text{lb. } 1\text{kg}/2.2\text{lb}$$

$$M_s = 11.364 \text{ kg} \quad \text{soya hidratada}$$

$$T_m = 20 \text{ min} \quad \text{tiempo estimado de molido de 20 min}$$

Nota: 1lb de soya hidratada equivale a 3lbs de soya seca.

Cálculo de la Capacidad

$$C_{pr} := \left(\frac{M_s}{T_m} \right) (60) \quad (4.1)$$

$$C_{pr} = 34.091 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Dónde:

M_s = masa de producto (Kg)

T_m = tiempo del proceso (min)

Cálculo del flujo de agua

$$C_{total} = 100 \text{ l}$$

$$C_{granos} := Ms$$

$$C_{desperdicio} = 15.8 \text{ Kg}$$

$$C_{agua} := C_{total} - C_{granos} + C_{desperdicio}$$

(4.2)

$$C_{agua} = 104.506 \text{ Kg}$$

El tiempo para este proceso es de:

$$T_m = 20 \text{ min}$$

Procedemos a calcular el flujo de agua requerido

$$Q_{agua} := \frac{C_{agua}}{T_m}$$

(4.3)

$$Q_{agua} = 5.225 \text{ Kg/min}$$

Por ende la máquina estaría dimensionada para trabajar bajo los siguientes parámetros:

Volumen de producto terminado: 100 l

Flujo volumétrico: 5 l/min

Flujo de agua necesaria: 5,22 l/min

Cantidad de soya necesaria: 25 lb (11.34 Kg)

Cantidad de desechos producidos: 35 lb (15.87 Kg)

4.2.2 TRAMPA PARA SÓLIDOS

Las impurezas pueden encontrarse en las aguas según tres estados de suspensión en función del diámetro. Éstos son:

- a) Suspensiones hasta diámetros de 10^{-4} cm.
- b) Coloides entre 10^{-4} y 10^{-6} cm.
- c) Soluciones para diámetros aún menores de 10^{-6} cm.

Estos tres estados de dispersión dan igual lugar a tres procedimientos distintos para eliminar las impurezas.

- El primero destinado a eliminar las de diámetros mayores de 10^{-4} cm. Constituye la "sedimentación simple".
- El segundo implica la aglutinación de los coloides para su remoción a fin de formar un "floc" que pueda sedimentar.
- El tercer proceso, que esencialmente consiste en transformar en insolubles los compuestos solubles, aglutinarlos para formar el "floc" y permitir así la sedimentación. Es decir que en muchos casos, las impurezas pueden ser, al menos en teoría removidas mediante el proceso de sedimentación.

Una trampa de sólidos es un dispositivo especial fabricado en acero inoxidable que se utiliza para separar mediante un proceso de sedimentación los residuos sólidos en suspensión provenientes del molido y la leche de soya. Esto con el fin de proteger a la máquina en elementos tales como el intercambiador de calor, bombas y tuberías de transporte que pudieran resultar afectadas por el ingreso de residuos sólidos e impurezas evitando la contaminación en la preparación de la leche de soya.

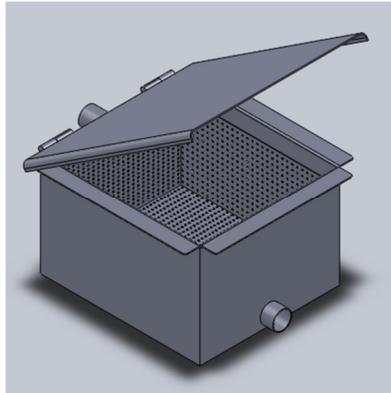


Figura 4.8 Trampa de Sólidos

Fuente: Propia

La función principal es poder atrapar los sedimentos que el proceso de centrifugación no puede separar y así aumentar la eficiencia total de la máquina.

Además, se puede poder los desechos en esta trampa, con el fin de poderlos someter a un proceso de filtración progresiva y aprovechar mejor la soya, como se mostró en análisis anteriores, el molino produce grandes cantidades de desechos los mismos que tienen grandes cantidades de líquido que puede ser aprovechado.

4.3 ESTUDIO Y ADECUACIÓN DE SISTEMA DE COCCIÓN

El sistema de cocción debe contener una cavidad, con la finalidad de que el vapor, que es suministrado por la empresa auspiciante, pueda ingresar y transferir calor hacia las paredes interiores metálicas y así poder calentar el producto hasta su punto de ebullición.

El material a tomarse en cuenta es el acero inoxidable AISI 304, ya que por ser este un producto alimenticio, se debe tomar las medidas adecuadas para dicho proceso. El acero inoxidable nos presenta las características químicas, físicas y mecánicas necesarias para cumplir con el trabajo a realizarse.

4.3.1 CAPACIDAD DEL RECIPIENTE

La capacidad máxima del recipiente que contiene el producto debe ser mayor al producto preparado, por el hecho de que puede producirse un aumento de altura debido al agitado o hervido del producto, y viene dada por la ecuación:

$$C = \left(\frac{\pi}{4}\right) * D^2 * L \quad (4.4)$$

Dónde:

D = diámetro del tanque, ft

L = altura del fluido, ft

Datos:

$$D = 0.63 \text{ m} = 2.07 \text{ ft}$$

$$L = 0.32 \text{ m} = 1.05 \text{ ft}$$

$$C = 3.53 \text{ ft}^3 = 100 \text{ lt}$$

La altura del tanque viene dada por la ecuación:

$$H = L + h_d \quad (4.5)$$

Donde,

H_d = altura para la separación de vapor

Datos:

$$H_d = L * 1.2$$

$$H = 2.31 \text{ ft} = 0.7 \text{ m}$$

Cabe mencionar que el recipiente debe tener una forma cilíndrica con su fondo tipo esférico con el fin de evitar al máximo las esquinas para evitar la acumulación de producto y que sea fácil su limpieza.

4.3.2 ADECUACIÓN DEL RECIPIENTE DE COCCIÓN

La fabricación del recipiente de cocción supera la capacidad de gasto para este proyecto por parte de la empresa auspiciante, lo que implica que se debe buscar una solución práctica y que se acople con la necesidad del proceso.

El cálculo para el dimensionamiento y adecuación del proceso con un componente que esta prefabricado, toma en cuenta las siguientes condiciones:

- Tiempo de cocción
- Temperatura de entrada del vapor por parte del caldero
- Temperatura final del producto.
- Área de transferencia de calor.
- Sistema de agitación.

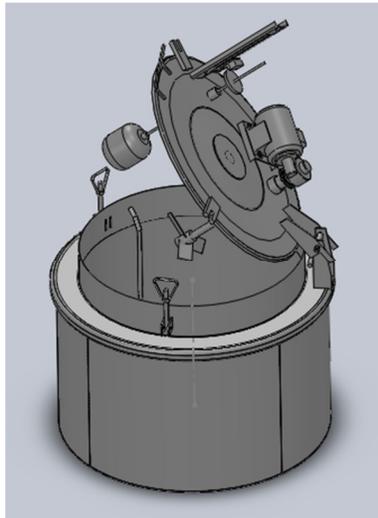


Figura 4.9 Esquema del recipiente de cocción

Fuente: propia

4.3.2.1 Diseño del agitador

El tanque cuenta con un agitador, el mismo que es desmontable. Cada accesorio de este conjunto mecánico va instalado de manera que sea fácil su desmontaje para su posterior limpieza y mantenimiento.

Al tener un agitador, se tiene una mayor eficiencia en cuanto a la cocción del producto debido a que la transferencia de calor aumenta. El volumen movido depende de la cantidad de producto a producirse, la misma que toma como referencia el volumen máximo, el cual es 100 l.

El producto a producirse tiene una densidad de 1000 a 1035 Kg/m³, por lo que se lo va a tomar como agua, con el fin de obtener todos los parámetros y sus propiedades de tablas estándar.

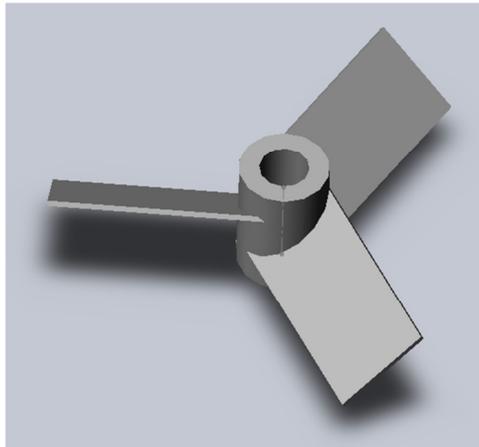


Figura 4.10 Esquema del agitador

Fuente: propia

Para cumplir con el proceso del producto, es necesaria la instalación de un agitador el cual tiene la función de homogenizar el producto durante el proceso de cocción.

El agitador de palas es muy atractivo para el diseño ya que su forma más sencilla comprende un palas inclinadas sujetas a un eje rotatorio vertical, las palas giran a bajas y moderadas velocidades de 20 a 200 rpm impulsando el líquido radial y tangencialmente, las cuales producen una acción de mezcla suave, siendo adecuados en operaciones de mezcla sencilla.

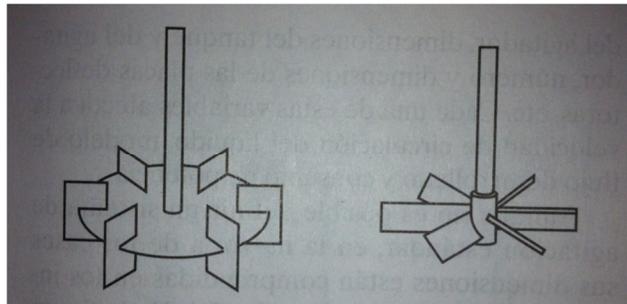


Figura 4.11 Agitador de placas inclinadas

Fuente: Fuente: Ingeniería de la industria alimenticia, Vol 2, Francisco Rodriguez

Para empezar a dimensionar este componente, se ha tomado como referencia los diseños estándar más recomendados, aunque no es posible definir un sistema ideal de agitación para las diferentes aplicaciones, se ha tomado en cuenta las siguientes consideraciones:

Razón Geométrica	Intervalo de valores	Valor estándar
H/Dt	1 - 3	1
Da/Dt	1/4 - 2/3	1/3
Ha/Dt	1/4 - 1/2	1/3
J/Da	1	1
J/Dt	1/12 - 1/10	1/10

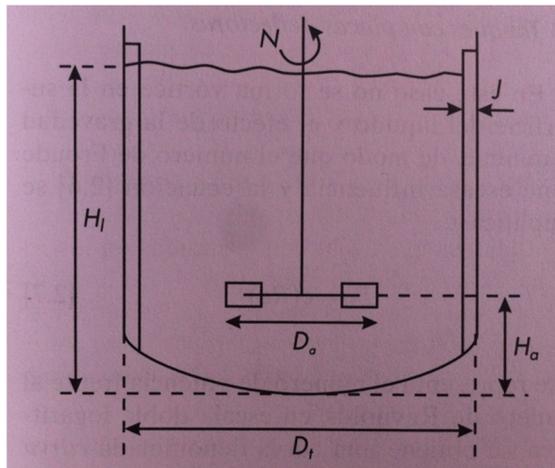


Figura 4.12 Dimensiones standard para un sistema de agitación

Fuente: Ingeniería de la industria alimenticia, Vol 2, Francisco Rodríguez

En el recuadro anterior, se resalta en amarillo la relación que se escoge para empezar a calcular el resto de variantes.

Las rpm se las puede escoger con respecto a la disponibilidad de equipos en el mercado, además, se puede aprovechar a gran escala si se los tiene previamente comprados para otras aplicaciones, es decir, es necesario verificar mediante cálculos, si un moto-reductor se ajusta a nuestras necesidades.

$$N = 50 \text{ rpm}$$

Posición del agitador

$$H_a = 209.1$$

Número de flujo

$$Nq = 0.5 \text{ (para impulsores de palas inclinadas)}^9$$

⁹ Warren, Operaciones Unitarias de ingeniería Química, 7ma Ed.

Velocidad volumétrica de flujo

$$q := n \cdot L^3 \cdot Nq \quad (4.6)^{10}$$

Dónde:

n = número de rph (revoluciones por hora)

L = longitud del agitador

Nq = número de flujo

$$q = 288.791 \quad \frac{\text{ft}^3}{\text{s}}$$

Para la leche de soya tomamos la densidad de 62.29 lb/pies³ a una temperatura de entrada del líquido de 20 °C.

El cálculo de la potencia queda:

$$P := Np \cdot \rho l \cdot \left(\frac{N}{60}\right)^3 \cdot \left(\frac{L1}{1000}\right)^5 \quad (4.7)^{11}$$

$$P = 0.127 \text{ W}$$

$$P1 := \frac{P}{745.7}$$

$$P1 = 1.704 \times 10^{-4} \quad \text{HP}$$

¹⁰ Warren, Operaciones Unitarias de ingeniería Química, 7ma Ed.

¹¹ Warren, Operaciones Unitarias de ingeniería Química, 7ma Ed.

Como se puede observar, la potencia necesaria para la agitación de este producto es mínima, por lo que satisface completamente el motor que tiene el moto-reductor usado, el cual es de 0.5 HP.

No existe necesariamente una relación directa entre la potencia suministrada y la cantidad o grado de mezclado, ya que la viscosidad del producto es relativamente baja y las partículas empiezan a seguir trayectorias circulares indefinidamente y casi nada de la energía suministrada se utiliza para el mezclado.

Prevención de vórtice

Este fenómeno se puede prevenir mediante tres métodos conocidos, los cuales son:

- En tanques de almacenamiento pequeños se dispone del impulsor separado del centro del tanque.
- En tanques de mayor tamaño, el agitador se instala a un lado del tanque con el eje en un plano horizontal.
- En tanques de gran tamaño con agitadores verticales, el método más conveniente es instalar deflectores.

Por ende, el mejor criterio para la prevención de este fenómeno es la primera elección.

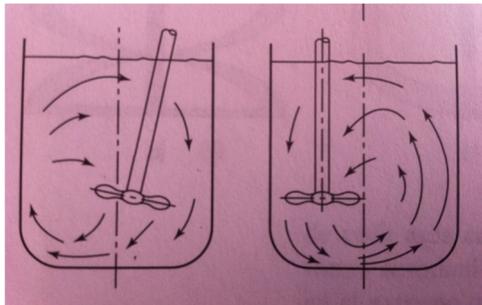


Fig. 4.13 Patrón de flujo con agitador no centrado

Fuente: Operaciones Unitarias de ingeniería Química, Warren, 7ma Ed

Fuerza ejercida sobre el aspa entre soportes soldados (movimiento)

Volumen a ser movido

$$V_{mov} = \frac{0.023 \cdot \pi \cdot 0.315^2}{3} = 2.10^{-3} m^3$$

$$F_{mov} = V_{mov} \cdot \text{pleche} = 2.4 \text{ Kgf}$$

Fuerza ejercida sobre el aspa entre soportes soldados (volumen de líquido)

El volumen a ser soportado verticalmente por 1 de las aspas se calcula:

$$V_{sup} = \text{ancho de alabe} \cdot \text{altura del líquido sobre alabe} \cdot \text{longitud del alabe}$$

$$V_{sup} = 0.032 \cdot 0.111 \cdot 0.080 = 2.8 \cdot 10^{-4} m^3$$

$$F_{sup} = V_{sup} \cdot \text{pleche} = 0.28 \text{ Kgf}$$

Cálculo de la deflexión del aspa por fuerza Fmov

$$Q_t = F_{mov} / L_{aspa}$$

$$Q_t = 30 \text{ Kg/m}$$

Determinación de reacciones, fuerza cortante, momento flector y deflexión

Para este caso se toma como una viga en voladizo con 1 empotramiento, ya que el alabe esta soldado completamente.

$$R_1 = Q_t \cdot L_{aspa} = 2.4 \text{ Kg} \quad (4.8)^{12}$$

$$M_1 = -(Q_t \cdot L_{aspa}^2) / 2 = 1.2 \text{ Kg} \quad (4.9)^{13}$$

$$V_1(x) = Q_t(L_{aspa} - x) \quad \text{Kgf} \quad (4.10)^{14}$$

¹² Shigley, Diseño en ingeniería mecánica, Tabla E - 9

¹³ Shigley, Diseño en ingeniería mecánica, Tabla E - 9

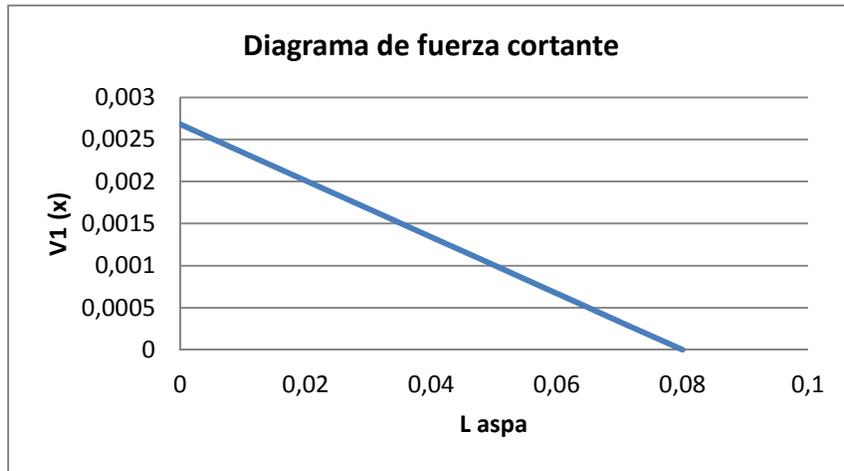


Figura 4.14 Diagrama de fuerza cortante en aspa

Fuente: propia

$$M_1(x) = -(Q_t * (L_{aspa} - x)^2)/2 \quad \text{Kg*m} \quad (4.11)^{15}$$

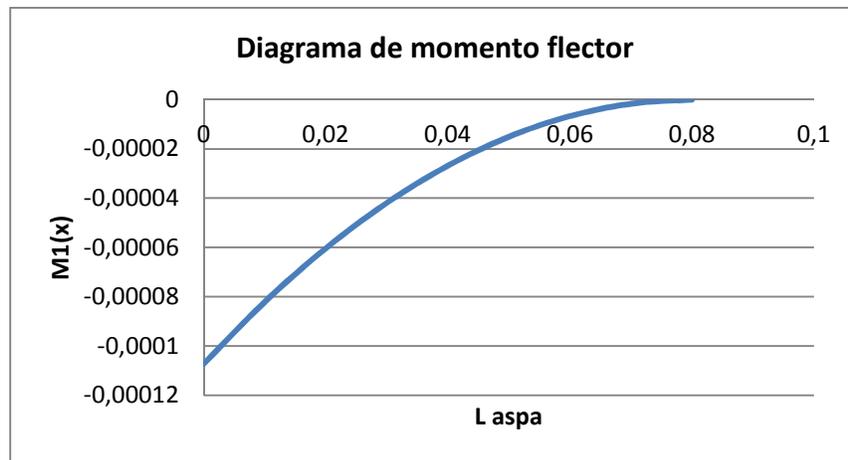


Figura 4.15 Diagrama de momento flector en aspa

Fuente: propia

¹⁴ Shigley, Diseño en ingeniería mecánica, Tabla E - 9

¹⁵ Shigley, Diseño en ingeniería mecánica, Tabla E - 9

E1 = 200 Gpa

Acero inoxidable

E = E1*10⁹ = 200000000000

Kg/m*s²

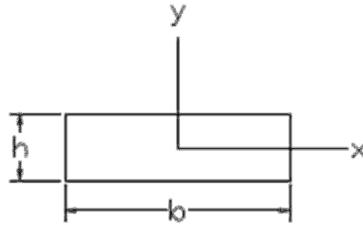


Figura 4.16 Sección transversal del aspa

Fuente: propia

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = 2.6 \cdot 10^{-11} \text{ m}^4 \quad (4.12)$$

$$y1(x) = \frac{Qt \cdot x^2}{24 \cdot E \cdot I} * (4 * Laspa * x - x^2 - 6 * Laspa^2) \quad \text{m} \quad (4.13)^{16}$$

Y1max=0.0000295 m

Y1max*1000 = 0.0295 mm

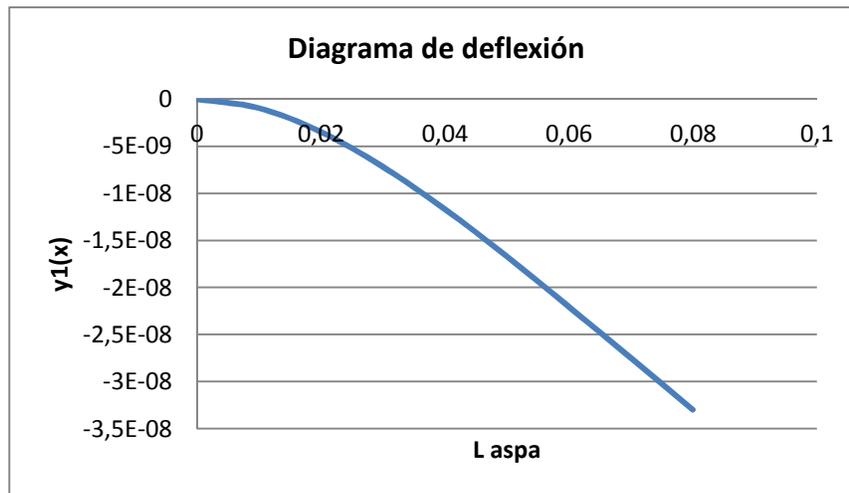


Figura 4.17 Diagrama de deflexión en aspa

Fuente: propia

¹⁶ Shigley, Diseño en ingeniería mecánica, Tabla E - 9

El valor de la deflexión máxima es de 0.0295 mm = lo cual cumple con los parámetros de diseño predefinidos para este proyecto.

Cálculo de la deflexión del aspa por fuerza Fsup

$$Q1b = Fsup/Laspa = 0.022 \text{ Kg/m}$$

$$Qtb = Q1b+Q2 = 0.0335 \text{ Kg/m}$$

Determinación de reacciones, fuerza cortante, momento flector y deflexión

Para este caso se toma como una viga en voladizo con 1 empotramiento, ya que el alabe esta soldado completamente.

$$R1 = Qtb*Laspa = 2.68 * 10^{-3} \text{ Kg} \quad (4.14)$$

$$M1 = -(Qtb*Laspa^2)/2 = 1.43 * 10^{-3} \text{ Kg} \quad (4.15)$$

$$V2(x) = Qtb(Laspa - x) \text{ Kgf} \quad (4.16)$$

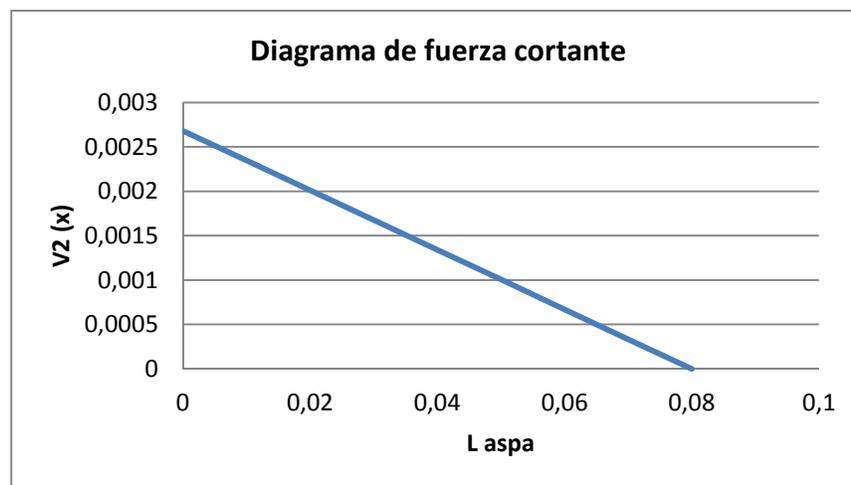


Figura 4.18 Diagrama de fuerza cortante en aspa

Fuente: propia

$$M2(x) = -(Qtb * (Laspa - x)^2) / 2 \quad \text{Kg*m} \quad (4.17)$$

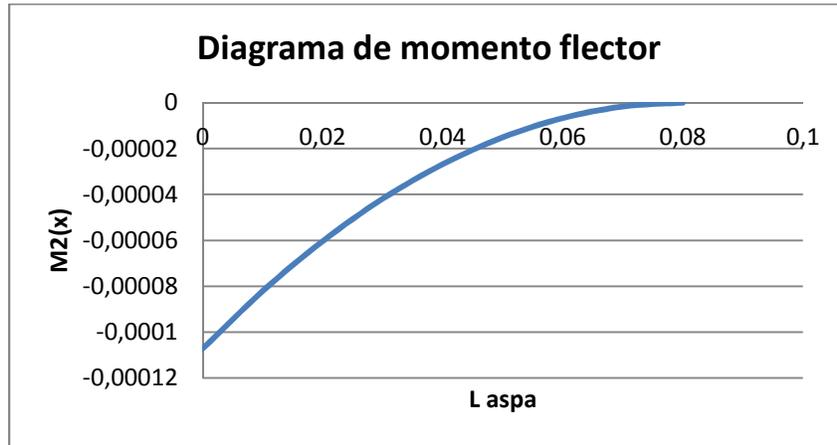


Figura 4.19 Diagrama de momento flector en aspa

Fuente: propia

$$y2(x) = \frac{Qtb * x^2}{24 * E * I} * (4 * Laspa * x - x^2 - 6 * Laspa^2) \quad (4.18)$$

$$Y2max = 0.0000000329 \text{ m} = 0.0000329 \text{ mm}$$

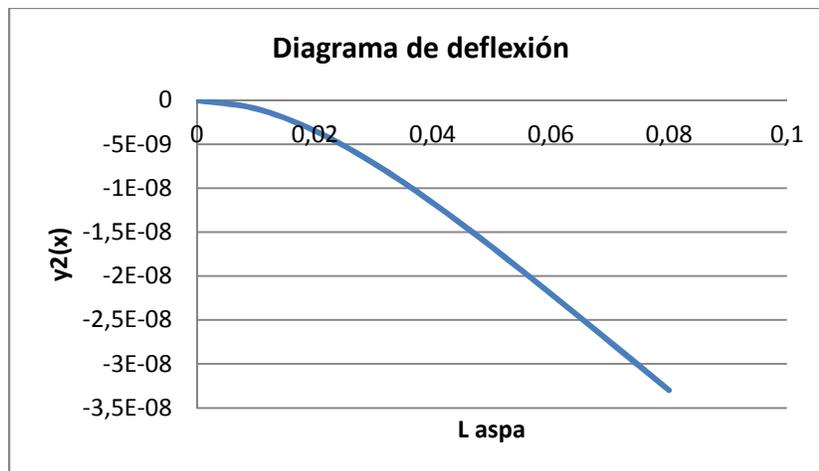


Figura 4.20 Diagrama de deflexión en aspa por fuerza Qtb

Fuente: propia

Este nivel de deflexión está muy por debajo del anterior, por lo que cumple con los parámetros de diseño.

Para este cálculo se usó una placa metálica de acero inoxidable de 2 mm de espesor, debido a que es muy fácil de conseguirla en retazos, el costo de una plancha completa es demasiado y no sustenta de inversión ya que el resto prácticamente se desperdiciaría.

Como un plus en el análisis, se realizó el análisis de esfuerzos y deformaciones con el software Solidworks SimulationXpress.

Para un buen análisis, se dibuja en el programa el aspa en escala real, luego se coloca las restricciones y por consiguiente la carga más crítica, la cual se producida por el movimiento.

En el análisis presentado por el software calcula un factor de seguridad de 6.45 que es basado en el esfuerzo de von Mises.

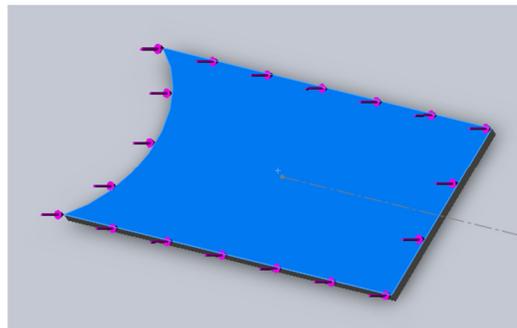


Figura 4.21 Aplicación de cargas en el aspa

Fuente: propia

El análisis es presentado en la figura a continuación al igual que el grafico de esfuerzos y deflexión.

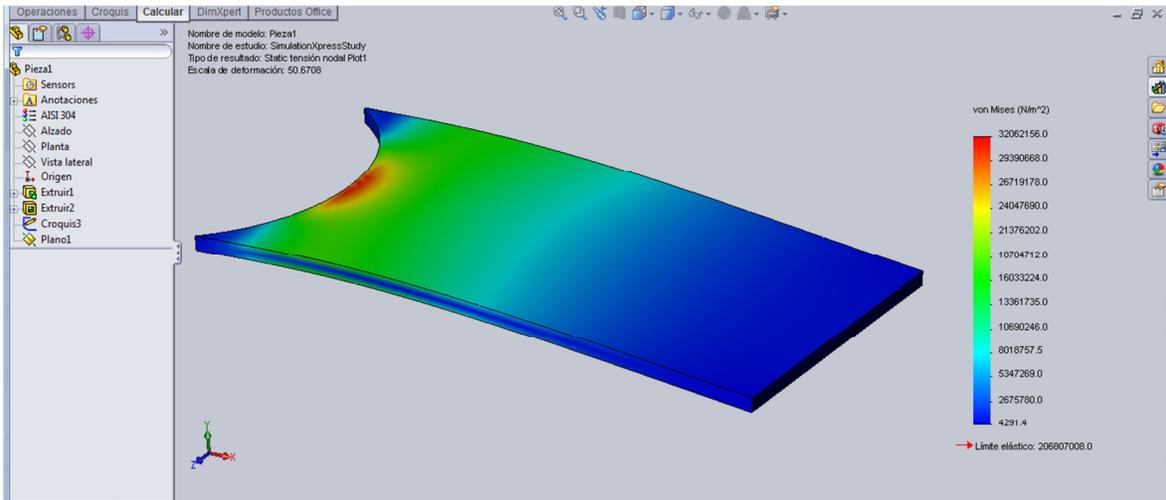


Figura 4.22 Gráfica de esfuerzos en aspa

Fuente: propia

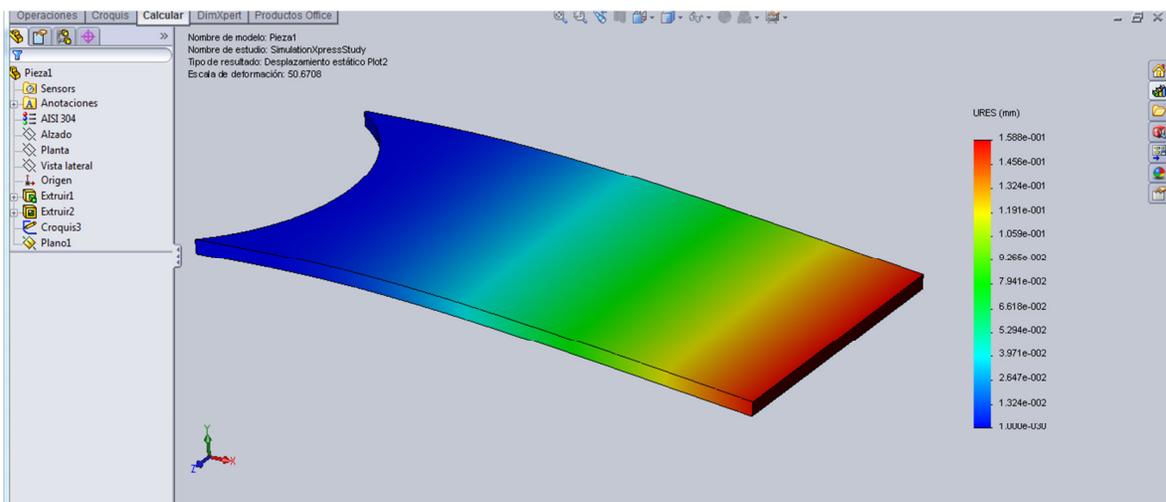


Figura 4.23 Gráfica de deflexión en aspa

Fuente: propia

Los resultados presentes en la simulación muestran datos que nos pueden afirmar que el diseño puede cumplir con los parámetros establecidos en el diseño, por lo que se puede confiar en que el aspa puede cumplir con el trabajo a realizar sin que este produzca alguna falla de rotura o llegue a deformarse.

4.3.2.2 Diseño del eje del agitador

El eje debe contener las propiedades mecánicas necesarias para poder transmitir la potencia del motor hacia los alabes del agitador.

El material para este componente es el acero inoxidable AISI 304, ya que está en contacto con el producto.



Figura 4.24 Esquema eje

Fuente: propia

Se determina que el eje solamente está sometido a torsión y en este caso el esfuerzo cortante por torsión es casi uniforme.

Se utiliza la siguiente ecuación para el diseño del eje:

$$De = \left(\frac{32 * n}{\pi} * \sqrt{\left(\frac{Kt * M}{S_n'} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{T}{S_y} \right)^2} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (4.19)^{17}$$

La ecuación anterior se la puede reducir a la siguiente, debido que no se necesita el factor de concentración de esfuerzo cortante torsional, ya que se supone constante y las concentraciones de esfuerzo no tienen efectos significativos para el análisis.

¹⁷ Mott, Robert, Diseño de Elementos de Máquinas, 4ta Ed. P. 548

Además, no existen fuerzas transversales que causen flexión.

$$De = \left(\frac{32 \cdot n}{\pi} * \sqrt{\frac{3}{4} \left(\frac{T}{Sy} \right)^2} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (4.20)$$

Dónde:

T = torque medio

Sy = Resistencia a la fluencia del material

Los datos necesarios para proceder a realizar el cálculo son:

$$P = 0.5 \quad \text{Hp}$$

$$P1 := 0.5 \cdot 745.69 \quad \text{W}$$

$$P1 = 372.845 \quad \text{W}$$

$$\omega := \frac{(2\pi n)}{60}$$

$$\omega = 5.236 \quad \frac{\text{Rad}}{\text{s}}$$

El torque medio se calcula:

$$T := \frac{P1}{\omega}$$

$$T = 71.208 \quad \text{Nm}$$

Se utiliza $n = 2$ en diseños típicos de ejes donde hay una confianza promedio en los datos de resistencia del material y de las cargas¹⁸

El eje es de acero inoxidable por lo que $Sy = 2.41 \cdot 10^8 \text{ Pa}$

¹⁸ Mott, Robert, Diseño de Elementos de Máquinas, 4ta Ed. P. 546

$$De = 0.018 \text{ m}$$

$$De = 18 \text{ mm}$$

El eje es de 19 mm lo que quiere decir que está dentro del rango especificado.

4.3.2.3 Capacidad de transferencia de calor del recipiente de cocción.

El recipiente de cocción tiene la principal característica de poder procesar un gran volumen de producto en iguales condiciones con la finalidad de que no exista una variante en el proceso tradicional existente, en este caso, leche de soya.

El siguiente cálculo se aplica para el proceso de lotes en condiciones de régimen constante el cual emplea el factor j de Sieder-Tate para la transferencia de calor y número de Reynolds modificado para la agitación mecánica.

Las dimensiones esenciales requeridas son:

Diámetro del tanque

$$Di1 = 630 \quad \text{mm}$$

$$Da := \frac{Di1}{304.8}$$

$$Da = 2.067 \quad \text{pies}$$

Longitud del agitador

$$L1 = 176 \quad \text{mm}$$

$$L := \frac{L1}{304.8}$$

$$L = 0.577 \quad \text{pies}$$

Revoluciones por hora

$$N = 50 \quad \text{rpm}$$

$$n = N \cdot 60$$

$$n = 3 \times 10^3 \quad \text{rph}$$

Densidad del líquido

$$\rho_1 := 1000 \quad \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho := \rho_1 \cdot \frac{2.2}{35.315}$$

$$\rho = 62.296 \quad \frac{\text{lb}}{\text{pies}^3}$$

Se toma para los cálculos que el producto entra al recipiente de cocción a una temperatura de 20 °C, con lo que se pueden obtener los siguientes datos:

Viscosidad absoluta¹⁹

$$\mu = 2.36 \quad \frac{\text{lb}}{\text{ft} \cdot \text{h}}$$

Conductividad térmica²⁰

$$k := 0.347 \quad \frac{\text{Btu}}{\text{h} \cdot \text{ft} \cdot ^\circ\text{F}}$$

Calor específico²¹

$$C_p = 0.99 \quad \frac{\text{Btu}}{\text{lb} \cdot ^\circ\text{F}}$$

El número de Reynolds es calculado mediante la relación:

¹⁹ Yonus A. Cengel, Termodinámica, Apéndice 2

²⁰ Yonus A. Cengel, Termodinámica, Apéndice 2

²¹ Yonus A. Cengel, Termodinámica, Apéndice 2

$$Re := \frac{L^2 \cdot n \cdot \rho}{\mu}$$

(4.21)²²

Dónde:

L = Longitud del agitador

n = número de rph

ρ = densidad del liquido

μ = viscosidad absoluta del liquido

$$Re = 2.64 \times 10^4$$

Este valor nos indica que el agitador nos produce flujo turbulento, el cual aumenta considerablemente la capacidad de transferencia de calor en el proceso.

Factor de transferencia de calor²³

$$j = 350$$

Nota: Este factor depende directamente del número de Reynolds.

Coficiente de transferencia de calor

La relación usada para este tipo de recipientes refiere al diámetro interior de este y está dado por:

²² Kern, Procesos de transferencia de Calor, 1era ed. P. 817

²³ Kern, Procesos de transferencia de Calor, 1era ed. Grafica 20.2

$$h_i := j \cdot \frac{k}{D_a} \cdot \left(\frac{C_p \cdot \mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14} \quad (4.22)^{24}$$

Dónde:

K = conductividad térmica

Da = diámetro interno del tanque

J = factor de transferencia de calor.

Cp = calor específico del líquido

μ = viscosidad absoluta

Nota: En caso de tratarse de un líquido con sus propiedades muy similares al agua, la relación $\left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0.14}$ se puede asumir como 1, para obtener un valor muy asertivo.

$$h_i = 111.29 \frac{\text{Btu}}{\text{h} \cdot \text{pie}^2 \cdot ^\circ\text{F}}$$

Área de transferencia de calor

Esta área se refiere a la superficie donde existe la transferencia de calor hacia el líquido interior.

²⁴ Kern, Procesos de transferencia de Calor, 1era ed. Ec. 20.1

$$A1 := 2 \cdot \pi \cdot 315 \cdot 430 + \pi \cdot 315^2$$

$$A1 = 1.163 \times 10^6 \text{ mm}^2$$

$$A := \frac{A1}{92903}$$

$$A = 12.516 \text{ pies}^2$$

Ahora podemos calcular el calor necesario para poder llegar a la temperatura final requerida, la misma que es 75 °C.

Calor necesario

$$Q := m \cdot Cp \cdot (T_{\text{sat}} - T_e) \tag{4.23}$$

$$Q = 1.209 \times 10^4 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}$$

Coficiente total de transferencia de calor

$$U := \frac{Q}{A \cdot (T_{\text{sat}} - T_e)} \tag{4.24}$$

$$U = 17.56 \frac{\text{Btu}}{\text{h} \cdot \text{pie}^2 \cdot \text{F}}$$

Masa del líquido

Como se había dicho anteriormente, el producto se lo toma como agua, la misma que equivale 1l de volumen a 1Kg en masa.

$$M = 100 \text{ Kg}$$

$$m = M \cdot 2.2$$

$$m = 220 \text{ lb}$$

Temperatura de entrada del vapor

Puesto que el equipo está destinado para una empresa que se dedica a la producción y venta de leche soya, se tiene un caldero de vapor, el cual nos proporciona la siguiente temperatura de entrada:

$$T_v = 120 \text{ }^\circ\text{C}$$

Con la cual procedemos a calcular el tiempo aproximado para la cocción y con este verificamos si el recipiente es apto para cumplir con el requerimiento de la empresa.

La relación en la cual incluye la intervención del agitador en un recipiente con chaqueta, está dada por:

$$t := \ln\left(\frac{T_v - T_e}{T_v - T_{\text{sat}}}\right) \cdot \frac{m \cdot C_p}{A \cdot U} \quad (4.25)^{25}$$

Dónde:

T_v = temperatura de entrada del fluido caliente

T_e = temperatura de entrada del líquido frío

T_{sat} = temperatura final requerida para el líquido frío.

m = masa del líquido.

C_p = calor específico del líquido.

A = Área de transferencia de calor.

U = coeficiente total de transferencia de calor

²⁵ Kern, Procesos de Transferencia de Calor, 1era ed. Ec. 18-5

$$t = 0.799 \quad \text{h}$$

$$t1 = t * 60$$

$$t1 = 47.91 \quad \text{min}$$

Tenemos que el proceso se lo va a realizar en un tiempo bastante bueno, y cumple con los parámetros iniciales de diseño.

Calculo del empuje para la boya del medidor de nivel

$$m_{\text{boya}} = 307.6 \text{ g}$$

$$p_{\text{boya}} = 0.3076 \text{ g} * 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$p_{\text{boya}} = 3.014 \text{ N}$$

$$3.014 \text{ N} = 1000 \text{ Kg/m}^3 * 9.8 \text{ m/s}^2 * \pi * (0.10 \text{ m})^2 * H$$

$$H = 9.7 * 10^{-3} \text{ m} = 0.9 \text{ cm}$$

El flotador va a funcionar correctamente teniendo una fuerza de 30 N que lo empuja y es mucho mayor a su peso.

4.3.5 ESTUDIO Y ADECUACIÓN DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

El proceso de elaboración de leche de soya, inmiscuye directamente que la máquina tenga la capacidad de enfriar el producto en un tiempo determinado, por lo que se decidió tras el análisis de posibles alternativas, el intercambiador de tubos coraza.

El costo de la construcción de un intercambiador que se adapte a nuestras necesidades, es demasiado alto con respecto al presupuesto asignado para el proyecto, por cuanto se necesita un intercambiador que demuestre su eficiencia frente al proceso y que cumpla con los materiales y estándares requeridos.

Para esto, la mejor alternativa, fue analizar el rendimiento de un intercambiador existente que cumpla con los siguientes puntos de significación en la apreciación de la adaptabilidad para un nuevo uso.

1. Análisis de los coeficientes de película individuales h_i y h_o
2. Análisis del coeficiente U
3. Balance de calor en base a una área conocida
4. Análisis del factor de obstrucción, para que el intercambiador tenga un periodo de operación razonable.
5. Caídas de presión permitidas en ambos flujos.

Cuando estas condiciones se han comprobado en dicho intercambiador, se puede decir que puede ser usado adecuadamente para satisfacer las necesidades del proceso.

La temperatura que entra al sistema de enfriamiento es la temperatura final de cocción, por lo que se requiere que se baje a una temperatura prudente para su envasado.

$$t_{he} = 75 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{he} = t_{he} + 273$$

$$t_{he} = 348 \text{ } ^\circ\text{K}$$

El intercambiador a calcular nos está dando una temperatura de salida de $60 \text{ } ^\circ\text{C}$ para el producto, en una pasada, usando un banco de enfriamiento de agua que nos proporciona una temperatura de entrada de $10 \text{ } ^\circ\text{C}$ aproximadamente.

Temperatura media

$$\Delta T_{hm} := \frac{t_{he} + t_{hs}}{2} \tag{4.25}$$

$$\Delta T_{hm} = 340.5 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Delta de temperaturas

$$\Delta T_h := t_{he} - t_{hs} \quad (4.26)$$

$$\Delta T_h = 15 \text{ } ^\circ\text{K}$$

A la temperatura media podemos obtener las propiedades del producto:

Calor específico

$$C_{ph} := 4188 \frac{\text{J}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{K}}$$

Conductividad térmica

$$k_h := 660 \cdot 10^{-3} \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{K}}$$

Viscosidad

$$\mu_h := 420 \cdot 10^{-6} \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} \frac{\text{Kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$$

Número de Prandtl

$$Pr_h = 2.66$$

Densidad

$$\rho_h := 972.9 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Viscosidad cinemática

$$\gamma_h := \frac{\mu_h}{\rho_h}$$

$$\gamma_h = 4.317 \times 10^{-7} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

La bomba de acero inoxidable nos da un flujo de:

$$m_h = 0.3 \frac{\text{Kg}}{\text{s}}$$

Con estos datos podemos proceder a calcular el calor con la siguiente relación:

$$Q_h := m_h \cdot C_{ph} \cdot \Delta T_h$$

$$Q_h = 1.885 \times 10^4 \text{ W}$$

(4.26)

Para calcular la variación de temperatura que sufre el fluido frío, se procede a realizar iteraciones tomando como parámetros su temperatura inicial y sus propiedades, además la temperatura final es asumida, y será la verdadera, después de que se igualen los calores.

$$t_{ce} = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{cs} = 15.6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{ce} = t_{ce} + 273$$

$$t_{cs} = t_{cs} + 273$$

$$t_{ce} = 283 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$t_{cs} = 288.63 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Temperatura media

$$\Delta T_{cm} := \frac{t_{ce} + t_{cs}}{2}$$

(4.27)

$$\Delta T_{cm} = 285.815 \text{ } ^\circ\text{K}$$

De tablas de Cengel, obtenemos los valores siguientes a la temperatura media obtenida de la ecuación 4.27

Calor específico

$$C_{pc} = 4189 \frac{\text{J}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{K}}$$

Conductividad térmica

$$k_c := 590 \cdot 10^{-3} \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{K}}$$

Viscosidad

$$\mu_c := 1225 (10)^{-6} \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} \frac{\text{Kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$$

Número de Prandtl

$$Pr_c := 8.81$$

Densidad

$$\rho_c := 999.29 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Viscosidad cinemática

$$\gamma_c := \frac{\mu_c}{\rho_c}$$

$$\gamma_c = 1.226 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

Verificación del calor

$$Q_c := m_c \cdot C_{pc} \cdot \Delta T_c$$

$$Q_c = 1.887 \times 10^4 \text{ W}$$

$$Q_h = 1.885 \times 10^4 \text{ W}$$

En el caso de un intercambiador 1 – 2 en el que existe flujo paralelo y contracorriente en el mismo equipo, es indispensable que se realice un cálculo adicional que permita ajustar de mejor manera los resultados y que las variaciones de temperatura que experimentan los fluidos a lo largo de este se puedan representar de manera real.

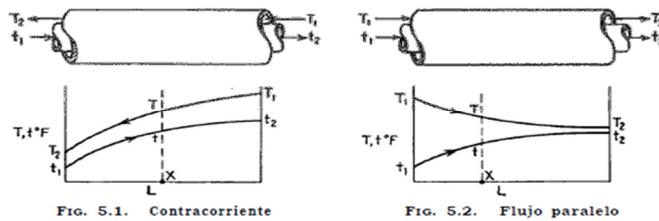


Figura 4.25 Variaciones de temperatura

Fuente: Procesos de transferencia de calor, Kern, Fig. 5.1; 5.2

DMLT

$$\Delta t_1 := t_{hs} - t_{ce}$$

$$\Delta t_2 := t_{he} - t_{cs}$$

$$DMLT := \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln\left(\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}\right)} \quad (4.28)^{26}$$

$$DMLT = 54.551 \text{ } ^\circ\text{K}$$

DMLTc

$$R := \frac{t_{ce} - t_{cs}}{t_{hs} - t_{he}}$$

$$R = 0.375$$

$$P := \frac{t_{hs} - t_{he}}{t_{ce} - t_{he}}$$

(4.29)

²⁶ Kern, Procesos de Transferencia de Calor, 1era Ed. Ec. 5-14

$$P = 0.231$$

$$F_m := \frac{\sqrt{R^2 + 1} \cdot \ln\left(\frac{1 - P}{1 - R \cdot P}\right)}{(R - 1) \cdot \ln\left[\frac{2 - P \cdot (R + 1 - \sqrt{R^2 + 1})}{2 - P \cdot (R + 1 + \sqrt{R^2 + 1})}\right]} \quad (4.30)^{27}$$

$$F = 0.995$$

$$DMLT_c := F \cdot DMLT$$

$$(4.31)^{28}$$

$$DMLT_c = 54.292 \quad ^\circ\text{K}$$

Para poder calcular si el intercambiador en estudio es el adecuado para el proceso, se procede a tomar las medidas reales del mismo:

$$DE := 0.144 \quad \text{m}$$

$$DI := 0.128 \quad \text{m}$$

$$nt = 70 \quad \text{tubos}$$

$$np = 2 \quad \text{pasos}$$

$$de := 0.00646 \quad \text{m}$$

$$di := 0.0053 \quad \text{m}$$

$$Li = 0.85 \quad \text{m}$$

²⁷ Kern, Procesos de Transferencia de Calor, 1era Ed. Pag. 185

²⁸ Kern, Procesos de Transferencia de Calor, 1era Ed. Pag. 185

El cálculo del coeficiente de calor tanto en los tubos como en la coraza, es indispensable para evaluar si todavía tiene la capacidad requerida.

Por tanto de las ecuaciones del libro de Kern, que muestra parámetros muy confiables de como evaluar un intercambiador existente, son muy útiles en nuestro caso, por tanto:

Dentro de los tubos:

Área de flujo

$$a_t := n_t \cdot \pi \cdot \left(\frac{d_i}{2} \right)^2 \quad (4.32)^{29}$$

$$a_t = 1.544 \times 10^{-3} \quad m^2$$

Velocidad másica

$$G_t := \frac{m_h}{a_t} \quad (4.33)^{30}$$

$$G_t = 194.259 \quad \frac{Kg}{s \cdot m^2}$$

Reynolds

$$Ret := \frac{d_i \cdot G_t}{\mu_h} \quad (4.34)^{31}$$

$$Ret = 2.451 \times 10^3$$

²⁹ Kern, Procesos de Transferencia de Calor, 1era Ed. Pag. 185

³⁰ Kern, Procesos de Transferencia de Calor, 1era Ed. Pag. 185

³¹ Kern, Procesos de Transferencia de Calor, 1era Ed. Pag. 185

Con el factor de Reynolds, procedemos a buscar en tablas el factor de transferencia de calor, una buena referencia, es el valor que nos muestra Kern, en la figura 28.

$$J_{hh}^{32} = 27$$

Viscosidad a la temperatura superficial

$$\Delta T_{mm} := \frac{\Delta T_{cm} + \Delta T_{hm}}{2} \quad (4.35)$$

$$\Delta T_{mm} = 313.158 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Con esta temperatura procedemos a sacar los datos de "x" y "y" de la figura 14 del libro de Kern (Procesos de Transferencia de Calor)

$$x = 10.2$$

$$Y = 13$$

$$\mu_{hs} = 0.6 \text{ centipoises}$$

$$\mu_{hs} := \mu_{hs} \cdot 2.42 \cdot \frac{1}{2.2} \cdot \frac{1}{12} \cdot \frac{1}{0.0254} \cdot \frac{1}{3600} \quad (4.36)^{33}$$

$$\mu_{hs} = 6.015 \times 10^{-4} \frac{\text{Kg}}{\text{m}\cdot\text{s}}$$

Con todos los datos anteriormente calculados dentro de los tubos, procedemos a usar la siguiente relación para el cálculo del coeficiente de transferencia de calor.

$$h_i := j_{hh} \cdot \frac{kh}{di} \left(\frac{C_{ph}}{kh} \right)^3 \left(\frac{\mu_h}{\mu_{hs}} \right)^{0.14} \quad (4.37)^{34}$$

³² Kern, Procesos de Transferencia de Calor, 1era Ed. Fig. 28

³³ Conversión de unidades

³⁴ Kern, Procesos de Transferencia de Calor, 1era Ed. Ec. 6-15 b

$$h_i = 5.919 \times 10^4 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}$$

Puesto que h_i se ha determinado a partir del área interior, es necesario que este valor sea corregido, ya que el cálculo de h_i se basa en la superficie por metro de longitud usando el diámetro interno. En el exterior del tubo la superficie por metro de longitud se usa el diámetro externo del mismo, por ende:

$$h_{io} := h_i \cdot \frac{d_i}{d_e} \tag{4.38}^{35}$$

$$h_{io} = 4.857 \times 10^4 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}$$

En la coraza:

Los datos obtenidos mediante mediciones, se van a proceder a evaluar con el fin de estudiar los posibles cambios que podamos realizar en la coraza para que nuestro intercambiador satisfaga el diseño.

En el caso de los deflectores, estos logran coeficientes de transferencia de calor muy altos ya que mantiene en líquido en estado de turbulencia, haciendo que el fluido pueda fluir a través de la coraza a ángulos rectos con el eje de los tubos. La distancia normalmente usada entre deflectores no es mayor que el diámetro de la coraza, por ende, nuestro intercambiador cumple esta recomendación.

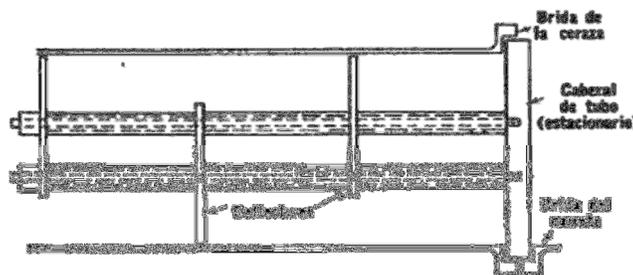


Figura 4.26 Espaciador de deflector

Fuente: Procesos de transferencia de calor, Kern, Fig. 7.5

³⁵ Kern, Procesos de Transferencia de Calor, 1era Ed. Ec. 6-38

Separación de deflectores

$$B = 0.1 \quad \text{m}$$

Paso entre tubos

$$Pt := 0.007 \xi \quad \text{m}$$

Separación de los tubos

$$C := Pt - de$$

$$C = 1.34 \times 10^{-3} \quad \text{m}$$

Bajo estas medidas, se pueden obtener los datos de áreas, velocidades, y diámetros que nos son útiles en el cálculo de, coeficiente de calor en la coraza.

Área de flujo en la coraza

$$as := \frac{DI \cdot C \cdot B}{Pt} \quad (4.39)^{36}$$

$$as = 2.199 \times 10^{-3} \quad m^2$$

Velocidad másica - coraza

$$Gs := \frac{mc}{as} \quad (4.40)^{37}$$

$$Gs = 363.806 \quad \frac{\text{Kg}}{\text{s} \cdot \text{m}^2}$$

³⁶ Kern, Procesos de Transferencia de Calor, 1era Ed. Pag. 185

³⁷ Kern, Procesos de Transferencia de Calor, 1era Ed. Pag. 185

El diámetro equivalente está calculado mediante la referencia del arreglo de los tubos, ya que se debe tomar en cuenta las líneas de flujo. El arreglo para nuestro caso es el arreglo triangular como se muestra en la figura.

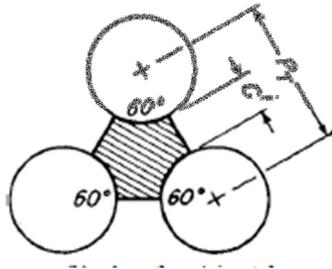


Figura 4.27 Arreglo triangular

Fuente: Procesos de transferencia de calor, Kern, Fig. 7.19

Diámetro equivalente

$$deq := \frac{4 \cdot \left(\frac{1}{2} Pt \cdot 0.86 Pt - \frac{1}{2} \pi \cdot \frac{de^2}{4} \right)}{\frac{1}{2} \cdot \pi \cdot de} \quad (4.41)^{38}$$

$$deq = 3.853 \times 10^{-3} \quad m$$

Reynolds

$$Res := \frac{deq \cdot Gs}{\mu c} \quad (4.42)^{39}$$

$$Res = 1.144 \times 10^3$$

³⁸ Kern, Procesos de Transferencia de Calor, 1era Ed. Ec. 7.5

³⁹ Kern, Procesos de Transferencia de Calor, 1era Ed. Pag. 185

Factor de transferencia de calor

$$Jh^{40}=15$$

Coefficiente de transferencia de calor

$$h_o := j_h \cdot \frac{k_c}{DI} \left(\frac{C_{pc} \cdot \mu_c}{k_c} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{\mu_c}{\mu_{cs}} \right)^{0.14} \quad (4.43)^{41}$$

$$h_o = 157.077 \quad \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}$$

Los coeficientes totales de transferencia de calor son calculados a partir de las ecuaciones de Fourier, siendo el área, el calor, el delta de temperaturas; los datos calculados a partir de las condiciones del proceso.

El coeficiente total limpio, muestra un valor sin tomar en cuenta los factores de lodos o sedimentos que se puedan quedar en el mismo, con el fin de poder evaluar a un equipo que ha estado en servicio algún tiempo.

Coefficiente total limpio

$$U_c := \frac{h_{io} \cdot h_o}{h_{io} - h_o} \quad (4.44)^{42}$$

$$U_c = 157.587 \quad \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}$$

El coeficiente total de diseño, toma como parámetros el área, el calor, y la diferencia media logarítmica de temperaturas, los mismos que son datos teóricos. Esta debe ser menor a la tomada experimentalmente (U_c) con el fin de comprobar

⁴⁰ Kern, Procesos de Transferencia de Calor, 1era Ed. Fig. 24

⁴¹ Kern, Procesos de Transferencia de Calor, 1era Ed. Ec. 6.15 b

⁴² Kern, Procesos de Transferencia de Calor, 1era Ed. Pag. 186

que el intercambiador tenga la capacidad de transmitir el calor sin que tenga obstrucciones en sus superficies.

Superficie externa de tubo interno

$$a_{22} := 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{de}{2} \right) \quad (4.45)$$

$$a_{22} = 0.02 \quad \text{m}$$

Área de transferencia de calor

$$A := a_{22} \cdot L_i \cdot n_t \cdot n_p \quad (4.46)$$

$$A = 2.415 \quad \text{m}^2$$

Coefficiente total de diseño

$$U_d := \frac{Q_h}{A \cdot DMLT_c} \quad (4.47)^{43}$$

$$U_d = 143.733 \quad \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Con siguiente relación, podemos obtener un valor de obstrucción, que pertenece a este equipo, para igualarlo al permitido teóricamente propuesto para estas clases de fluidos.

Factor de obstrucción

$$R_d := \frac{U_c - U_d}{U_c \cdot U_d} \quad (4.48)^{44}$$

$$R_d = 6.116 \times 10^{-4}$$

⁴³ Kern, Procesos de Transferencia de Calor, 1era Ed. Pag. 186

⁴⁴ Kern, Procesos de Transferencia de Calor, 1era Ed. Ec. 6-13

$$R_{d\text{propuesto}}^{45} = 0.002$$

Cuando R_d (depositado) $>$ $R_{d\text{propuesto}}$ (permitido), como sucede después de cierto tiempo de servicio, el equipo no pasara la cantidad de calor igual a los requerimientos del proceso y por ende debe ser limpiado. Por ende, se puede afirmar que nuestro intercambiador es apto para el proceso.

Tiempo que toma el enfriamiento

Para el cálculo del tiempo total que toma el sistema de enfriamiento en enfriar todo el volumen del líquido, es necesario tomar en cuenta los factores externos también, es decir, no solo analizar el intercambiador como único sistema, sino también al recipiente de almacenamiento, a la bomba y otras particularidades.

Dado que nuestro sistema está dado por la configuración mostrada en la siguiente figura, procedemos a realizar los cálculos en base a las relaciones de enfriamiento de lotes sin agitación.

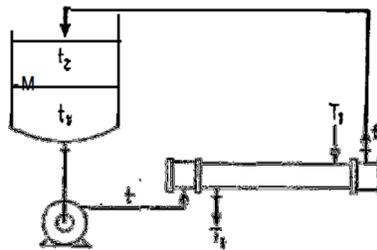


Figura 4.28 Lote sin agitación

Fuente: Procesos de transferencia de calor, Kern, Fig. 18.4

Número de circulaciones

$$K_s := e^{\frac{U_c \cdot A}{m_c \cdot C_{pc}} \cdot \left(\frac{m_c \cdot C_{pc}}{m_h \cdot C_{ph}} - 1 \right)} \quad (4.49)^{46}$$

⁴⁵ Kern, Procesos de Transferencia de Calor, 1era Ed. Tabla 12

⁴⁶ Kern, Procesos de Transferencia de Calor, 1era Ed. Ec. 18-36

$$K_s = 1.208$$

$$R_r := \frac{t_{he} - t_{hs}}{t_{cs} - t_{ce}}$$

$$S := \frac{2 \cdot (K_s - 1)}{K_s \cdot \left(R_r + 1 + \sqrt{R_r^2 + 1} \right) - \left(R_r + 1 - \sqrt{R_r^2 + 1} \right)} \quad (4.50)^{47}$$

$$S = 0.071$$

Primera pasada

Temperatura de salida de fluido frio

$$t_2 := t_{ce} + S \cdot (t_{he} - t_{ce}) \quad (4.51)^{48}$$

$$t_2 = 287.64$$

Temperatura de salida de fluido caliente - leche

$$T_2 := t_{he} - R_r \cdot (t_2 - t_{ce}) \quad (4.52)^{49}$$

$$T_2 = 335.637$$

Segunda pasada

Temperatura de salida de fluido caliente - leche

$$T_{21} := T_2 - R_r \cdot (t_2 - t_{ce}) \quad (4.53)$$

$$T_{21} = 323.274$$

⁴⁷ Kern, Procesos de Transferencia de Calor, 1era Ed. Ec. 18-24

⁴⁸ Kern, Procesos de Transferencia de Calor, 1era Ed. Ec. 18.37

⁴⁹ Kern, Procesos de Transferencia de Calor, 1era Ed. Pag 721

Tercera pasada

Temperatura de salida de fluido caliente - leche

$$T22 := T21 - Rr \cdot (t2 - tce) \quad (4.54)$$

$$T22 = 310.911$$

Cuarta pasada

Temperatura de salida de fluido caliente - leche

$$T23 := T22 - Rr \cdot (t2 - tce) \quad (4.55)$$

$$T23 = 298.548$$

Esta temperatura es suficiente para completar el proceso de pasteurización.

Número de pasadas

$$N = 4$$

Tiempo de enfriamiento

$$M := 100 \quad \text{Kg}$$

$$\text{tenf} := \frac{n \cdot M}{mc} \quad (4.56)^{50}$$

$$\text{tenf} = 500 \quad \text{s}$$

$$\text{tenf1} := \frac{\text{tenf}}{60}$$

$$\text{tenf1} = 8.333 \quad \text{min}$$

El tiempo de enfriamiento cumple con los parámetros iniciales de diseño.

⁵⁰ Kern, Procesos de Transferencia de Calor, 1era Ed. Ec 18-34

4.5 DISEÑO DE SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL

El sistema eléctrico de la máquina es fundamental para el control de la temperatura y de las operaciones de los diferentes componentes eléctricos.

Se procede a realizar el estudio de los componentes eléctricos necesarios:

Potencia del moto reductor

El análisis y cálculo de la potencia de este componente se lo puede encontrar en la página 127 de este texto.

Cable a utilizar

El cable a utilizar es el cable AWG 16 debido a que la protección térmica en el contactor principal, permite una temperatura máxima de 50 °C y un amperaje de 10 A. El cable está sobredimensionado para que no exista el deterioro de los mismos por el paso de corriente o agentes térmicos.

$$\text{Corriente nominal de carga} = \frac{HP * 746}{V * n * fp}$$

Dónde:

HP = potencia del motor

V = tensión nominal del sistema

N = eficiencia del moto (valor típico 0,8)

Fp = factor de potencia (valor típico 0,9)

$$\text{Corriente nominal de carga} = 4,7 A$$

Lógica de control

La máquina está diseñada para que los procesos sean controlados independientemente uno del otro y del tiempo, de manera que se pueda realizar un control de calidad del producto en cualquier parte del proceso, es decir, que los procesos de molido, cocción y enfriamiento, son controlados por una botonera fácil de usar.

Proceso de molienda

Existirá un botón (S10) que comande a un contactor (K3), el mismo que activara al molino y la electro válvula de agua (K10); cuando el fin de carrera (K8) del medidor de nivel se active, los dos componentes se apagaran automáticamente.

Proceso de cocción

Un switch (S2) permitirá la activación de la electro válvula de vapor (K9), mientras el proceso se ejecuta, la termocupla (TC1), sensa la temperatura constantemente y manda la señal al controlador de temperatura, el cual mandara una señal al temporizador (T1) cuando haya llegado a la temperatura final; el temporizador mandara a cerrar la electro válvula de vapor (K9) luego de 5 minutos.

Nota: el agitador se lo puede activar con el botón (S12)

Proceso de enfriamiento.

Existirá don botones (S4 y S6) para la activación de las bombas, luego de un tiempo y que la leche llegue a la temperatura requerida, el termostato las apagara automáticamente.

La temperatura de cocción puede ser modificada según la necesidad, ya que la máquina, además de ser diseñada para la elaboración de leche de soya, tiene la

proyección de ser adaptada para la elaboración de otros productos derivados de la soya (colada, mayonesa, etc...)

Nota: El diagrama eléctrico se lo puede encontrar en el plano DI-001-01

4.6 SIMULACIÓN DEL EQUIPO EN 3D

La simulación es directamente del comportamiento mecánico de los componentes diseñados en el transcurso de la elaboración de este proyecto, siendo estos:

Simulación de deformación del bastidor (pag. 113)

Simulación de deformación de las aspas del agitador. (pag. 135)

Para simulación de los temas anteriores, se va a utilizar el programa SolidWorks, el cual nos permite representar gráficamente todos los componentes.

Además, a este capítulo se le adiciona el ensamble de los componentes del equipo.

A continuación se muestra una vista que se ha tomado del programa:



Figura 4.29 Vista de la máquina

Fuente: propia

Nota: Los archivos, se encuentran grabados en el cd adjunto.

CAPÍTULO 5

CONSTRUCCIÓN

5.1. LISTA DE MATERIALES

Los materiales involucrados en la fabricación son básicamente de acero inoxidable AISI 304 para alimentos.

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 piezas para maquinarse

LISTA DE PIEZAS PARA MAQUINARSE			
ORD	DESCRIPCION	MATERIAL	OBSERVACIONES
1	Tubo cuadrado	ASTM A 36	Dimensión 1 1/4 "x 1,5 mm
2	Tubo redondo de acero inoxidable	AISI 304	Dimensión 1 1/2" x 1,5 mm
3	Tol de acero inoxidable	AISI 304	Espesor esp = 0.7 mm
4	Tubo de plástico	PVC	Dimensión 1" x 6m, 300 psi max.
5	Malla de acero inoxidable	AISI 304	Abertura 3 mm
6	Retazos de plancha de acero inoxidable	AISI 304	Espesor esp = 2 y 4 mm

Fuente: propia

Tabla 5.2 Lista de elementos normalizados

LISTA DE ELEMENTOS NORMALIZADOS				
ORD	Cant.	DESCRIPCION	MATERIAL	Características
1	1	Reducciones de acero inoxidable	AISI 304	Soldar, Dimensión 2" a 1 1/2"
2	5	Codo de acero inoxidable	AISI 304	Soldar, Dimensión 1 1/2"
3	2	Tees de acero inoxidable	AISI 304	Soldar, Dimensión 1 1/2"
4	11	Codo de plástico	PVC	Dimensión 1/2"
5	2	Piedras de molino		Dimensión 12,5 cm
6	1	Bomba centrífuga para agua	Varios	Capacidad 1/2 HP 115V, Q = 35 l/min
7	1	Bomba sanitaria	Varios	Capacidad 1/2 HP
8	1	Válvula de pie	Varios	Dimensión 1"
9	1	Tee de plástico	PVC	Dimensión 1"
10	5	Neplo de plástico	PVC	Dimensión 1 x 6 cm
11	1	Manómetro de agua		Capacidad 0 a 100 psi
12	1	Bushing de plástico	PVC	Dimensión 1/2" x 1/4"
13	2	Adaptador tanque	PVC	Dimensión 1"
14	5	Teflón	PTFE	Politetrafluoroetileno
15	1	Sellador		Dimensión 50 cm 3
16	7	Abrazadera de acero inoxidable	AISI 304	Dimensión 1 1/2"
17		Empaque ferrul	Caucho	Dimensión 1 1/2"
18	7	Ferrul de acero inoxidable	AISI 304	Dimensión 1 1/2"
19	4	Válvula mariposa	AISI 304	Soldar, Dimensión 1 1/2"
20	1	Electroválvula de vapor	Cobre	Roscar, Dimensión 1"
21	1	Trampa de vapor inversa	Hierro	Roscar, Dimensión 1/2"
22	1	Moto reductor	Varios	Capacidad 50 rpm
23	1	Electroválvula de agua	AISI 304	Dimensión 1"
24	6	Ruedas industriales	Varios	Capacidad 50 Kg, 3"
25	10	Lijas de agua	Varios	Característica 180
26	1	Tubo galvanizado	Aleación Zn - Fe	Dimensión 1/2"
27	2	Codo galvanizado	Aleación Zn - Fe	Dimensión 1/2"

Fuente: propia

5.2. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

5.2.1 EQUIPOS NECESARIOS PARA LA FABRICACIÓN

Los equipos más utilizados e importantes para el desarrollo de este proyecto son:

Máquina para soldadura TIG

Por la facilidad de soldadura en los elementos de acero inoxidable, se dispuso de una máquina marca Miller la cual cuenta con las siguientes características:

- Antorcha para soldar con material de aporte
- Gas: Argón, debido a que se utiliza un electrodo EWTh-1 el cual brinda alta penetración y tiene una composición de Tungsteno – Thorio 1%
- Material de aporte: varilla AWS ER 308L, el cual es recomendado para soldar material AISI 304.

Ventajas:

El acabado que produce este tipo de soldadura es muy bueno y no deja mucha escoria ni rebaba, además de dar mejor estética a los elementos a soldarse, brinda una resistencia adecuada para este tipo de prestaciones alimenticias.



Figura 5.1 Máquina de soldadura TIG

Fuente: propia

Torno paralelo

El torno paralelo se lo va a utilizar para maquinar el eje del agitador de la olla de vapor y las respectivas guías del mismo, guías de boya para el control de nivel, y algunas piezas pequeñas para anclajes de otros equipos y componentes.



Figura 5.2 Torno paralelo

Fuente: propia

Taladro de pedestal

El taladro de pedestal será utilizado para realizar agujeros en diferentes elementos y componentes con el fin de facilitar la sujeción y montaje de los mismos, como por ejemplo:

- Agujeros de sujeción para moto reductor y bombas
- Agujeros de sujeción para botonera y contactores eléctricos.
- Agujeros de sujeción para planchas metálicas.



Figura 5.3 Taladro de pedestal

Fuente: propia

Amoladora

La amoladora se la va a utilizar para el corte de algunos elementos pequeños y también la ayuda con el acabado de cordones de soldadura y rebabas.

Esta también se la puede utilizar para limpieza del material con ayuda de un cepillo de alambre.



Figura 5.4 Amoladora

Fuente: propia

Cortadora de plasma

Con este equipo es posible realizar cortes de acero inoxidable con buenos acabados y cumpliendo con el requerimiento geométrico necesario.

El equipo a utilizar es de marca Hypertherm, la cual tiene una capacidad de corte de hasta 16 mm de espesor.



Figura 5.5 Cortadora de plasma

Fuente: propia

Taladro

Equipo necesario para realizar agujeros de diferentes tamaños en lugares que no se necesita tanta precisión, como por ejemplo en el maquinado de agujeros para la inserción de pernos de sujeción de diferentes componentes de la máquina.



Figura 5.6 Taladro

Fuente: propia

Entenalla

Facilita el montaje y maquinado de diferentes componentes. La cual va a usarse básicamente para la creación del filtro, sujeciones de moto-reductor, mecanismo de nivel, creación de tablero de control y para realizar algunas uniones de elementos con soldadura.



Figura 5.7 Entenalla

Fuente: propia

Dobladora de planchas

Equipo necesario para doblar las planchas de recubrimiento de la máquina, creación del tablero de control, construcción del filtro y algunos elementos de sujeción.



Figura 5.8 Dobladora de planchas

Fuente: propia

Esmeril

Equipo necesario para pulir y quitar las asperezas de objetos manipulables los cuales necesitan estar libres de impurezas o limallas para pasar al siguiente proceso de construcción o modificación.



Figura 5.9 Esmeril

Fuente: propia

5.2.2 DIAGRAMAS DE PROCESO DE LOS ELEMENTOS A FABRICARSE

Primeramente se va a proceder a adecuar los componentes como:

- Recipiente de cocción
- Recipiente de producto terminado
- Intercambiador de calor.

Luego se procederá a fabricar los componentes de la tapa de la olla de cocción y por ende la misma, por consiguiente se procederá a construir la estructura base, filtro, líneas de tubería y tablero de control.

El recipiente de cocción necesita un sensor de temperatura el cual debe censar la temperatura promedio del producto dentro del mismo, por ende se procederá a utilizar un trozo de tubería delgada AISI 304 para dicha acción.

**DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
TUBO PARA SENSOR DE TEMPERATURA
Código: TA-014-01
Trazado por: Luis Vega, José Negrete**

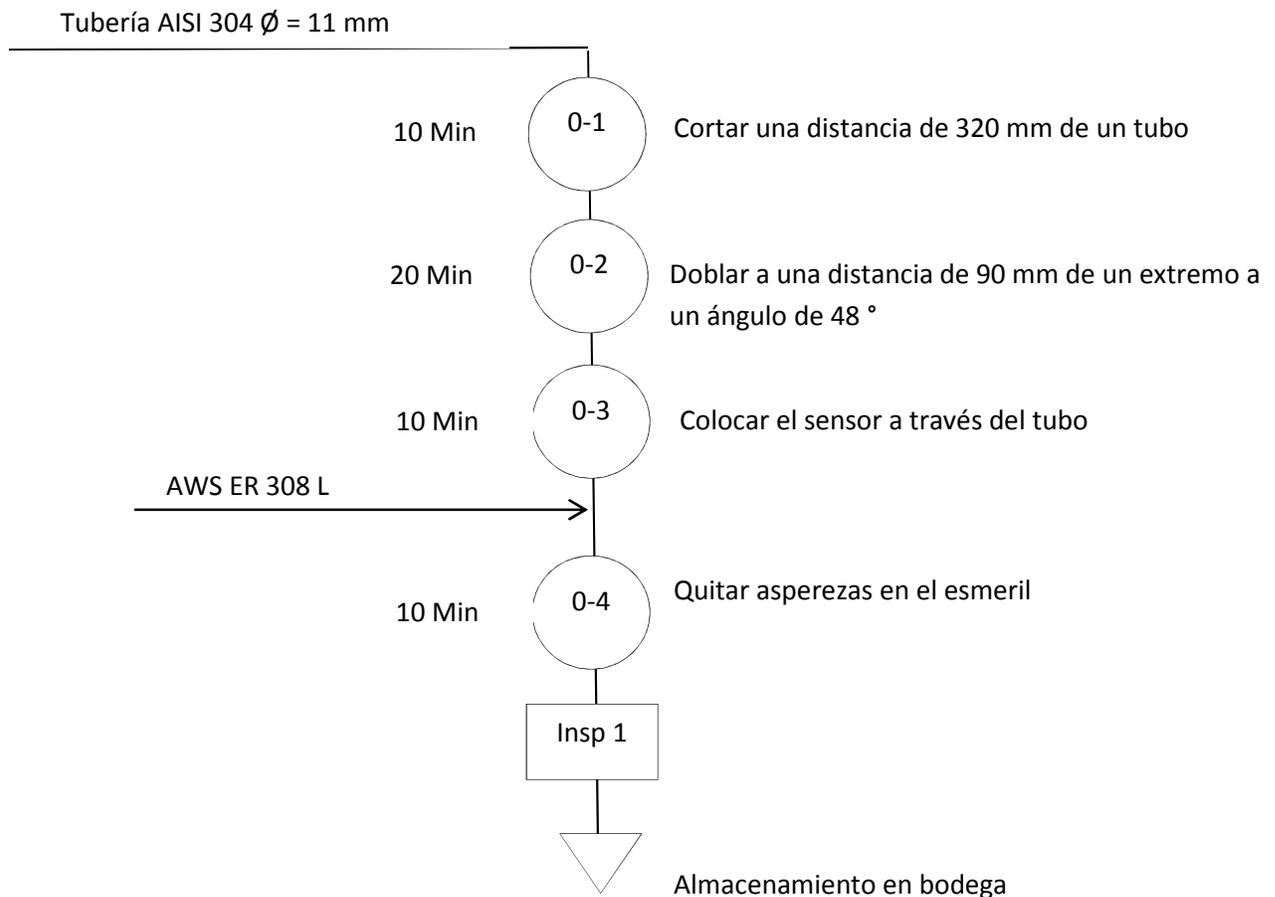


Figura 5.10 Diagrama de procesos de tubo para sensor de temperatura
Fuente: propia

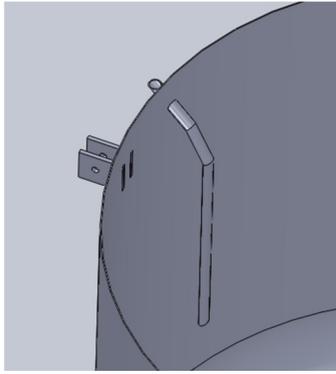


Figura 5.11 Tubo para sensor de temperatura

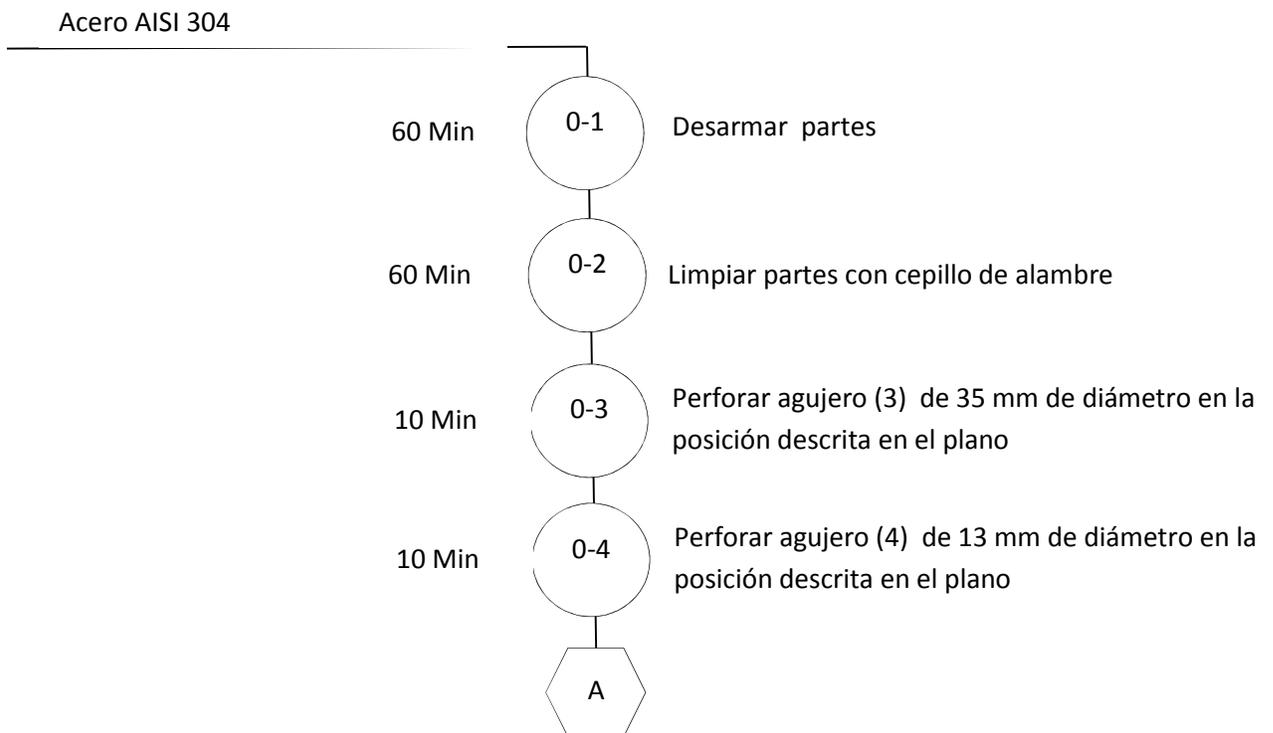
Fuente: propia

El recipiente para la cocción necesita ajustarse a los requerimientos del proceso y al sistema de semi- automatización, por lo que se debe modificar y realizar un mantenimiento de sus partes, ya que dicho componente estuvo fuera de servicio por mucho tiempo.

**DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
ADECUACIÓN DE RECIPIENTE DE COCCIÓN**

Código: AD-001-01

Trazado por: Luis Vega, José Negrete



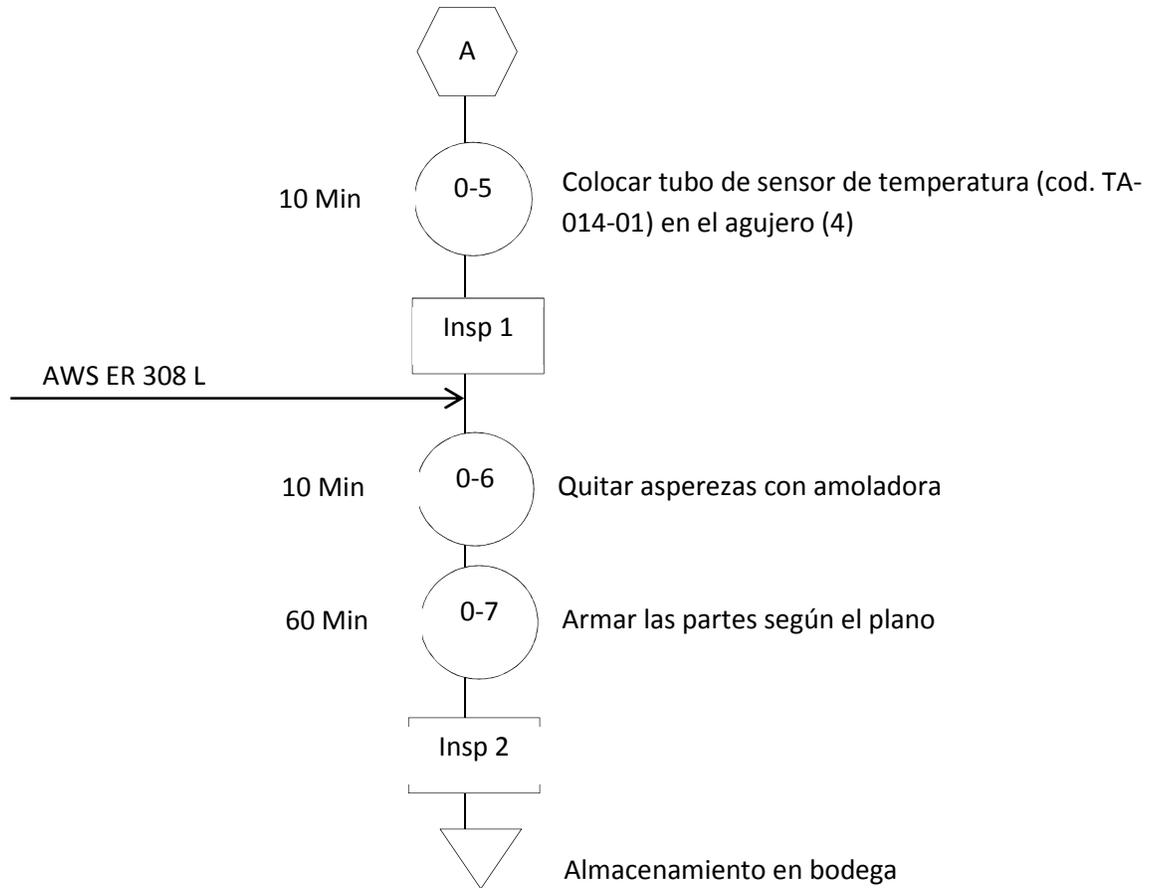


Figura 5.12 Diagrama de procesos de adecuación de recipiente de cocción
Fuente: propia

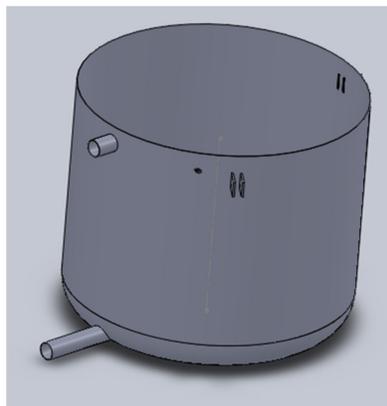


Figura 5.13 Recipiente de cocción
Fuente: propia

El siguiente componente es la modificación y adecuación del recipiente para producto terminado, el cual debe ajustarse a los requerimientos del proceso siendo su geometría el factor más importante a modificar, tomando en cuenta las tomas de succión, descarga y recirculación del producto.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
PLACA PARA BISAGRA PARA RECIPIENTE DE PRODUCTO TERMINADO
Código: TA-015-09
Trazado por: Luis Vega, José Negrete

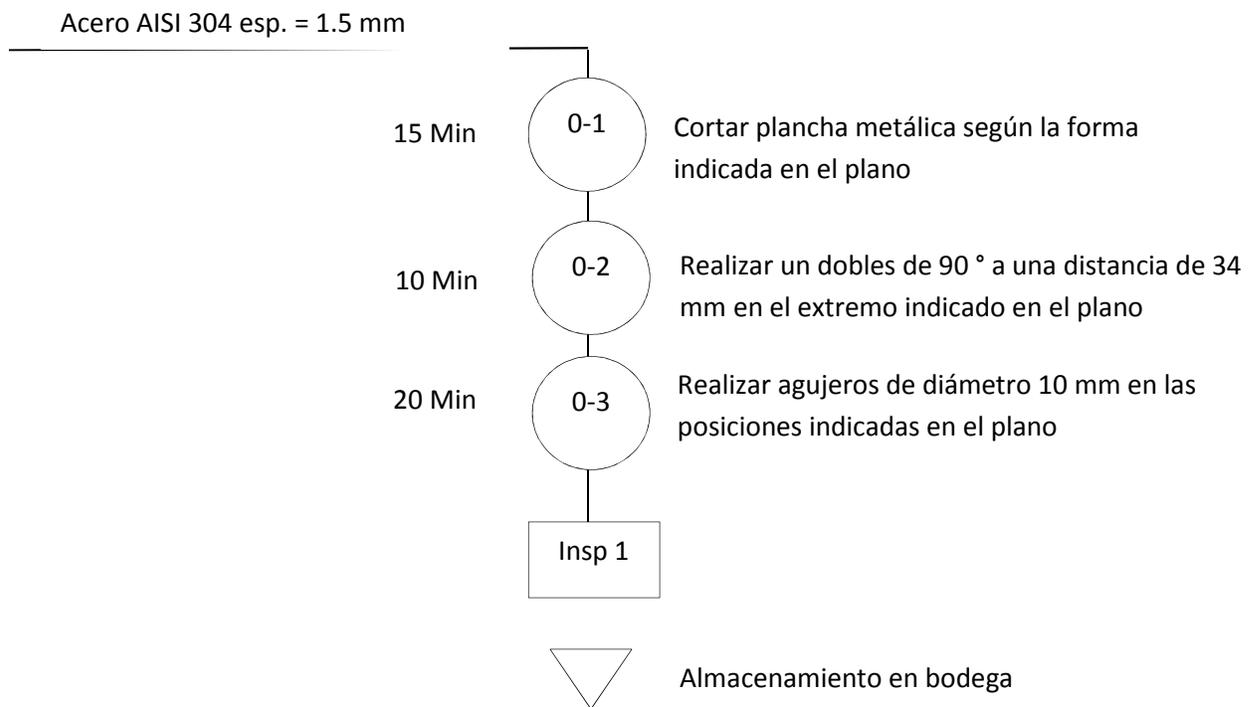


Figura 5.14 Diagrama de procesos de placa para bisagra para recipiente de producto terminado
Fuente: propia

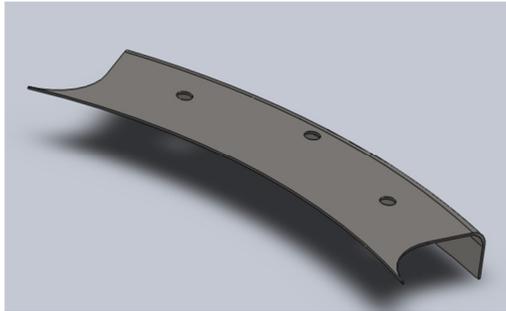


Figura 5.15 Placa para bisagra para recipiente de producto terminado
Fuente: propia

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
BISAGRA PARA TAPA RECIPIENTE DE PRODUCTO TERMINADO
Código: TA-016-11
Trazado por: Luis Vega, José Negrete

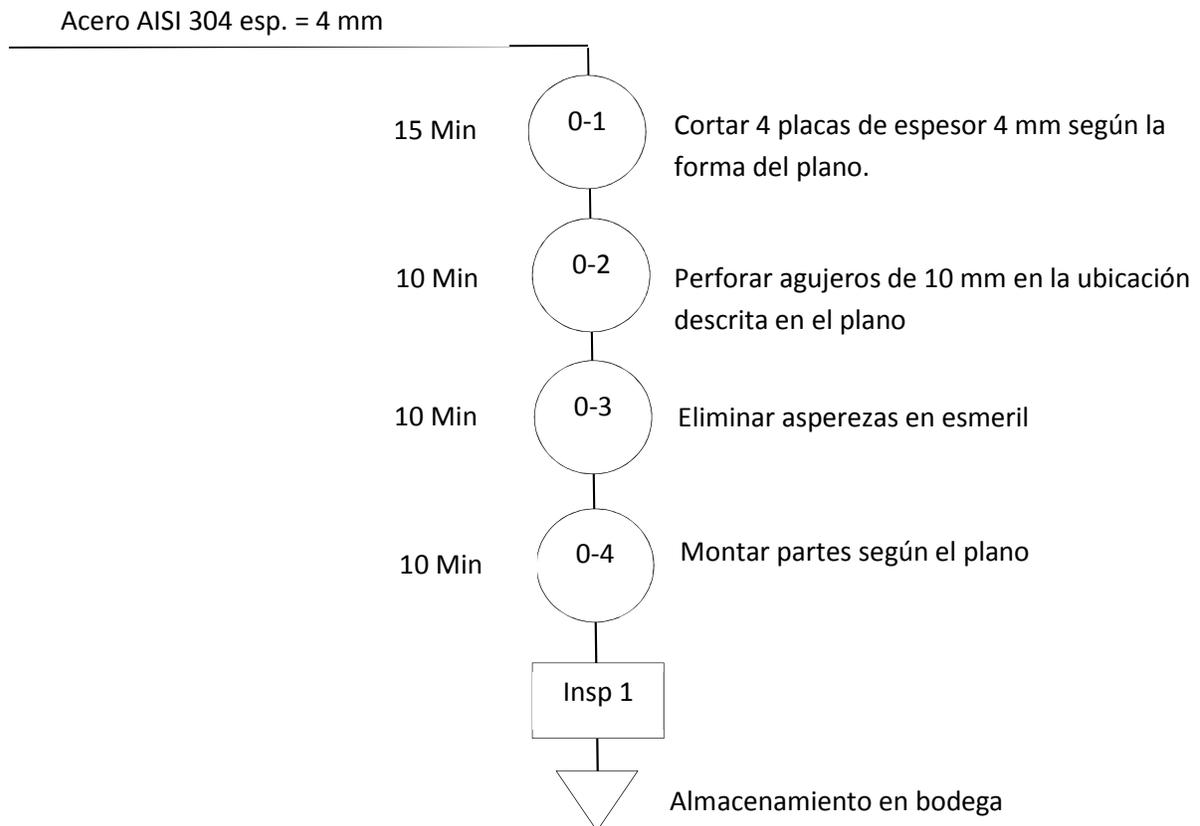


Figura 5.16 Diagrama de procesos bisagra para recipiente de producto terminado
Fuente: propia

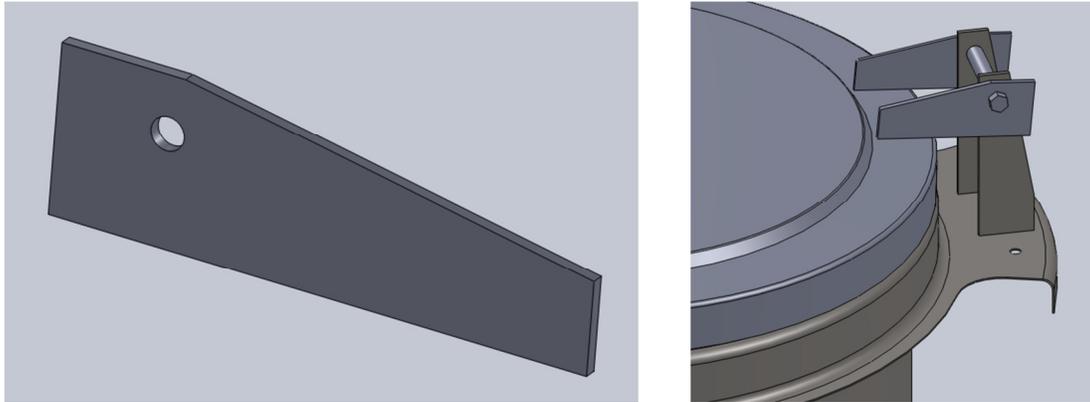
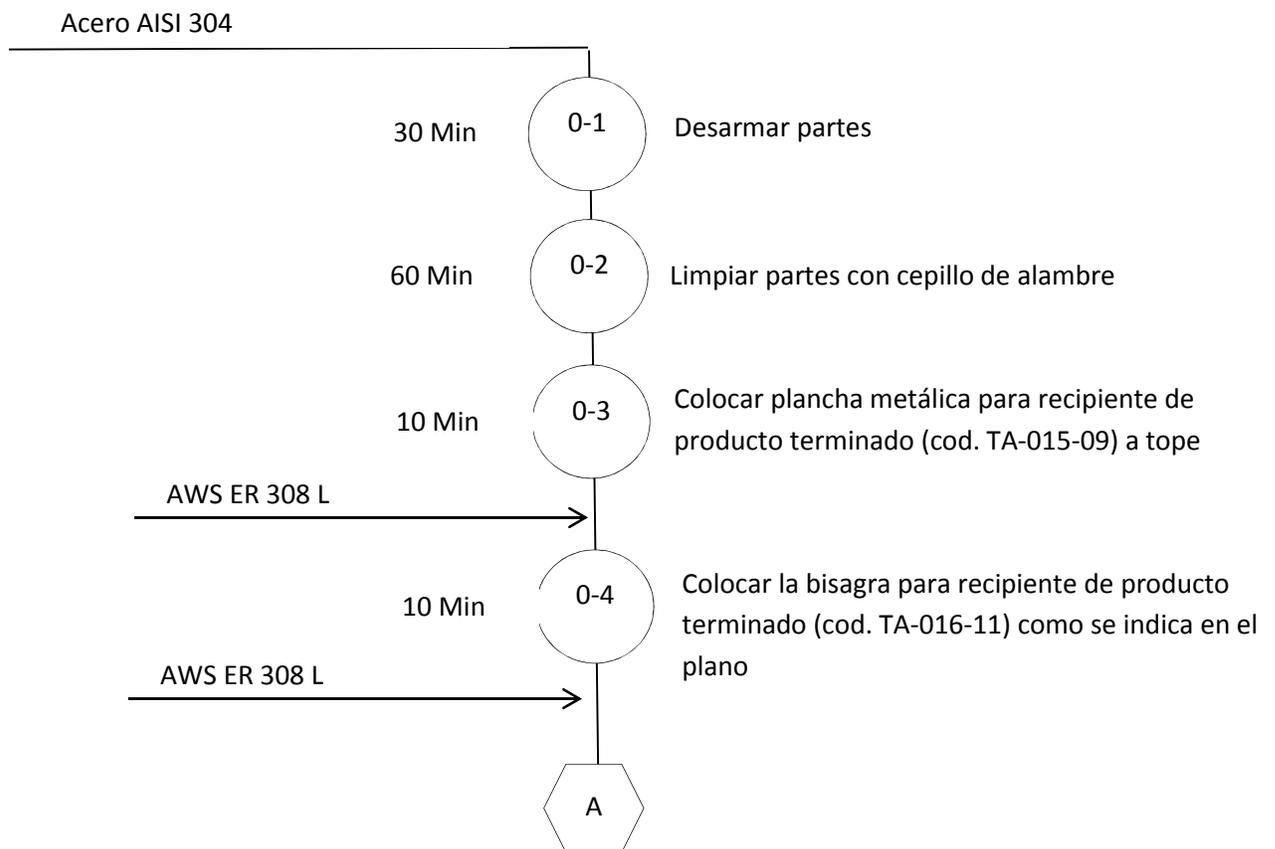


Figura 5.17 Bisagra para recipiente de producto terminado
Fuente: propia

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
ADECUACIÓN DE RECIPIENTE DE PRODUCTO TERMINADO
Código: AD-002-03
Trazado por: Luis Vega, José Negrete



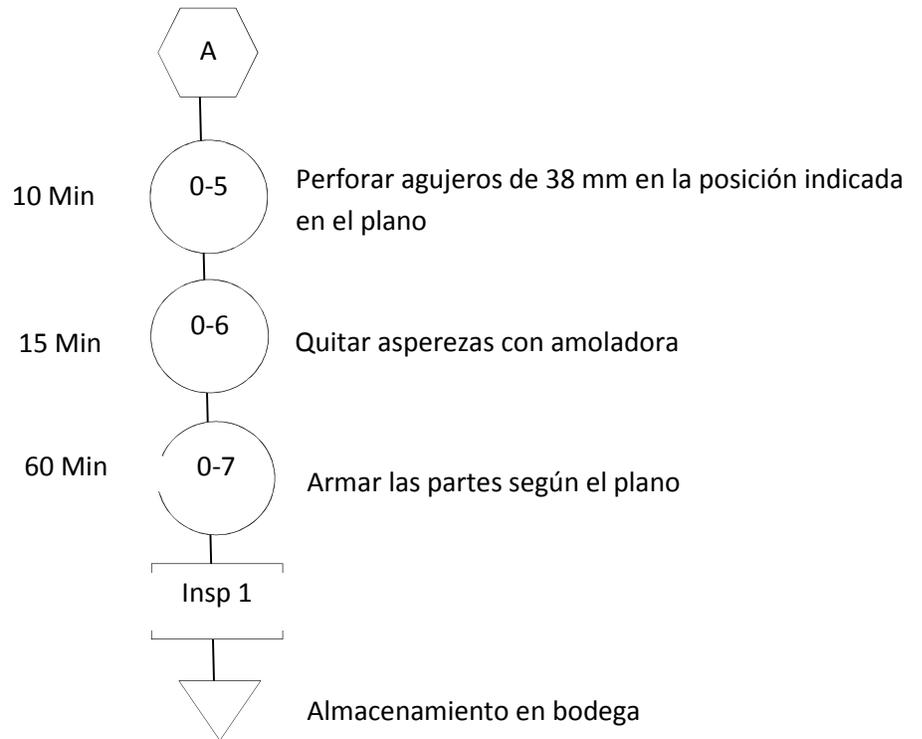


Figura 5.18 Diagrama de procesos de adecuación de recipiente de producto terminado

Fuente: propia

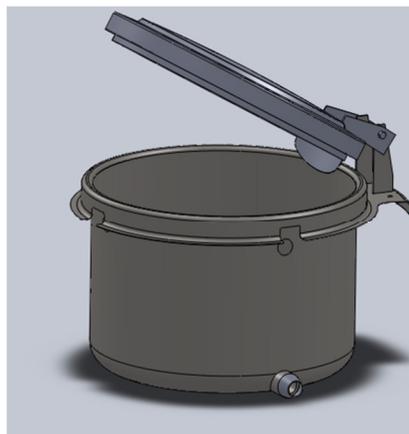


Figura 5.19 Recipiente de producto terminado

Fuente: propia

El intercambiador de calor debe ser limpiado y probar que no existan fugas internas y externas para que cumpla con un trabajo adecuado, adicional, se debe construir las tapas en acero inoxidable con sus respectivas bridas y empaques sanitarios.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
TOMAS PARA TAPA DE INTERCAMBIADOR
Código: TA-017-01
Trazado por: Luis Vega, José Negrete

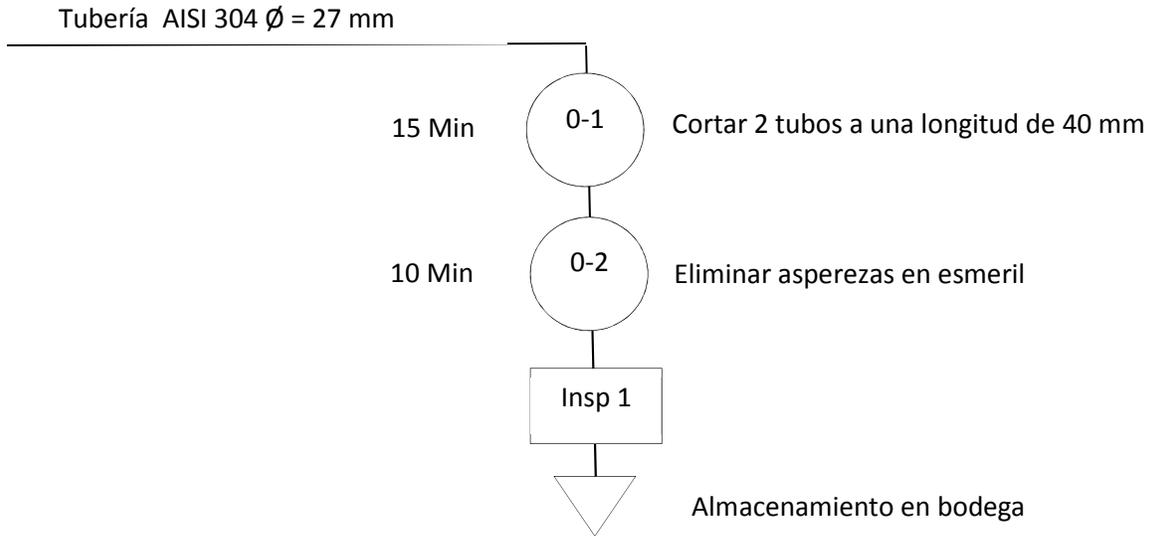


Figura 5.20 Diagrama de procesos de tomas para tapa de intercambiador
Fuente: propia

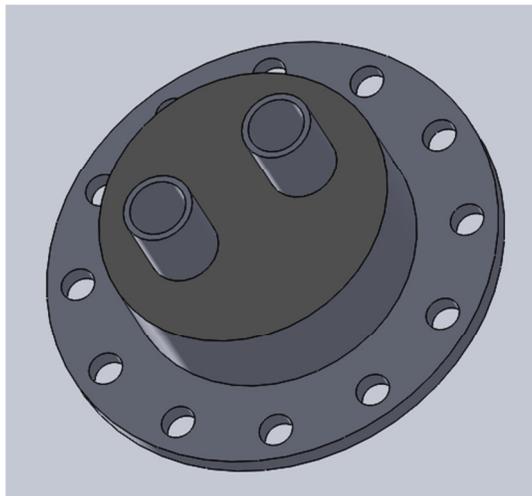


Figura 5.21 Tomas para tapa de intercambiador
Fuente: propia

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
TAPAS DE INTERCAMBIADOR
Código: TA-018-02
Trazado por: Luis Vega, José Negrete

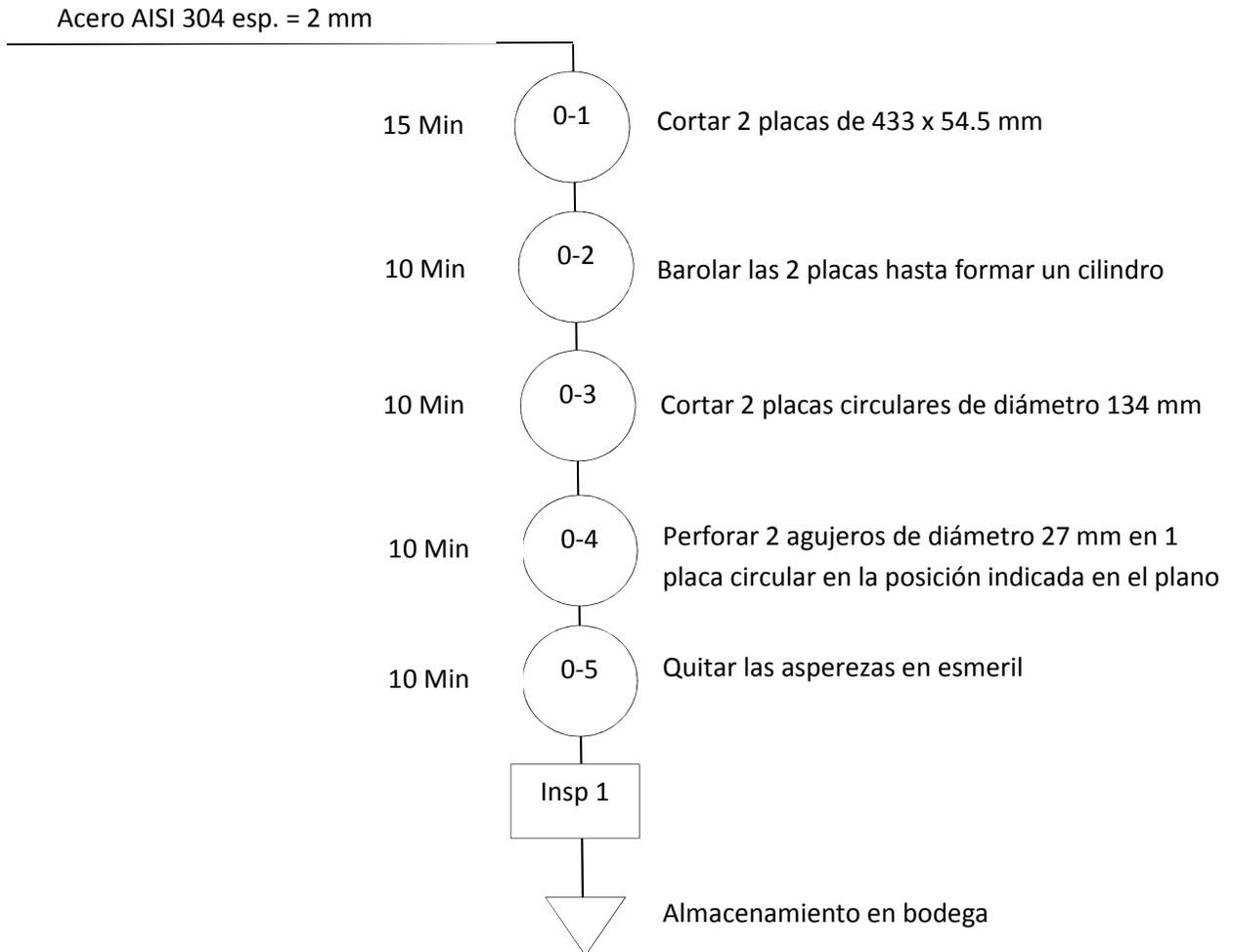


Figura 5.22 Diagrama de procesos de tapas de intercambiador
Fuente: propia

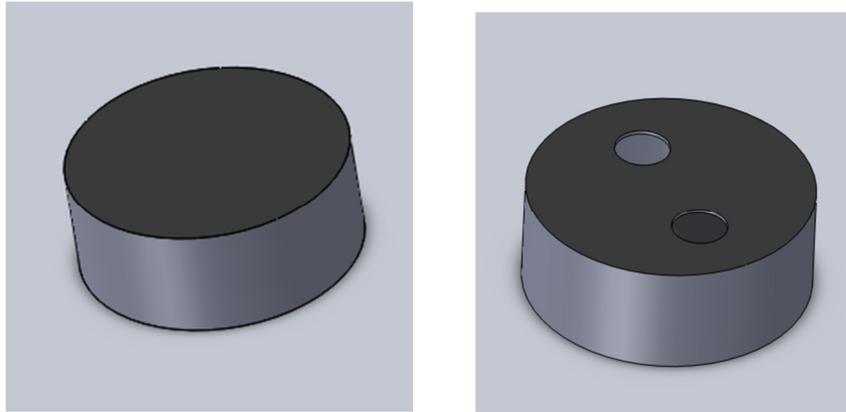


Figura 5.23 Tapas de intercambiador
Fuente: propia

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
PLACA INTERCAMBIADOR
Código: TA-019-03
Trazado por: Luis Vega, José Negrete

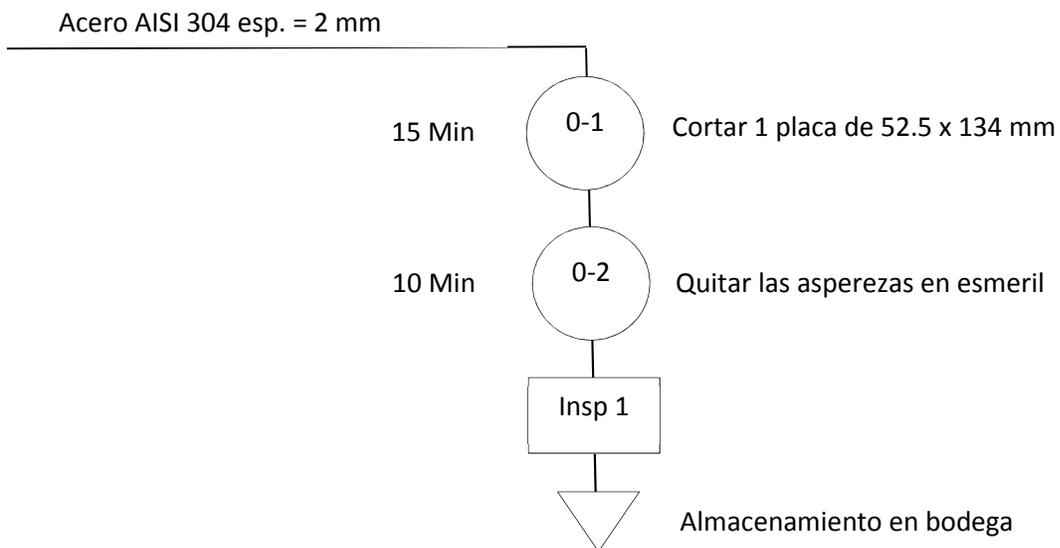


Figura 5.24 Diagrama de procesos de placa intercambiador
Fuente: propia

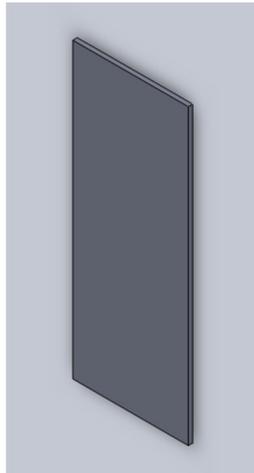


Figura 5.25 Placa intercambiador
Fuente: propia

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
ENSAMBLE DE TAPAS DE INTERCAMBIADOR
Código: EN-006-06
Trazado por: Luis Vega, José Negrete

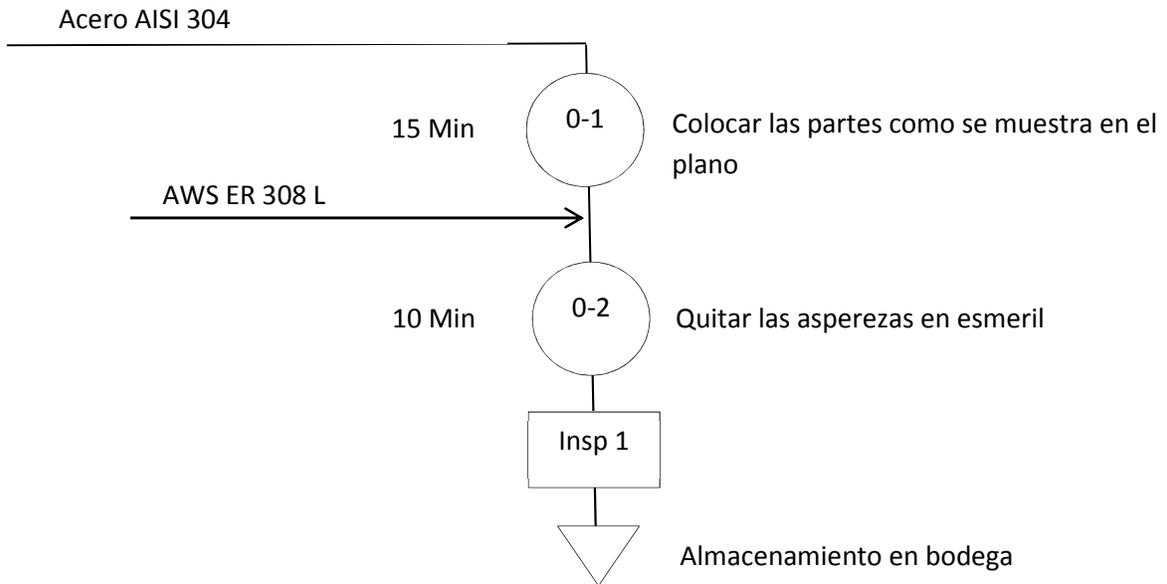


Figura 5.26 Diagrama de procesos de ensamble de tapas de intercambiador
Fuente: propia

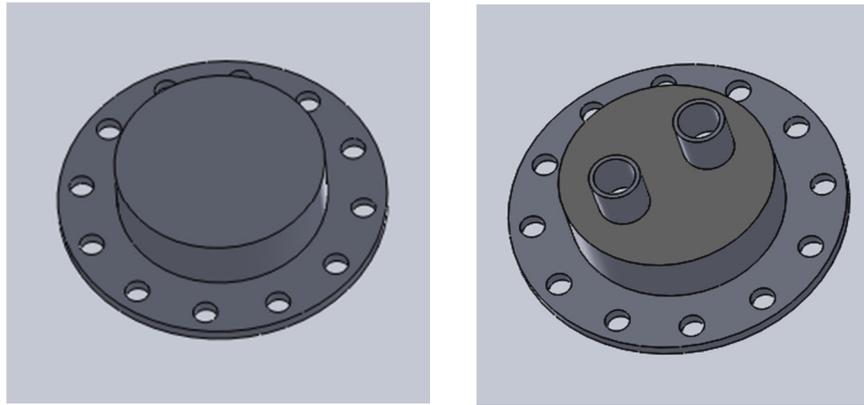


Figura 5.27 Tapas de intercambiador terminadas
Fuente: propia

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
 ADECUACIÓN DE INTERCAMBIADOR
 Código: AD-003-03
 Trazado por: Luis Vega, José Negrete

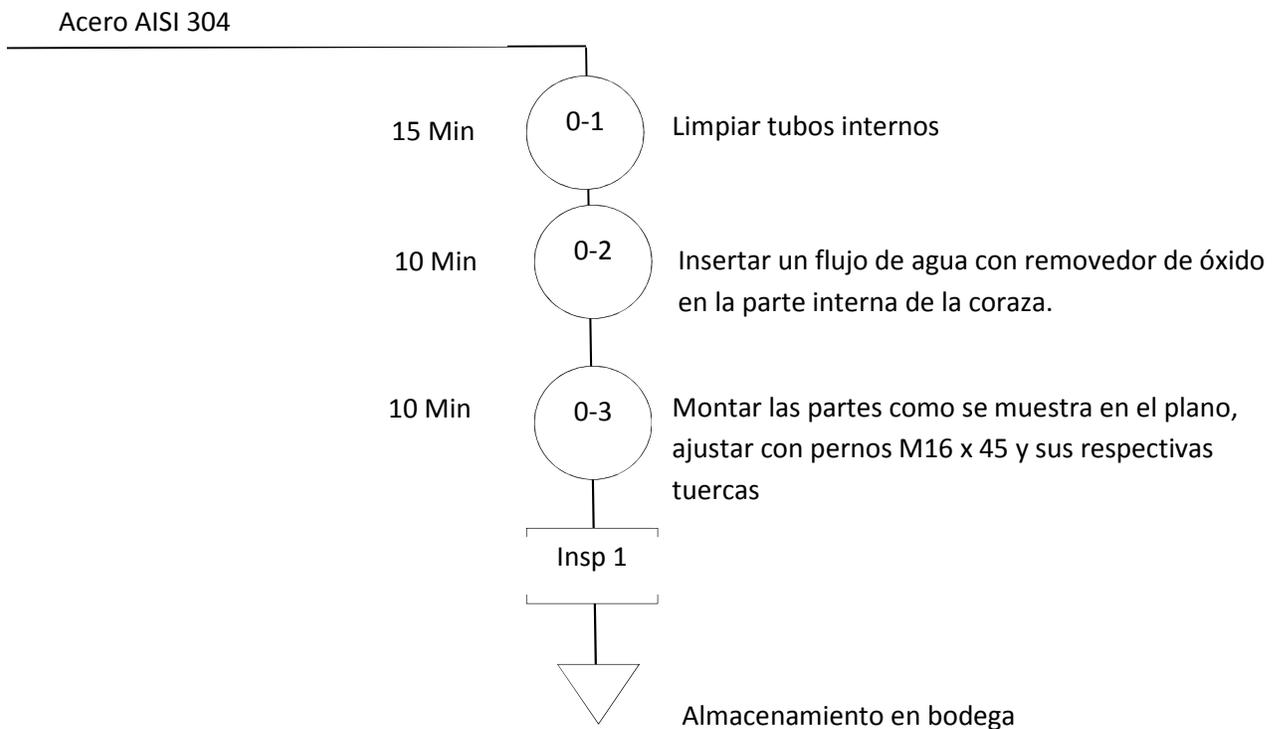
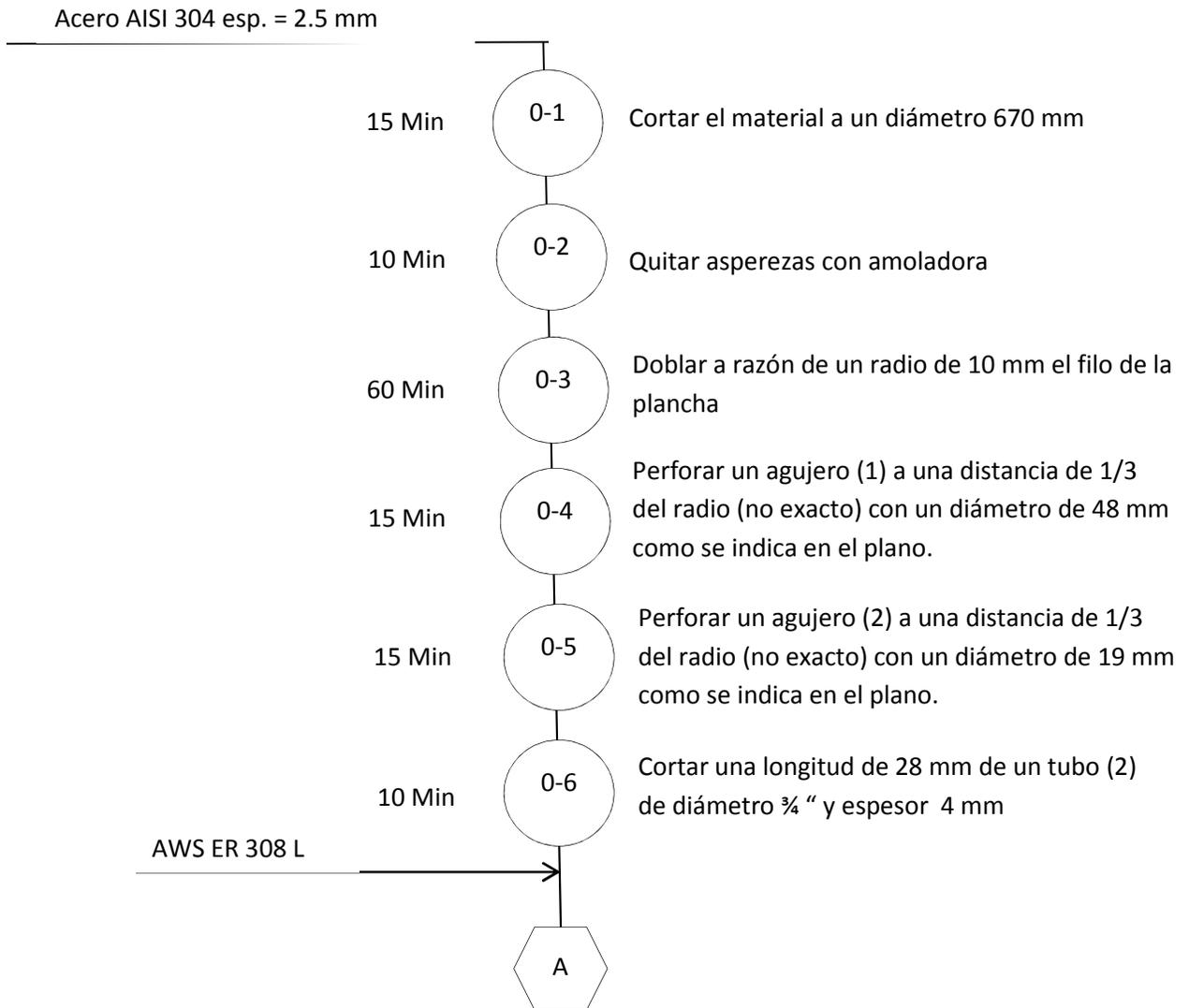


Figura 5.28 Diagrama de procesos de ensamble de tapas de intercambiador
Fuente: propia

El recipiente de cocción se le debe añadir ciertas modificaciones que harán que el proceso se realice de acuerdo a los requerimientos de la empresa auspiciante, por lo que se procedió a fabricar una tapa de acero inoxidable que cumpla con los mismos, los cuales son principalmente:

- Mecanismo de nivel
- Agitador

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
TAPA DE RECIPIENTE DE COCCIÓN
 Código: TA-001-01
 Trazado por: Luis Vega, José Negrete



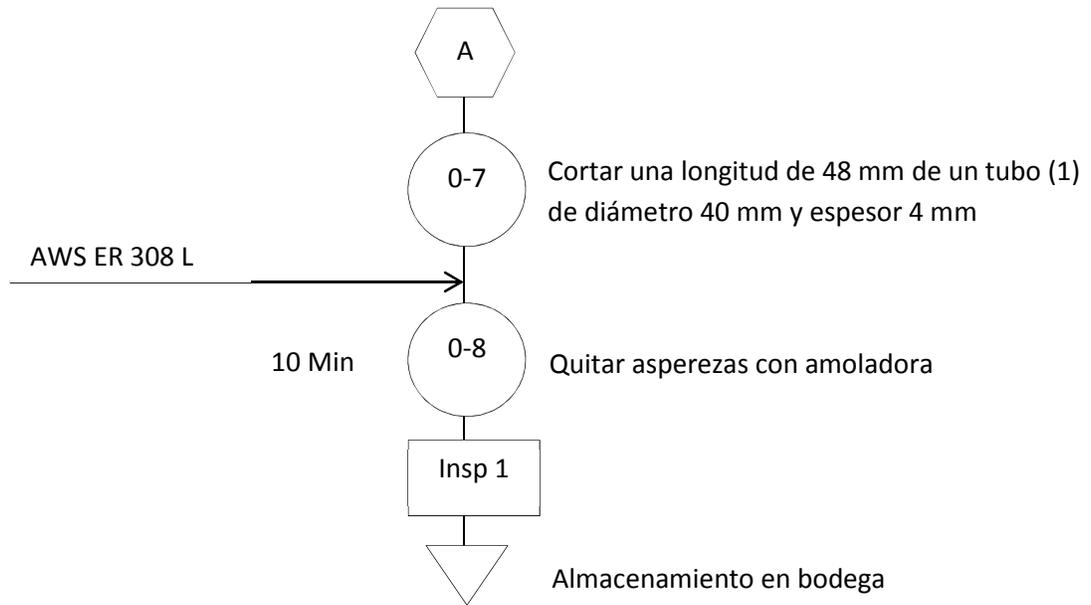


Figura 5.29 Diagrama de procesos de la tapa de recipiente de cocción
Fuente: propia

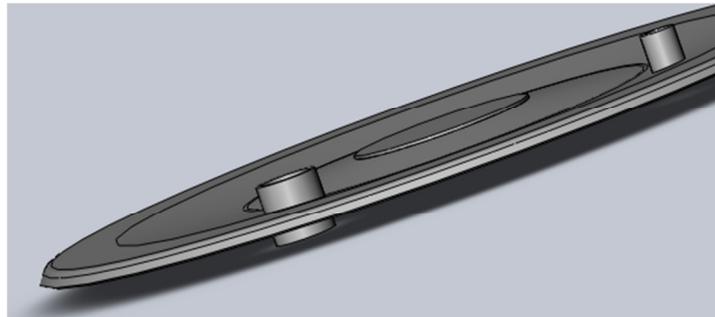


Figura 5.30 Tapa de recipiente de cocción
Fuente: propia

La tapa cuenta con un moto-reductor ya que el agitador debe girar a bajas revoluciones según el proceso de elaboración de leche de soya propuesto por la empresa auspiciante, por lo tanto se procede a hacer el montaje de este equipo sobre la tapa en construcción.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
BASE PARA MOTO-REDUCTOR
 Código: TA-002-02
 Trazado por: Luis Vega, José Negrete

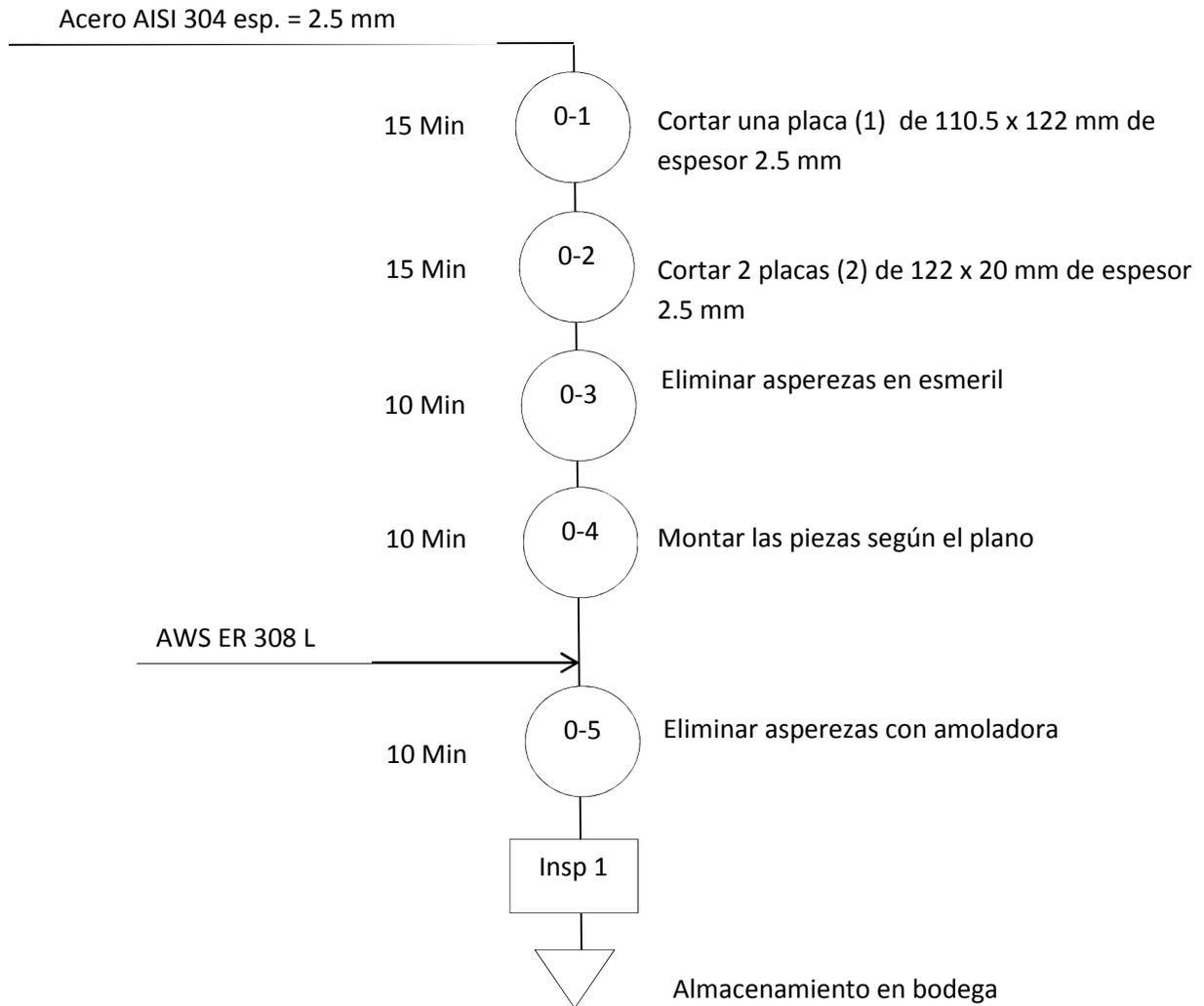


Figura 5.31 Diagrama de procesos de base para moto-reductor
 Fuente: propia

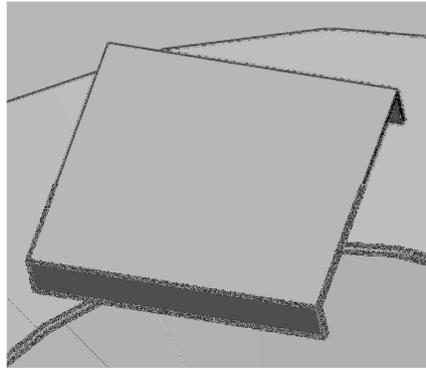


Figura 5.32 Base para moto-reductor
Fuente: propia

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
EJE PARA AGITADOR
Código: TA-003-03
Trazado por: Luis Vega, José Negrete

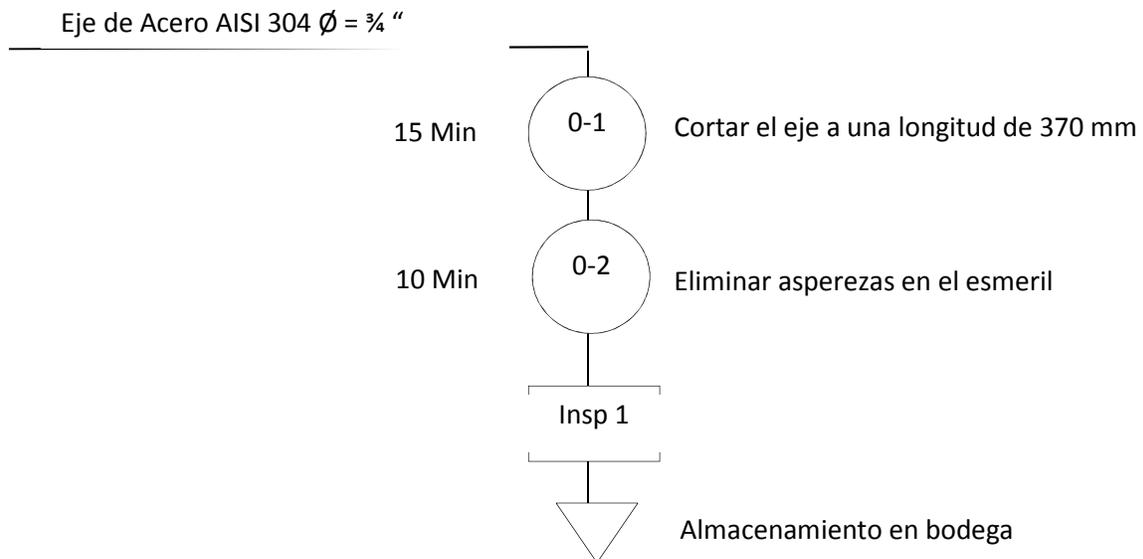


Figura 5.33 Diagrama de procesos de eje para agitador
Fuente: propia

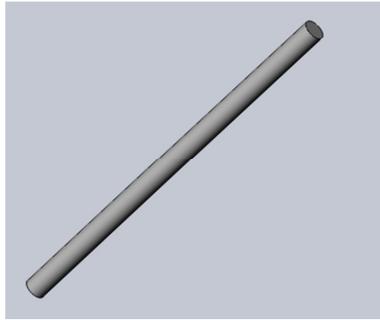


Figura 5.34 Eje para agitador
Fuente: propia

El agitador es un mecanismo que debe cumplir la función de mezclado uniforme durante el proceso de cocción, por lo que se lo coloca fuera del centro para que no produzca el efecto remolino.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
ASPAS DE AGITADOR
Código: TA-004-04
Trazado por: Luis Vega, José Negrete

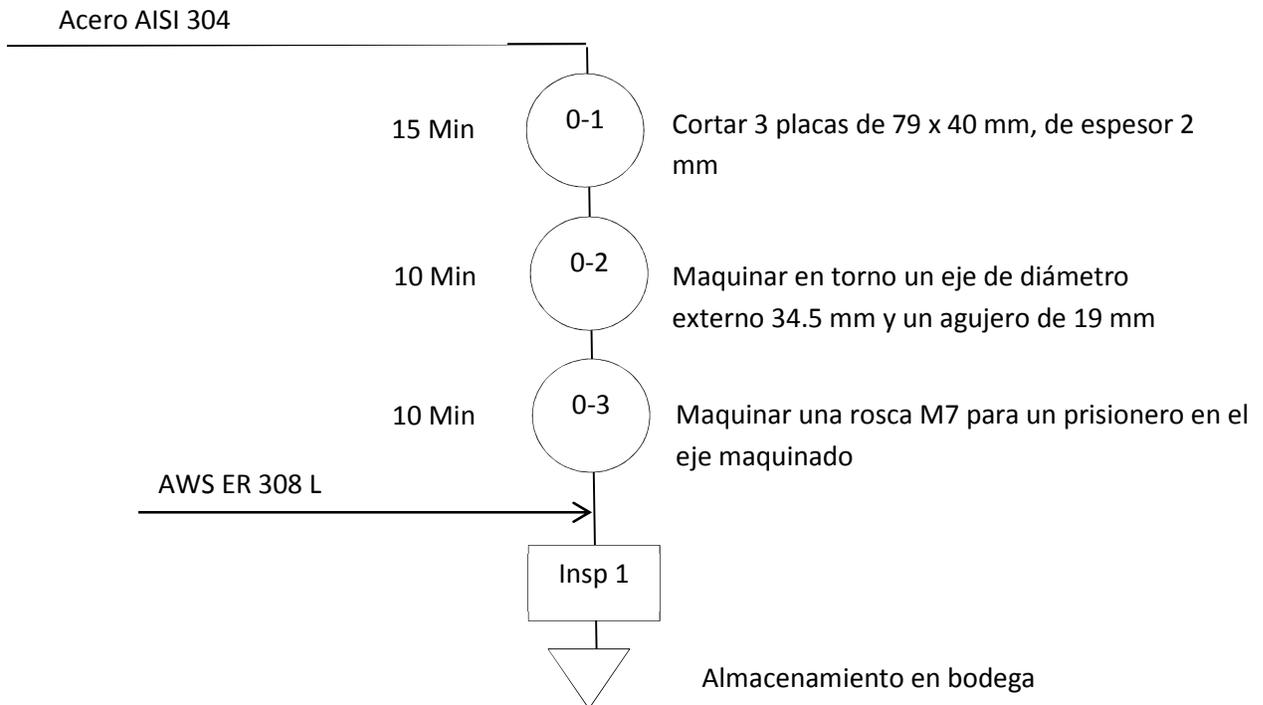


Figura 5.35 Diagrama de procesos de aspas de agitador
Fuente: propia

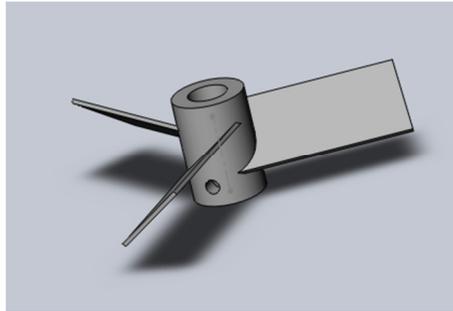


Figura 5.36 Aspas de agitador
Fuente: propia

Todos los componentes deben ser totalmente desmontables con la finalidad de que se facilite la limpieza de la máquina, por ende, se debe fabricar acoples y prisioneros en los elementos para su respectiva sujeción.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
ACOPLE PARA MOTO-REDUCTOR – EJE DE AGITADOR
Código: TA-005-12
Trazado por: Luis Vega, José Negrete

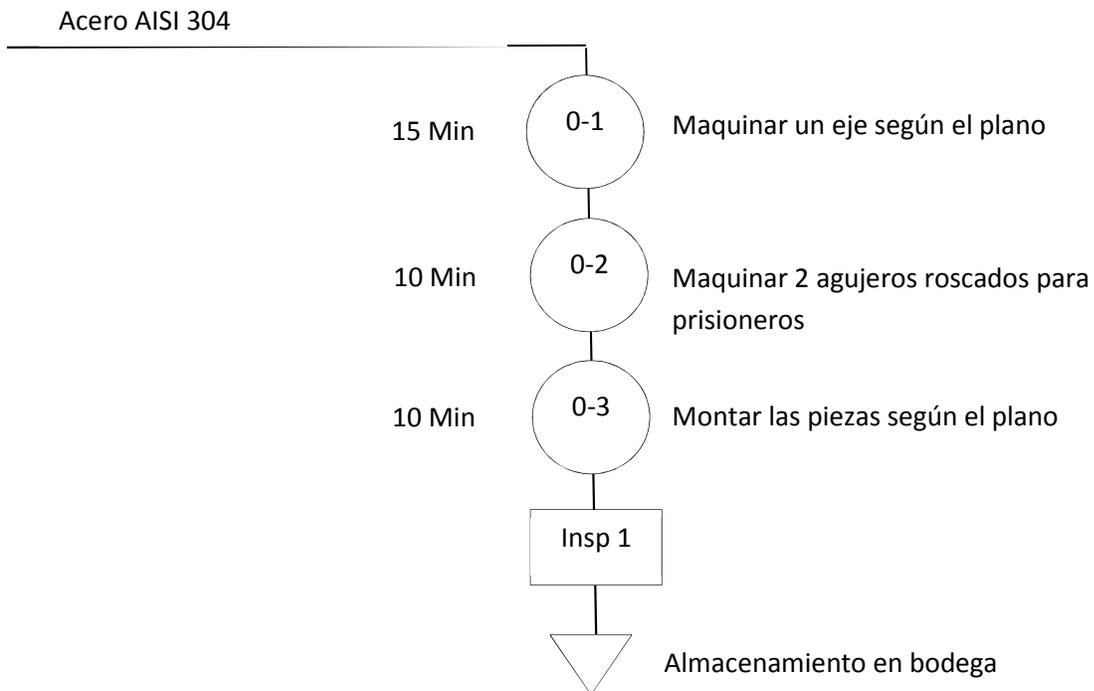


Figura 5.37 Diagrama de procesos de acople de moto-reductor – eje del agitador
Fuente: propia

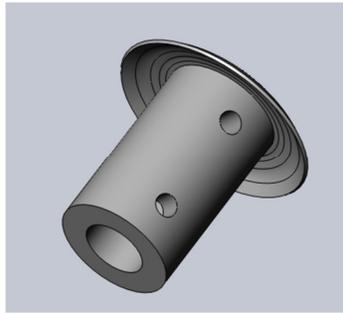


Figura 5.38 Acople de moto-reductor – eje del agitador

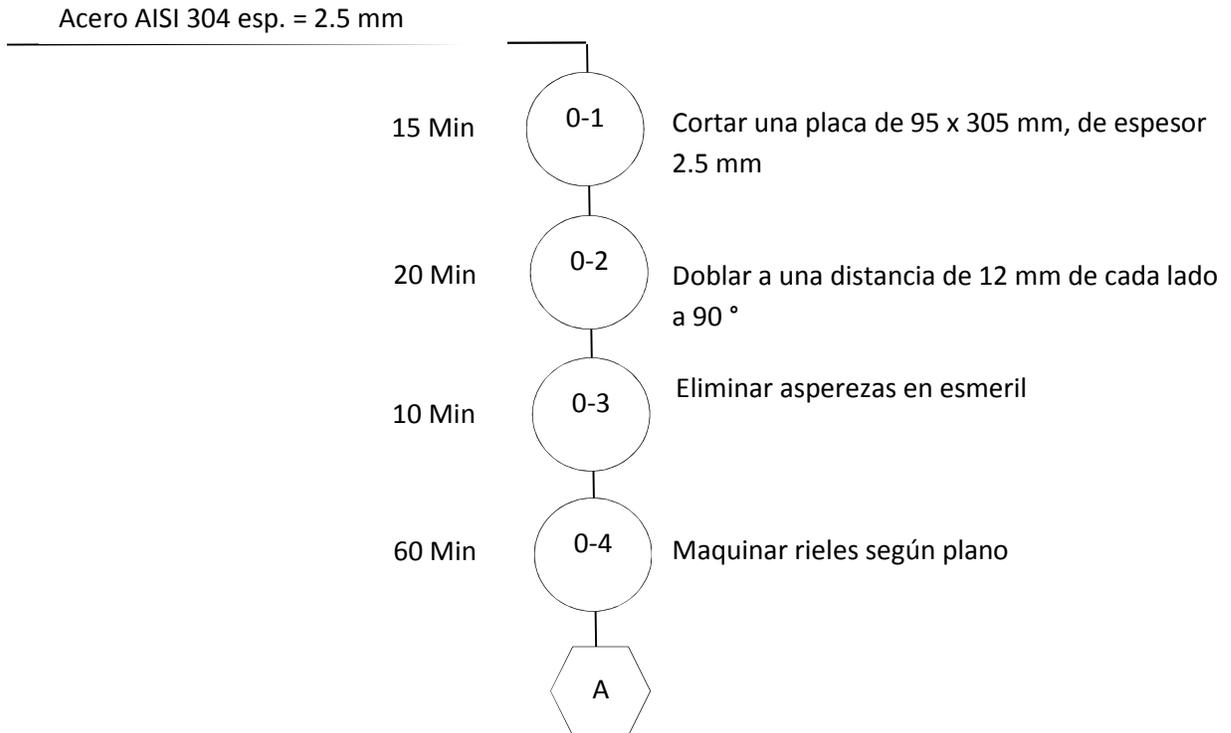
Fuente: propia

El mecanismo de nivel debe ser totalmente aislado del producto por lo que se decidió crear un sistema que permita la interacción mecánica y eléctrica sin afectar este principio.

**DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
BASE PARA MECANISMO DE NIVEL**

Código: TA-006-25

Trazado por: Luis Vega, José Negrete



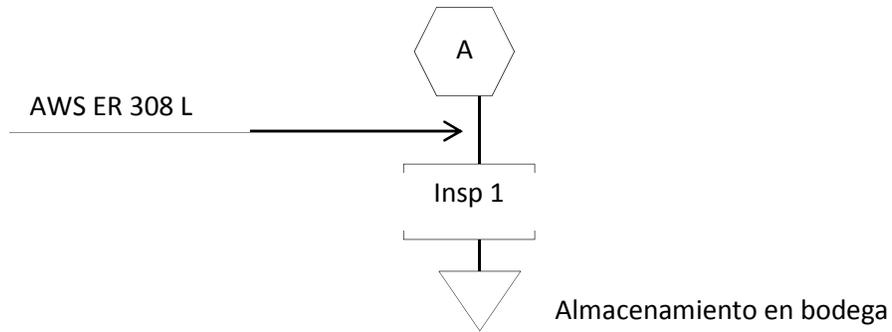


Figura 5.39 Diagrama de procesos base para mecanismo de nivel
Fuente: propia

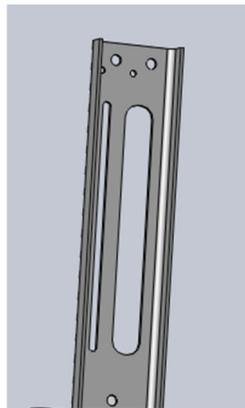
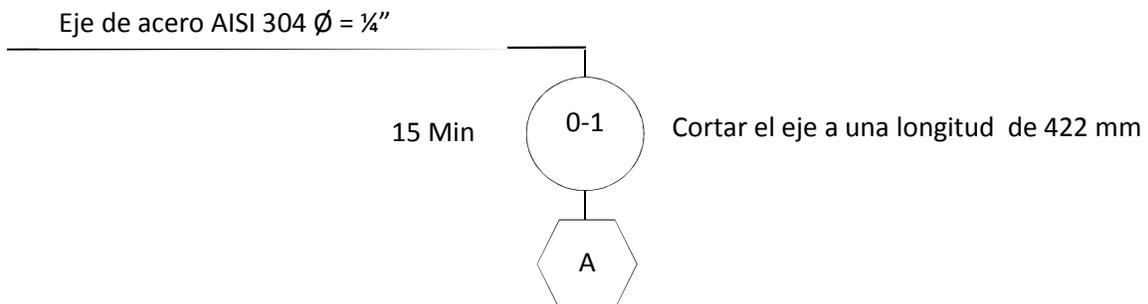


Figura 5.40 Base para mecanismo de nivel
Fuente: propia

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
EJE PARA MECANISMO DE NIVEL

Código: TA-007-05

Trazado por: Luis Vega, José Negrete



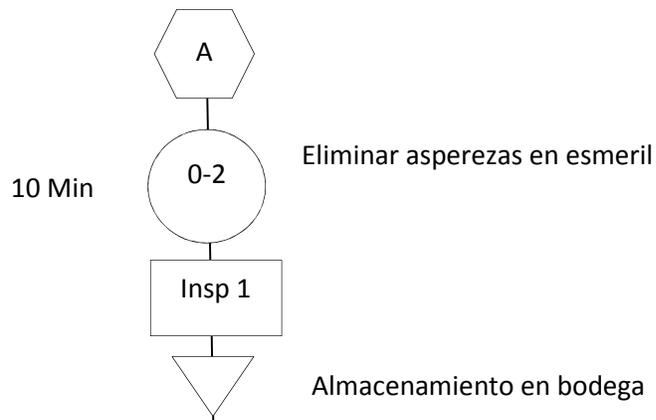


Figura 5.41 Diagrama de procesos de eje para mecanismo de nivel
Fuente: propia

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
BOYA PARA MECANISMO DE NIVEL
Código: TA-008-02
Trazado por: Luis Vega, José Negrete

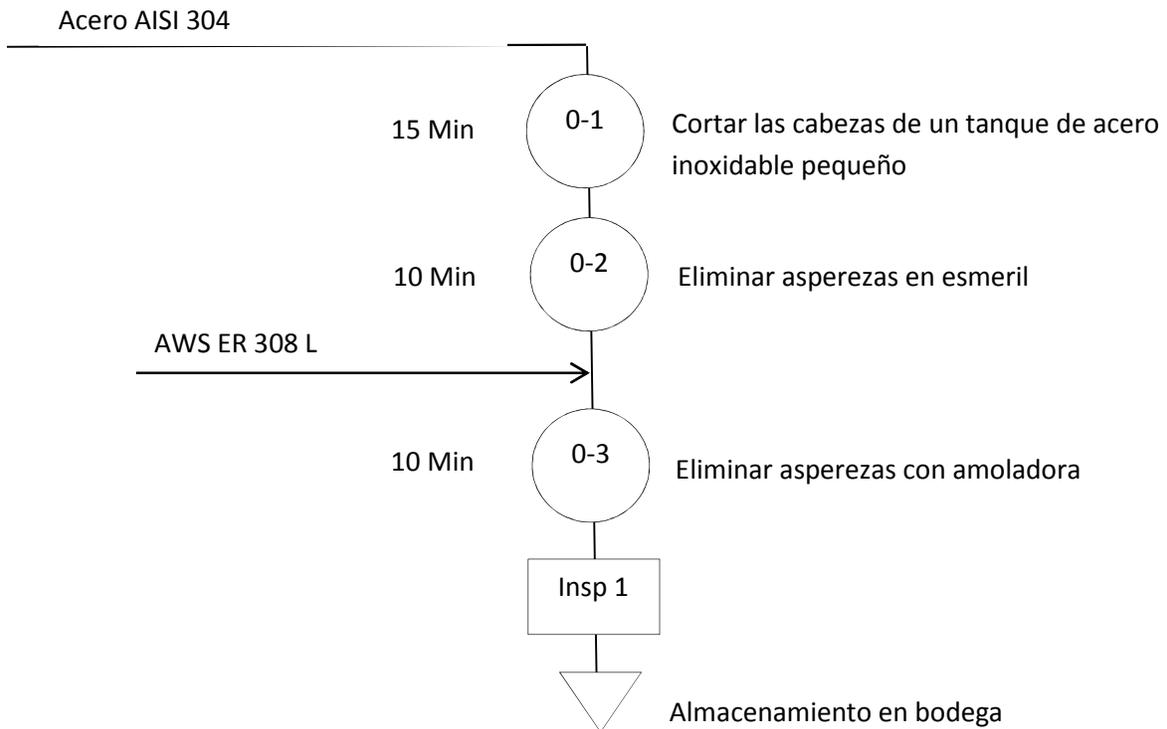


Figura 5.42 Diagrama de procesos de boya para mecanismo de nivel
Fuente: propia

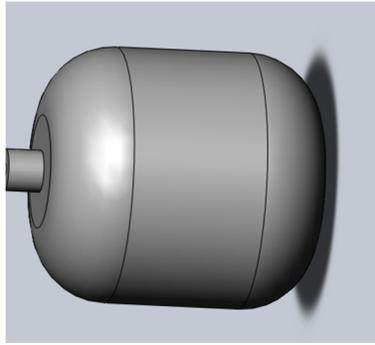


Figura 5.43 Boya para mecanismo de nivel

Fuente: propia

El mecanismo de nivel debe tener la libertad de poder modificar sus parámetros de medida por lo que el eje tiene un tope desplazable y un sensor de fin de carrera que pueda subir y bajar según la cantidad de producto a producir.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
TOPE PARA MECANISMO DE NIVEL

Código: TA-009-07

Trazado por: Luis Vega, José Negrete

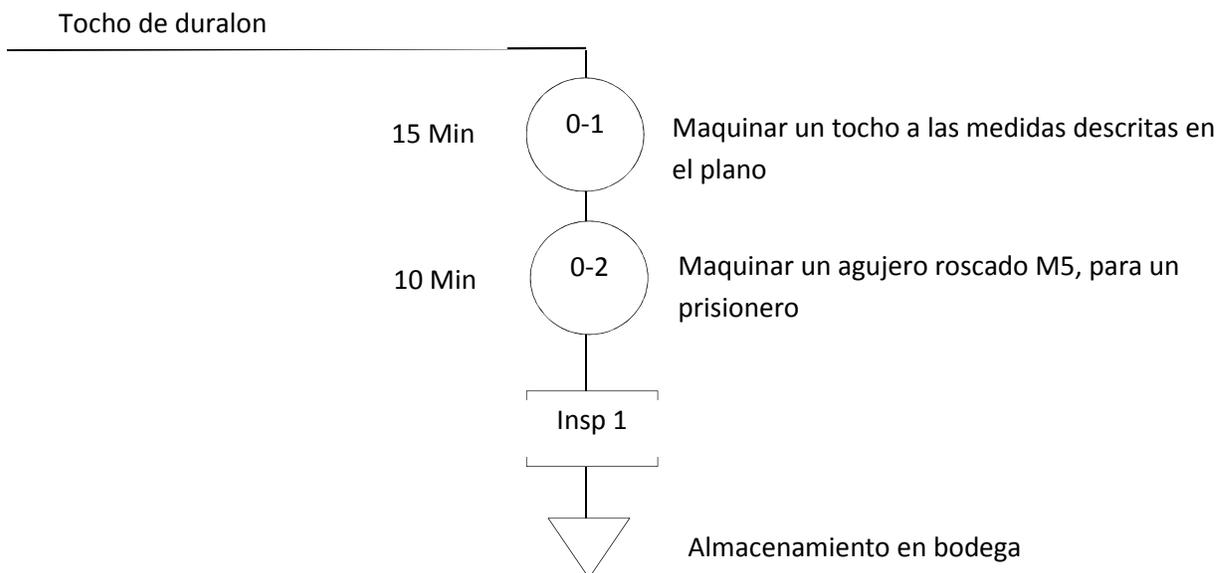


Figura 5.44 Diagrama de procesos de tope para mecanismo de nivel

Fuente: propia

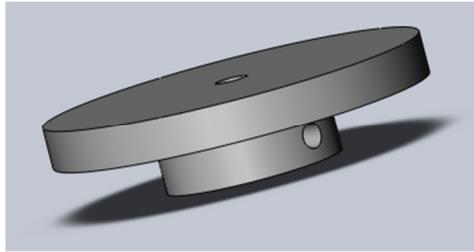


Figura 5.45 Tope para mecanismo de nivel

Fuente: propia

Por lo que se cambió la tapa del recipiente de cocción se debe fabricar una bisagra que se acople con la nueva tapa.

**DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
BISAGRA PARA OLLA DE COCCIÓN**

Código: TA-010-01

Trazado por: Luis Vega, José Negrete

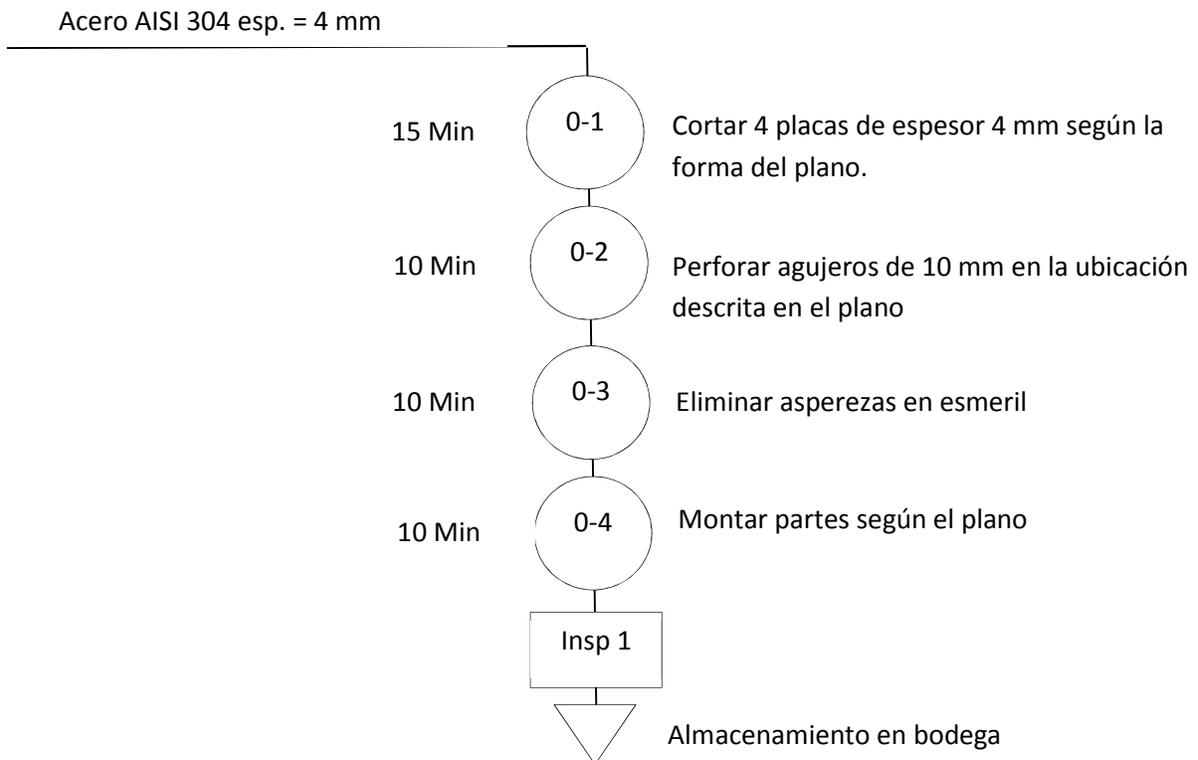


Figura 5.46 Diagrama de procesos bisagra para olla de cocción

Fuente: propia

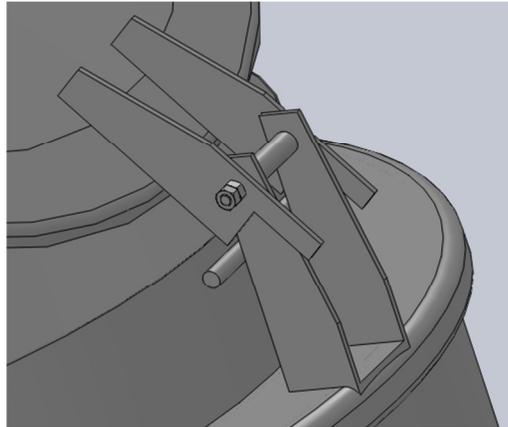


Figura 5.47 Bisagra para olla de cocción
Fuente: propia

La tapa debe ser sujeta con un mecanismo llamado “mecanismo sujetadores” que tiene la finalidad de aislar el producto con el exterior siendo un ente de seguridad durante el proceso de cocción.

**DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
BASES EN TAPA PARA SUJETADORES**

Código: TA-011-09

Trazado por: Luis Vega, José Negrete

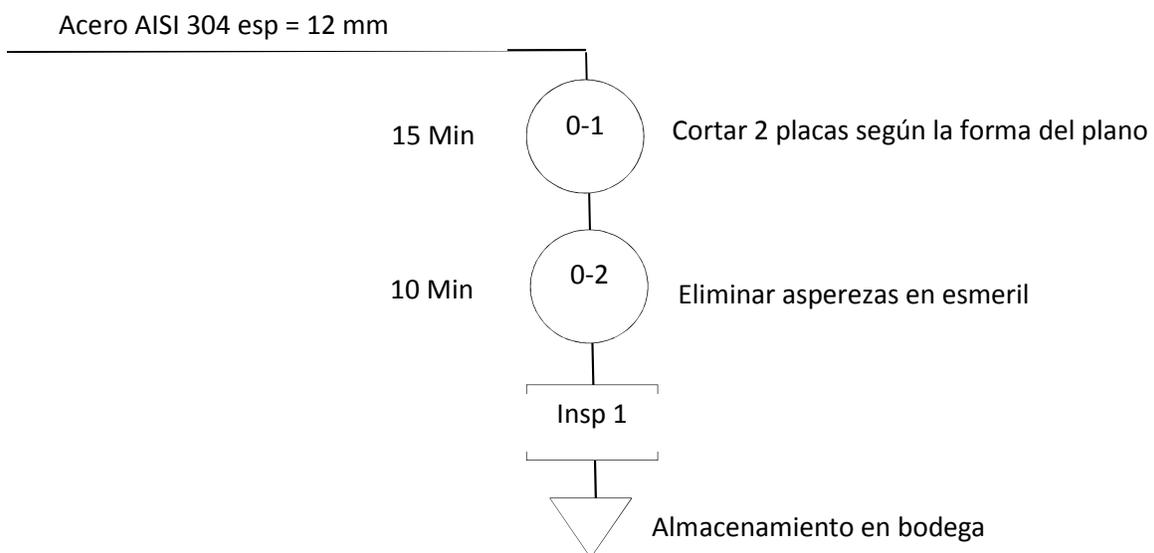


Figura 5.48 Diagrama de procesos de bases en tapa para sujetadores.
Fuente: propia

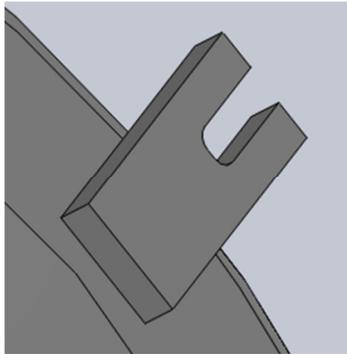


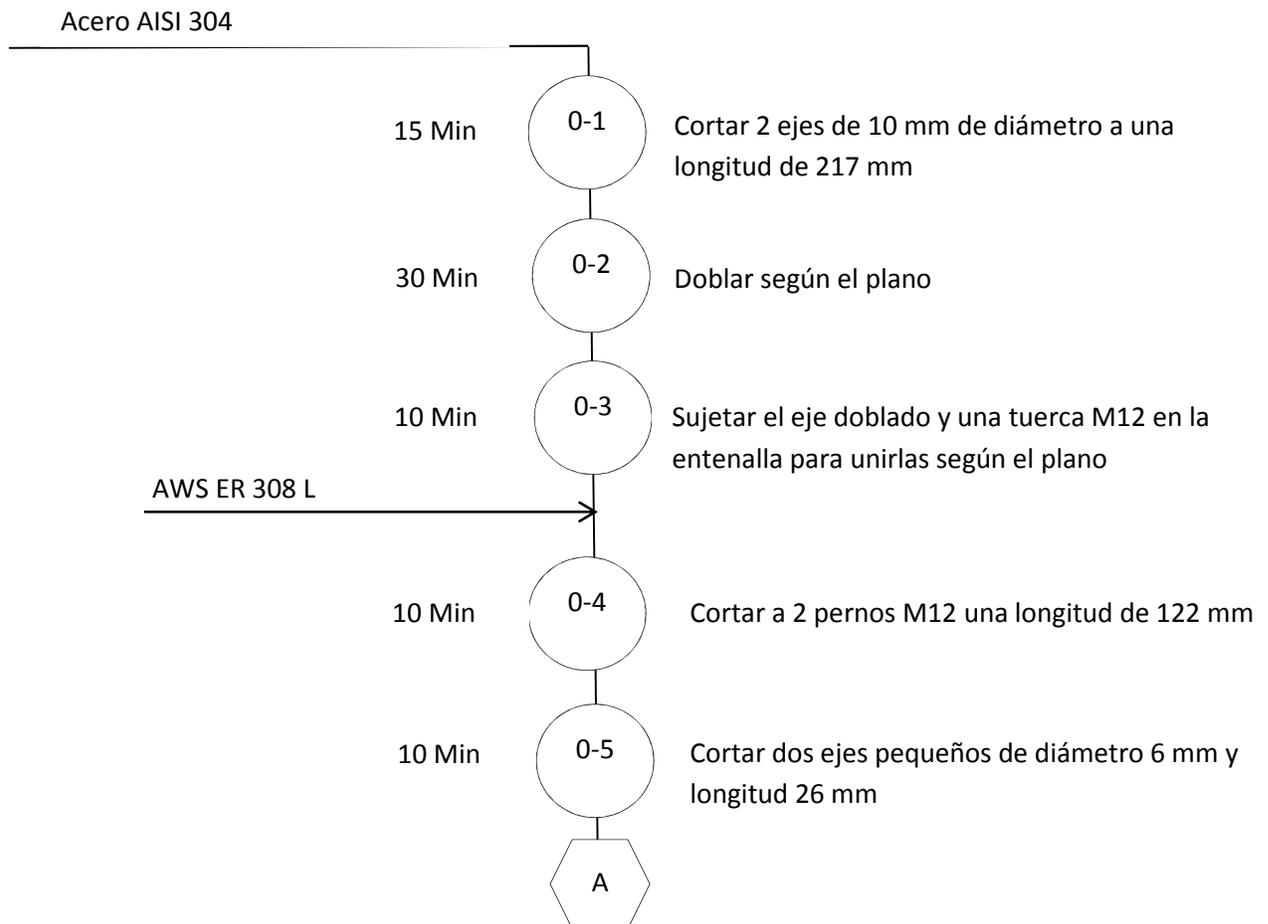
Figura 5.49 Bases en tapa para sujetadores.

Fuente: propia

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
MECANISMOS SUJETADORES

Código: TA-012-11

Trazado por: Luis Vega, José Negrete



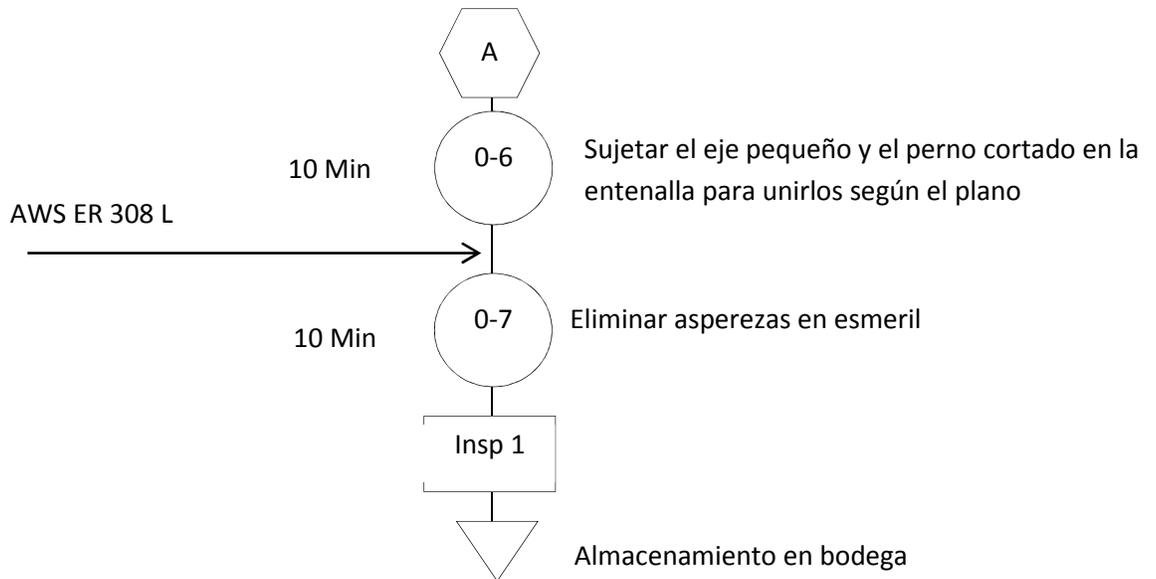


Figura 5.50 Diagrama de procesos de mecanismo sujetadores.
Fuente: propia

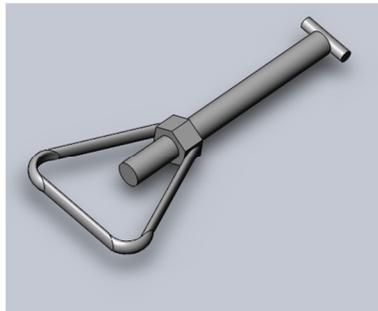
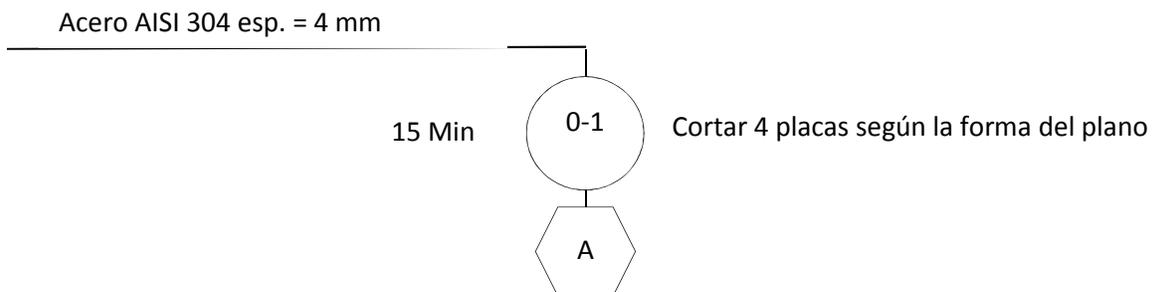


Figura 5.51 Mecanismo sujetadores.
Fuente: propia

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
BASES EN RECIPENTE DE COCCIÓN PARA SUJETADORES
Código: TA-013-13
Trazado por: Luis Vega, José Negrete



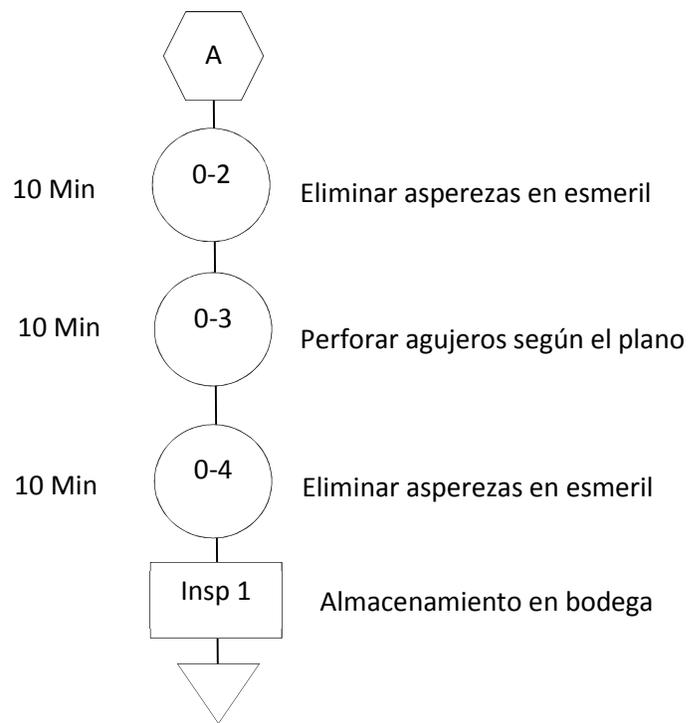


Figura 5.52 Diagrama de procesos de bases en recipiente de cocción para sujetadores.

Fuente: propia

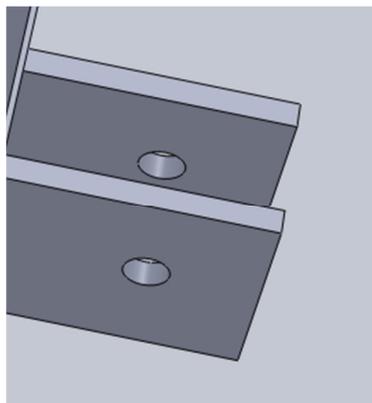


Figura 5.53 Bases en recipiente de cocción para sujetadores.

Fuente: propia

Ahora es tiempo de unir todas las piezas fabricadas individualmente y formar en conjunto mecánico deseado.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
ENSAMBLAJE COMPONENTES DE TAPA
 Código: EN-001-01
 Trazado por: Luis Vega, José Negrete

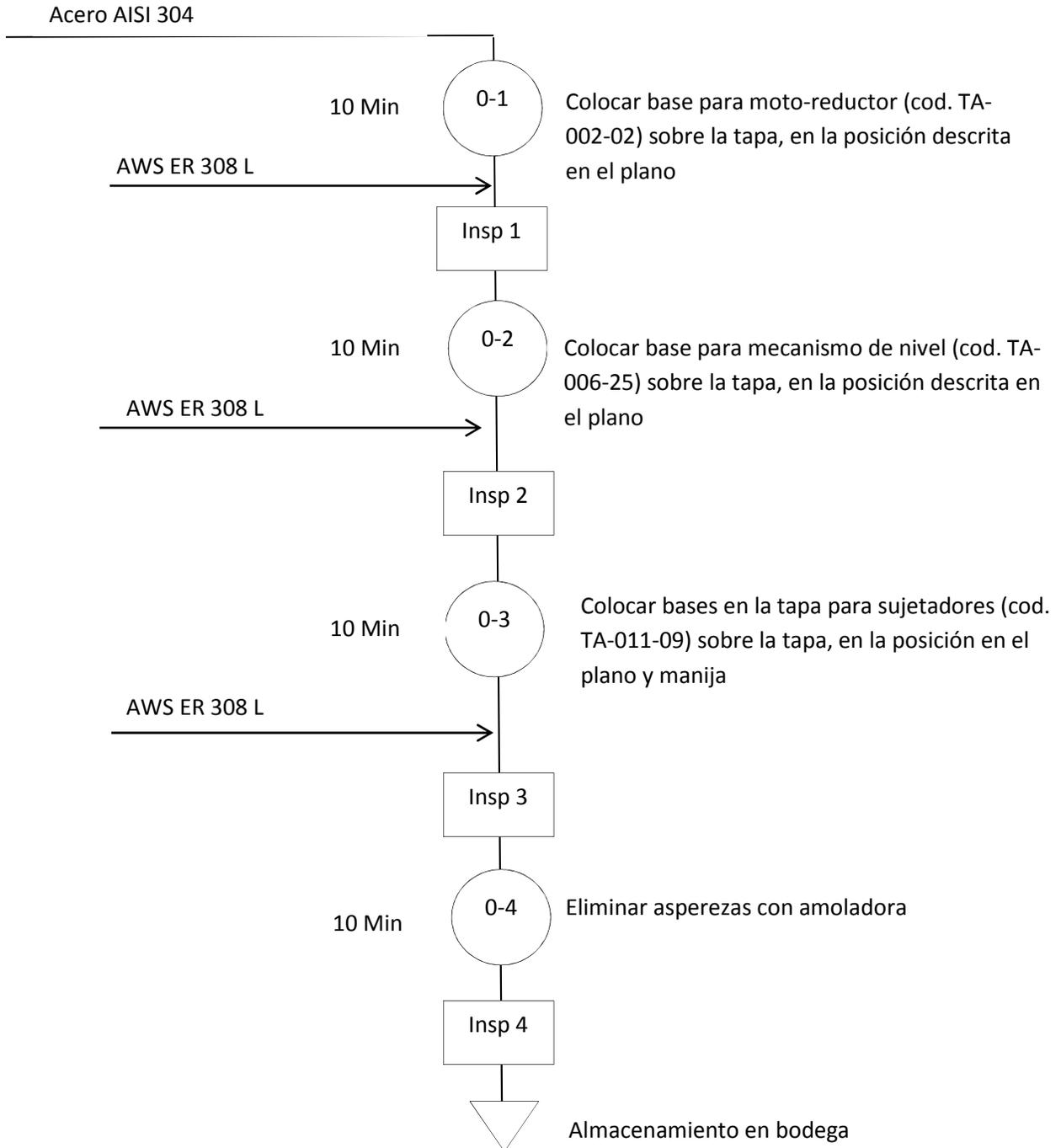


Figura 5.54 Diagrama de procesos de ensamblaje componentes de tapa
 Fuente: propia

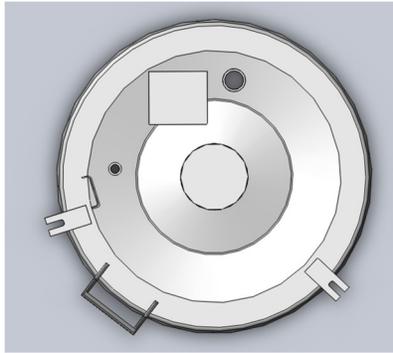


Figura 5.55 Ensamblaje componentes de tapa
Fuente: propia

Con la tapa totalmente ensamblada, procedemos a unirla con el resto del recipiente de cocción mediante una bisagra, la misma que habíamos preparado anteriormente.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
ENSAMBLAJE TAPA-BISAGRA – OLLA DE COCCIÓN
Código: EN-002-02
Trazado por: Luis Vega, José Negrete

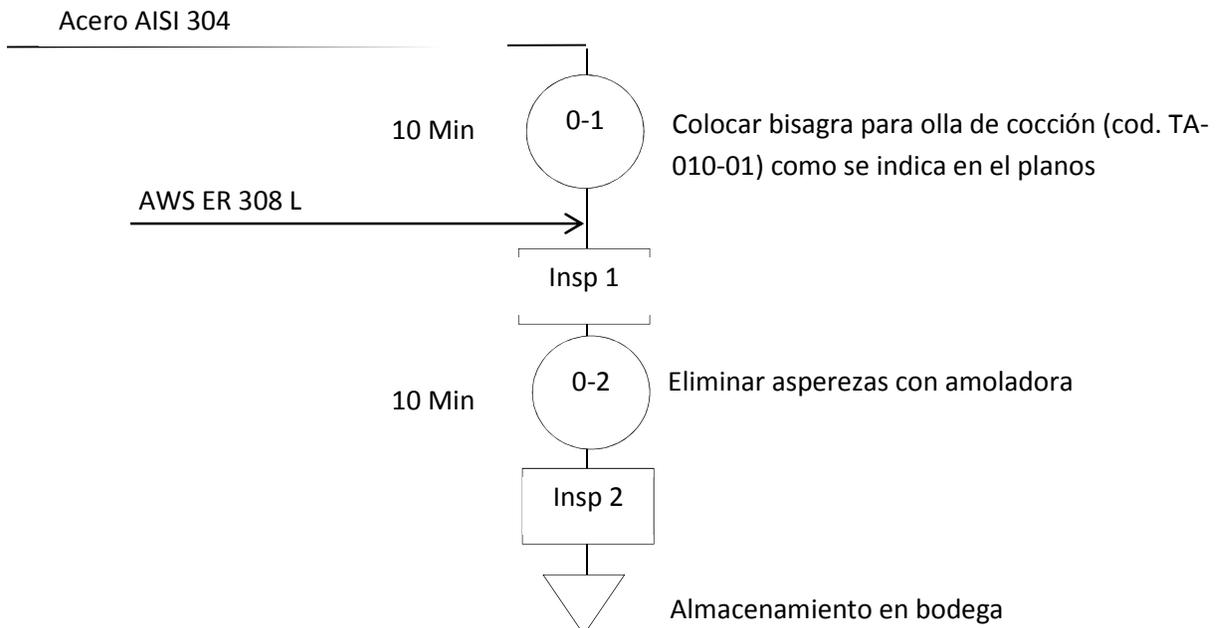


Figura 5.56 Diagrama de procesos de ensamble tapa-bisagra-olla de cocción.
Fuente: propia

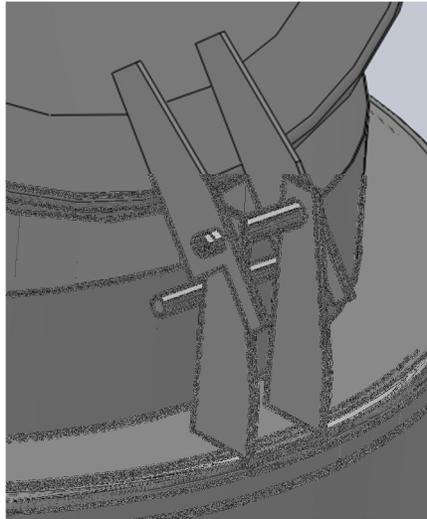


Figura 5.57 Ensamblaje tapa-bisagra-olla de cocción.

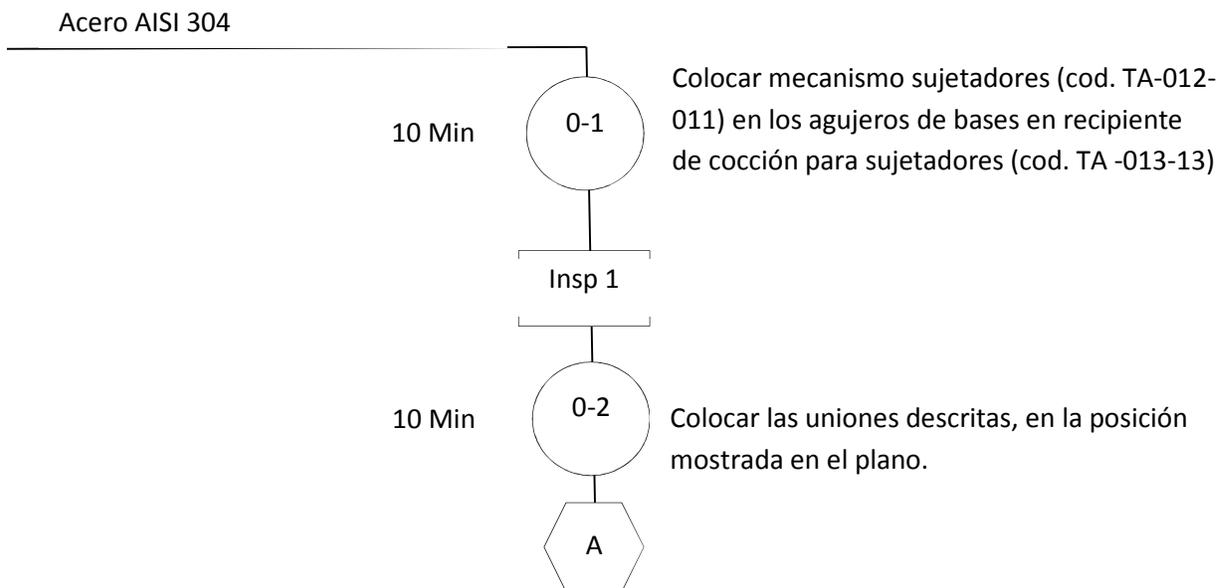
Fuente: propia

Con la tapa bien sujeta, ahora tenemos mejor referencia de la posición en donde deben ir los sujetadores, por lo que se procede a ensamblar los mecanismos al conjunto mecánico.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
ENSAMBLAJE DE MECANISMO SUJETADORES

Código: EN-003-15

Trazado por: Luis Vega, José Negrete



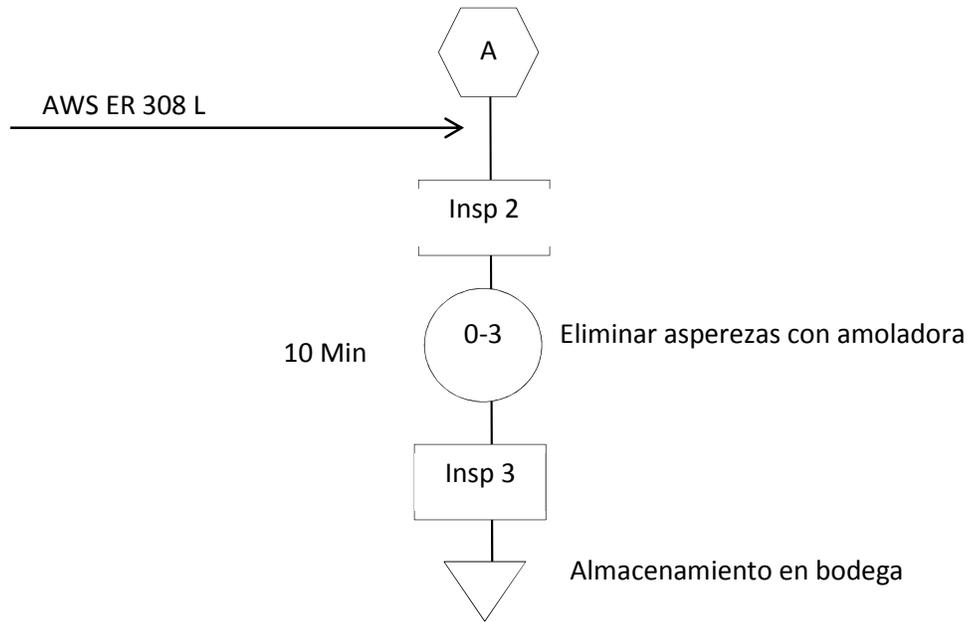


Figura 5.58 Diagrama de procesos de ensamblaje de mecanismo sujetadores
Fuente: propia

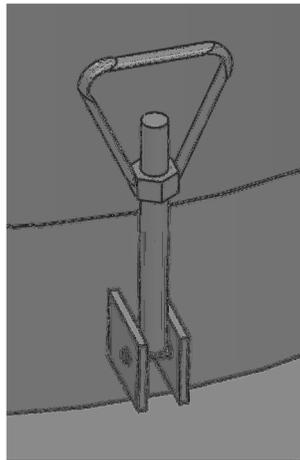


Figura 5.59 Ensamblaje de mecanismo sujetadores
Fuente: propia

Los componentes del agitador deben ser montados con mucho cuidado ya que de por medio tenemos el montaje de un retenedor el cual hará que el sistema se mantenga aislado, además, tenemos el moto-reductor que debe ser centrado dependiendo de la distancia de su base y el agujero donde tiene que entrar.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
ENSAMBLAJE DE COMPONENTES DE AGITADOR
 Código: EN-004-12
 Trazado por: Luis Vega, José Negrete

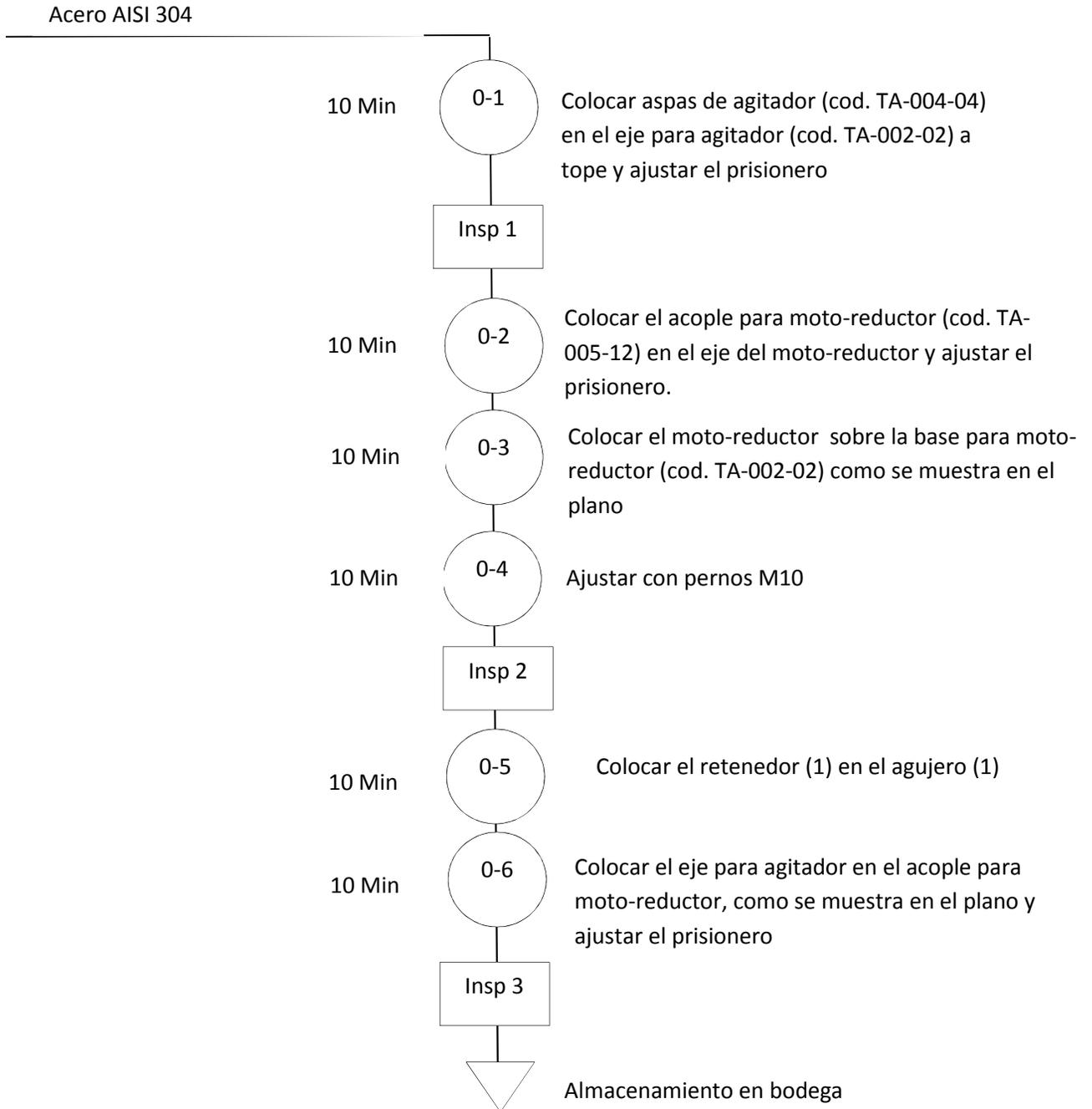


Figura 5.60 Diagrama de procesos de ensamble componentes de agitador
 Fuente: propia

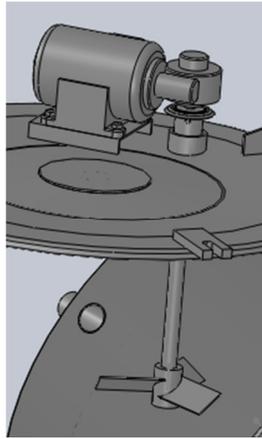


Figura 5.61 Ensamblaje componentes de agitador

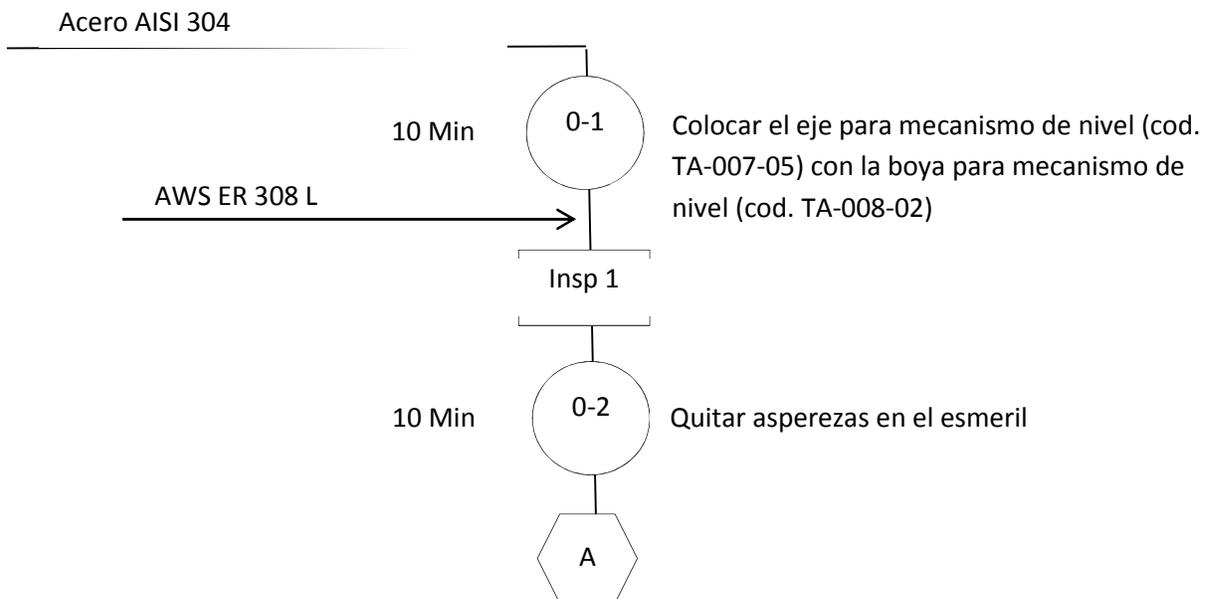
Fuente: propia

El mecanismo de nivel debe ser montado con el mismo cuidado que el agitador, ya que se tiene un retenedor de por medio.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
ENSAMBLAJE DE COMPONENTES DE MECANISMO DE NIVEL

Código: EN-005-02

Trazado por: Luis Vega, José Negrete



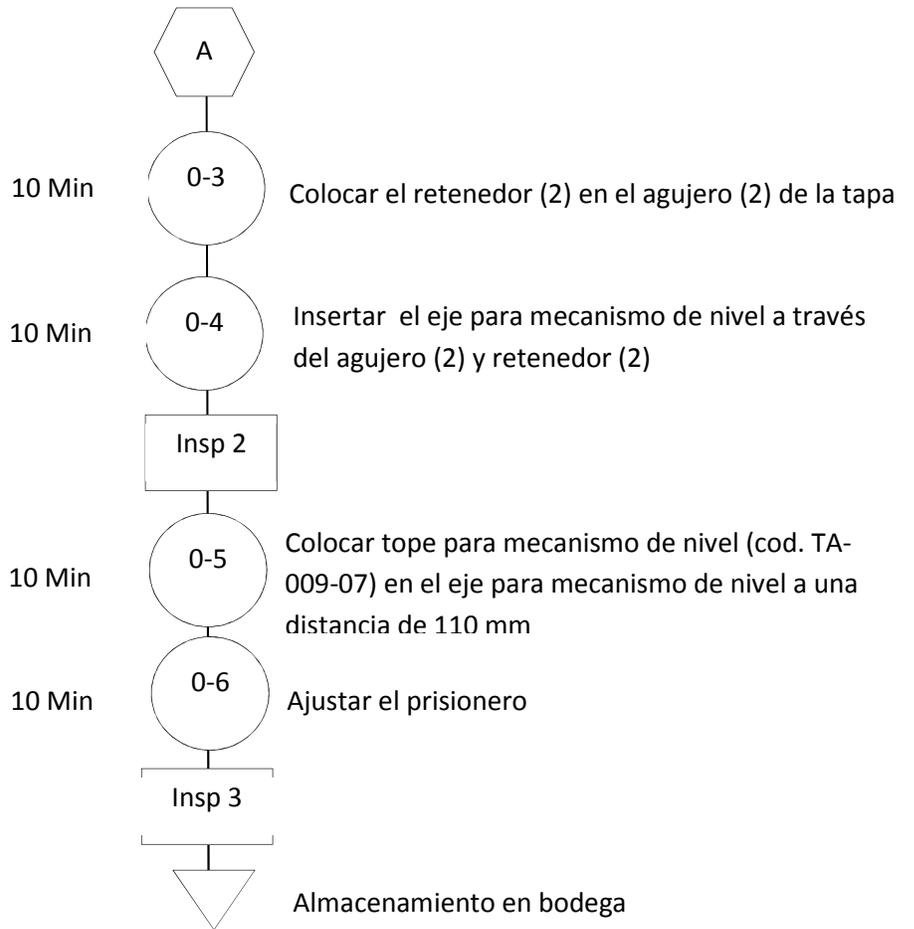


Figura 5.62 Diagrama de procesos de ensamblaje componentes de mecanismo de nivel

Fuente: propia

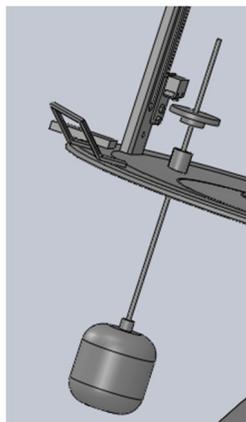


Figura 5.63 Ensamblaje componentes de mecanismo de nivel

Fuente: propia

La estructura será fabricada principalmente de tubería cuadrada de 1 ¼" x 1.5 mm ASTM A36, ya que no va a estar en contacto con el producto y no es necesario el acero inoxidable.

El proceso de construcción se debe realizar con mucho cuidado con el fin de mantener las dimensiones descritas en el plano, además, se debe cuidar los acabados en los cordones de soldadura por ser una máquina de alimentos.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
ESTRUCTURA BASTIDOR

Código: TA-025-02

Trazado por: Luis Vega, José Negrete

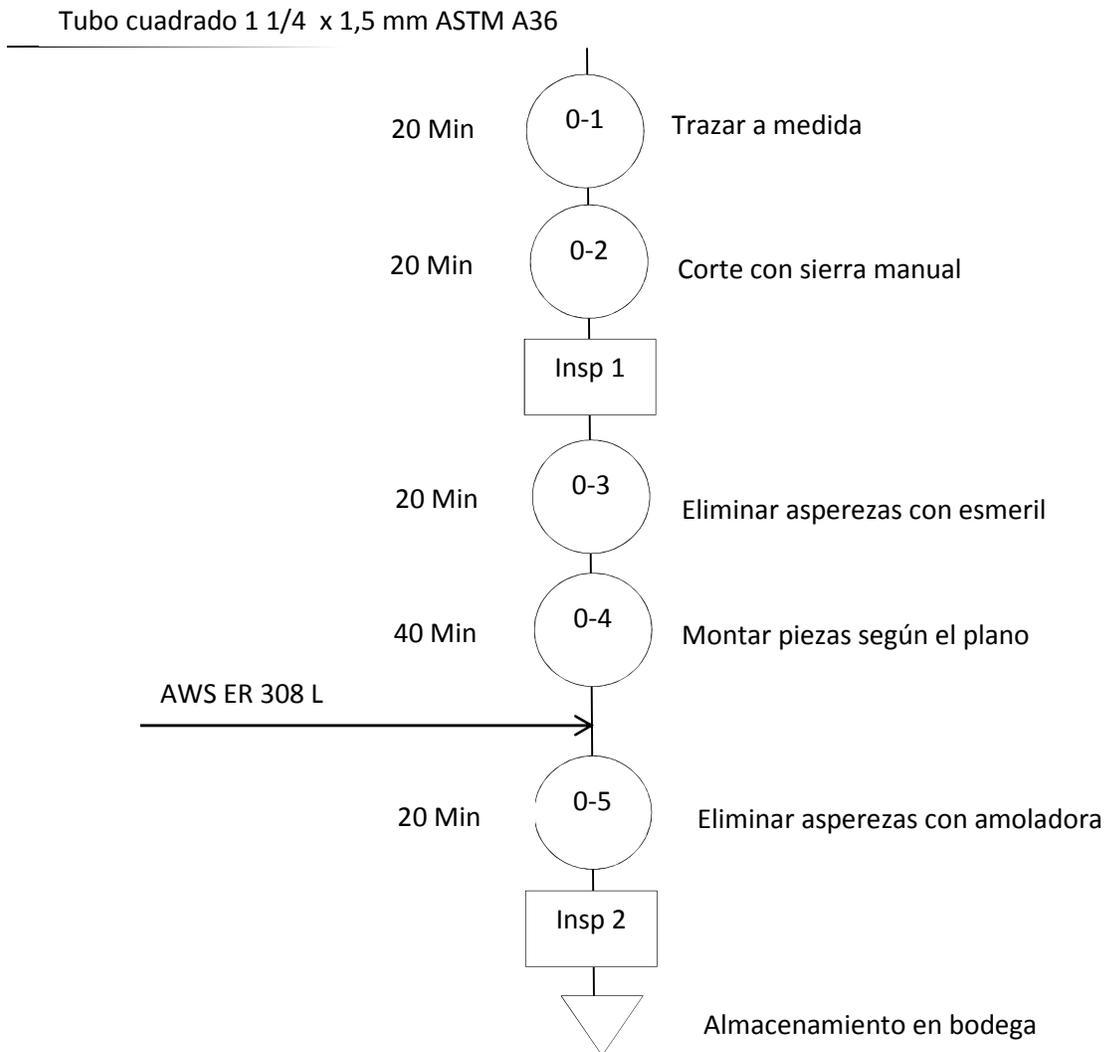


Figura 5.64 Diagrama de procesos de estructura bastidor

Fuente: propia

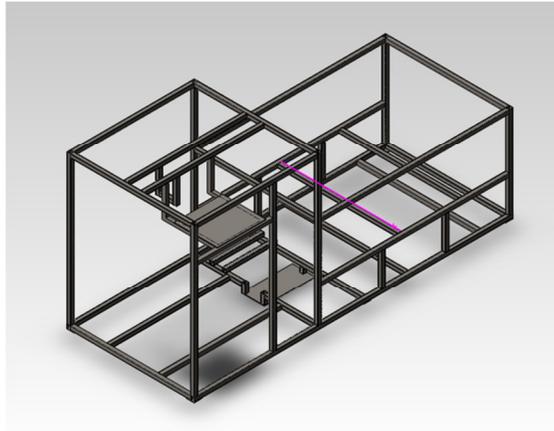
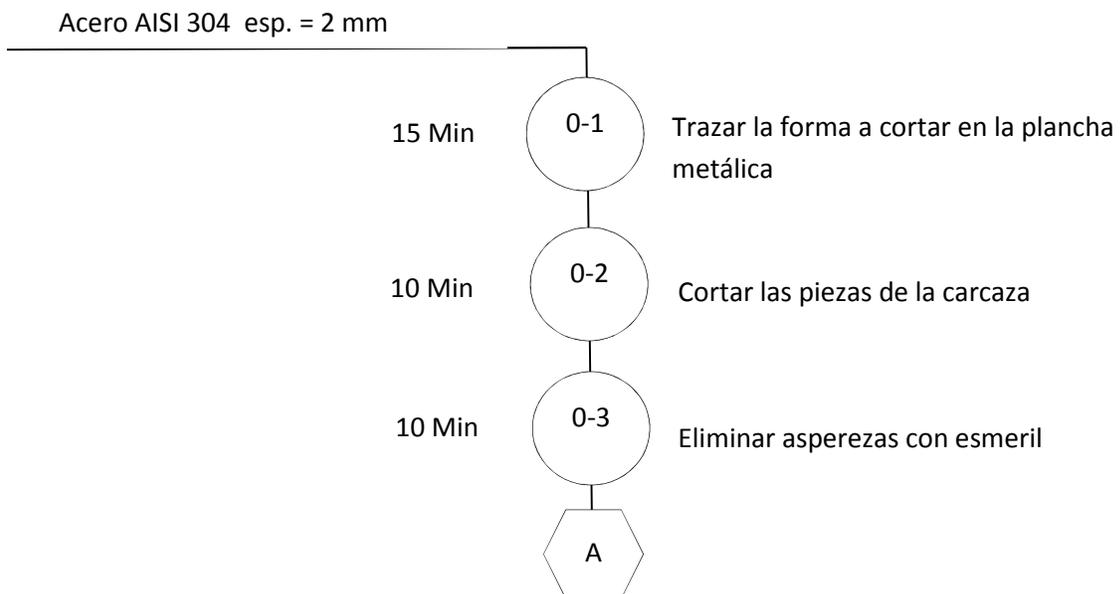


Figura 5.65 Estructura bastidor
Fuente: propia

El filtro está compuesto principalmente de dos elementos, los cuales son: su carcasa y su elemento filtrante, los mismos que se deben fabricar totalmente de acero inoxidable ya que está en contacto con el producto.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
CARCAZA DE FILTRO
Código: TA-026-02
Trazado por: Luis Vega, José Negrete



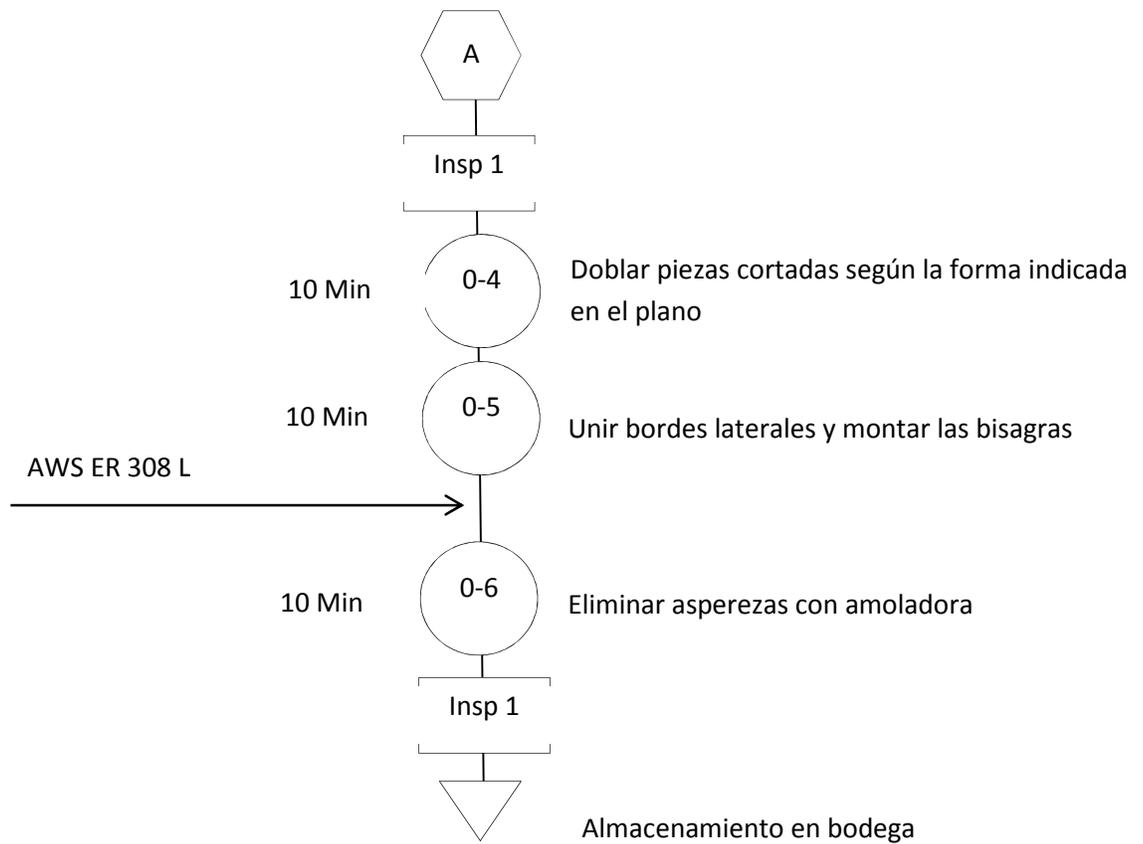


Figura 5.66 Diagrama de procesos de carcaza para filtro
Fuente: propia

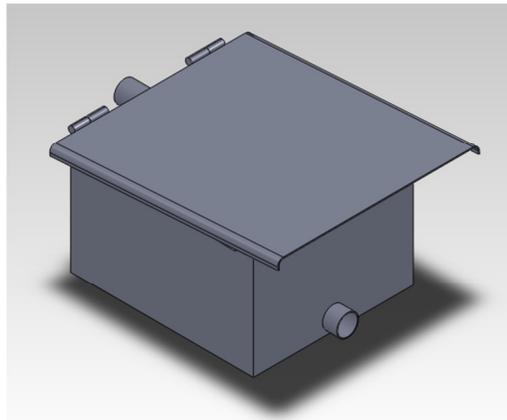


Figura 5.67 Carcaza para filtro
Fuente: propia

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
MALLA FILTRANTE
 Código: TA-027-02
 Trazado por: Luis Vega, José Negrete

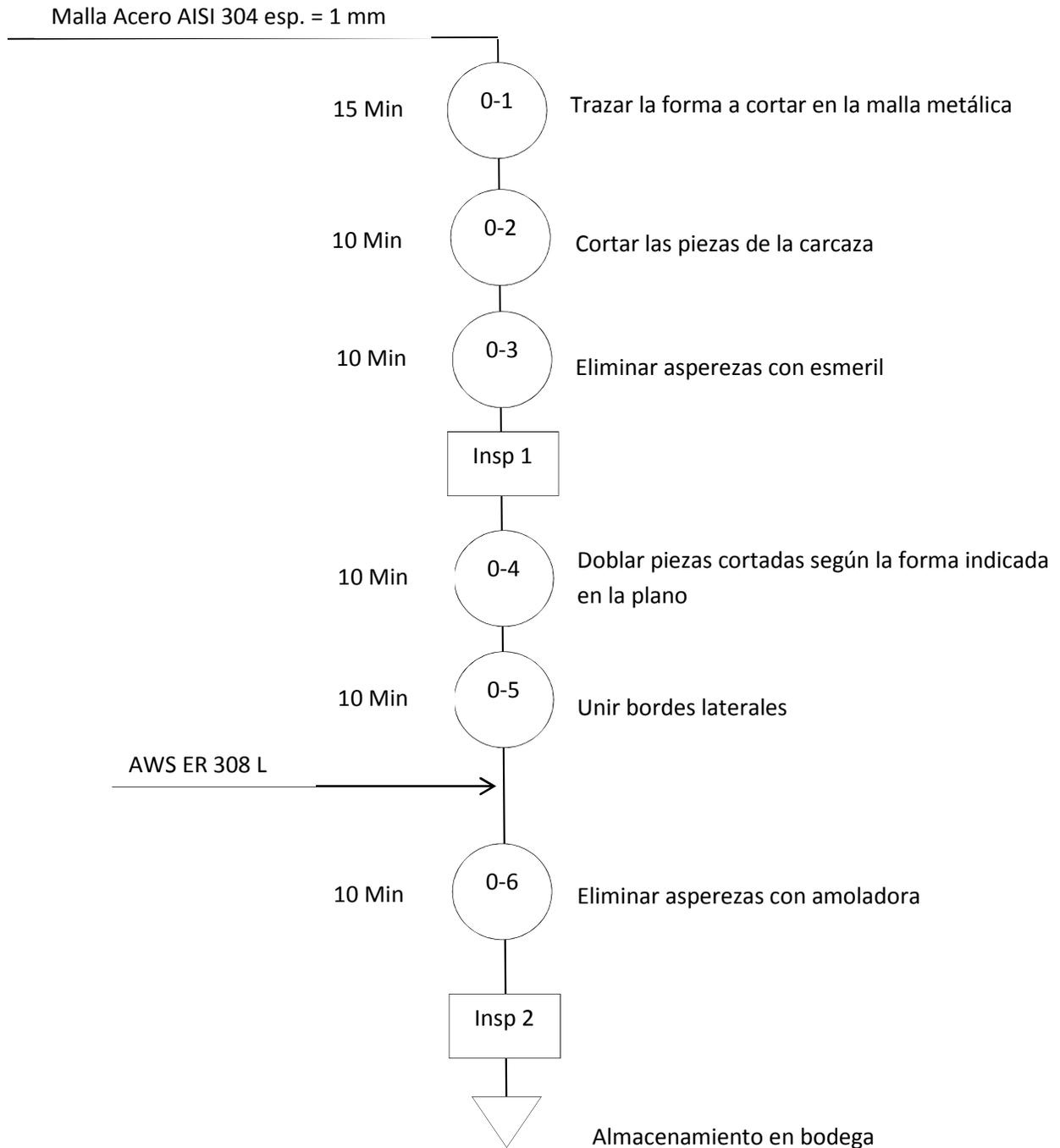


Figura 5.68 Diagrama de procesos de malla filtrante
 Fuente: propia

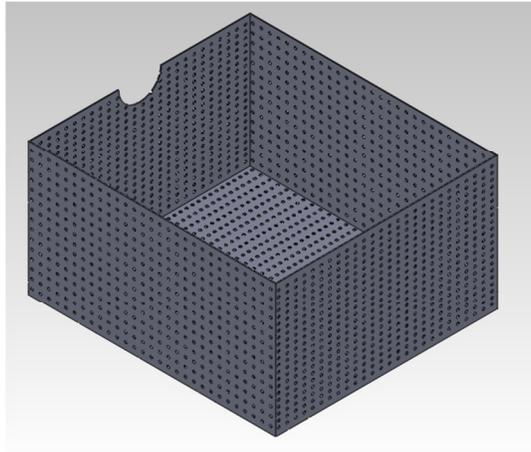
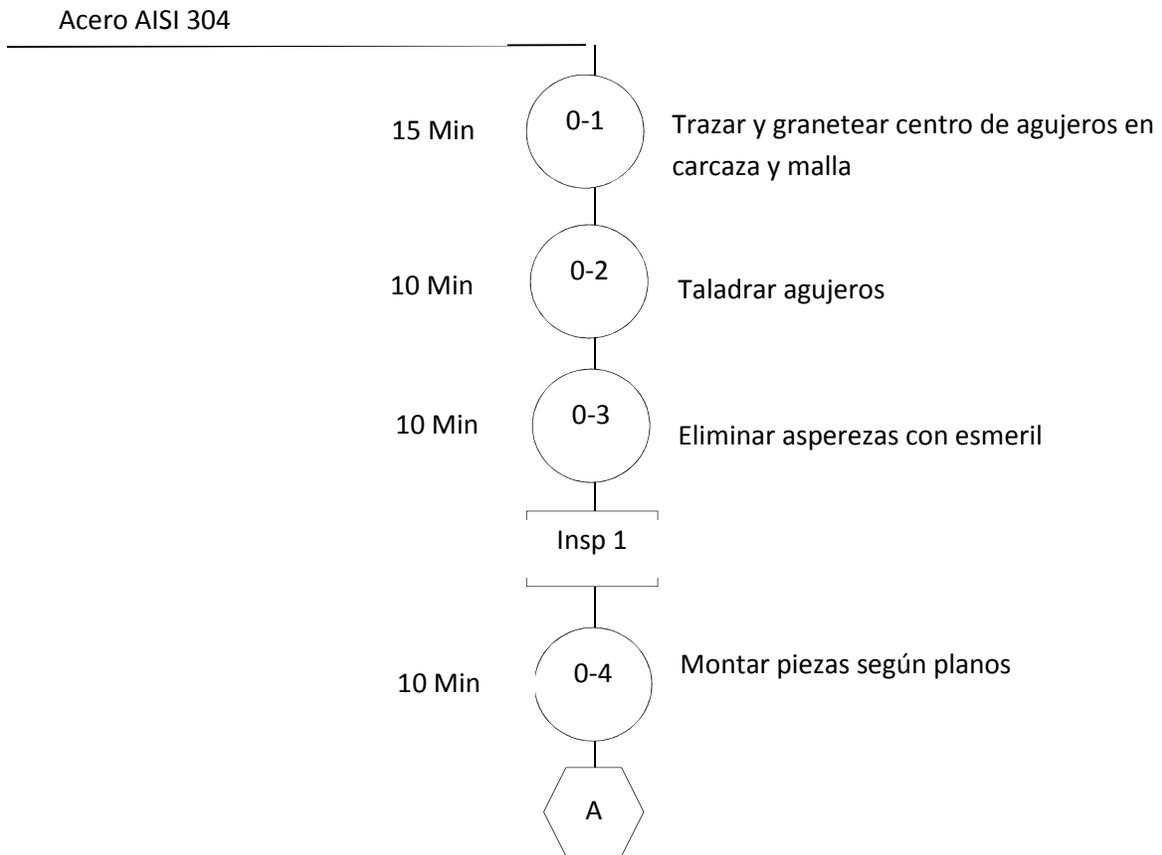


Figura 5.69 Malla filtrante
Fuente: propia

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
ENSAMBLAJE FILTRO
Código: EN-008-02
Trazado por: Luis Vega, José Negrete



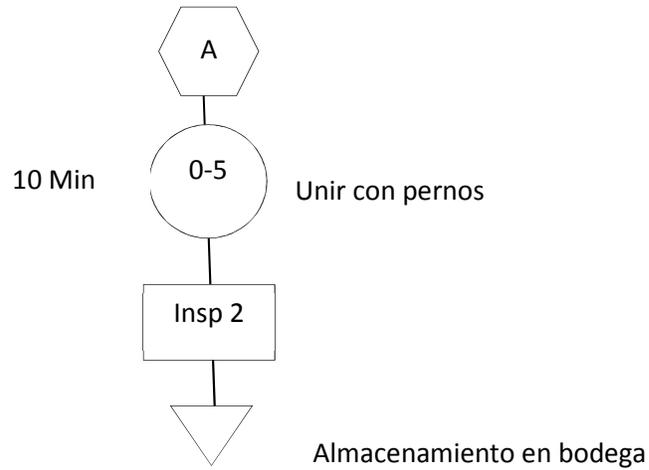


Figura 5.70 Diagrama de procesos de ensamble de filtro
Fuente: propia

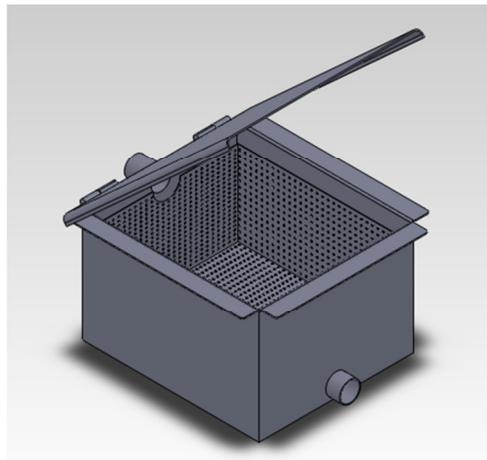


Figura 5.71 Ensamblaje de filtro
Fuente: propia

La tubería se totalmente de acero inoxidable sanitario soldable con la finalidad de evitar la acumulación de residuos en esquinas, por lo que se debe tener cuidado con las limallas en los fillos después de cortar la tubería.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
TUBERÍA PARA LECHE
Código: TA-002-02
Trazado por: Luis Vega, José Negrete

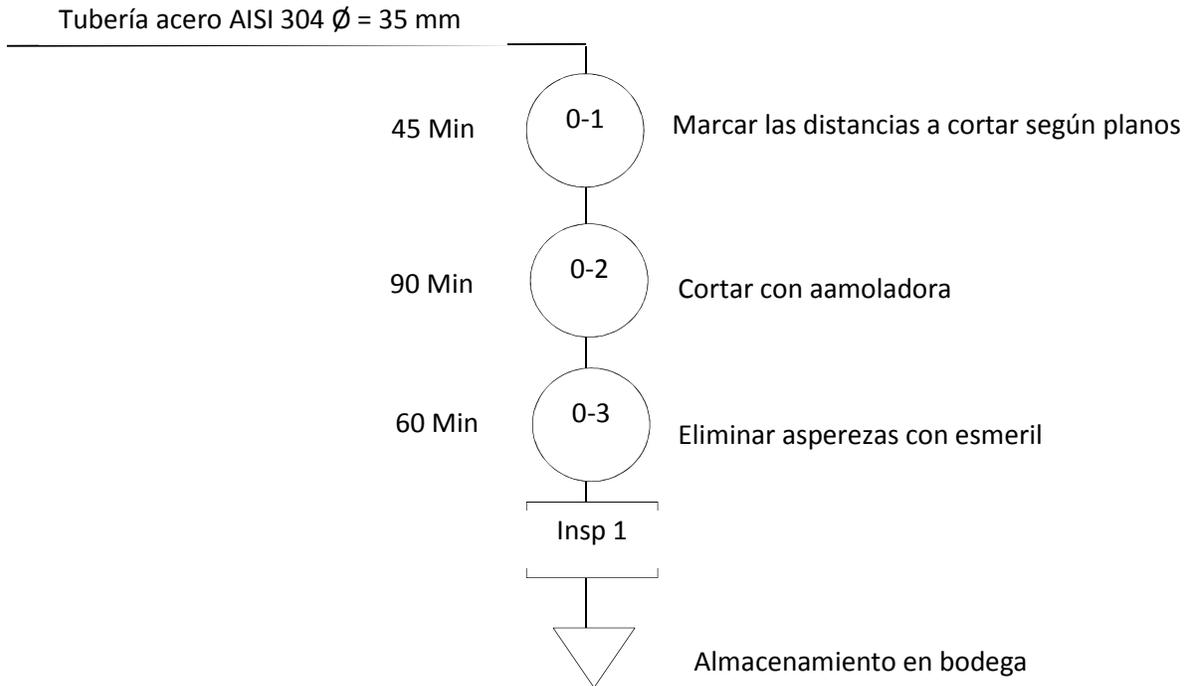


Figura 5.72 Diagrama de procesos de tubería para leche
Fuente: propia

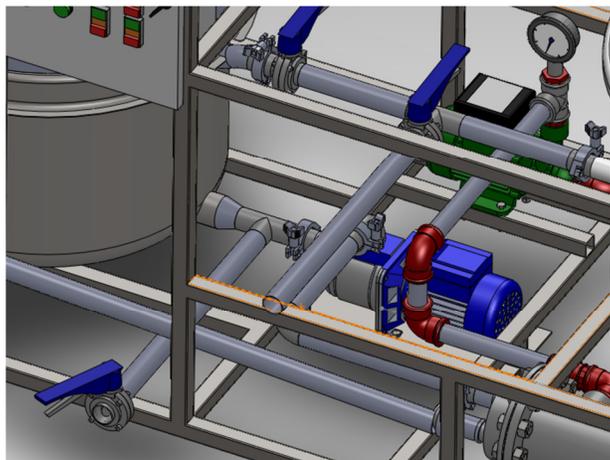


Figura 5.73 Tubería para leche
Fuente: propia

La tubería de agua es de PVC los mismos que deben ser montados según se describe en el plano con la finalidad de mantener la posición de los demás componentes, como por ejemplo, el enfriador.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
TUBERIA PARA AGUA
Código: TA-002-02
Trazado por: Luis Vega, José Negrete

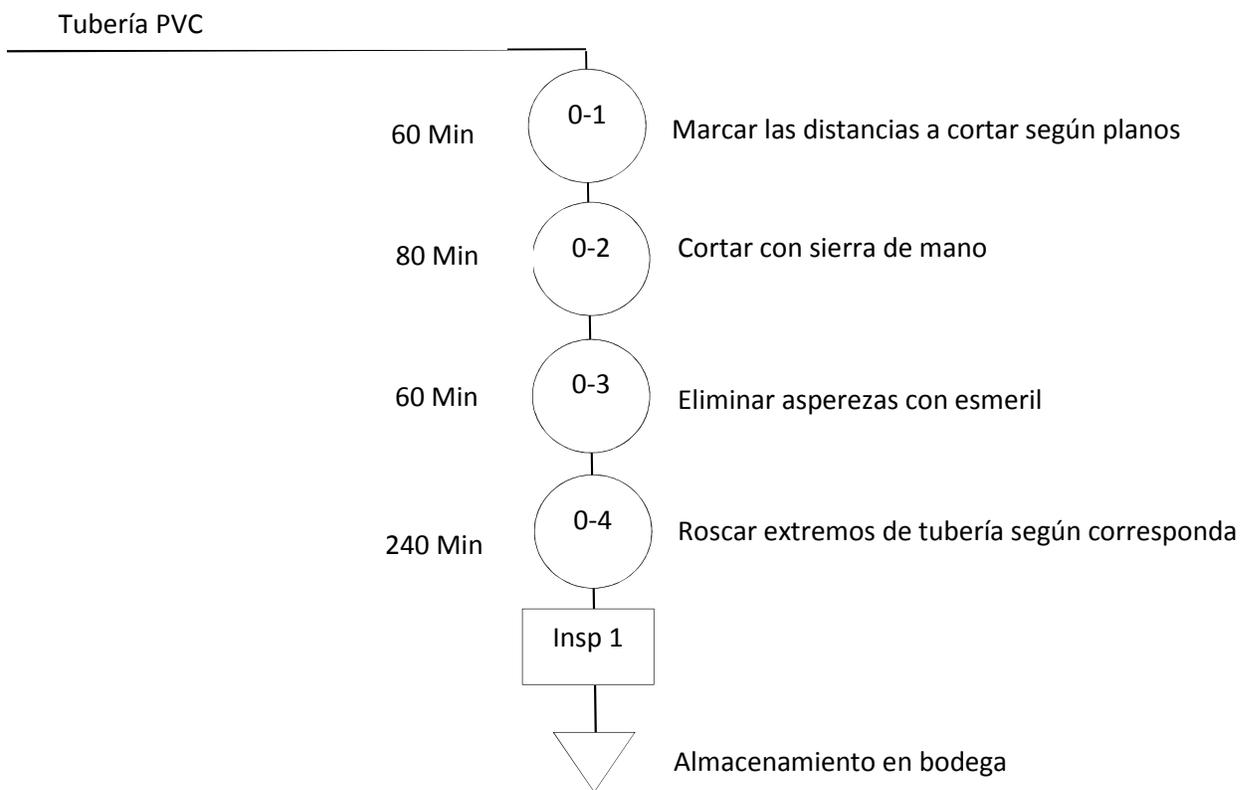


Figura 5.74 Diagrama de procesos de tubería para agua
Fuente: propia

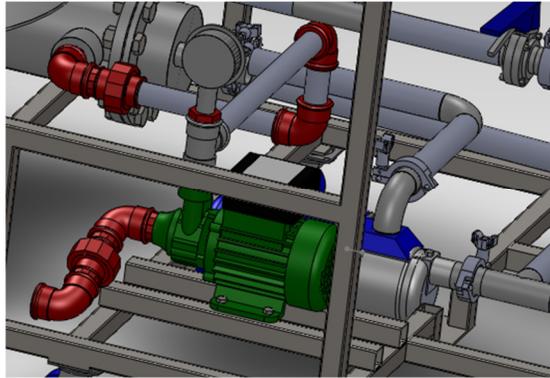
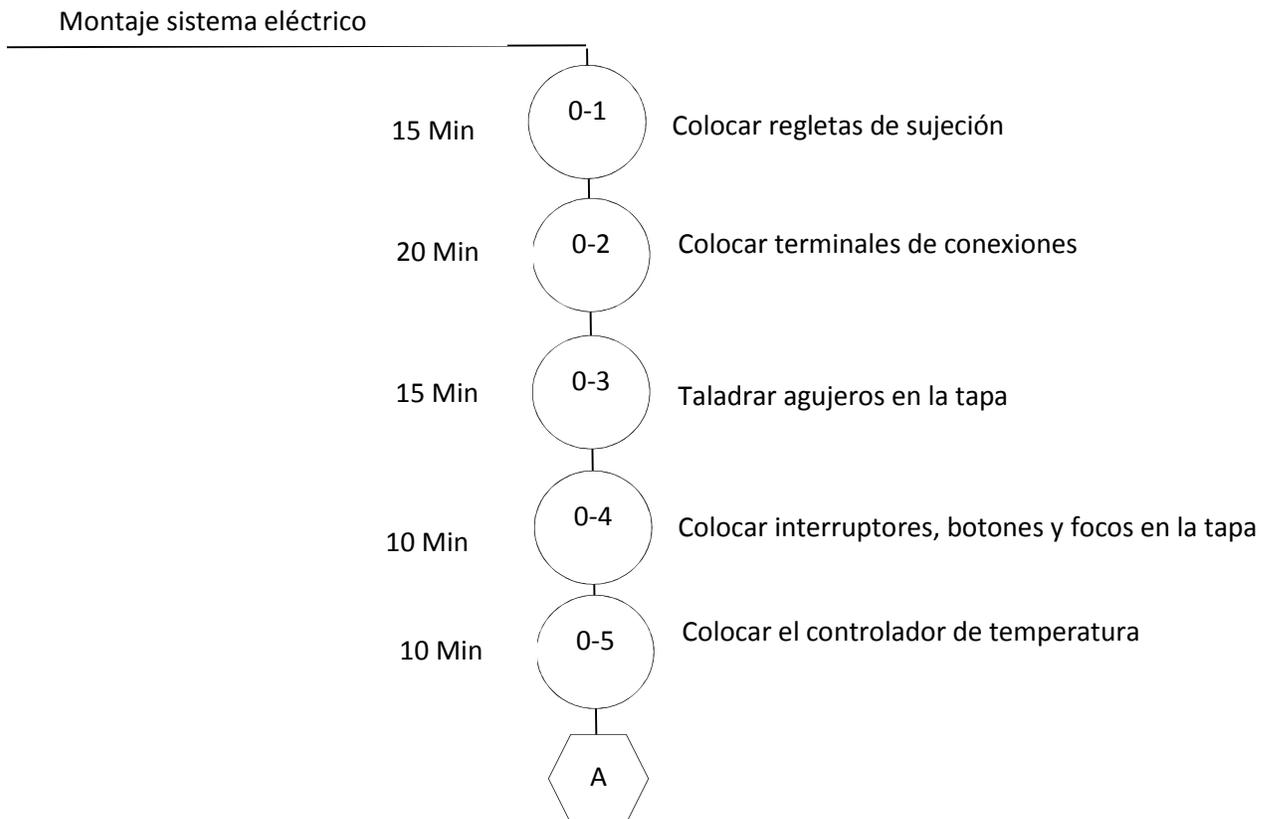


Figura 5.75 Tubería para agua
Fuente: propia

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO
ENSAMBLAJE DEL SISTEMA ELECTRICO
Código: EN-007-07
Trazado por: Luis Vega, José Negrete



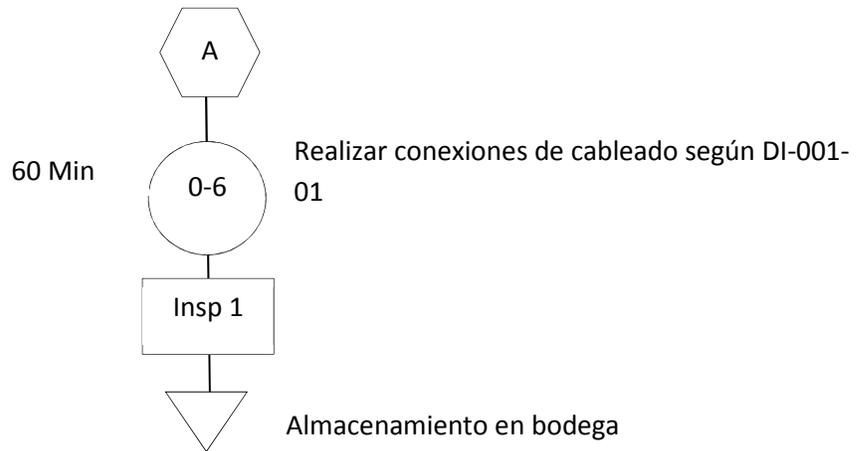


Figura 5.76 Diagrama de procesos de ensamblaje del sistema eléctrico
Fuente: propia

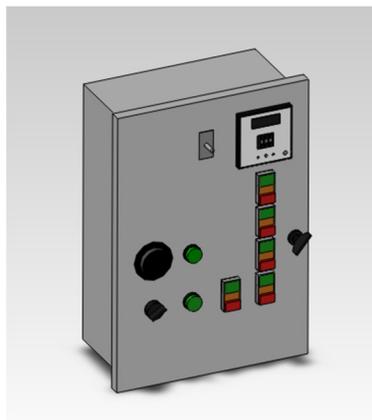


Figura 5.77 Sistema eléctrico ensamblado
Fuente: propia

5.3 Montaje

DIAGRAMA DE ENSAMBLAJE DE LA MÁQUINA

Código: ENS-MAQ

Trazado por: Luis Vega, José Negrete

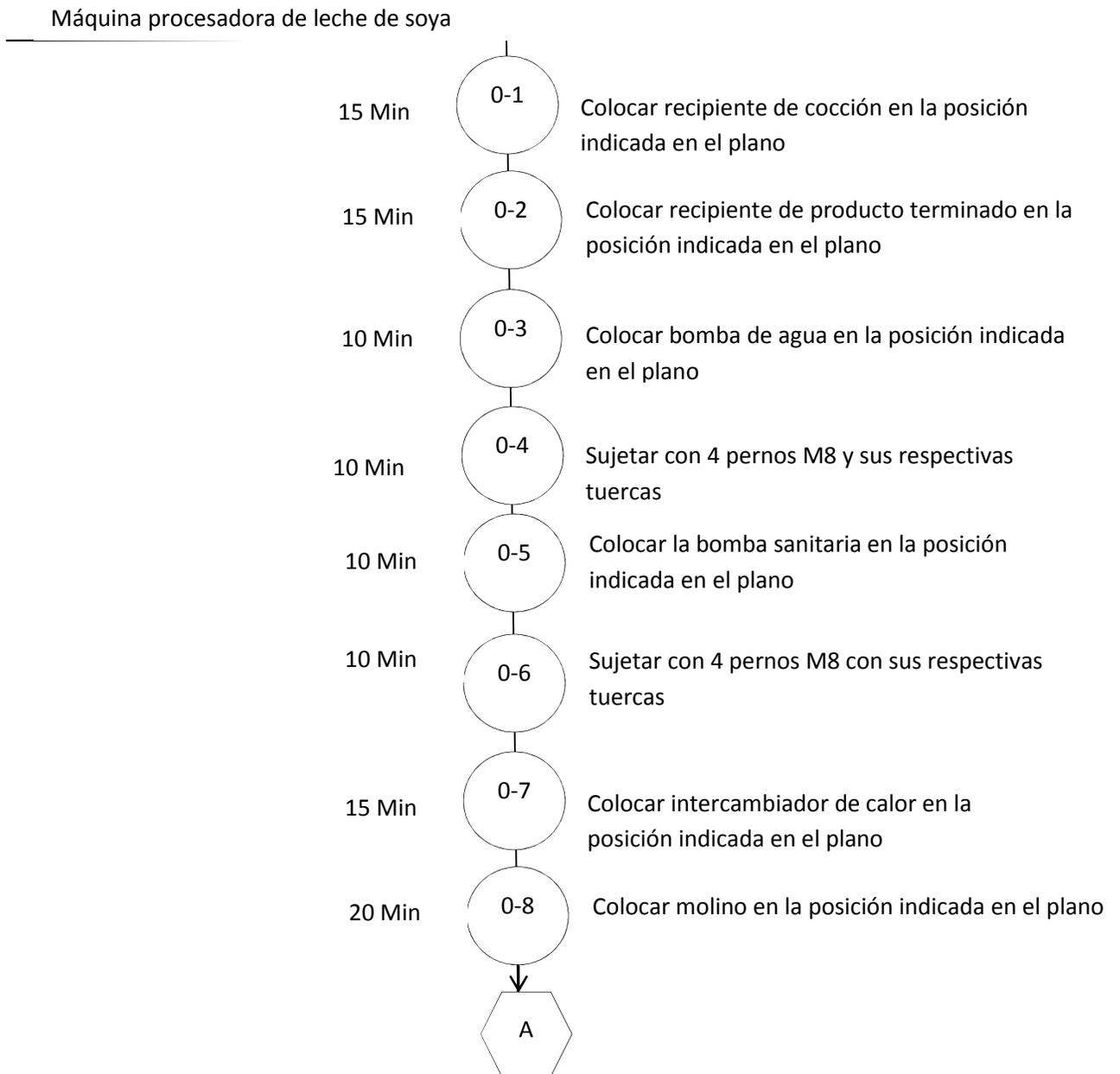


Figura 5.78 Diagrama de procesos de ensamblaje de la máquina

Fuente: propia

DIAGRAMA DE ENSAMBLAJE DE LA MÁQUINA (CONTINUACIÓN)
 Código: ENS-MAQ
 Trazado por: Luis Vega, José Negrete

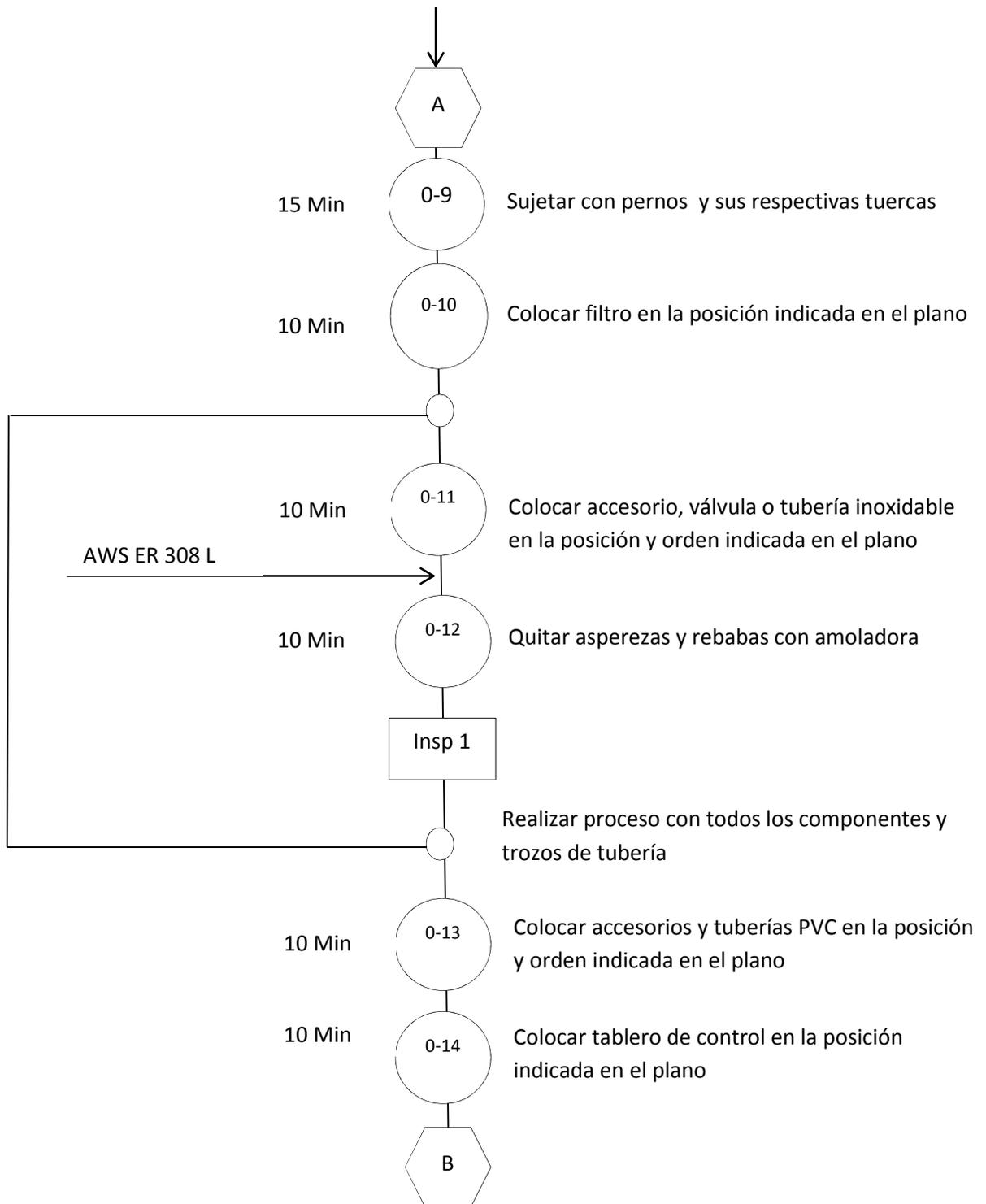


Figura 5.78 Diagrama de procesos de ensamblaje de la máquina
 Fuente: propia

DIAGRAMA DE ENSAMBLAJE DE LA MÁQUINA (CONTINUACIÓN)
Código: ENS-MAQ
Trazado por: Luis Vega, José Negrete

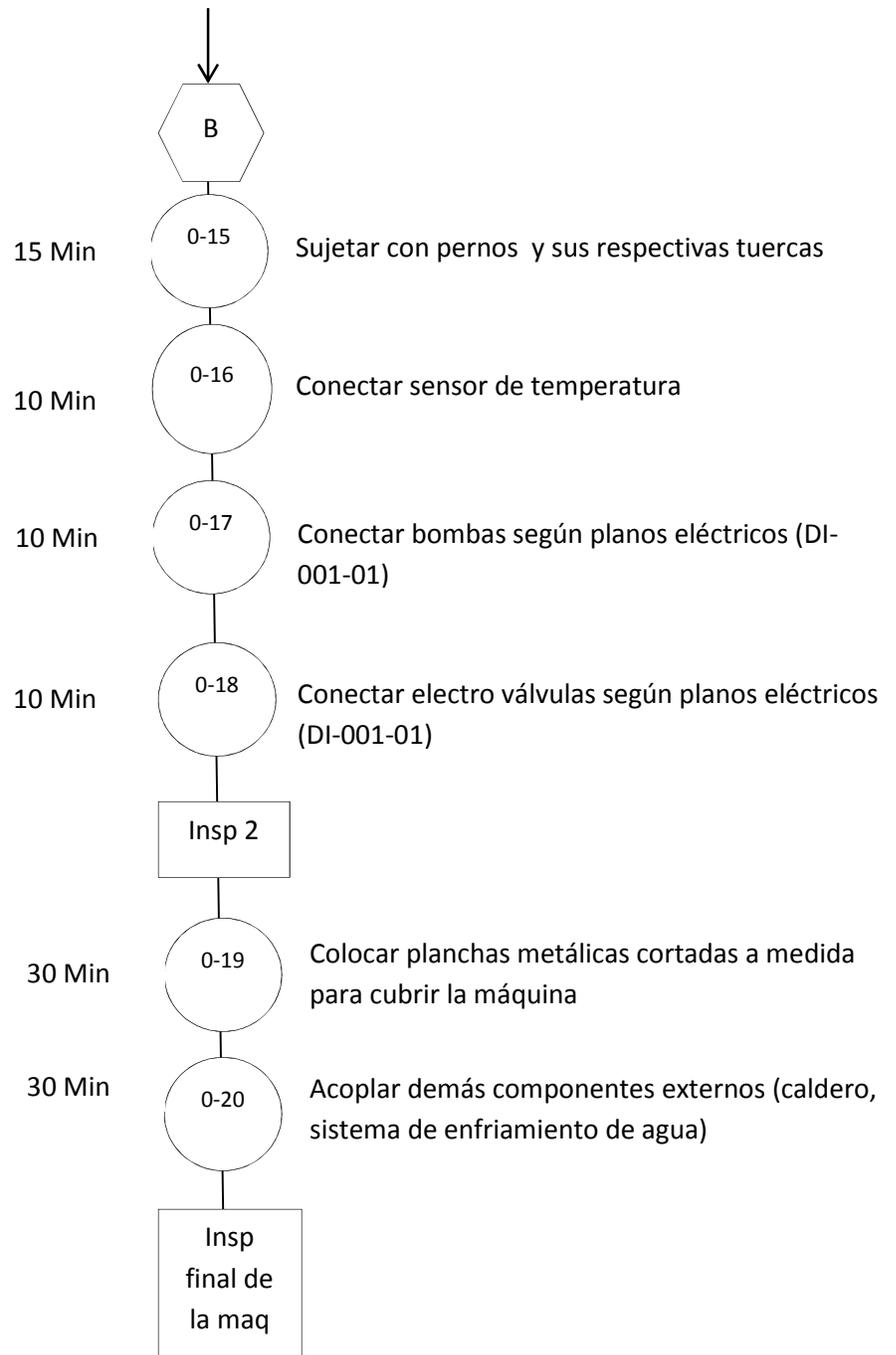


Figura 5.78 Diagrama de procesos de ensamble de la máquina
Fuente: propia

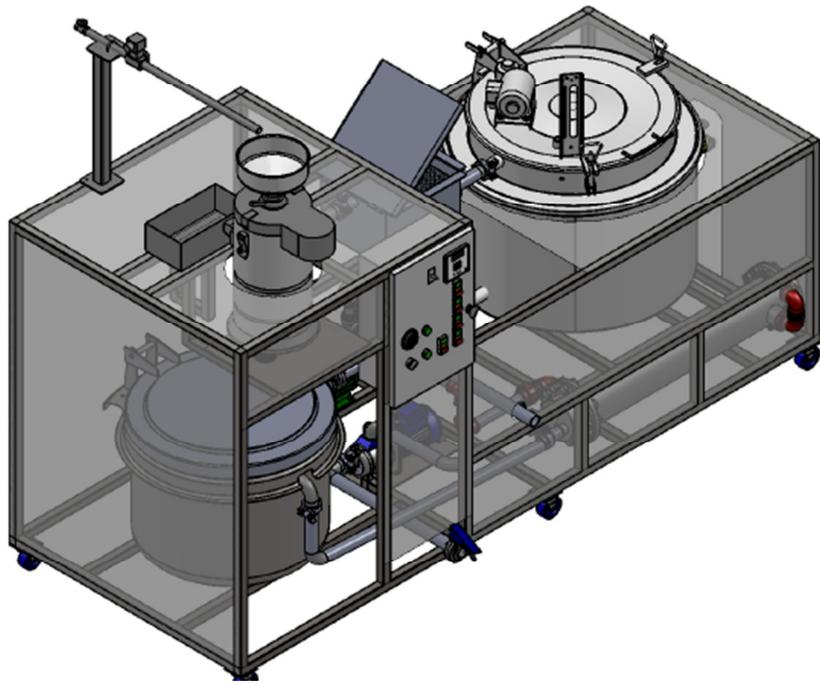


Figura 5.79 Ensamblaje de la máquina
Fuente: propia

CAPÍTULO 6

PRUEBAS Y CALIBRACIÓN

6.1. PRUEBAS

Al tratarse de una máquina cuyo funcionamiento se basa en el molino, cocción y enfriamiento de leche de soja, las pruebas a realizarse tienen la finalidad de comprobar el cumplimiento de estos procesos.

En primera instancia se procederá a verificar que los componentes funcionen correctamente usando como fluido agua potable. Luego se procederá a llenar la tolva del molino con soja previamente preparada con el fin de elaborar la leche de soja y realizar el proceso completo.

Pruebas de funcionamiento de componentes

El sistema eléctrico está funcionando perfectamente, ya que todos los componentes mecánicos funcionan bajo las señales eléctricas del tablero de control, siendo una prueba exitosa.



Figura 6.1 Prueba del sistema eléctrico

Fuente: propia

Pruebas del proceso

Para comprobar el molido del grano de soya, se procederá a llenar el molino con este producto, previamente preparado, a razón de que pueda producirse los 100 l/parada en un tiempo previamente determinado. Cabe recalcar que se debe agregar agua en el proceso, de manera de que se dosifique según la receta de la empresa auspiciante.

La soya a molerse se la debe preparar previamente ya que esta debe estar humedecida para molerse.



Figura 6.2 Granos de soya preparada

Fuente: propia



Figura 6.3 Resultado prueba de molido

Fuente: propia

El resultado del producto es sin duda un molido uniforme y se ha realizado una separación muy eficiente del producto – bagazo. El tiempo de molido se ha realizado en 20 minutos aproximadamente. Se procede a comprobar si la leche tiene la cantidad necesaria de agua para que cumpla la receta y mantenga su sabor característico.

Con esta prueba se verifica la correcta dosificación y relación entre granos de soya – agua, siendo el factor más importante en la elaboración de este producto.



Figura 6.4 Desechos producidos

Fuente: propia

Luego se procedió a verificar el funcionamiento del filtro, el cual tiene la función de retener las partículas sólidas que se escaparon de la filtración centrífuga. En esta prueba se comprobó que el diseño de un filtro adicional brinda una mejor separación de sólido – líquido evitando la acumulación de estos en el resto de equipos y componentes.

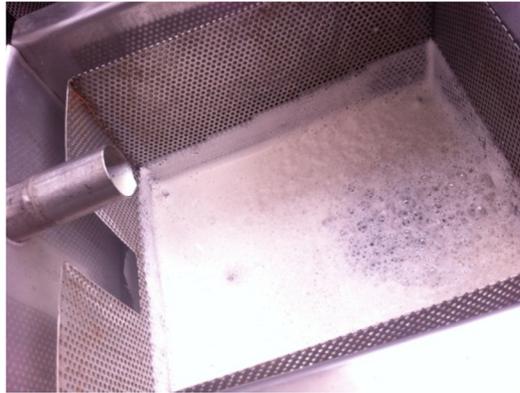


Figura 6.5 Prueba de funcionamiento de filtro

Fuente: propia

El producto obtenido a la salida del filtro es el esperado, llegando un producto libre de sólidos en un tiempo prudente siendo hasta el momento un proceso mejor y eficiente.

Luego se procederá a realizarse una prueba de cocción del producto obtenido en el recipiente de cocción, bajo los parámetros preestablecidos para obtener el tiempo real de cocción, además se verificara que el recipiente y sus mecanismos trabajen de manera esperada.



Figura 6.6 Prueba de funcionamiento de proceso de cocción

Fuente: propia



Figura 6.7 Prueba de funcionamiento del agitador

Fuente: propia



Figura 6.8 Prueba de funcionamiento de sensor de temperatura y controlador de temperatura

Fuente: propia



Figura 6.9 Prueba de funcionamiento de fin de carrera

Fuente: propia

El recipiente de cocción, con sus respectivas modificaciones y adecuaciones, funciona de manera adecuada.

El tiempo de cocción de 100 l se ha realizado en un tiempo de 49 min aproximadamente, siendo un tiempo bastante eficiente para la cantidad de producto a preparar, luego de esto se lo debe cocinar durante 5 minutos más.

En el siguiente paso se comprobará el tiempo de enfriado y por consiguiente si no existen fugas en las líneas de tubería.

Para esto se debe verificar que las bombas tanto la de leche como la de agua funciones correctamente.



Figura 6.10 Accionamiento de las bombas

Fuente: propia

Luego se procederá tomar el tiempo en el cual se produce el enfriado hasta 30 °C, temperatura que fue proporcionada por la empresa auspiciante para cumplir con su receta particular. El tiempo que se demora es de 8 minutos aproximadamente.



Figura 6.11 Calibración del termostato

Fuente: propia



Figura 6.12 Aviso de finalización del proceso

Fuente: propia



Figura 6.13 Producto terminado

Fuente: propia

Como se puede apreciar en la figura anterior, el producto es almacenado en un recipiente para luego ser envasado y puesto a la venta, cumpliendo a cabalidad con los requerimientos de limpieza y procesos de elaboración. Se ha comprobado que la máquina es capaz de realizar todas las actividades según lo previsto sin problemas.

6.2. CALIBRACIÓN

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

Tabla 6.1 Calibración del flujo de agua en función a la cantidad de grano de soya a molerse.

Calibración del flujo de agua en función a la cantidad de grano de soya a molerse.		
Cantidad de granos de soya (lb)	Flujo de agua (l/min)	Observación
25	3	Se dificulta el molido
25	4	La tubería tiende a taponarse debido a que el producto es muy denso
25	5	Producto uniforme
25	6	Producto uniforme pero un exceso de agua en la tolva
25	7	Producto con bajo porcentaje de soya debido al exceso de agua

fuentes: propia

Como se puede observar la relación de agua – grano de soya es fundamental para que el molino funcione de la mejor manera. Con muy poco flujo de agua existe un atascamiento del producto durante el proceso y con un flujo demasiado alto se produce una acumulación de agua en la tolva haciendo que el producto tenga una mezcla muy pobre.

El factor que influye directamente en la elaboración de este producto, es la eficiencia del molino con respecto a la capacidad de trituración, el cual depende directamente de la holgura de separación entre las piedras de molienda, valor que se encuentra especificado en el manual del mismo. Este valor se lo debe setear cada vez que se empieza un nuevo proceso ya que son materiales de desgaste y esta holgura tiende a modificarse.

El resto del proceso está diseñado para ser cumplido dependiendo de los factores de temperatura de entrada y salida de los fluidos involucrados (vapor, agua y leche), presentándose como valor clave la eficiencia de cada uno de los equipos (recipiente de cocción, intercambiador de calor, bombas de agua y sanitaria).

CAPÍTULO 7

EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA

7.1. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Costos Directos

Los costos directos son los que intervienen de manera directa en la construcción de la máquina:

Costos de materiales directos

Estos materiales son los que están presentes físicamente en la máquina, como por ejemplo:

- Planchas de acero inoxidable
- Tubos A36
- Ejes de acero inoxidable, etc...

Costos de materiales indirectos

Estos materiales son los que intervienen indirectamente en el proceso de construcción, como por ejemplo:

- Los electrodos
- Discos de corte

- Discos de desbaste
- Brocas, etc...

Costo de uso de máquinas-herramientas

Es el costo de la renta y alquiler de cualquier máquina herramienta usada para la construcción de la máquina, como por ejemplo:

- Soldadora
- Taladro
- Torno, etc...

Costo de mano de obra directa

Este costo representa el valor de la mano de obra del personal designado para la fabricación, adecuación y montaje de componentes mecánicos y eléctricos.

Costos indirectos

Estos costos representan los gastos que son necesarios para el desarrollo de todas las actividades previstas, como por ejemplo:

- Servicios básicos.
- Movilización
- Gastos administrativos, etc...

Tabla 7.1 Costo de materiales directos

MATERIALES DIRECTOS			
Cant.	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	SUBTOTAL
1	Reducciones de acero inoxidable	11	11
5	Codo de acero inoxidable	6	30
2	Tees de acero inoxidable	8,5	17
11	Codo de plástico	2	22
2	Piedras de molino	15	30
1	Bomba centrífuga para agua	80	80
1	Bomba sanitaria		0
1	Válvula kunkle	140	140
1	Tee de plástico	2	2
5	Neplo de plástico	0,5	2,5
1	Manómetro de agua	4,7	4,7
1	Bushing de plástico	1,1	1,1
2	Adaptador tanque	4,7	9,4
5	Teflón	0,3	1,5
1	Sellador	5,4	5,4
7	Abrazadera de acero inoxidable	7,2	50,4
7	Empaque ferrul	1	7
7	Ferrul de acero inoxidable	3,2	22,4
4	Válvula mariposa	33	132
1	Electroválvula de vapor	156	156
1	Trampa de vapor inversa	130	130
1	Moto reductor	115	115
1	Electroválvula de agua	50	50
6	Ruedas industriales	10	60
10	Lijas de agua	0,3	3

1	Tubo galvanizado	20	20
2	Codo galvanizado	3	6
5	Tubo cuadrado	16	80
	Tubo redondo de acero inoxidable	17	0
4	Tol de acero inoxidable	50	200
1	Tubo de plástico	23	23
1	Tamiz sanitario	120	120
1	Molino de piedras	600	600
1	Recipiente de cocción	700	700
1	Recipiente de producto terminado	300	300
1	Intercambiador de calor	1000	1000
TOTAL USD			4131,4

fuelle: propia

Tabla 7.2 Costos máquinas-herramientas

MÁQUINAS HERRAMIENTAS			
Descripción de rubros	Cant.	Costo unitario	Subtotal
Servicio de corte de plasma	3 hora	20	60
Servicio de soldadura TIG	500 dm	1	500
Servicio de doblado	20	0,3	6
Servicio de barolado	1	10	10
Servicio de uso de herramientas	400 horas	5	200
TOTAL USD			776

Fuente: Propia

Tabla 7.3 Costos mano de obra

MANO DE OBRA			
Descripción de rubros	Cant.	Costo unitario	Subtotal
Mano de obra mecánicos	400 horas	3	1200
TOTAL USD			1200

Fuente: Propia

Tabla 7.4 Costos Indirectos

COSTOS INDIRECTOS	
ITEM	SUBTOTAL
Alimentación	100
Combustible	200
Peajes	30
Vehículos	30
Internet	20
Teléfono	15
Agua	5
Energía eléctrica	30
TOTAL USD	430

Fuente: propia

Tabla 7.5 Costos de diseño

COSTOS DE DISEÑO			
ITEM	COSTO AL MES	TIEMPO	SUBTOTAL
Impresiones	10	5	50
Material técnico	10	5	50

Egresado	50	5	250
TOTAL USD			350

Fuente: propia

Tabla 7.6 Costo total procesadora de leche

COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA PROCESADORA DE LECHE DE SOYA	
ITEM	SUBTOTAL
Costo de materiales	4131,4
Costos indirectos	430
Costo de diseño	350
Costo máquinas - herramientas	776
Costo de mano de obra	1200
TOTAL USD	6887,4

fuentes: propia

Para el costo total de producción no se van a tomar en cuenta los costos indirectos, ya que estos no son valores que intervienen en la producción del producto, en este caso la leche de soya, por ende, se toma como costo total de la máquina el valor de 6107 USD.

7.2. EVALUACIÓN FINANCIERA

La siguiente evaluación consiste en dar una avaluación de la rentabilidad que representa la construcción de esta máquina. Esta evaluación consiste en calcular un valor que represente el valor actual neto y la tasa interna de retorno.

Valor actual neto (VAN)

El valor actual neto representa el valor presente de un determinado flujo de caja futuro, el mismo que se funda gracias a una inversión.

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

Dónde:

BN_t = Beneficio neto del flujo del periodo t

I_0 = Inversión inicial

N = número de años

I = tasa de descuento.

La empresa SOY SOYA tiene calculado y proyectado el siguiente margen de ventas en al mes con el uso de esta máquina.

Tabla 7.7 Valores esperados de utilidad neta por producción de leche

ITEM	VALOR
Utilidad botella 1 l de leche de soya	1,33
Ventas por mes (l)	600
Ventas anuales (l)	7200

TOTAL USD	9576
------------------	-------------

Fuente: propia

Se realiza una proyección para 5 años:

Tabla 7.8 Cálculo del VAN

CÁLCULO DEL VAN						
N	0	1	2	3	4	5
Io	6107					
Bn		9576	10533,6	11586,96	12745,656	14020,22
i	20%	20%	20%	20%	20%	20%
(1+i)ⁿ	1	1,20	1,44	1,73	2,07	2,49
Fcd		7980	7315	6705,417	6146,6319	5634,413
Van	27674,46					

fuentes: propia

Al ser el VAN mayor que la inversión inicial, se concluye que va a producir ganancias muy significativas al año y la inversión en poco tiempo va a estar cubierta.

Tasa interna de retorno (TIR)

Con este valor nos podemos dar cuenta cual es la evaluación del costo beneficio en función de una tasa única de rendimiento por periodo.

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

Procedemos a calcular la tasa interna de retorno:

Tabla 7.9 Cálculo de la TIR

CÁLCULO DEL TIR						
N	0	1	2	3	4	5
lo	6107					
Bn	-6107	9576	10533,6	11586,96	12745,656	14020,22
TIR	165%					

Fuente

propia

La tasa interna de retorno es mayor a la tasa de descuento asumida, por lo que se concluye que el proyecto es totalmente rentable.

CAPÍTULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. CONCLUSIONES

1. Luego de haber analizado los diferentes métodos de elaboración de la leche de soya, se diseñó, seleccionó y construyó la procesadora de manera que se adapte a los requerimientos impuestos por la empresa auspiciante, la misma que por el costo de \$ 6887,40 cumple con los procesos de molido, cocción y enfriamiento.
2. Los cálculos para la selección de los diferentes componentes se basaron en gran parte en los fundamentos de transferencia de calor, siendo el principal agente de evaluación el acero AISI 304 que proporciona las propiedades anticorrosivas y mecánicas necesarias para cumplir con el proceso requerido.
3. El proceso de molido y separación de sólidos se lo realiza en un tiempo de 20 minutos aproximadamente, a partir de un molino de piedras que gira a 3600 rpm con capacidad de 35 Kg/h, con filtración centrífuga y un filtro adicional, los mismos usan 104 l de agua a razón de 5 l/min aproximadamente y 11.3 Kg de soya hidratada para producir 100 l de leche
4. Los desechos producidos son 15.8 Kg los mismos que son reutilizados para producir otros derivados de la soya, por ejemplo, galletas, pasteles, carne, etc...

5. El recipiente de cocción tiene la capacidad de calentar leche de soya de 19 °C aproximadamente a 75 °C en un tiempo aproximado de 49 minutos, usando una fuente de vapor a una temperatura de 120 °C. Luego se procede a cocinarlo durante 5 minutos más automáticamente.
6. El agitador permite que el producto se siga mezclando aun cuando está en el proceso de cocción, impidiendo a la vez que exista una separación de sólidos y caigan al fondo del recipiente, además, este mecanismo sirve para homogenizar el producto y que este se cocine por igual.
7. El sistema de enfriamiento proporciona una capacidad de enfriamiento de 100 l de leche de soya de 75 °C a 30 °C en 8 minutos aproximadamente, con un flujo de agua fría a 10 °C que pasa por la coraza del intercambiador de calor.

8.2. RECOMENDACIONES

1. Para producción de leche de soya se recomienda tomar en cuenta los parámetros críticos del proceso, así por ejemplo, cantidad de desechos producidos, cantidad de producto a obtenerse, tiempos de cocción y enfriamiento, los cuales influirán en los equipos a construirse.
2. Se recomienda lavar los diferentes componentes de la máquina periódicamente ya que por ser una procesadora de alimentos y aunque su material sea AISI 304, se tiende a obtener el desarrollo de bacterias en sus partes internas.

3. Se recomienda calibrar la dosificación de agua a 5 l/min aproximadamente, ya que bajo los parámetros mencionados en el capítulo de calibración y pruebas, se demostró que los equipos pueden presentar problemas en su funcionamiento y por ende obtener un producto no deseado, con una mezcla demasiado rica o pobre.
4. Se recomienda setear la holgura entre piedras del molino hasta que produzca una pasta de desecho entre 0.15 – 0.2 mm, ya que con este valor se puede aprovechar mejor los desechos y producir una leche consistente.
5. Se recomienda preparar el caldero antes de iniciar el proceso con una temperatura de vapor de aproximadamente 120 ° C para que el proceso de cocción se realice en el tiempo estimado de 50 minutos.
6. Se recomienda poner progresivamente en la tolva del molino la cantidad máxima de 25 lb, ya que la máquina no puede producir más producto debido al limitante de volumen en el recipiente de cocción que con el accionamiento del agitador, se puede producir el derrame del producto.
7. Se recomienda preparar el sistema de enfriamiento antes de iniciar el proceso, el agua fría debe estar a una temperatura aproximada de 10 °C para que el producto se enfríe en 8 minutos aproximadamente, además, el recipiente de agua debe estar al menos sus $\frac{3}{4}$ partes llenas.

ANEXO A



CAMPO DE PRESTACIONES

- Caudal hasta 80 l/min (4.8 m³/h)
- Altura manométrica hasta 72 m

LIMITES DE UTILIZO

- Altura de aspiración manométrica hasta 9 m (HS)
- Temperatura del líquido de -10 °C hasta +40 °C
- Temperatura ambiente hasta +40 °C
- Presión máx. en el cuerpo de la bomba 6.5 bar
- Funcionamiento continuo S1

EJECUCION Y NORMAS DE SEGURIDAD

EN 60335-1
IEC 60335-1
CEI 61-150

EN 60034-1
IEC 60034-1
CEI 2-3



CERTIFICACIONES



UTILIZOS E INSTALACIONES

Son recomendadas para bombear agua limpia, sin partículas abrasivas y líquidos químicamente no agresivos con los materiales que constituyen la bomba.

Las bombas autocebantes JCR han sido diseñadas para aspirar agua aún en presencia de gas mezclado con el líquido bombeado. Por su confiabilidad y simplicidad en el uso son aconsejadas para el uso doméstico, especialmente para la distribución de agua acopladas a pequeños o medianos tanques de presurización, para la irrigación de huertos o jardines, etc. La instalación se debe realizar en lugares cerrados o protegidos de la intemperie.

PATENTES - MARCAS - MODELOS

- Patente europea n° 1 510 696

EJECUCION BAJO PEDIDO

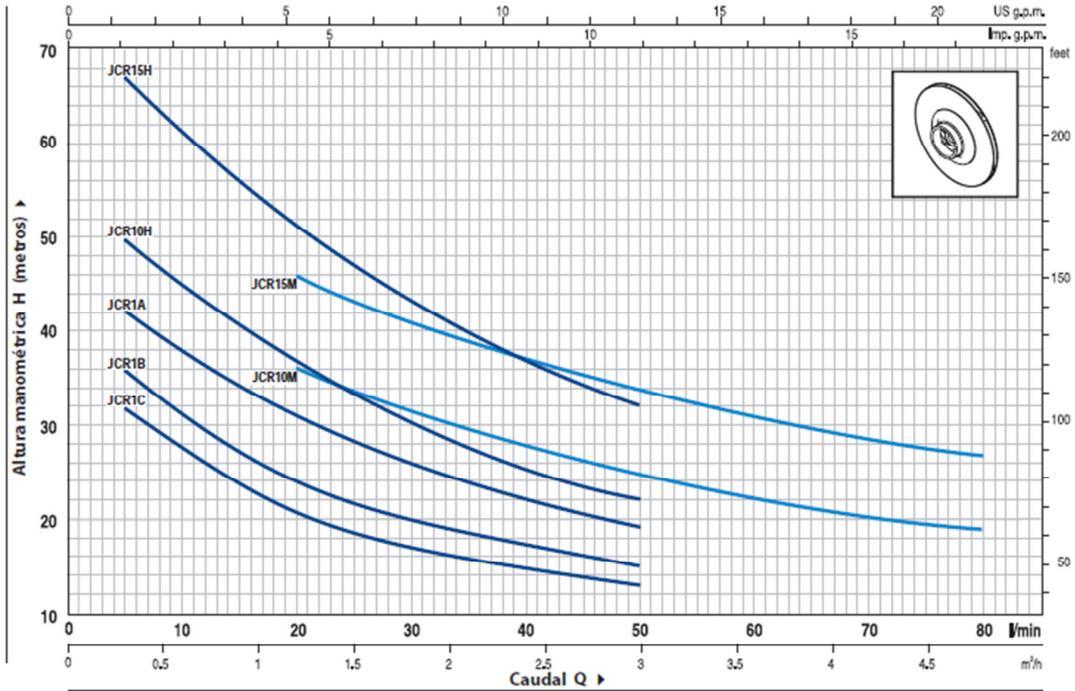
- Cuerpo bomba con bocas roscadas NPT ANSI B 1.20.1
- Otros voltajes

GARANTIA

2 años según nuestras condiciones generales de venta

CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n= 3450 1/min HS= 0 m

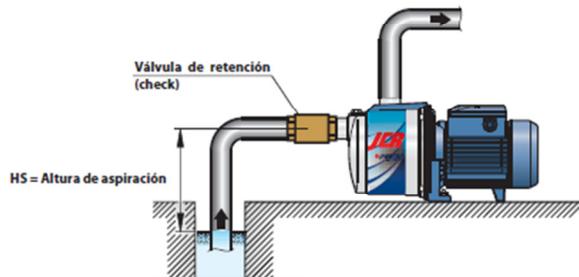


MODELO		POTENCIA		Q	H metros														
Monofásica	Trifásica	kW	HP		m³/h	0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	
				l/min	0	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80		
JCRm 1C	-	0.37	0.50		35	32	27	24	21	19	17	16	15	13					
JCRm 1B	JCR 1B	0.50	0.70		41	36	31	27	24	22	20	19	17	15					
JCRm 1A	JCR 1A	0.60	0.85		47	42	38	34	31	28.5	26	24	22	19					
JCRm 10H	JCR 10H	0.75	1		56	50	45	41	37	33	30	27	25	22					
JCRm 15H	JCR 15H	1.1	1.5		72	67	61	56	51	47	43	40	37	32					
JCRm 10M	JCR 10M	0.75	1		46	44	41	39	37	35	32	30	28	25	22	21	19		
JCRm 15M	JCR 15M	1.1	1.5		55	53	50	48	46	43	41	39	37	34	31	29	27		

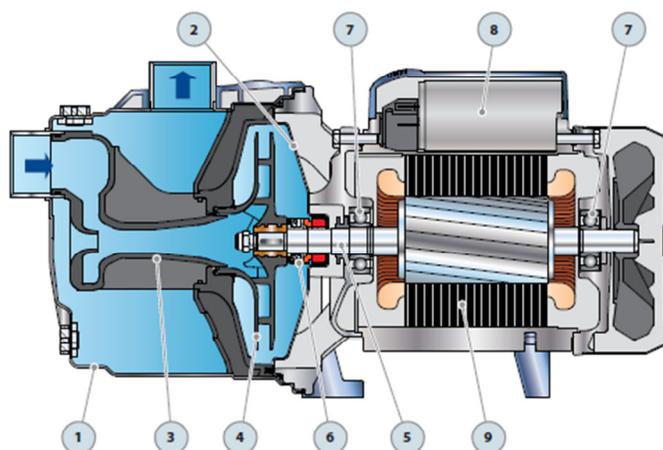
Q = Caudal H = Altura manométrica total HS = Altura de aspiración

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 App. A.

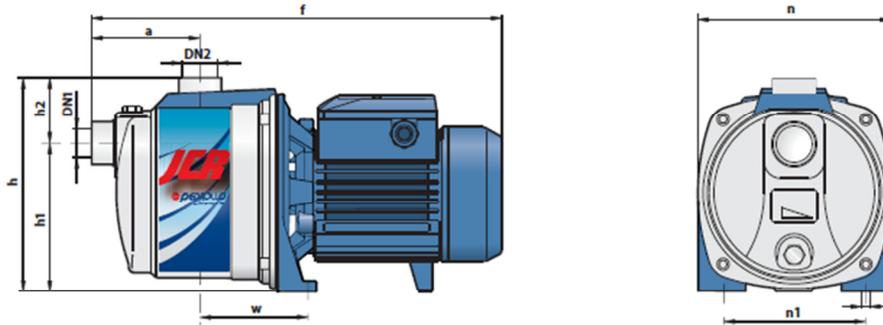
EJEMPLO DE INSTALACION



POS. COMPONENTE	CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS					
1 CUERPO BOMBA	Acero inoxidable AISI 304, con bocas roscadas ISO 228/1					
2 TAPA	Acero inoxidable AISI 304					
3 GRUPO EYECTOR	Noryl GFN2V					
4 RODETE	Noryl GFN2V					
5 EJE MOTOR	Acero inoxidable EN 10088-3 - 1.4104					
6 SELLO MECANICO	<i>Electrobomba</i>	<i>Sello</i>	<i>Eje</i>	<i>Materiales</i>		
	<i>Modelo</i>	<i>Modelo</i>	<i>Dímetro</i>	<i>Anillo fijo</i>	<i>Anillo móvil</i>	<i>Elastómero</i>
	JCR 1C-B-A	AR-12	Ø 12 mm	Cerámica	Grafito	NBR
	JCR 10-15	AR-14	Ø 14 mm	Cerámica	Grafito	NBR
7 RODAMIENTOS	<i>Electrobomba</i>	<i>Modelo</i>				
	JCR 1C-B-A	6201 ZZ / 6201 ZZ				
	JCR 10H-M / 15H-M	6203 ZZ / 6203 ZZ				
8 CONDENSADOR	<i>Electrobomba</i>	<i>Capacidad</i>				
	<i>Monofásica</i>	<i>(220 V)</i>	<i>(110 V o 127 V)</i>			
	JCRm 1C	10 µF 450 VL	25 µF 250 VL			
	JCRm 1B	10 µF 450 VL	30 µF 250 VL			
	JCRm 1A	14 µF 450 VL	30 µF 250 VL			
	JCRm 10H-M	20 µF 450 VL	60 µF 300 VL			
	JCRm 15H-M	25 µF 450 VL	60 µF 300 VL			
	JCRm 1A	14 µF 450 VL	30 µF 250 VL			
	JCRm 10H-M	20 µF 450 VL	60 µF 300 VL			
	JCRm 15H-M	25 µF 450 VL	60 µF 300 VL			
9 MOTOR ELECTRICO	<p>JCRm: monofásica 220 V - 60 Hz con protección térmica incorporada en el bobinado. JCR: trifásica 220/380 V - 60 Hz o 220/440 V - 60 Hz.</p> <p>➔ Las bombas con motores trifásicos son de alto rendimiento en clase IE2 (IEC 60034-30)</p> <p>- Aislamiento: clase F. - Protección: IP 44.</p>					



DIMENSIONES Y PESOS



MODELO		BOCAS		DIMENSIONES mm									kg	
Monofásica	Trifásica	DN1	DN2	a	f	h	h1	h2	n	n1	w	s	1~	3~
JCRm 1C	-	1"	1"	90	345	174	122	52	160	120	88	9	5.6	-
JCRm 1B	JCR 1B												6.4	6.3
JCRm 1A	JCR 1A												6.9	6.4
JCRm 10H-M	JCR 10H-M	1 1/4"	1"	117	406	206	145	55	184	135	110	10	9.4	9.3
JCRm 15H-M	JCR 15H-M												10.5	10.3

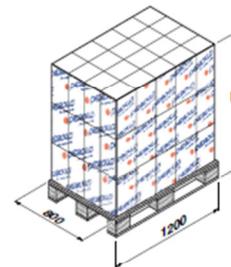
CONSUMO EN AMPERIOS

MODELO	TENSION (monofásica)		
	220 V	110 V	127 V
JCRm 1C	2.7 A	5.4 A	5.3 A
JCRm 1B	3.4 A	6.7 A	6.1 A
JCRm 1A	3.8 A	7.7 A	7.4 A
JCRm 10H	4.7 A	9.4 A	8.9 A
JCRm 15H	6.6 A	13.2 A	12.5 A
JCRm 10M	5.0 A	10.0 A	9.5 A
JCRm 15M	6.6 A	13.2 A	12.5 A

MODELO	TENSION (trifásica)				
	220 V	380 V	660 V	220 V	440 V
JCR 1B	2.3 A	1.3 A	0.8 A	2.1 A	1.3 A
JCR 1A	3.1 A	1.8 A	1.0 A	2.6 A	1.5 A
JCR 10H	3.5 A	2.0 A	1.2 A	3.3 A	1.9 A
JCR 15H	5.5 A	3.2 A	1.8 A	5.3 A	3.0 A
JCR 10M	3.8 A	2.2 A	1.3 A	3.6 A	2.0 A
JCR 15M	5.5 A	3.2 A	1.8 A	5.3 A	3.0 A

PALETIZADO

MODELO		PARA GRUPAJE				PARA CONTAINER			
Monofásica	Trifásica	n° bombas	H (mm)	1~ kg	3~ kg	n° bombas	H (mm)	1~ kg	3~ kg
JCRm 1C	-	98	1440	570	-	154	2180	880	-
JCRm 1B	JCR 1B	98	1440	650	640	154	2180	1010	990
JCRm 1A	JCR 1A	98	1440	700	650	154	2180	1080	1010
JCRm 10H-M	JCR 10H-M	72	1460	700	690	96	1900	920	910
JCRm 15H-M	JCR 15H-M	72	1460	780	760	96	1900	1030	1010



ANEXO B

Varillas para proceso oxiacetilénico y TIG

Estructurales

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: Dímetros 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: Dímetros 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: Dímetros 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: 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>

Varillas para proceso oxiacetilénico y TIG

Inoxidable

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: Dímetros 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: Dímetros 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: Dímetros 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	E 317 ⁽¹⁾	ER 317 ⁽¹⁾	CF-8M	E 316 ⁽¹⁾	ER 316 ⁽¹⁾
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

CAPITULO 20

APLICACIONES ADICIONALES

Introducción. Hay cierto número de usos colaterales para el equipo de transferencia de calor que no han aparecido en ninguno de los capítulos anteriores. Algunos de éstos incluyen las formas comunes y menos caras de superficies de transferencia de calor, tales como serpentines, tuberías sumergidas en cajas, y enfriadores tipo trombón. La mayoría de los elementos de transferencia **térmica** tratados aquí no están muy relacionados con aquellos que se discutieron en capítulos anteriores, ni su comportamiento puede calcularse con **igual** exactitud. Esta es una limitación importante cuando se trata de calcular los requerimientos de superficie para lograr una temperatura precisa. Aquí, en este capítulo, se tratan los siguientes elementos :

1. Recipientes enchaquetados
2. Serpentes
3. Serpentin sumergido
4. Enfriador tipo trombón
5. Enfriador atmosférico
6. Condensador evaporativo
7. Bayoneta
8. **Intercambiador** de película descendente
9. Materiales granulares en tubos
10. Calentadores con resistencia eléctrica

1. RECIPIENTES **ENCHAQUETADOS**

Recipientes **sin agitación**. En la literatura se dispone de pocos datos para predecir los coeficientes dentro de una chaqueta o entre la chaqueta y un líquido contenido en un recipiente cilíndrico vertical en el que no se cuenta con agitación mecánica. Durante el calentamiento, el fenómeno de mezcla depende de la convección libre, la que no ha sido correlacionada más que en el Cap. 10. Los coeficientes para calentamiento en convección libre pueden aproximarse para recipientes de gran diámetro mediante las Ecs. (10.8) a (10.11).

No se dispone de datos consistentes para el enfriamiento por convección libre, aun cuando los coeficientes indudablemente serán menores.

Colburn¹ ha tabulado los resultados de cierto número de estudios de lo cual se pueden sacar algunas amplias generalizaciones. Para la transferencia de calor de vapor de agua condensada en una chaqueta a agua hirviendo dentro del recipiente, el coeficiente total limpio es de cerca de 250 **Btu/(h)(pie²)(°F)** para recipientes de cobre y 175 para recipientes de acero. La diferencia se debe a las **conductividades** y espesor estructural equivalente de los dos metales, respectivamente. Los mismos coeficientes pueden también esperarse para la ebullición de soluciones acuosas diluidas. Para el calentamiento o enfriamiento de agua a agua, un coeficiente total de 100 **Btu/(h)(pie²)(°F)** parece ser razonable siempre y cuando ninguna de las corrientes se refrigere. Para soluciones acuosas cuyas propiedades no difieran grandemente de aquellas del agua pura, los coeficientes tal vez sean entre 75 y 80. Para el calentamiento o enfriamiento de hidrocarburos no viscosos, el coeficiente total deberá reducirse a cerca de 50. Para aquellos fluidos clasificados como compuestos orgánicos medios en la Tabla 8, el rango más probable de los coeficientes es de 10 a 20. La chaqueta de un recipiente puede tener defectores helicoidales para asegurar una circulación positiva.

Un coeficiente de transferencia de calor seleccionado de los grupos anteriores no puede incorporarse a la ecuación de Fourier $Q = UA \Delta T$ excepto cuando el recipiente opere a régimen constante. Un recipiente enchaquetado puede adaptarse para operaciones de régimen constante cuando la entrada y salida de materiales sea constante. Ya que los recipientes enchaquetados son fundamentalmente aparatos para **procesar** lotes, la diferencia de temperatura durante el proceso de calentamiento o enfriamiento no es constante. El coeficiente debe, por lo tanto, sustituirse en una ecuación de estado *inestable* apropiada, **tales** como las Ecs. (18.5), (18.7), (18.9) o (18.11), que toman **en** consideración el tiempo requerido para cambiar la temperatura del lote y emplean una diferencia de temperatura que varía con el tiempo.

Recipientes con agitación mecánica. **Chilton**, **Drew** y **Jebens**,² han publicado una excelente correlación tanto para recipientes enchaquetados como para serpentines, ya sea para proceso de lotes o en condiciones de régimen constante empleando el factor *j* de **Sieder-Tate** para transferencia de calor y un número de Reynolds **modifi-**

¹ Perry, J. H., "Chemical Engineers' Handbook", 3d ed., Págs. 481-482, McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, 1950.

² Chilton, T. H., T. B. Drew, and R. H. Jebens, *Ind. Eng. Chem.*, 36. 510.516 (1944).

cado para agitación mecánica. Emplearon un agitador plano. Aunque la mayoría del trabajo se efectuó en recipientes de un pie de diámetro, se obtuvieron comprobaciones en recipientes cuyo tamaño era cinco veces el usado experimentalmente. Las desviaciones en las corridas efectuadas con agua fueron las más altas de todos los fluidos que se probaron, que incluyeron aceites lubricantes y glicerina, y que en algunos casos se desviaron 17.5%. Mack y Uhl³ han presentado y discutido aplicaciones adicionales de este método, así como su cálculo. Para recipientes enchaquetados se encontró que la correlación mantiene su validez hasta el punto en que la velocidad del agitador es tal que introduce aire en el líquido. Para el agua, este punto corresponde a una velocidad del agitador de 200 rpm, y para otros líquidos la velocidad fue mayor. En la Fig. 20.1 se muestra un recipiente enchaquetado estándar. Consiste de un recipiente y su chaqueta y los medios apropiados para circular el líquido dentro de la chaqueta y un agitador de aspas planas.

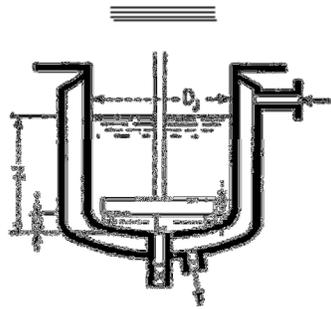


FIG. 20.1. Recipiente enchaquetado

Las dimensiones esenciales para el cálculo son, altura de la porción húmeda del recipiente z , diámetro del recipiente D_j , longitud de la paleta del agitador L , y la altura desde el fondo de la paleta hasta el fondo del recipiente B . Los estudios hechos por White y colaboradores⁴ indican que los requerimientos de potencia pueden determinarse como una función del número de Reynolds modificado, $Re_j = L^2 N \rho / \mu$, donde L es la longitud en pies de la paleta, N el número de revoluciones por hora, ρ de la densidad promedio, y μ la viscosidad del líquido. Chilton, Drew, y Jebens han empleado el mismo número de Reynolds para la transferencia de calor. Sus resultados están dados por la siguiente ecuación consistente

$$\frac{h_j D_j}{k} = 0.36 \left(\frac{L^2 N \rho}{\mu} \right)^{2/3} \left(\frac{c \mu}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14} \quad (20.1)$$

³ Mack, D. E. and V. W. Uhl. *Chem. Eng.* 54, No. 9, 119.125; No. 10, 116.116 (1947).

⁴ White, A. M., E. Brenner, G. A. Phillips, and M. S. Morrison, *Trans. AIChE*, 30, 535 (1934).

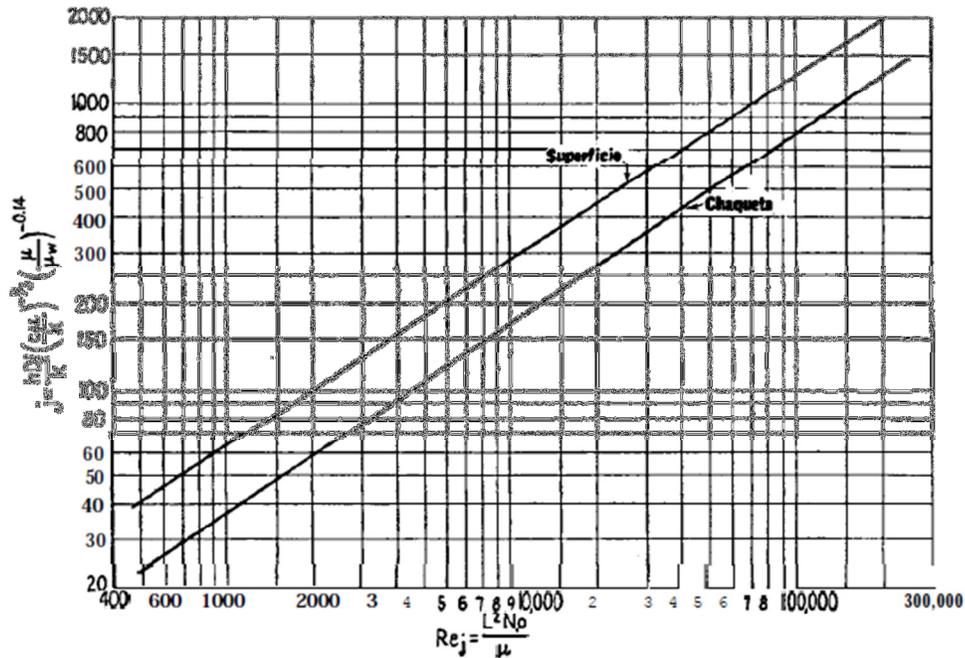


FIG. 20.2. Coeficientes de transferencia de calor para chaquetas y serpentines. (Chilton, Drew, and Jebens, *Industrial and Engineering Chemistry*)

La Ec. (20.1) se grafica como la línea inferior de la Fig. 20.2. Se ve que en el cambio de planta piloto a tamaño industrial, el cambio de coeficiente está dado por

$$\frac{h_{j1}}{h_{j2}} = \left(\frac{L_1}{L_2}\right)^{1/4} \left(\frac{N_1}{N_2}\right) \quad (20.2)$$

Las demandas de potencia están dadas por la ecuación dimensional de White y colaboradores.

$$hp = 1.29 \times 10^{-4} D_j^{1.1} L^{2.72} N'^{2.86} y^{0.32} \mu'^{0.14} \rho^{0.86} \quad (20.3)$$

donde y = ancho del agitador, pies

N' = velocidad, rps

μ' = viscosidad, lb/pie x seg

Estas ecuaciones son válidas para agitadores de aspas localizados **centralmente** con $L > 0.3D_j$ y con una altura $< L/6$. El coeficiente en la chaqueta propiamente dicha no se ha determinado, aun cuando se puede estimar con facilidad ya sea para el agua y vapor de agua. El uso de este método en la solución de un problema típico se da en seguida.

EJEMPLO 20.1. Cálculo de un recipiente enchaquetado. Un recipiente con chaqueta tiene las siguientes dimensiones: Una tubería de 12 plg IPS está en-

chaquetada por una de 14 plg IPS, las dos tienen fondos abombados. Este arreglo se equipa con un agitador de paletas de 7.2 plg de largo y 1.2 plg de altura localizado a una distancia de 1.8 plg del fondo. La velocidad del agitador es de **125 rpm**. El recipiente se llenará a una altura de 10 plg con un licor acuoso a 150°F que requiere la adición de 32 600 **Btu/h** para suministrar el calor de la reacción endotérmica y mantener la temperatura. Debe suministrarse un factor de obstrucción de 0.005. ¿A qué temperatura debe alimentarse el vapor a la chaqueta?

Solución : Este caso puede considerarse como un problema de régimen constante, puesto que At es constante.

$$L = \frac{7.2}{12} = 0.6 \text{ pies}$$

$$N = 125 \times 60 = 7500 \text{ rev/h}$$

$$\rho = 62.5 \text{ lb/pie}^3 \text{ (aproximadamente)}$$

$$At \text{ a } 150^\circ\text{F}, \mu = 0.44 \times 2.42 = 1.06 \text{ lb/(pie)(h)}$$

$$k = 0.38 \text{ Btu/(h)(pies}^2)(^\circ\text{F/pie)}$$

$$c = 1.0 \text{ Btu/(lb)(}^\circ\text{F)}$$

$$Re_i = \frac{L^2 N \rho}{\mu} = \frac{0.6^2 \times 7500 \times 62.5}{1.06} = 160,000$$

$$\left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0.14} = \frac{h_i D_j}{k} \left(\frac{c\mu}{k}\right)^{-1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{-0.14}$$

puede considerarse 1.0 para el agua

$$D_i = \frac{12.09}{12} = 1.01 \text{ pies}$$

$$\left(\frac{c\mu}{k}\right)^{1/3} = \left(1 \times \frac{1.06}{0.38}\right)^{1/3} = 1.41$$

$$h_i = \frac{k}{D_i} \left(\frac{c\mu}{k}\right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0.14}$$

$$= 1100 \times \frac{0.38}{1.01} \times 1.41 \times 1.0 = 588 \text{ Btu/(h)(pie}^2)(^\circ\text{F)}$$

Para el vapor de agua en la chaqueta referido al diámetro interior del recipiente,

$$h_{vi} = 1500 \text{ Btu/(h)(pie}^2)(^\circ\text{F)}$$

Usando la superficie interna como referencia.

$$U_C = \frac{h_i h_{vi}}{h_i + h_{vi}} = \frac{588 \times 1500}{588 + 1500} = 422 \text{ Btu/(h)(pies}^2)(^\circ\text{F}) \quad (6.38)$$

$$R_d = 0.005 \quad h_d = \frac{1}{R_d} = \frac{1}{0.005} = 200$$

$$\frac{1}{U_D} = \frac{1}{U_C} + R_d$$

$$U_D = \frac{U_C h_d}{U_C + h_d} = \frac{422 \times 200}{422 + 200} = 136$$

Para calcular la superficie de transferencia de calor, considere el fondo como una placa plana o use tablas para encontrar la superficie como una función del diámetro en cabezales elípticos.

$$A = \pi \times 1.01 \times 0.83 + \frac{\pi}{4} \times 1.012 = 3.43 \text{ pies}^2$$

La diferencia de temperatura es la MLDT, ya que las dos corrientes son isotérmicas.

$$Q = U_D A \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{32,600}{136 \times 3.43} = 70^\circ\text{F}$$

Ya que la reacción tiene lugar a **150°F**, la temperatura del vapor debe ser

$$T_s = 150 + 70 = 220^\circ\text{F}$$

Nota : Si se requiriera una temperatura de vapor más alta, la temperatura de la pared de la chaqueta debe comprobarse por la **Ec.** (6.8) para asegurar que no es mayor que la temperatura de ebullición del fluido dentro del recipiente. Si se forman burbujas de vapor en la superficie interior, el coeficiente de película puede reducirse en una cantidad impredecible.

ANEXO D

VISCOSIDADES DE LIQUIDOS*
Para usarse como Coordenadas con la Fig. 14

Líquido	x	Y	Líquido	X	Y
Acetaldehído	15.2	4.8	Cloruro Estánico	13.5	12.8
Acetato de Amilo	11.8	12.5	Cresol, meta	2.5	20.8
Acetato de Butilo	12.3	11.0	Dibromoetano	12.7	15.8
Acetato de Etilo	13.7	9.1	Dicloroetano	13.2	12.2
Acetato de Metilo	14.2	8.2	Diclorometano	14.6	8.9
Acetato de Vinilo	14.0	8.8	Difenilo	12.0	18.3
Acetona 100%	14.5	7.2	Eter Etilico	14.5	5.3
Acetona 35 %	7.9	15.0	Etilbenceno	13.2	11.5
Agua	10.2	13.0	Etilenglicol	6.0	23.6
Acido Acético 100%	12.1	14.2	Fenol	6.9	20.8
Acido Acético 70%	9.5	17.0	Formiato de Etilo	14.2	8.4
Acido Butírico	12.1	15.3	Freon 11	14.4	9.0
Acido Clorosulfónico	11.2	18.1	Freon12	16.8	5.6
Acido Fórmico	10.7	15.8	Freon21	15.7	7.5
Acido Isobutírico	12.2	14.4	Freon 22	17.2	4.7
Acido Nítrico 95%	12.8	13.8	Freon113	12.5	11.4
Acido Nítrico 60%	10.8	17.0	Freon 114	14.6	8.3
Acido Propiónico	12.8	13.8	Glicerina 100%	2.0	30.0
Acido Sulfúrico 110 %	7.2	27.4	Glicerina 50%	6.9	19.6
Acido Sulfúrico 98%	7.0	24.8	Heptano	14.1	8.4
Acido Sulfúrico 60%	10.2	21.3	Hexano	14.7	7.0
Alcohol Alílico	10.2	14.3	Hidróxido de Sodio 50%	3.2	25.8
Alcohol Amílico	7.5	18.4	Yoduro de Etilo	14.7	10.3
Alcohol Butílico	8.6	17.2	Yoduro de Propilo	14.1	11.6
Alcohol Etilico 100%	10.5	13.8	Isobutano	14.5	3.7
Alcohol Etilico 95%	9.8	14.3	Mercurio	18.4	16.4
Alcohol Etilico 40%	6.5	16.6	Metanol 100%	12.4	10.5
Acido Clorhídrico 31.5%	13.0	16.6	Metanol 90%	12.3	11.8
Alcohol Isobutílico	7.1	18.0	Metanol 40%	7.8	15.5
Alcohol Isopropílico	8.2	16.0	Metiletilcetona	13.9	8.6
Alcohol Octílico	6.2	21.1	Naftaleno	7.9	18.1
Alcohol Propílico	9.1	16.5	Nitrobenceno	10.6	116.2
Alcohol Octílico	6.2	21.1	Naftaleno	7.9	18.1
Alcohol Propílico	9.1	16.5	Nitrobenceno	10.6	116.2
Amoniaco 100%	12.6	2.0	Nitrotolueno	11.0	17.0
Amoniaco 26 %	10.1	13.9	Octano	13.7	10.0
Anhidrido Acético	12.7	12.8	Oxalato de Dietilo	11.0	16.4
Anilina	8.1	18.7	Oxalato de Dimetilo	12.3	15.8
Anisol	12.3	13.5	Oxalato de Dipropilo	10.3	17.7
Benceno	12.5	10.9	Pentacloroetano	10.9	17.3
Bióxido de Azufre	15.2	7.1	Pentano	14.9	5.2
Bióxido de Carbono	11.6	0.3	Propano	15.3	1.0
Bisulfuro de Carbono	16.1	7.5	Salmuera CaCl, 25%	6.6	15.9
Bromo	14.2	13.2	Salmuera NaCl 25%	10.2	16.6
Bromotolueno	20.0	15.9	Sodio	16.4	13.9
Bromuro de Etilo	14.5	8.1	Tetracloroetano	11.9	15.7
Bromuro de Propilo	14.5	9.6	Tetracloroetileno	14.2	12.7
n-Butano	15.3	3.3	Tetracloruro de Carbono	12.7	13.1
Ciclohexanol	2.9	24.3	Tetracloruro de Titanio	14.4	12.3
Clorobenceno	12.3	12.4	Tribromuro de Fósforo	13.8	16.7
Cloroformo	14.4	10.2	Tricloruro de Arsénico	13.9	14.5
Clorotolueno, orto	13.0	13.3	Tricloruro de Fósforo	16.2	16.9
Clorotolueno, meta	13.3	12.5	Tricloroetileno	14.8	10.5
Clorotolueno, para	13.3	12.5	Tolueno	13.7	10.4
Cloruro de Etilo	14.8	6.0	Turpentina	11.5	14.9
Cloruro de Metilo	15.0	3.8	Xileno, orto	13.5	12.1
Cloruro de Propilo	14.4	7.5	Xileno, meta	13.9	12.1
Cloruro de Sulfurilo	15.2	12.4	Xileno, para	13.9	10.9

* De Perry, J. H., "Chemical Engineers' Handbook 3d. ed., McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1950.

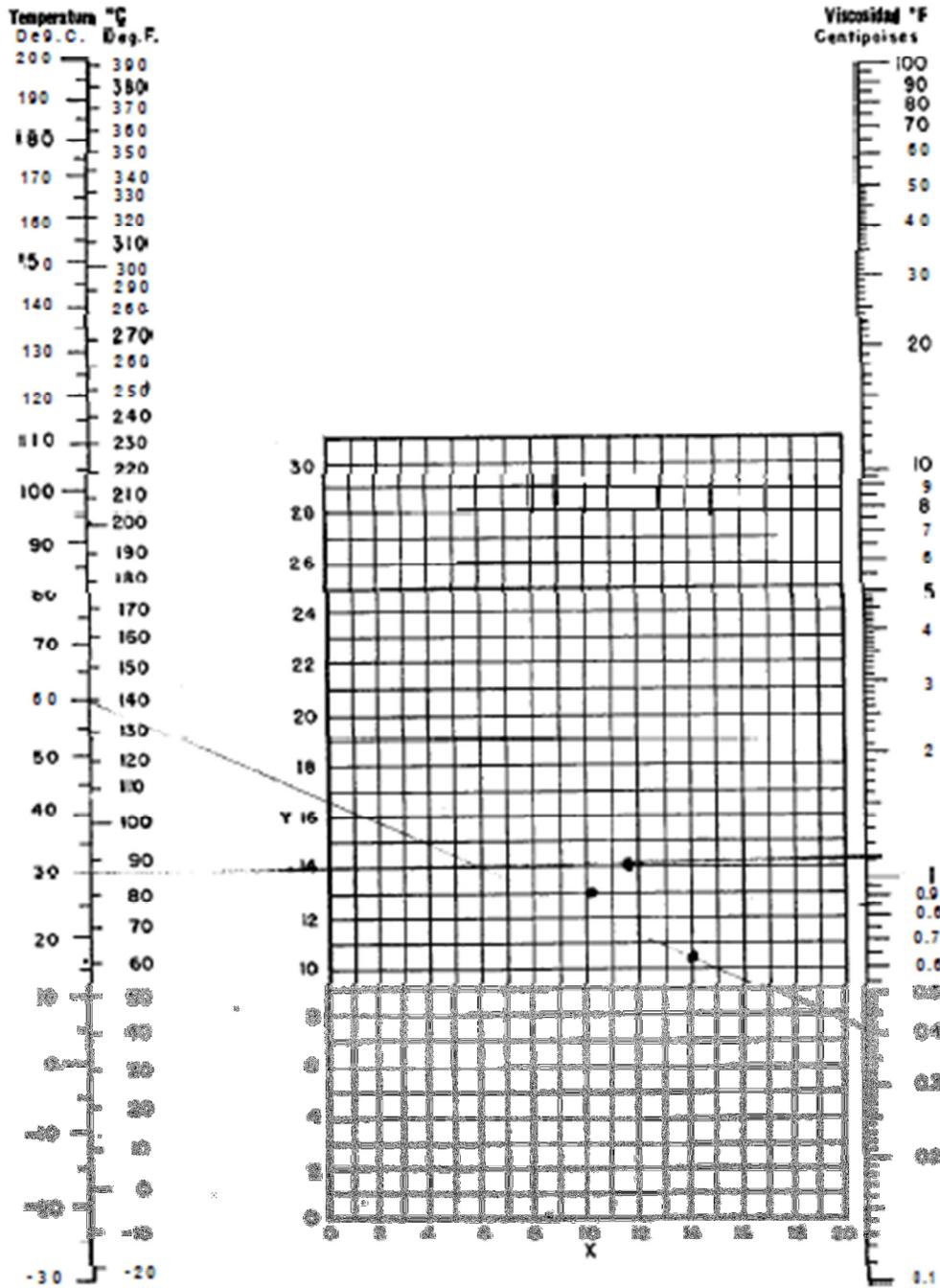


FIG. 14. Viscosidades de líquidos. (Perry, "Chemical Engineers' Handbook", 3a. ed, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1950)

ANEXO E

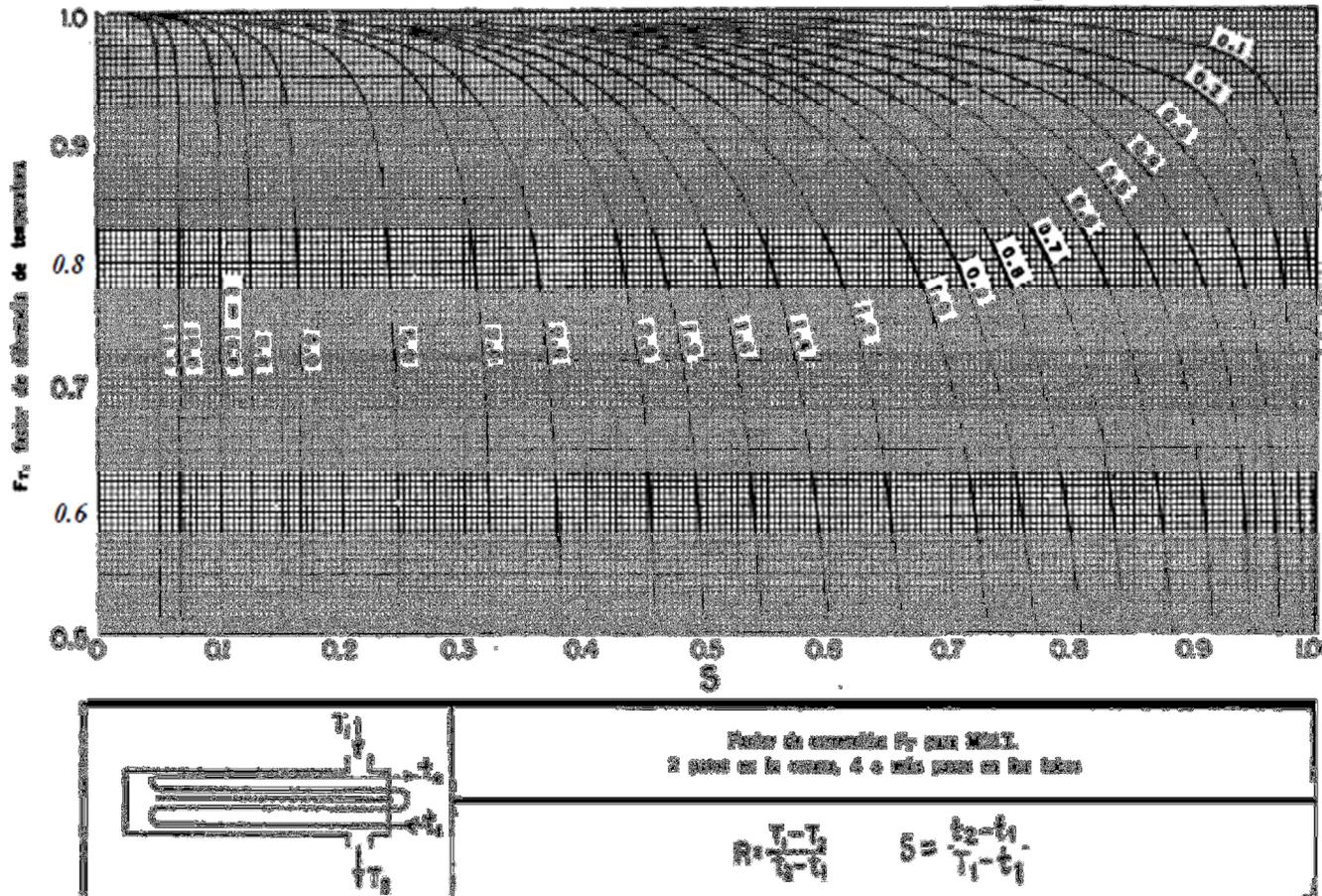


FIG. 19. Factores de corrección MLDT para intercambiadores 2-4. (Standards of Tubular Exchanger Manufacturers Association 2a. ed., New York, 1949)

ANEXO F

TABLA 12. FACTORES DE OBSTRUCCION *

Temperatura del medio calefactor	Hasta 240°F		240-400°F †	
	125°F o menos		Más de 125°F	
	Agua		Agua	
	Velocidad del agua, pps		Velocidad del agua, pps	
	3 pies o menos	Más de 3 pies	3 pies o menos	Más de 3 pies
Agua de mar	0.0005	0.0005	0.001	0.001
Salmuera natural	0.002	0.001	0.003	0.002
Torre de enfriamiento y tanque con rocío artificial :				
Agua de compensación tratada	0.001	0.001	0.002	0.002
Sin tratar	0.003	0.003	0.005	0.004
Agua de la ciudad o de pozo (como Grandes Lagos)	0.001	0.001	0.002	0.002
Grandes Lagos	0.001	0.001	0.002	0.002
Agua de río:				
Mínimo	0.002	0.001	0.003	0.022
Mississippi	0.003	0.002	0.004	0.003
Delaware, Schykill	0.003	0.002	0.004	0.003
East River y New York Bay	0.003	0.002	0.004	0.003
Canal sanitario de Chicago	0.008	0.006	0.010	0.008
Lodosa o turbia	0.003	0.002	0.004	0.003
Dura (más de 15 granos/gal)	0.003	0.003	0.005	0.005
Enfriamiento de máquinas	0.001	0.001	0.001	0.001
Destilada	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
Alimentación tratada para calderas	0.001	0.0005	0.001	0.001
Purga de calderas	0.002	0.002	0.002	0.002

† Las cifras de las últimas dos columnas se basan en una temperatura del medio calefactor de 240 a 400°F. Si la temperatura de este medio es mayor de 400°F. y si se sabe que el medio enfriador forma depósitos, estas cifras deben modificarse convenientemente.

FRACCIONES DE PETROLEO

Aceites (industriales) :		Líquidos (industriales) :	
Combustorio	0.005	Orgánicos	0.001
Aceite de recirculación limpio	0.001	Líquidos refrigerantes, calefacción, enfriadores, evaporantes	0.001
Aceites para maquinarias y transformadores	0.001	Salmueras (enfriamiento)	0.001
Aceite para quenching	0.004	Unidades de destilación atmosférica :	
Aceites vegetales	0.003	Fondos residuales, menos de 25° API	0.005
Gases, vapores (industriales) :		Fondos residuales, de 25° API o más	0.002
Gas de hornos de coque, gas manufacturado	0.01		

TABLA 12. FACTORES DE OBSTRUCCION * (Continúa)

Gases de escape de máquinas Diesel	0.01	Unidades de destilación atmosférica :	
Vapores orgánicos	0.0005	Vapores superiores sin tratar	0.0013
Vapor (sin aceite)	0.0	Vapores superiores tratados	0.003
Vapores de alcohol	0.0	Cortes intermedios	0.0013
Vapor, de escape (con aceite)	0.001	Unidades de destilación al vacío :	
Vapores refrigerantes (condensando de compresores recíprocos)	0.002	Vapores superiores a aceite :	
Aire	0.002	De la torre de burbujeo (condensador parcial)	0.001
Vapores superiores en condensadores enfriados por agua:		Del tanque flash (sin reflujo apreciable)	0.003
De la torre de burbujeo (condensador final)	0.001	Aceite delgado	0.002
Del tanque flash	0.04	Vapores superiores	0.001
Cortes intermedios :		Gasolina	0.0005
Aceite	0.001	Debutanizador, Depropanizador, Depentanizador y unidades de Alkilación:	
Para agua	0.002	Alimento	0.001
Fondos residuales, menos de 20" API	0.005	Vapores superiores	0.001
Fondos residuales, más de 20" API	0.002	Enfriadores de producto	0.001
Estabilizador de gasolina natural :		Calderetas de producto	0.002
Alimento	0.0005	Alimento del reactor	0.002
Vapores superiores	0.0005	Unidades de tratamiento de lubricantes :	
Enfriadores de producto e intercambiadores	0.0005	Alimento de aceite solvente	0.002
Calderetas de producto	0.001	Vapores superiores	0.001
Unidades de eliminación de HS:		Aceite refinado	0.001
Para vapores superiores	0.001	Intercambiadores calentadores de aceite refinado enfriados por agua ↓	0.003
Intercambiadores enfriadores de solución	0.0016	Gomas y breas:	
Caldereta	0.0016	Generadores de vapor enfriados por aceite	0.005
Unidades de Cracking:		Enfriados por agua	0.003
Alimento gas-oil :		Solvente	0.001
Menos de 500°F	0.002	Unidades desasfaltizadoras :	
500°F y más	0.003	Aceite de alimento	0.002
Alimento de nafta:		Solvente	0.001
Menos de 500°F	0.002	Asfalto y resina:	
Más de 500°F	0.004	Generadores de vapor enfriados por aceite	0.005
Separador de vapores vapores del separador, tanque flash, y vaporizador)	0.006	Enfriados por agua	0.003
		Vapores de solvente	0.001

TABLA 12. FACTORES DE **OBSTRUCCION*** (Continúa)

Aceite refinado	0.001	Unidades para eliminar ceras :	
Aceite refinado enfriado		Aceite lubricante	0.001
por agua	0.003	Solvente	0.001
Vapores de la torre de bur-		Calentamiento de mezcla	
bujeo	0.002	aceite-cera	0.001
Residuo	0.010	Enfriamiento de mezcla	
Unidades de absorción:		aceite-cera †	0.003
Gas	0.002		
Aceite graso	0.002		

ANEXO G

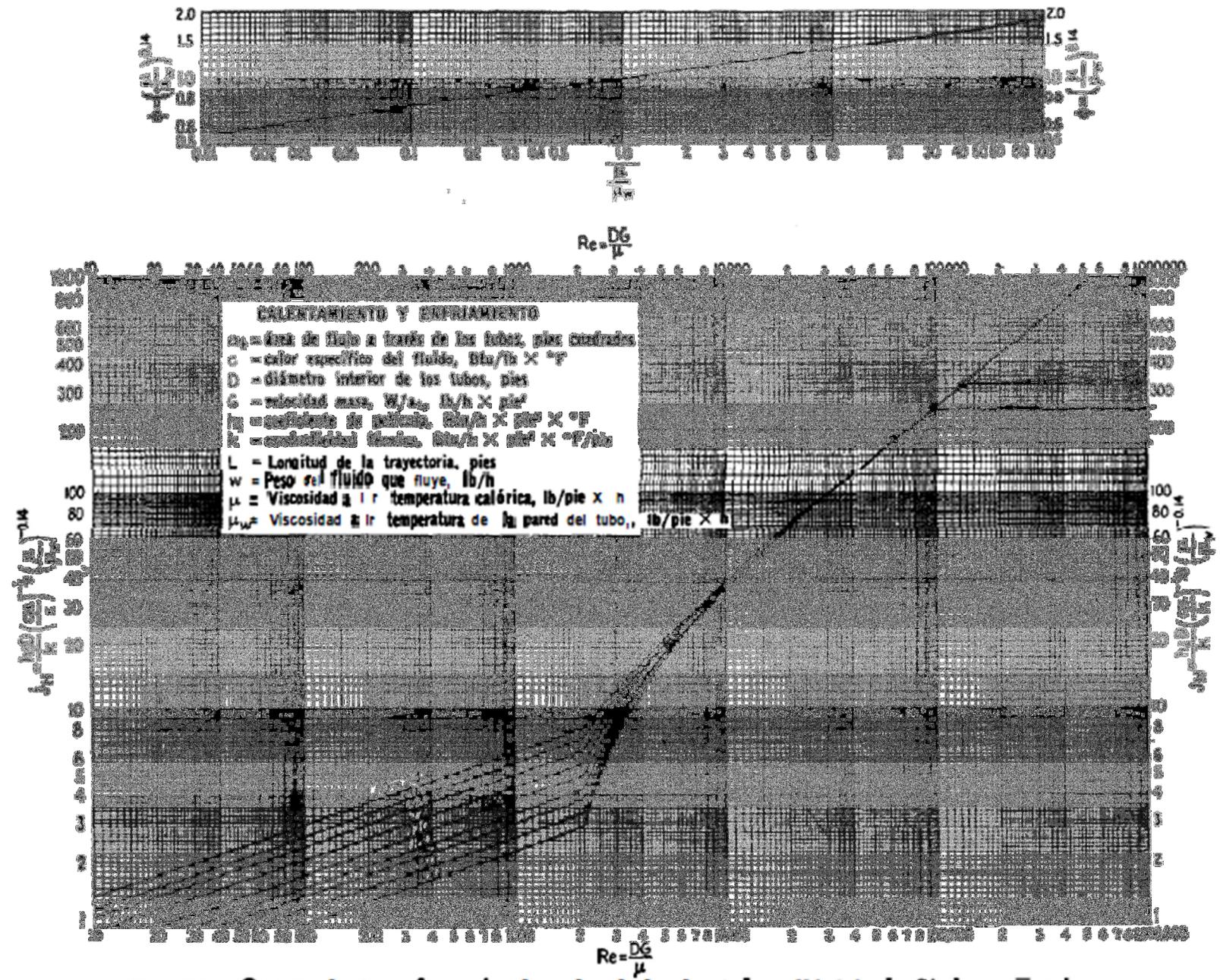
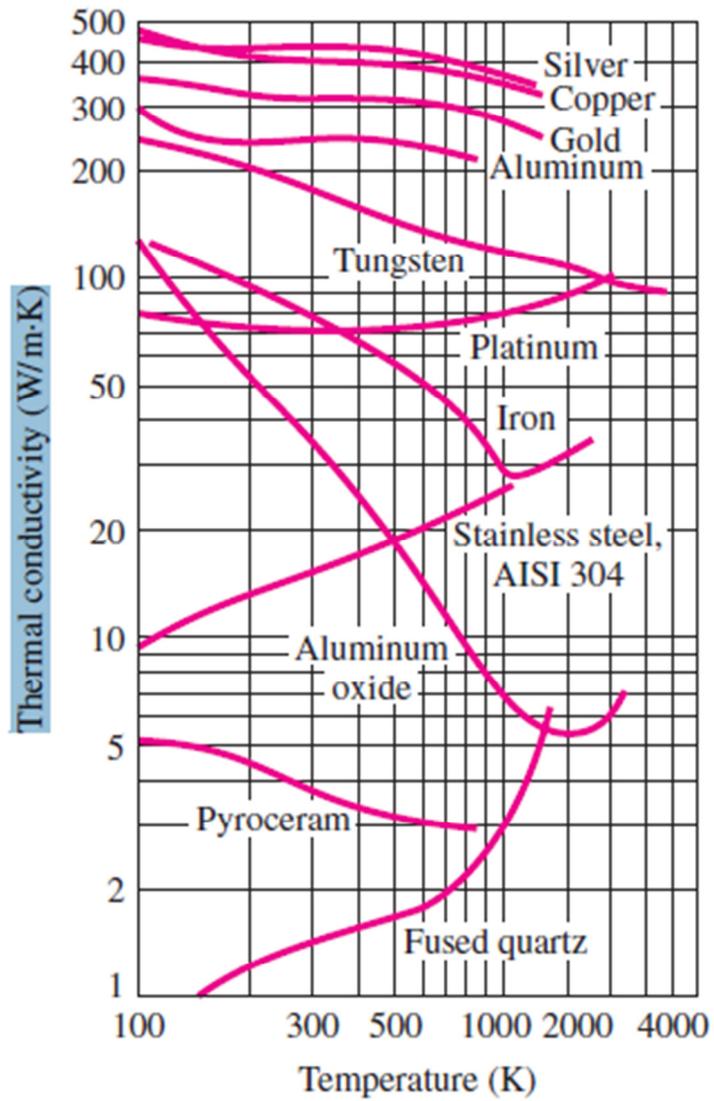


FIG. 24. Curva de transferencia de calor lado de tubos. (Adaptada de Sieder y Tate)

ANEXO H

Conductividad Térmica



Fuente: Cengel 2 ed.

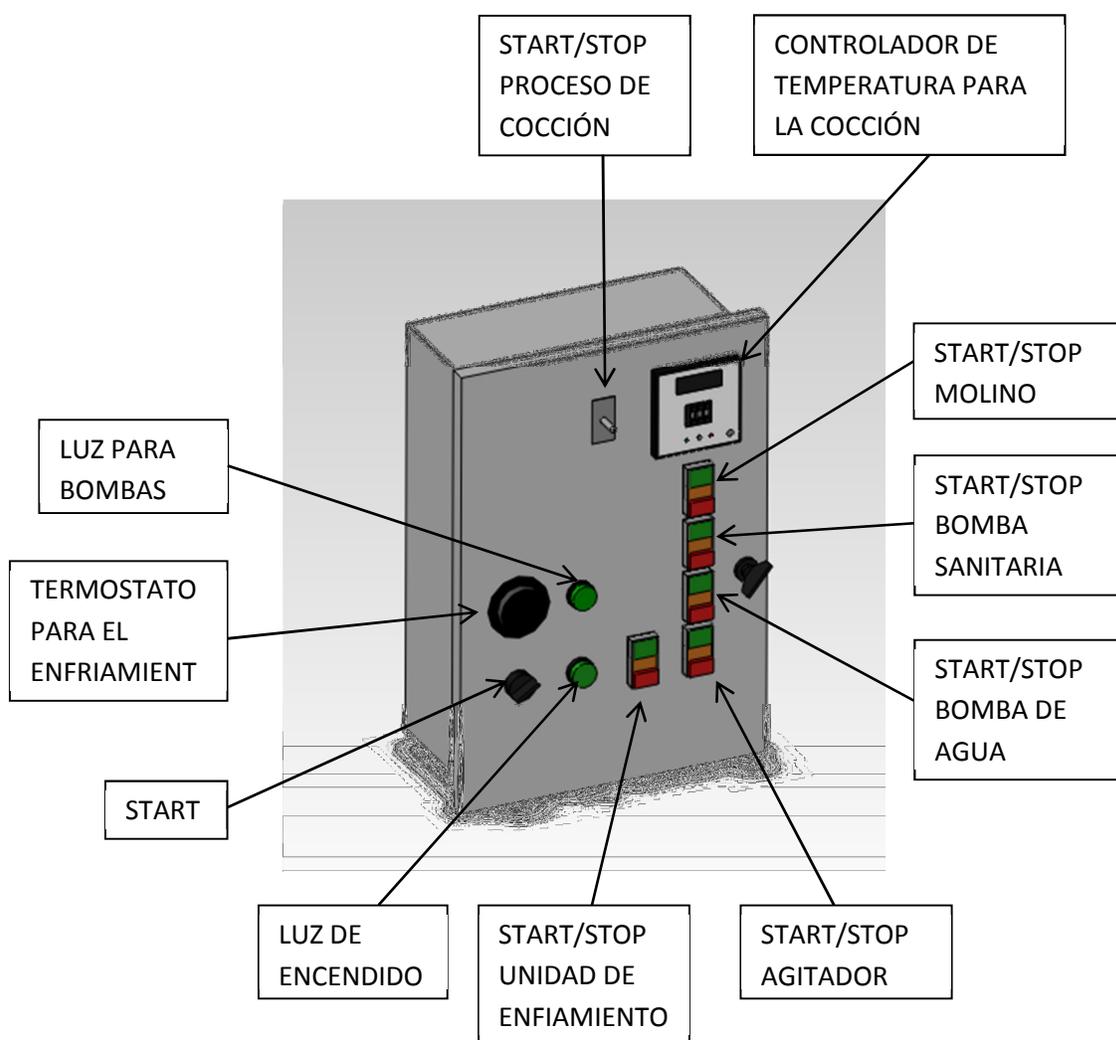
ANEXO I

Manual de operación y mantenimiento

Antes de encender la máquina asegúrese de que ésta se encuentre 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



FUNCIONAMIENTO

- Para encender la máquina se debe conectar los cables de la siguiente manera:

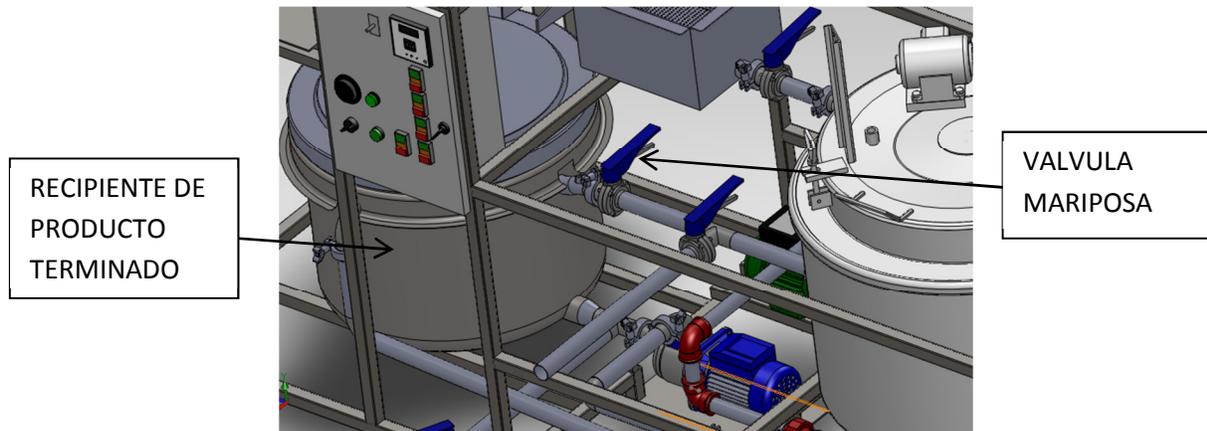
Color	Descripción
Rojo	Fase 1 (220 V)
Azul	Fase 2 (220 V)
Blanco	Neutro

- Colocar el switch “START” en la posición, con esto se energiza el sistema.
- Presionar el botón START UNIDAD DE ENFRIAMIENTO para que el agua empiece a bajar su temperatura hasta 10 °C. (esto puede tardar un par de horas)
- Encender el caldero y esperar a que la presión este en 38 psi (esto puede tardar una hora)

Nota: Los dos pasos anteriormente descritos se los deben realizar en paralelo, es decir, la unidad de enfriamiento se la enciende primero y luego de una hora se pone en funcionamiento el caldero también, con esto aprovechamos mejor el tiempo.

- Verificar que el fin de carrera del medidor de nivel este en la posición de la cantidad deseada de producto a producir.
- Presionar el botón STAR MOLINO para empezar el proceso de molido. (la máquina se detendrá por sí sola, una vez que la cantidad requerida se encuentre en el recipiente de cocción)
- Colocar el switch “START/STOP PROCESO DE COCCIÓN” en ON para empezar el proceso de cocción. (la máquina detendrá este proceso una vez que haya hervido y cocinado por 5 minutos el producto)
- Presionar el botón START AGITADOR (se lo debe apagar cuando el proceso de cocción termine)

- Abrir la válvula mariposa para vaciar el producto cocinado en el recipiente de producto terminado.



- Presionar los botones START BOMBA SANITARIA Y START BOMBA DE AGUA, para que el proceso de enfriamiento empiece. (La máquina apagará las bombas automáticamente cuando la temperatura de enfriamiento requerida se haya logrado)
- Una vez que el proceso haya terminado, colocar el switch "START/STOP PROCESO DE COCCIÓN" en OFF.
- Colocar el switch "START" en la posición 0, para apagar la máquina.

MANTENIMIENTO

Mantenimiento periódico:

- Una vez terminada la producción de leche de Soya, limpiar el molino internamente.
- Limpiar el filtro, sacándolo de su carcasa.
- Limpiar el recipiente de cocción
- Limpiar el recipiente de producto terminado.
- Hervir agua en el recipiente de cocción, con el fin de hacer circular por tuberías e intercambiador de calor.
- Desalojar el agua.

Mantenimiento mensual:

- Hervir agua en el recipiente de cocción, con el fin de hacer re circular por las tuberías e intercambiador.
- Desarmar líneas de tuberías y limpiarlas internamente.
- Desmontar las tapas de intercambiador de calor para limpiar tuberías internas.
- Limpiar recipiente de cocción y producto terminado.
- Limpiar malla filtrante y carcasa de filtro.
- Limpiar partes internas del molino.
- Desalojar el agua del sistema de enfriamiento y limpiar el recipiente.
- Armar todos los componentes.
- Hervir agua en el recipiente de cocción, con el fin de hacer re circular por las tuberías e intercambiador.
- Verificar que no existan fugas externas.

Importante: El sistema eléctrico no debe ser mojado ni desmontado por ningún motivo. (En caso de que algún componente eléctrico fallase, por

favor llamar a una persona técnica especializada para que verifique el problema)

PRECAUCIONES

- Evitar abrir la tapa del recipiente de cocción durante el proceso de cocción, además, se debe esperar un tiempo de no menos de 15 minutos después de que el proceso de cocción haya finalizado para abrirla. El vapor acumulado internamente puede provocar quemaduras en la piel.
- Por ningún motivo abrir la tapa del recipiente de cocción con el agitador encendido, puede salpicar producto hirviendo hacia la piel.
- No abrir la tapa del recipiente de producto terminado hasta que se haya enfriado completamente, existe la acumulación de vapor que puede producir quemaduras en la piel.
- No abrir el panel de control por ningún motivo durante el proceso.
- **No cambiar ningún cable del panel de control, ya que puede producir un corto!**
- **No cambiar ningún componente eléctrico sin consultar con una persona especializada.**
- En caso de cualquier accidente mover el switch START a la posición 0 para detener todo el proceso.

ANEXO J

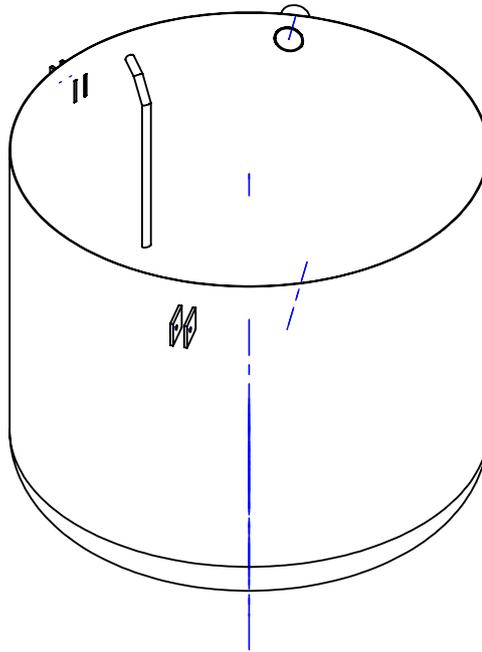
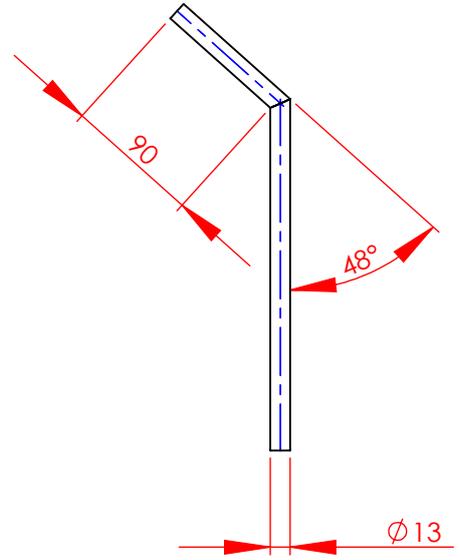
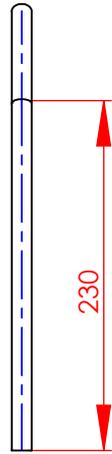
A

B

C

D

E



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	06/02/12	Vega, Negrete		AISI 304	1
Dibujado	06/02/12	Vega, Negrete		CONTIENE: TUBERIA SENSOR DE TEMPERATURA	ESCALA: 1:2
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO:	TA-014-01
				SUSTITUYE A:	HOJA 1/40

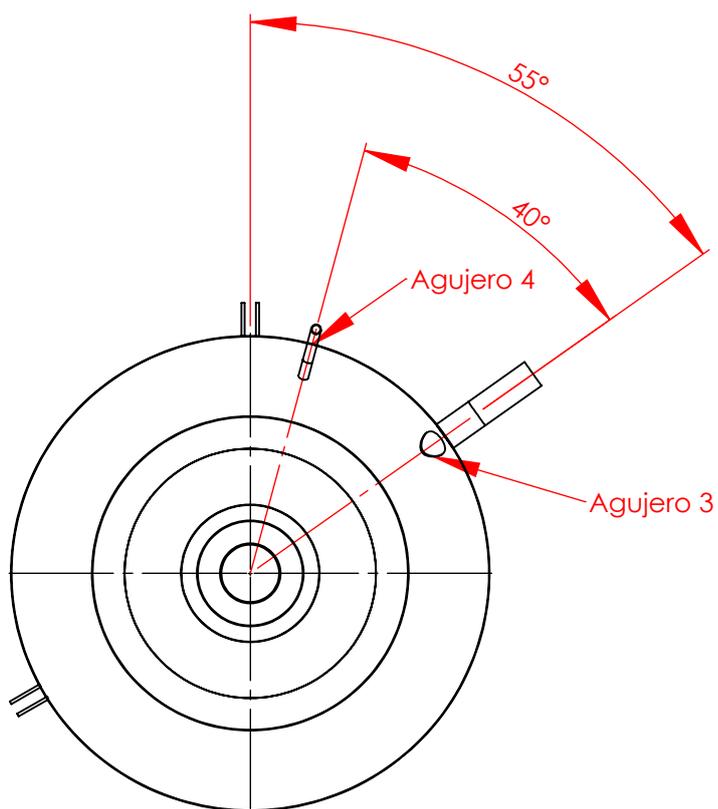
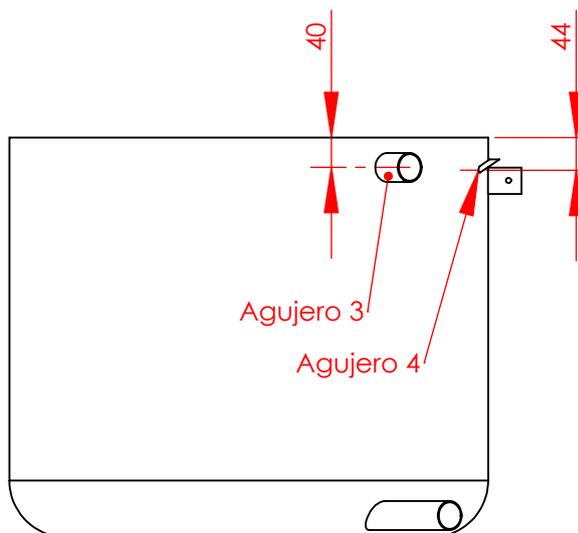
A

B

C

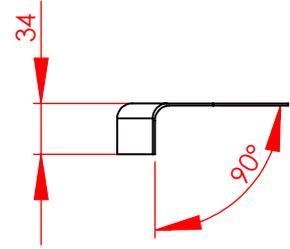
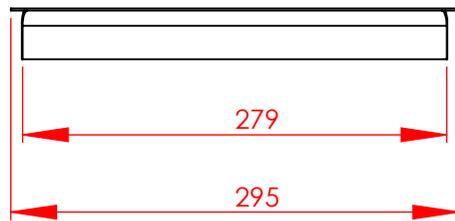
D

E



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	04/02/12	Vega, Negrete		AISI 304	1
Dibujado	04/02/12	Vega, Negrete		CONTIENE: ADECUACION DE RECIPIENTE DE COCCION	ESCALA: 1:10
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO: AD-001-01	
				SUSTITUYE A:	HOJA 2/40

A

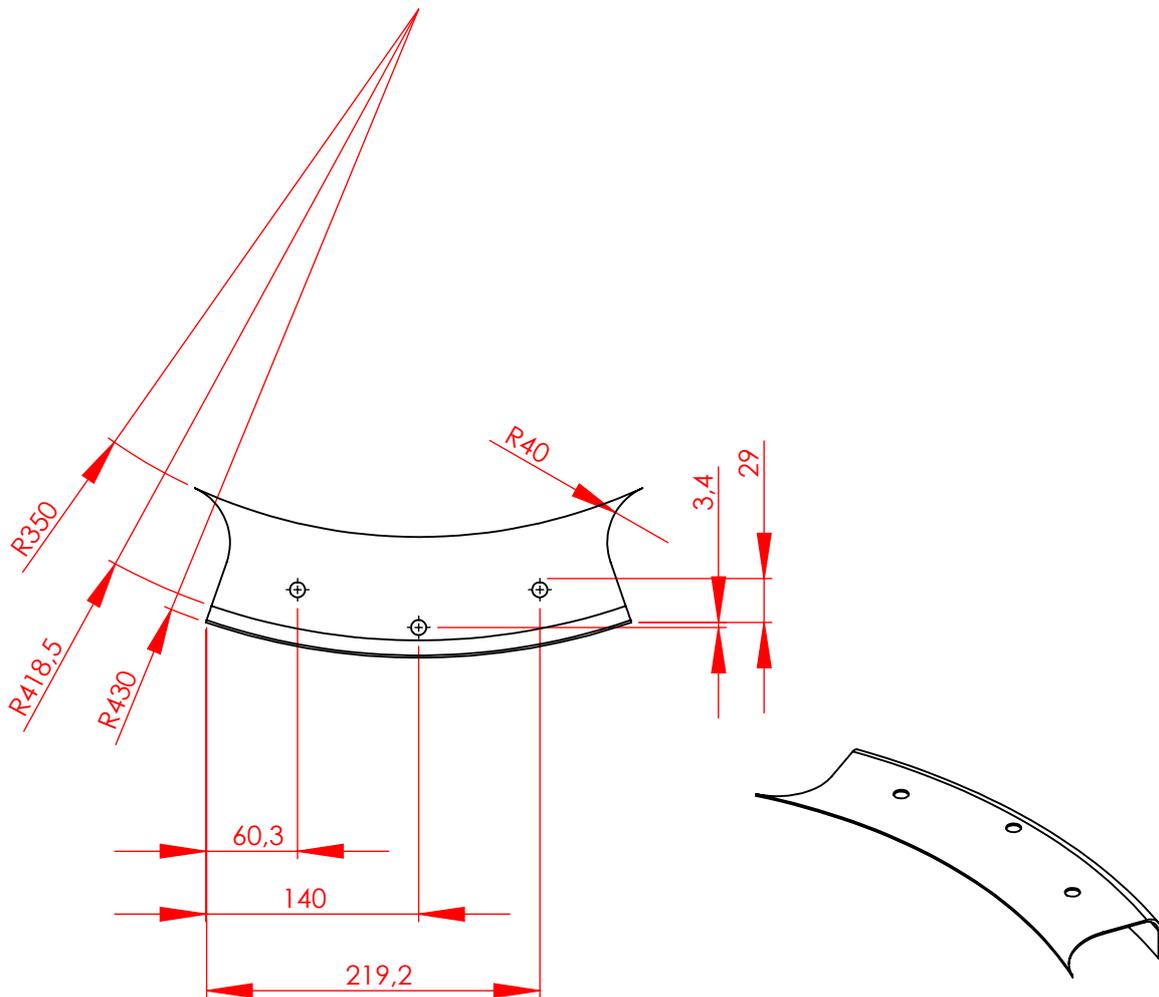


B

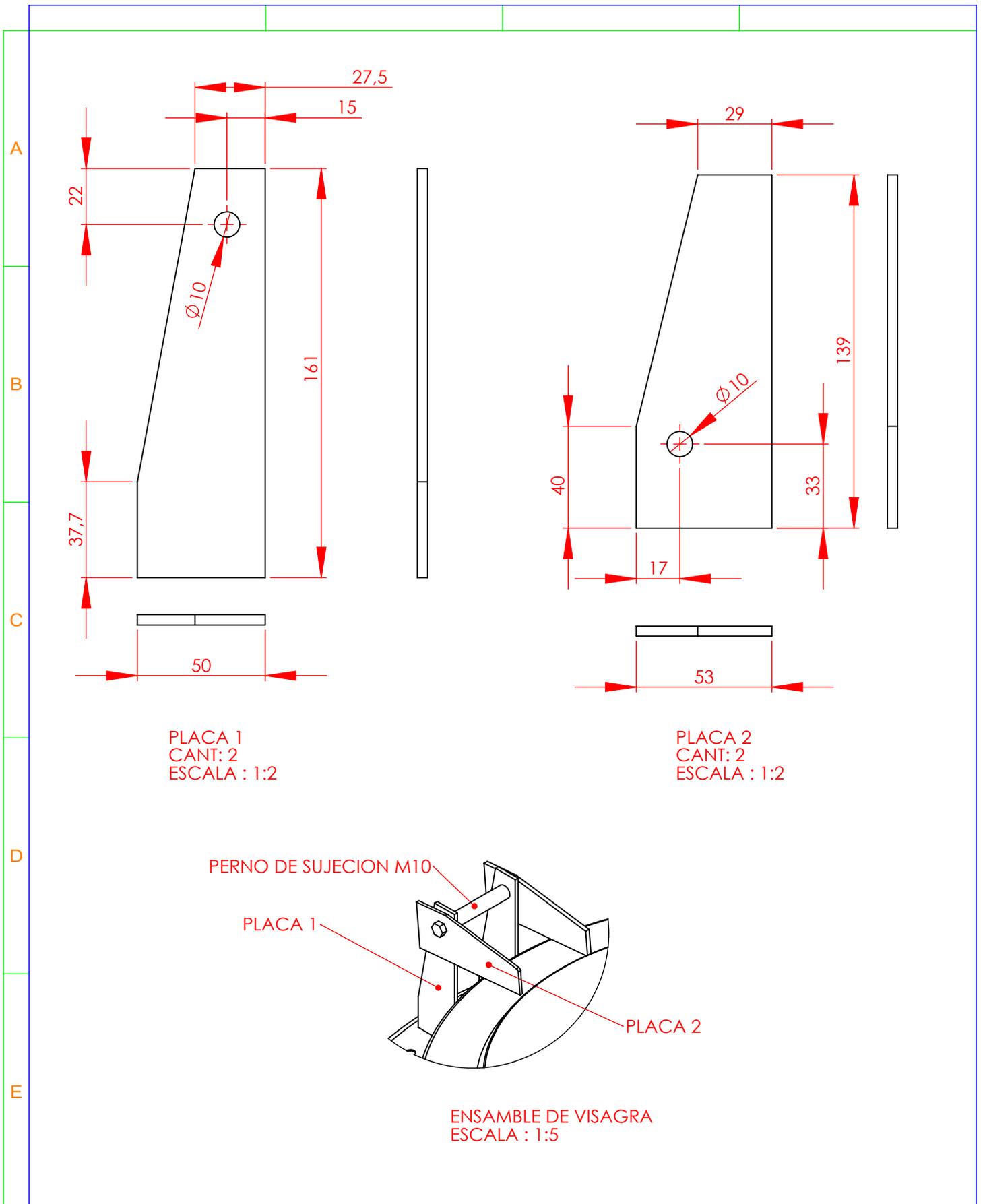
C

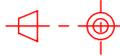
D

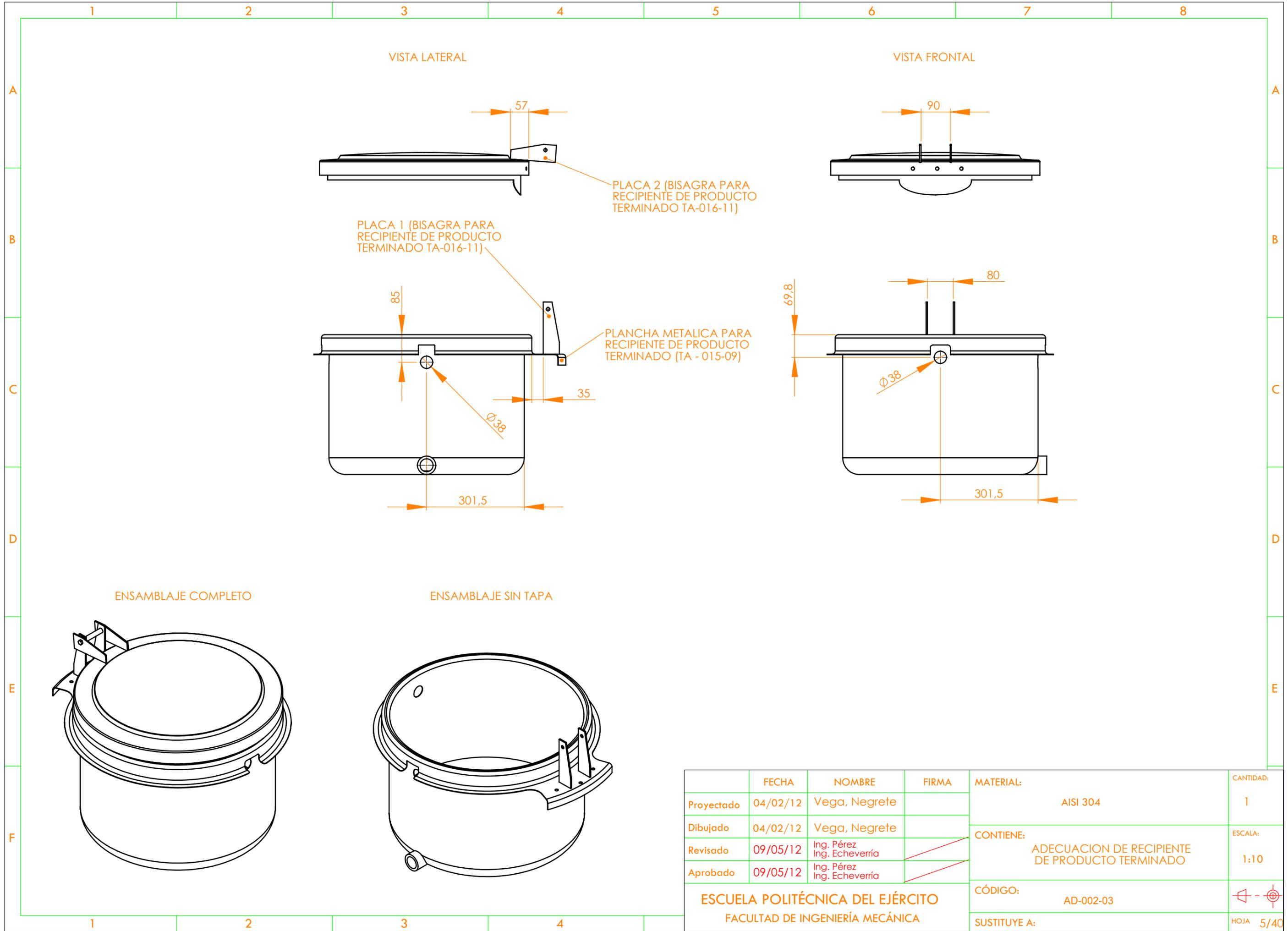
E



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	04/02/12	Vega, Negrete		AISI 304	1
Dibujado	04/02/12	Vega, Negrete		CONTIENE: PLACA PARA BISAGRA PARA RECIPIENTE DE PRODUCTO TERMINADO	ESCALA:
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			1:5
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO:	TA-015-09
				SUSTITUYE A:	HOJA 3/40

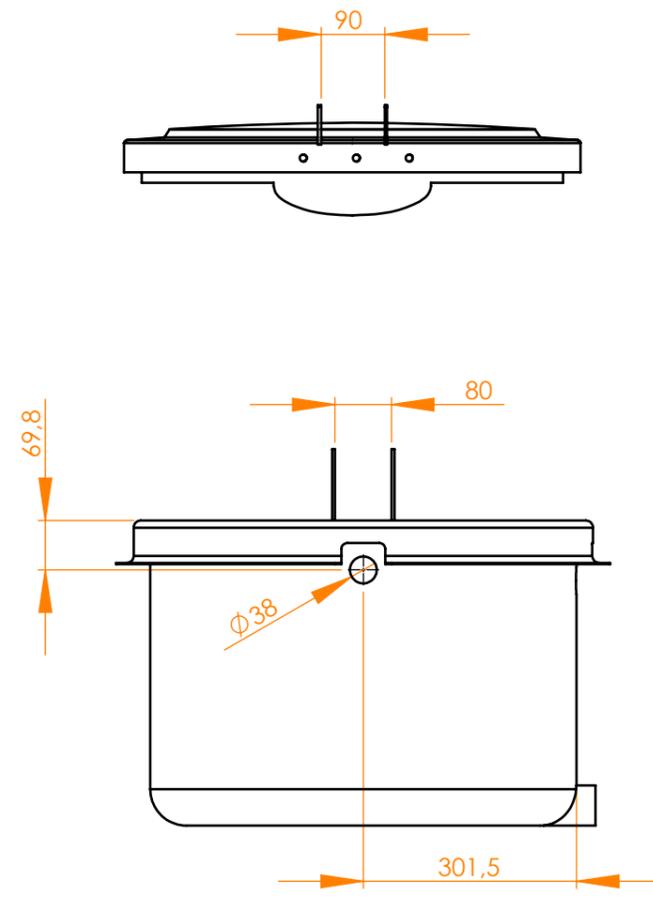
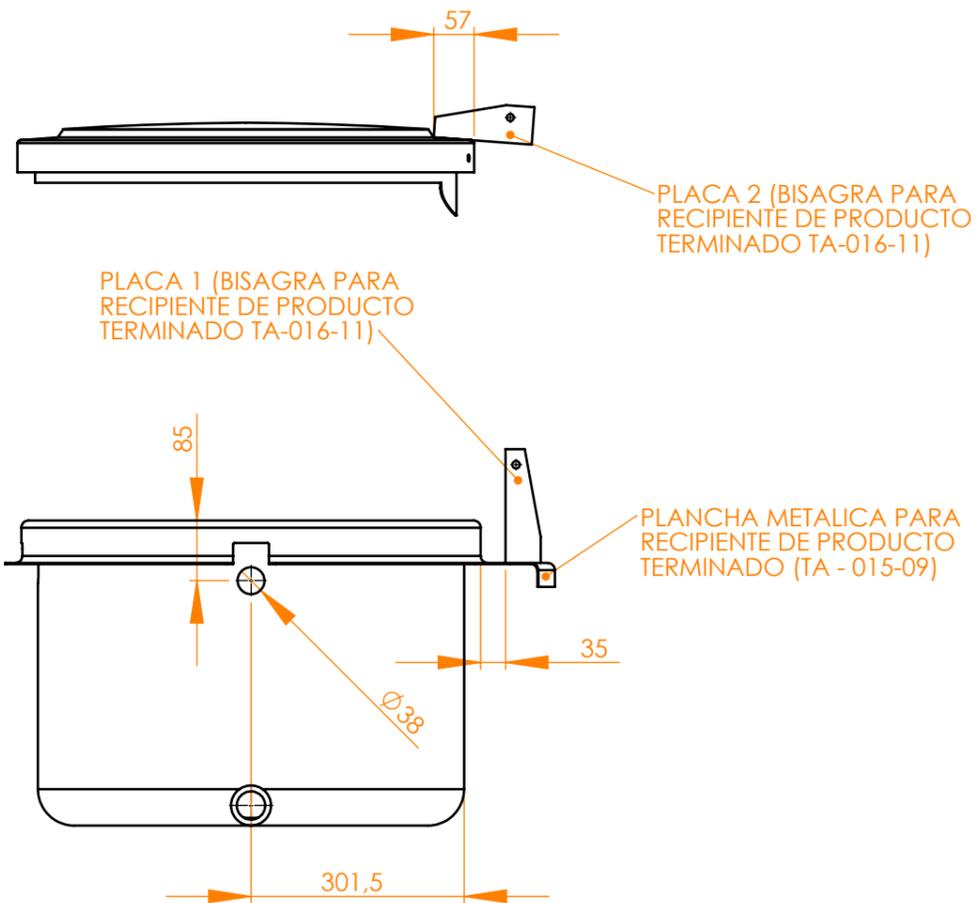


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	04/02/12	Vega, Negrete		AISI 304	1
Dibujado	04/02/12	Vega, Negrete			
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría		CONTIENE: BISAGRA PARA RECIPIENTE DE PRODUCTO TERMINADO	ESCALA: ESP
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO: TA-016-11	 HOJA 4/40
				SUSTITUYE A:	



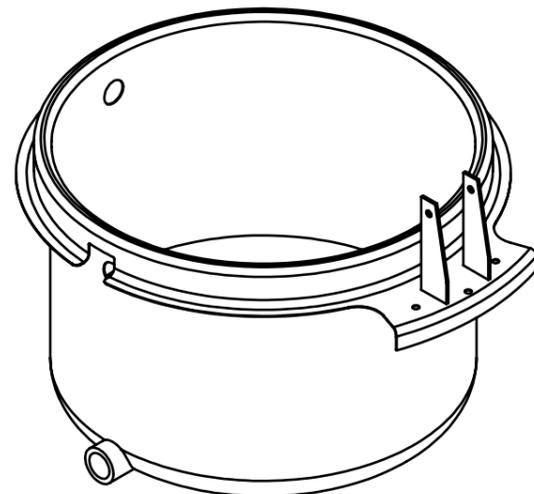
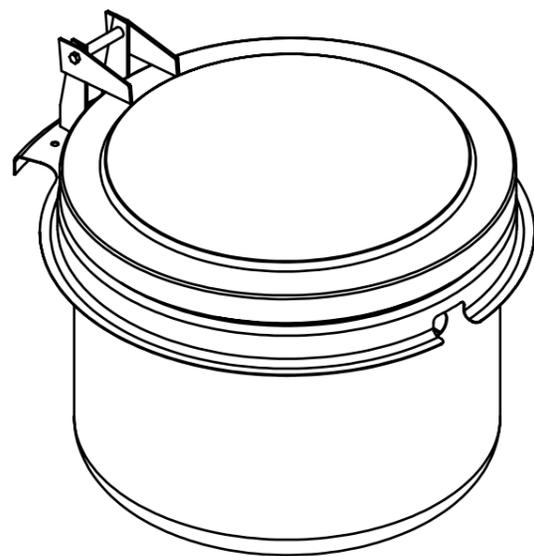
VISTA LATERAL

VISTA FRONTAL



ENSAMBLAJE COMPLETO

ENSAMBLAJE SIN TAPA



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	04/02/12	Vega, Negrete		AISI 304	1
Dibujado	04/02/12	Vega, Negrete		CONTIENE: ADECUACION DE RECIPIENTE DE PRODUCTO TERMINADO	ESCALA: 1:10
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO:	AD-002-03
				SUSTITUYE A:	HOJA 5/40

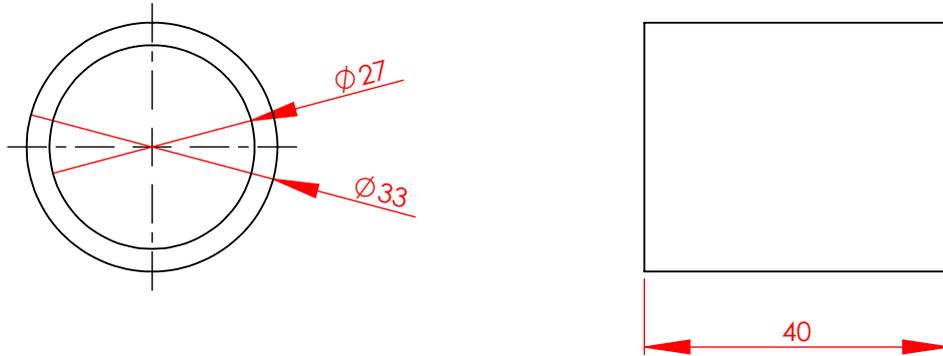
A

B

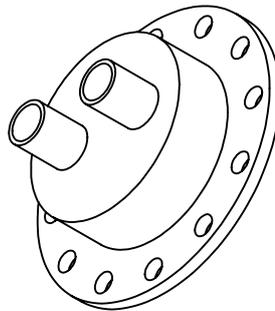
C

D

E

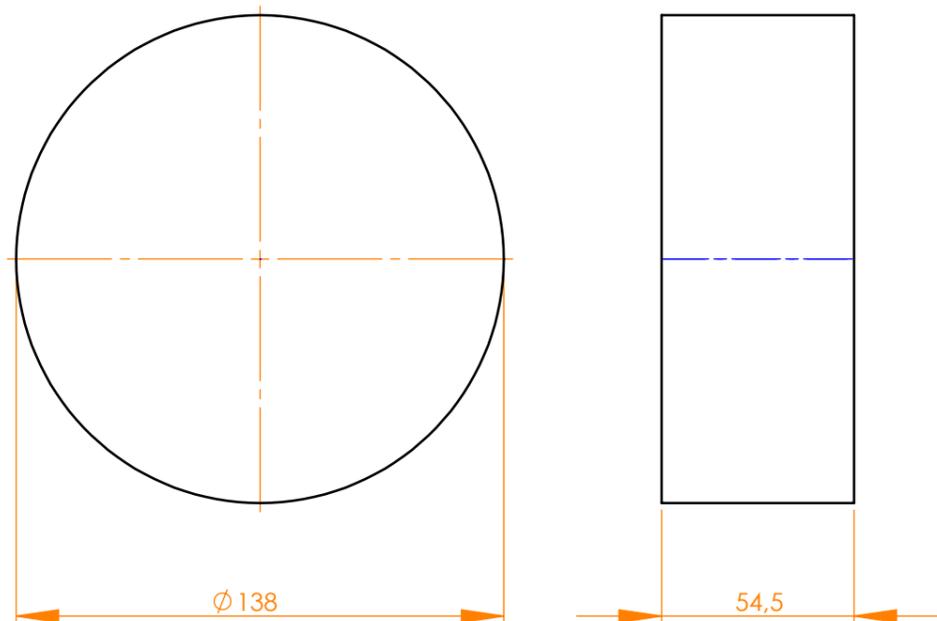


TOMAS PARA INTERCAMBIADOR
 CANT: 2
 ESCALA : 1:1

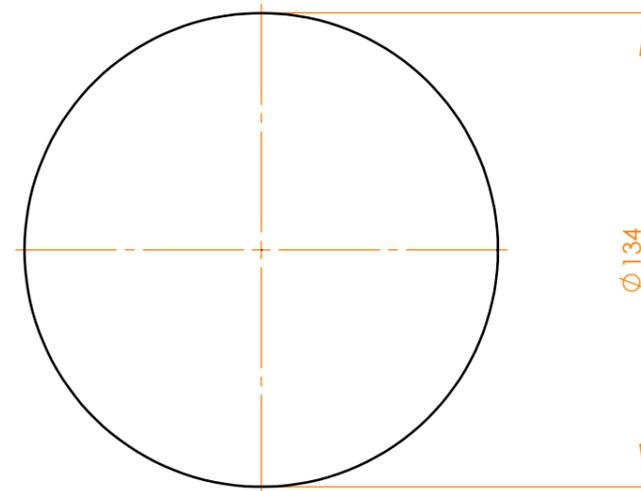


VISTA DE TOMAS PARA INTERCAMBIADOR
 ESCALA : 1:5

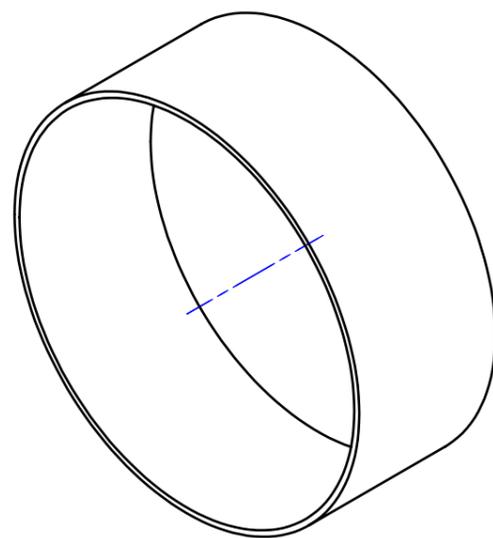
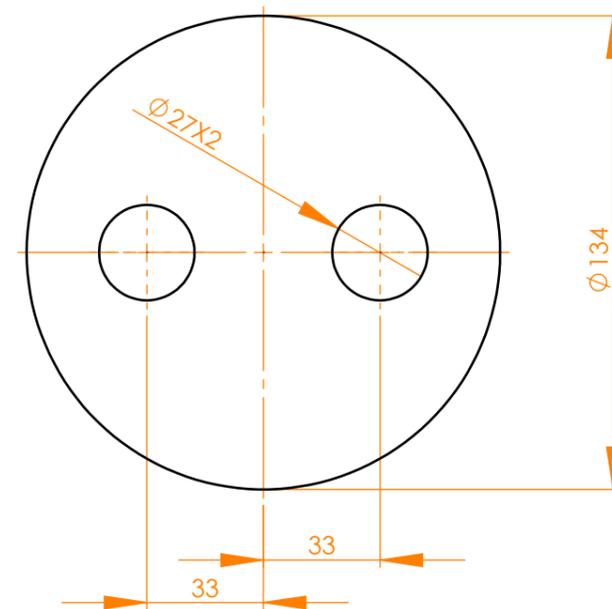
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	05/02/12	Vega, Negrete		AISI 304	ESP
Dibujado	05/02/12	Vega, Negrete		CONTIENE: TOMAS PARA TAPA DE INTERCAMBIADOR	ESCALA: ESP
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO: TA-017-01	
				SUSTITUYE A:	HOJA 6/40



PLACA CIRCULAR SIN AGUJEROS
CANT: 1



PLACA CIRCULAR CON AGUJEROS
CANT: 1



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	05/02/12	Vega, Negrete		AISI 304	ESP
Dibujado	05/02/12	Vega, Negrete		CONTIENE: TAPAS DE INTERCAMBIADOR	ESCALA:
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			1:2
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO: TA-018-02	
				SUSTITUYE A:	HOJA 7/40

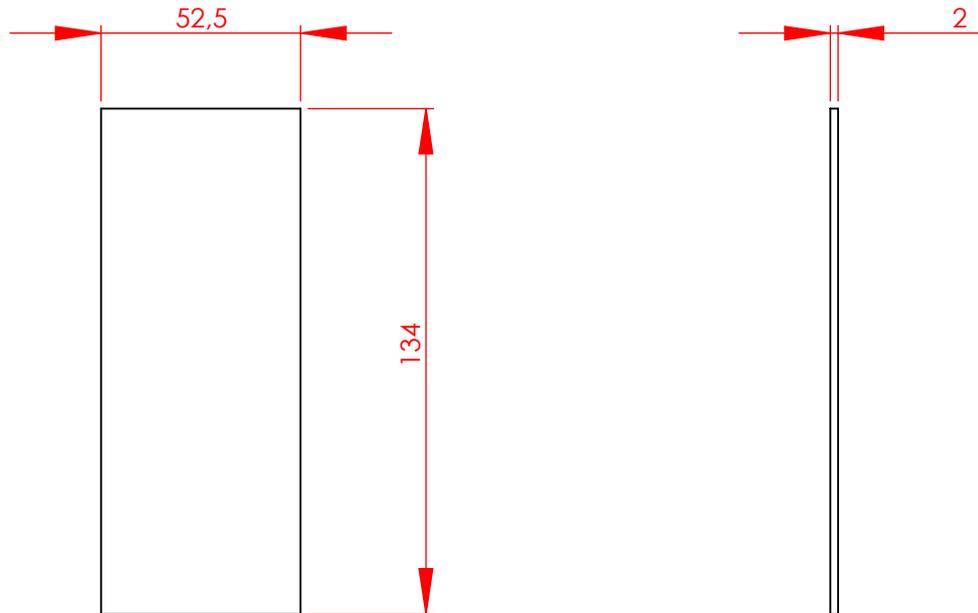
A

B

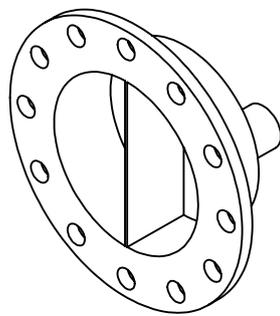
C

D

E



PLACA METALICA INTERCAMBIADOR
 CANT: 1
 ESCALA : 1:2



VISUALIZACION DE PLACA METALICA
 MOTADA EN LA TAPA
 ESCALA: 1:5

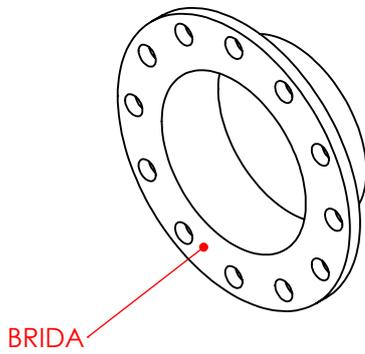
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	05/02/12	Vega, Negrete		AISI 304	ESP
Dibujado	05/02/12	Vega, Negrete		CONTIENE: PLACA INTERCAMBIADOR	ESCALA: ESP
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO: TA-019-03	
				SUSTITUYE A:	HOJA 8/40

A

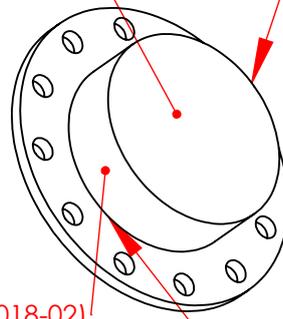
PLACA CIRCULAR SIN AGUJEROS (TA-018-02)

AWS ER 308 L

B



PLACA BAROLADA (TA-018-02)



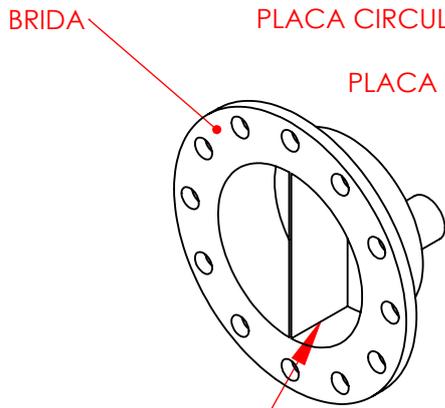
AWS ER 308 L

C

TAPA SIN TOMAS
CANT : 1

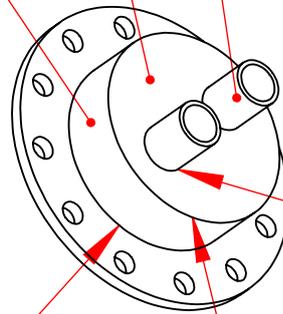
TOMAS INTERCAMBIADOR (TA-017-01)

D



PLACA CIRCULAR CON AGUJEROS (TA-018-02)

PLACA BAROLADA (TA-018-02)



AWS ER 308 L

AWS ER 308 L

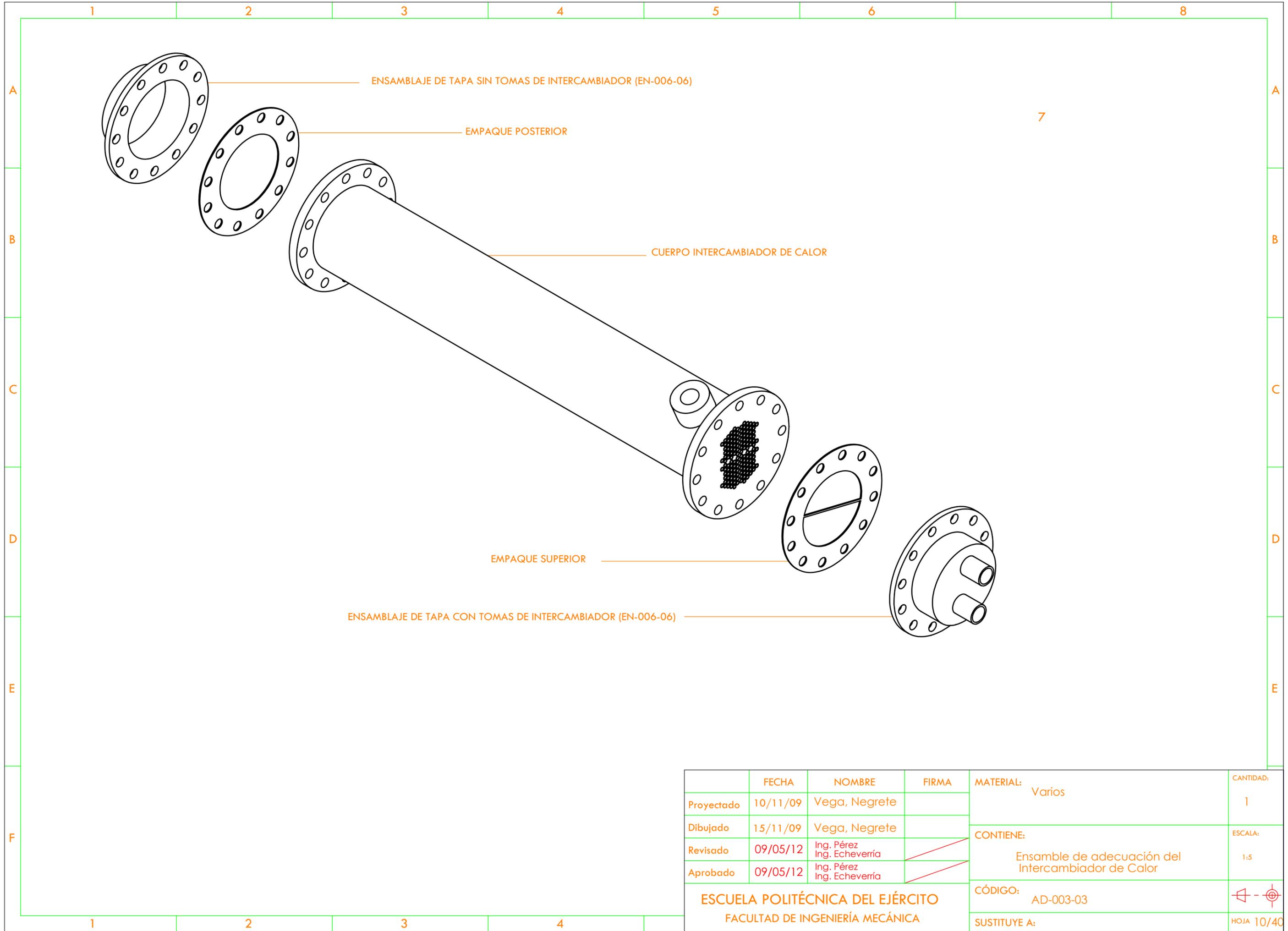
AWS ER 308 L

AWS ER 308 L

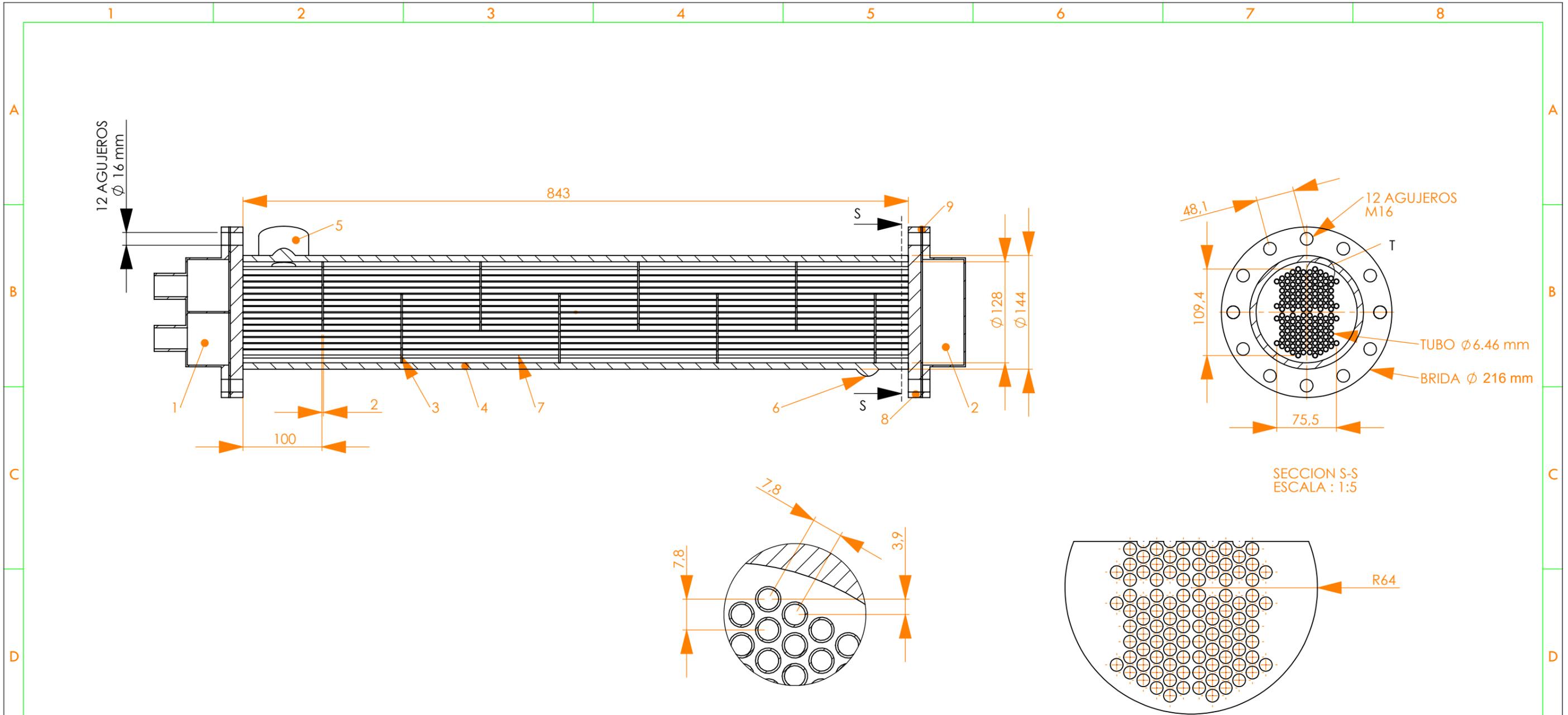
E

TAPA CON TOMAS
CANT : 1

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	05/02/12	Vega, Negrete		AI SI 304	ESP
Dibujado	05/02/12	Vega, Negrete		CONTIENE: ENSAMBLE DE TAPAS DE INTERCAMBIADOR	ESCALA:
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			1:5
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO: EN-006-06	HOJA 9/40
				SUSTITUYE A:	



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	10/11/09	Vega, Negrete		Varios	1
Dibujado	15/11/09	Vega, Negrete		CONTIENE: Ensamble de adecuación del Intercambiador de Calor	ESCALA: 1:5
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO: AD-003-03	
				SUSTITUYE A:	



SECCION S-S
ESCALA : 1:5

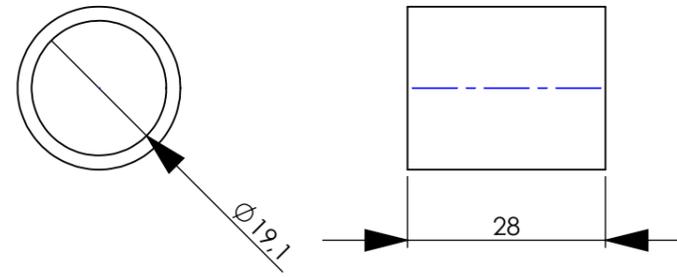
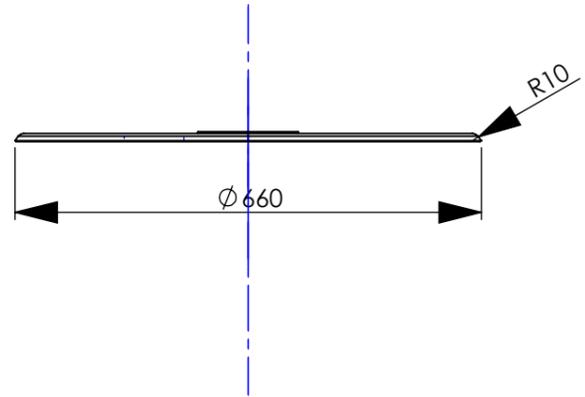
DETALLE T
ESCALA : 1:1

DEFLECTOR
ESCALA : 1:5

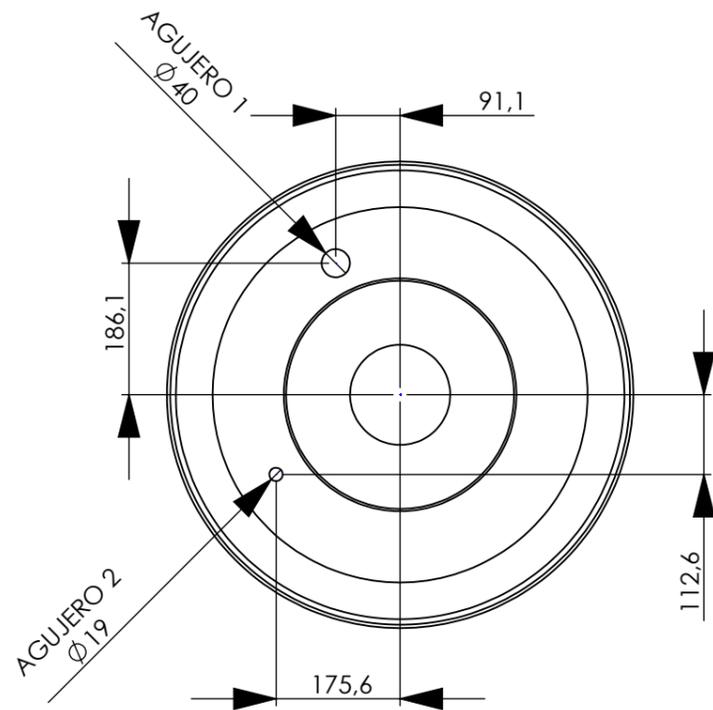
NRO	DESCRIPCION	MATERIAL	CODIGO
1	TAPA CON TOMAS	AISI 304	EN-006-06
2	TAPA SIN TOMAS	AISI 304	EN-006-06
3	DEFLECTORES	AISI 304	-
4	CORAZA	A 36	-
5	TOMA DE ENTRADA	A 36	-
6	TOMA DE SALIDA	A 36	-
7	TUBOS	AISI 304	-
8	BRIDAS	AISI 304	-
9	EMPAQUE SANITARIO		-

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	10/11/09	Vega, Negrete		INDICADO	1
Dibujado	15/11/09	Vega, Negrete		CONTIENE: Intercambiador de Calor	ESCALA:
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			ESP
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO:	PI-001-01
				SUSTITUYE A:	

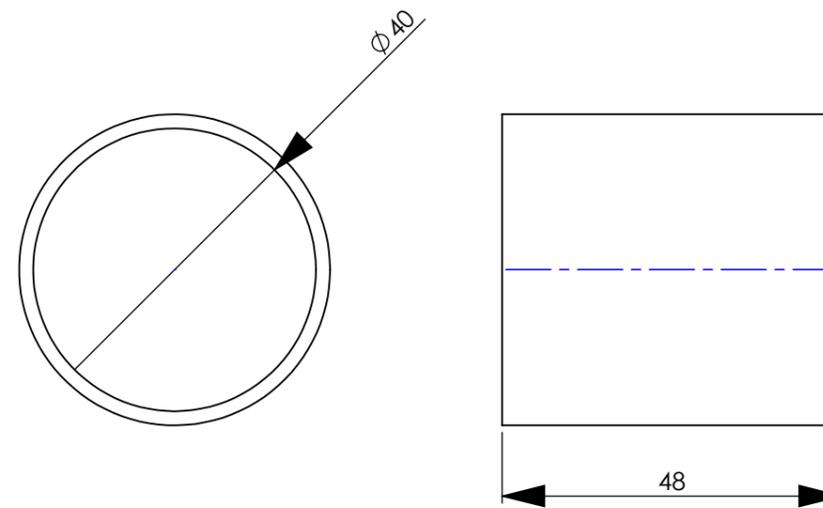




TUBO 2
CANT: 1
ESCALA: 1: 1



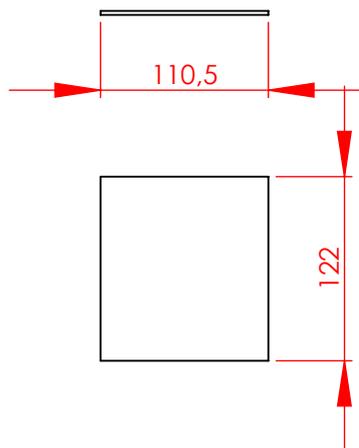
TAPA DE RECIPIENTE DE COCCION
CANT: 1
ESCALA: 1 : 10



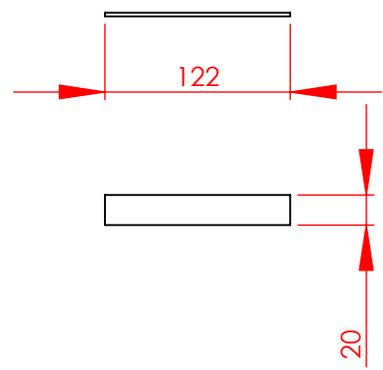
TUBO 1
CANT: 1
ESCALA: 1: 1

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	10/11/09	Vega, Negrete		AISI 304	ESP
Dibujado	15/11/09	Vega, Negrete		CONTIENE: TAPA DE RECIPIENTE DE COCCION	ESCALA:
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			ESP
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO: TA-001-01	
				SUSTITUYE A:	HOJA 12/40

A



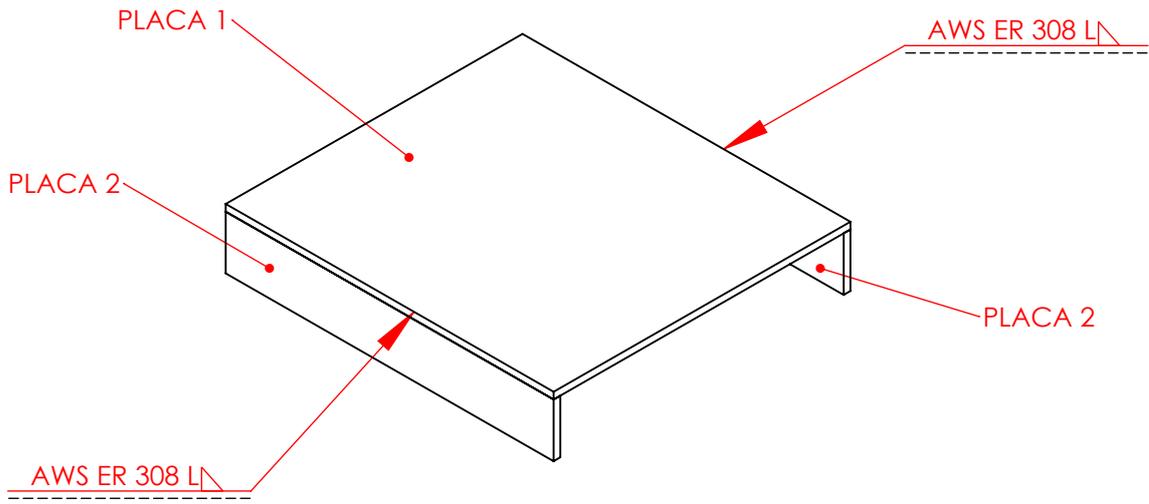
PLACA 1
CANT: 1
ESCALA: 1: 5



PLACA 2
CANT: 2
ESCALA: 1: 5

B

C

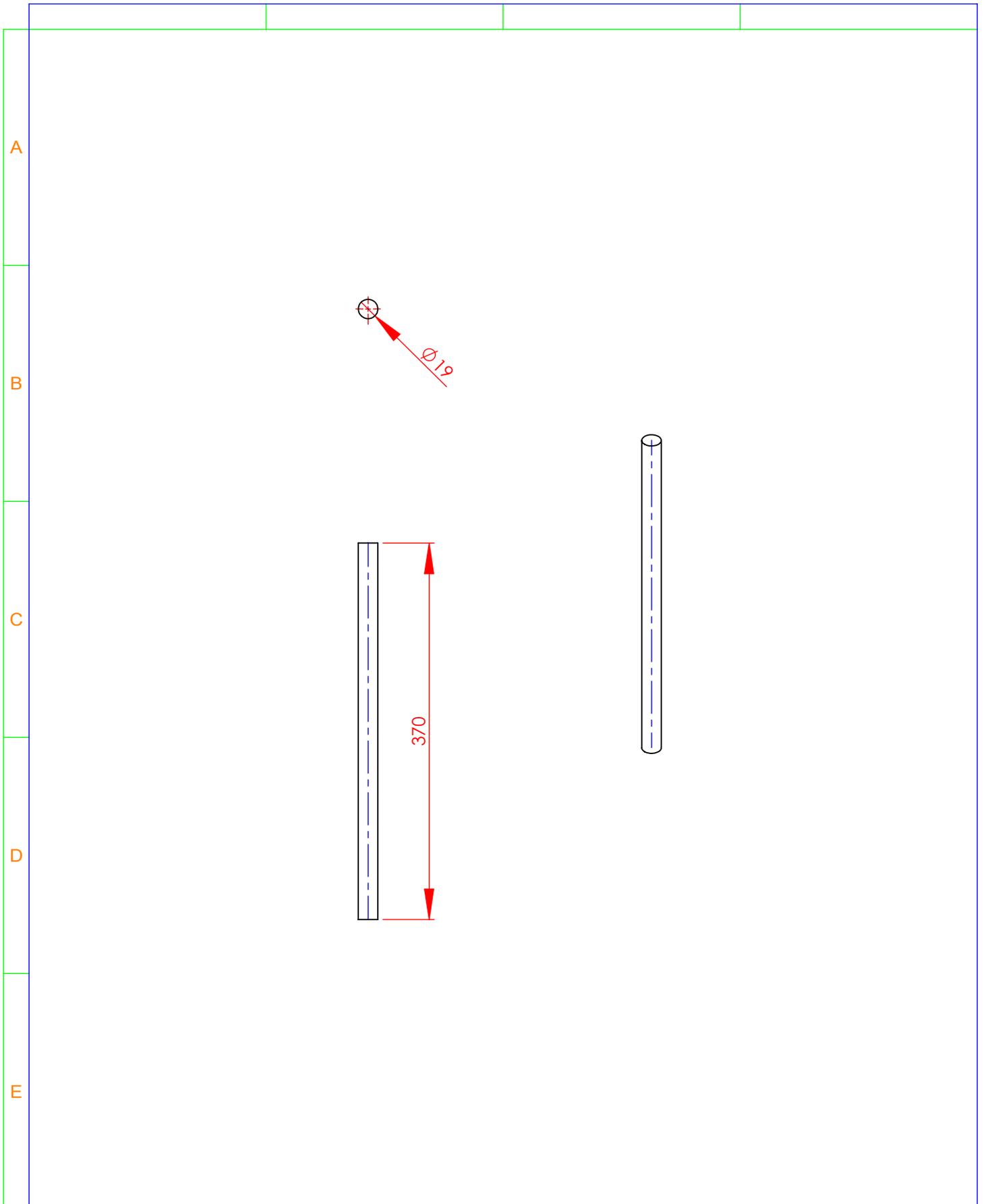


ENSAMBLAJE
CANT: 1
ESCALA: 1: 2

D

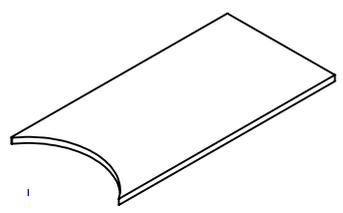
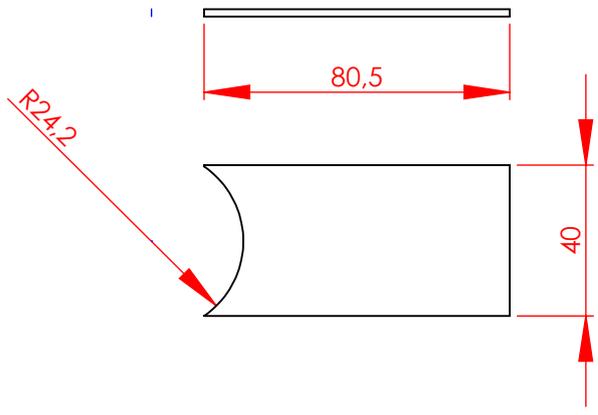
E

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	04/02/12	Vega, Negrete		AISI 304	ESP
Dibujado	04/02/12	Vega, Negrete		CONTIENE: BASE PARA MOTO REDUCTOR	ESCALA:
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			ESP
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO:	TA-002-02
				SUSTITUYE A:	HOJA 13/40



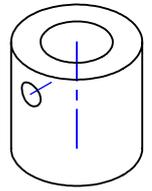
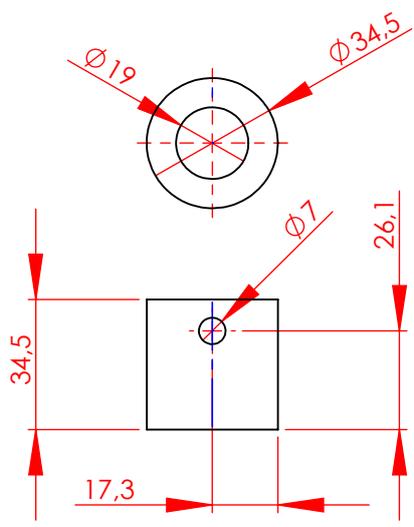
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	05/02/12	Vega, Negrete		AISI 304	1
Dibujado	05/02/12	Vega, Negrete		CONTIENE: EJE PARA AGITADOR	ESCALA: 1:5
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO: TA-003-03	
				SUSTITUYE A:	HOJA 14/40

A



ASPAS
CANT : 3
ESCALA: 1: 2

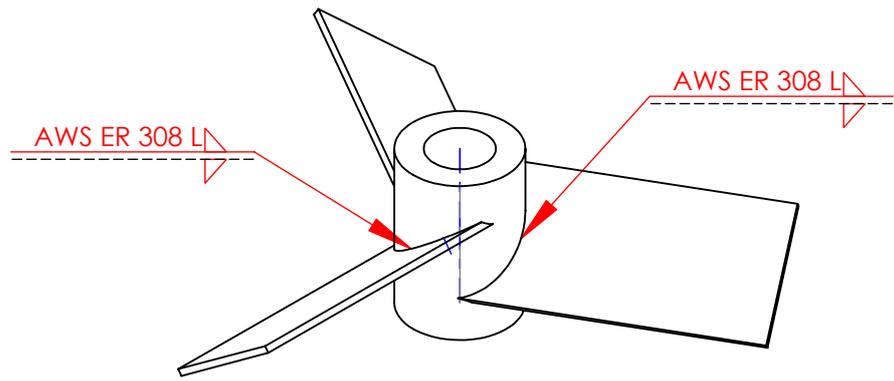
B



EJE PARA ASPAS
CANT : 1
ESCALA: 1:1

C

D

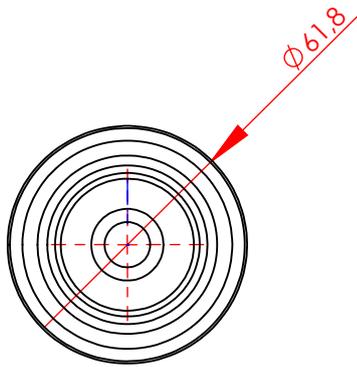


ENSAMBLAJE DE ASPAS Y EJE
CANT : 1
ESCALA: 1:2

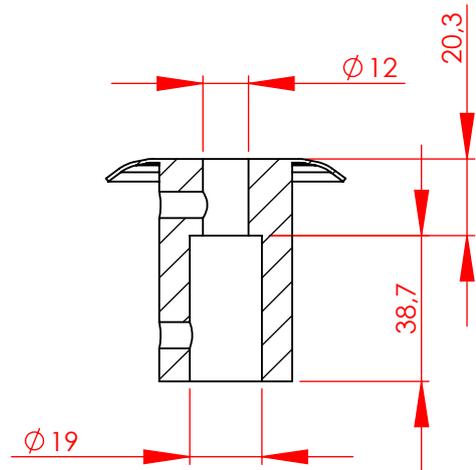
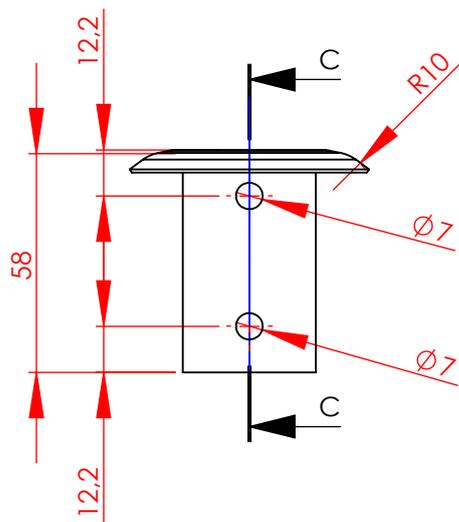
E

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	05/02/12	Vega, Negrete		AISI 304	ESP
Dibujado	05/02/12	Vega, Negrete		CONTIENE:	ESCALA:
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			ESP
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO:	TA-004-04
				SUSTITUYE A:	HOJA 15/40

A



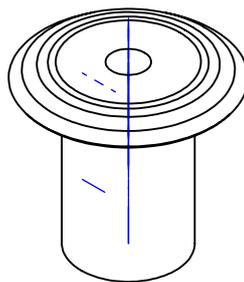
B



SECCION C-C
ESCALA: 1:2

C

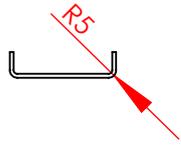
D



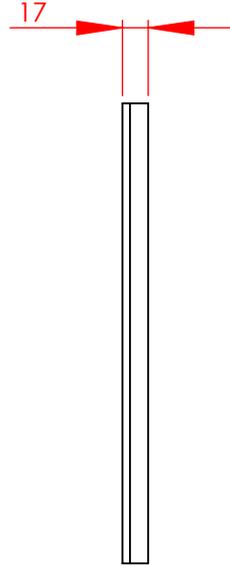
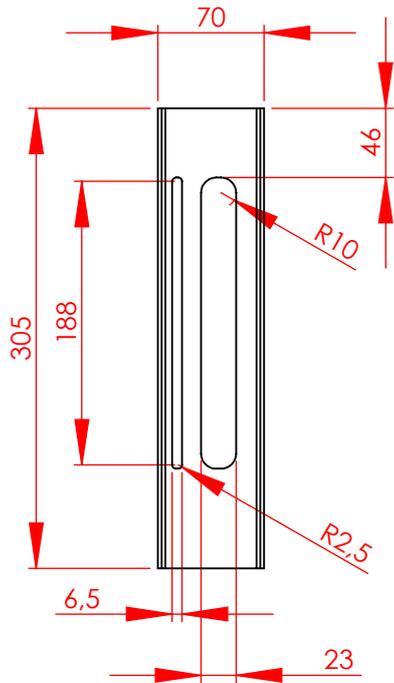
E

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	05/02/12	Vega, Negrete		AISI 304	1
Dibujado	05/02/12	Vega, Negrete		CONTIENE: ACOPLE PARA MOTO REDUCTOR	ESCALA: 1:2
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO: TA-005-12	
				SUSTITUYE A:	HOJA 16/40

A

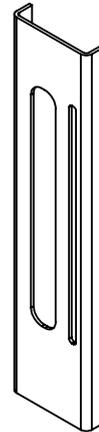


B



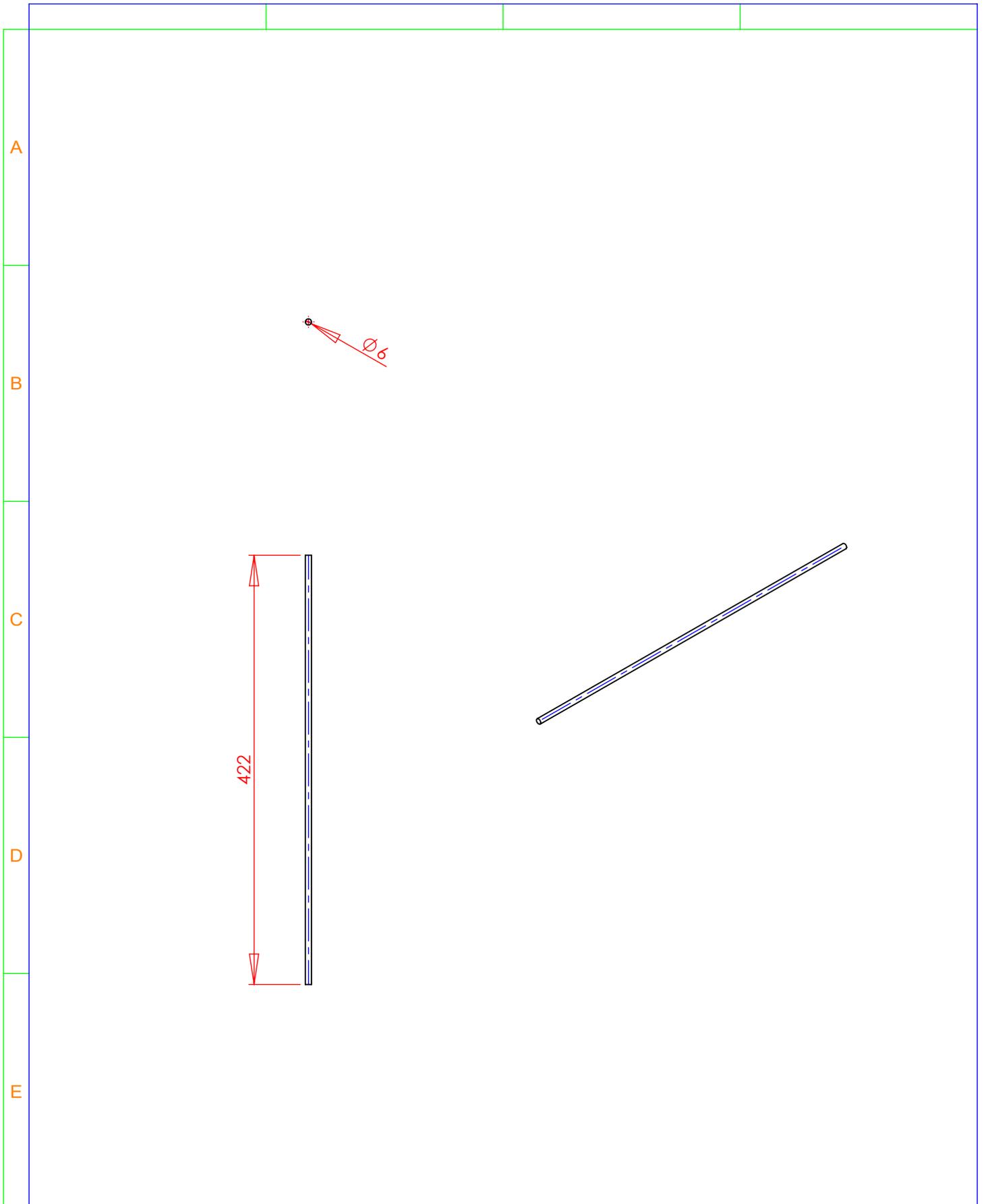
C

D



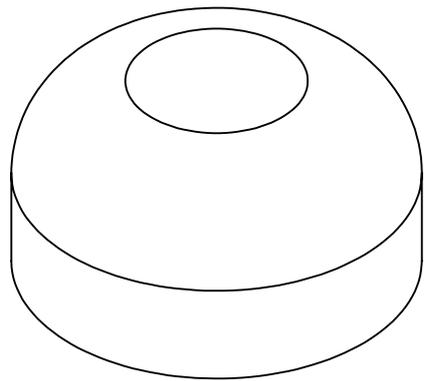
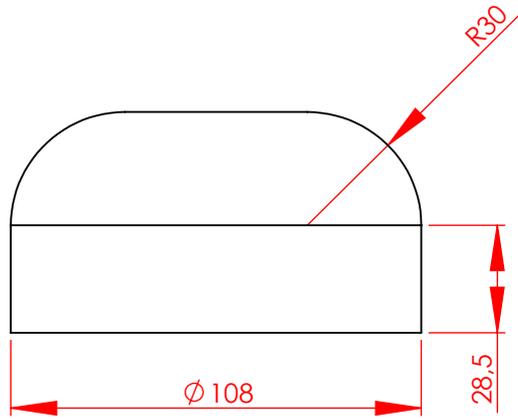
E

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	05/02/12	Vega, Negrete		AISI 304	1
Dibujado	05/02/12	Vega, Negrete		CONTIENE: BASE PARA MECANISMO DE NIVEL	ESCALA: 1:5
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO: TA-006-25	
				SUSTITUYE A:	HOJA 17/40

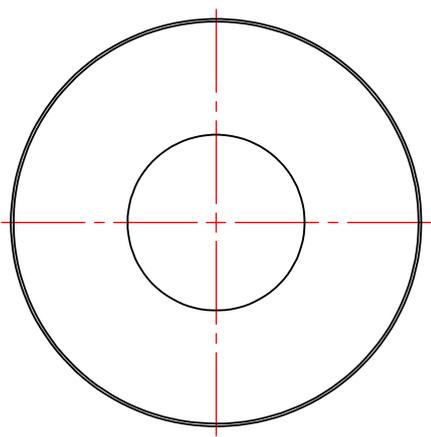


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	05/02/12	Vega, Negrete		AISI 304	1
Dibujado	05/02/12	Vega, Negrete		CONTIENE: EJE PARA MECANISMO DE NIVEL	ESCALA: 1:5
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO:	TA-007-05
				SUSTITUYE A:	
					
				HOJA 18/40	

A



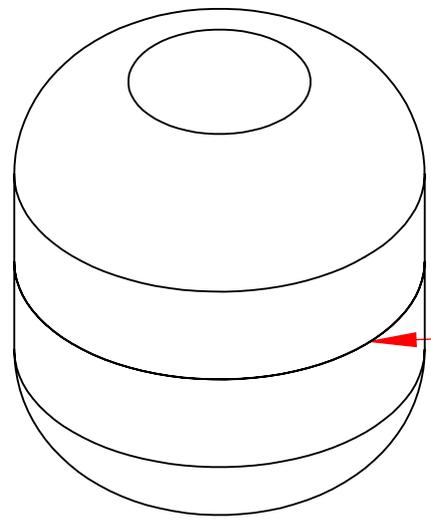
B



TAPAS DE BOYA
 CANT: 2
 ESCALA: 1:2

C

D

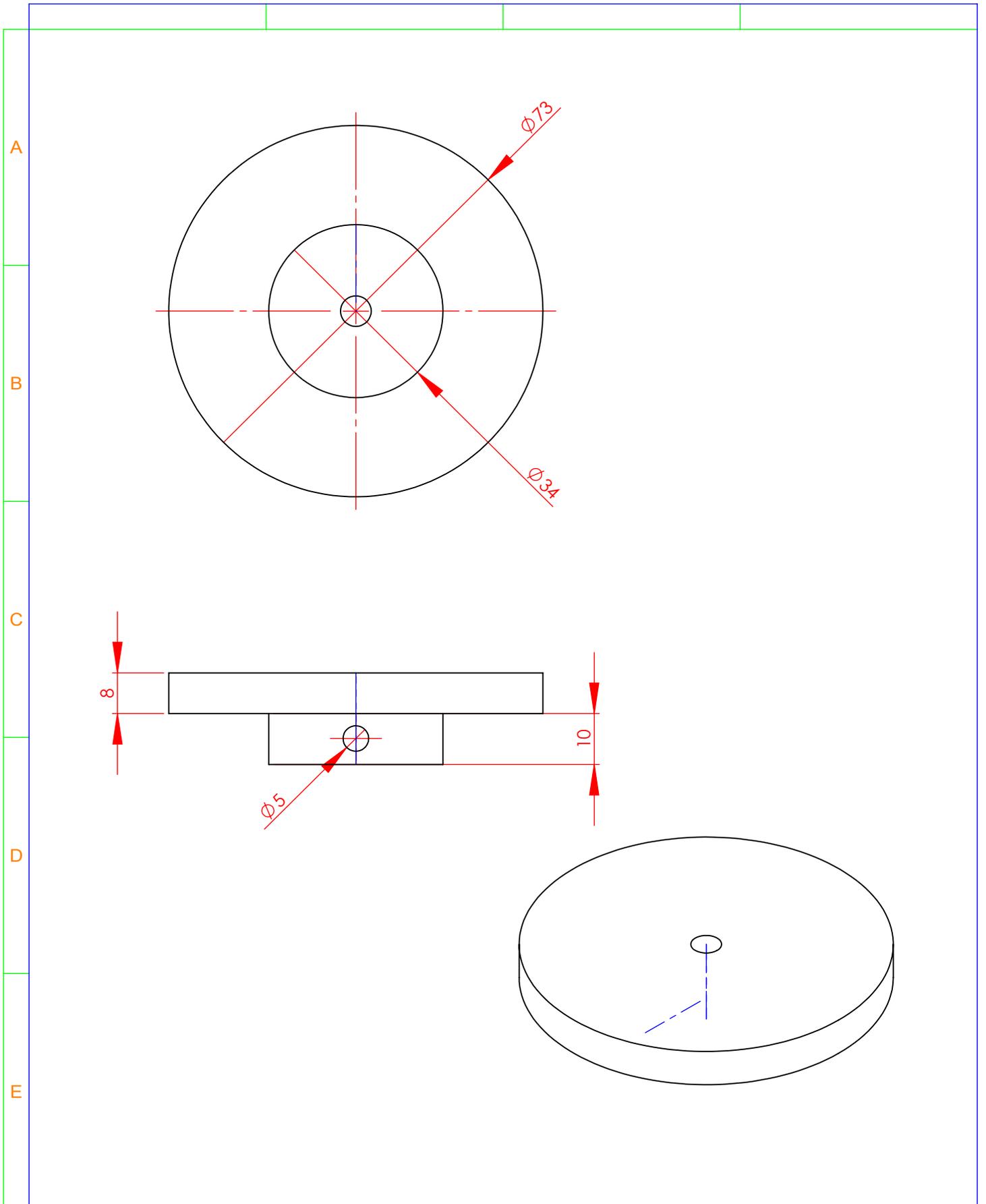


AWS ER 308 L

ENSAMBLE DE TAPAS DE BOYA
 CANT: 1
 ESCALA: 1:2

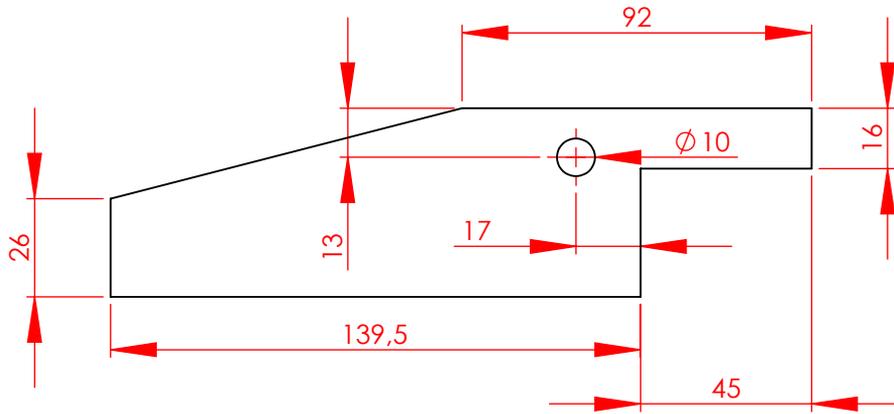
E

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	05/02/12	Vega, Negrete		AISI 304	ESP
Dibujado	05/02/12	Vega, Negrete		CONTIENE: BOYA PARA MECANISMO DE NIVEL	ESCALA: ESP
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO:	TA-008-02
				SUSTITUYE A:	 HOJA 19/40



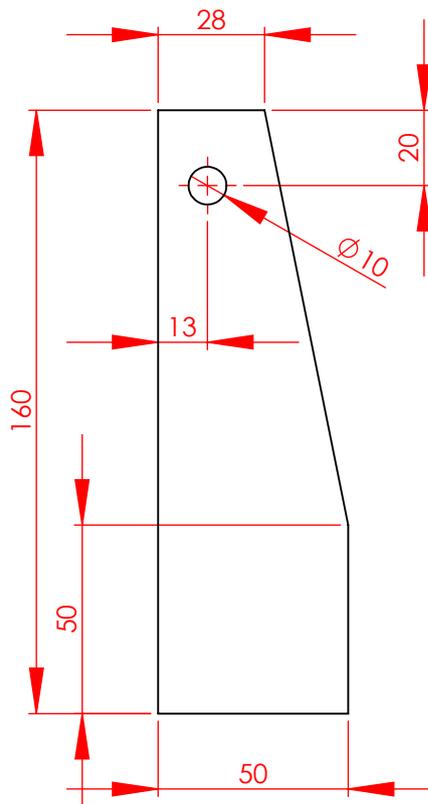
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	05/02/12	Vega, Negrete		DURALON	1
Dibujado	05/02/12	Vega, Negrete			
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría		CONTIENE: TOPE PARA MECANISMO DE NIVEL	ESCALA: 1:1
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO:	TA-009-07
				SUSTITUYE A:	
					 HOJA 20/40

A

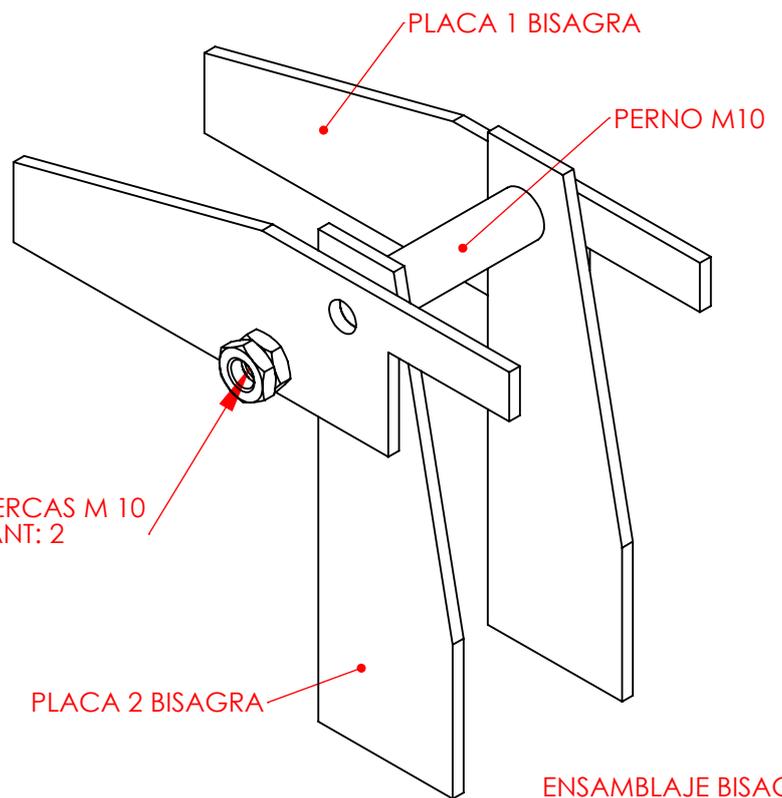


PLACA 1 BISAGRA
CANT: 2
ESCALA: 1 : 2

B



PLACA 2 BISAGRA
CANT: 2
ESCALA: 1:2



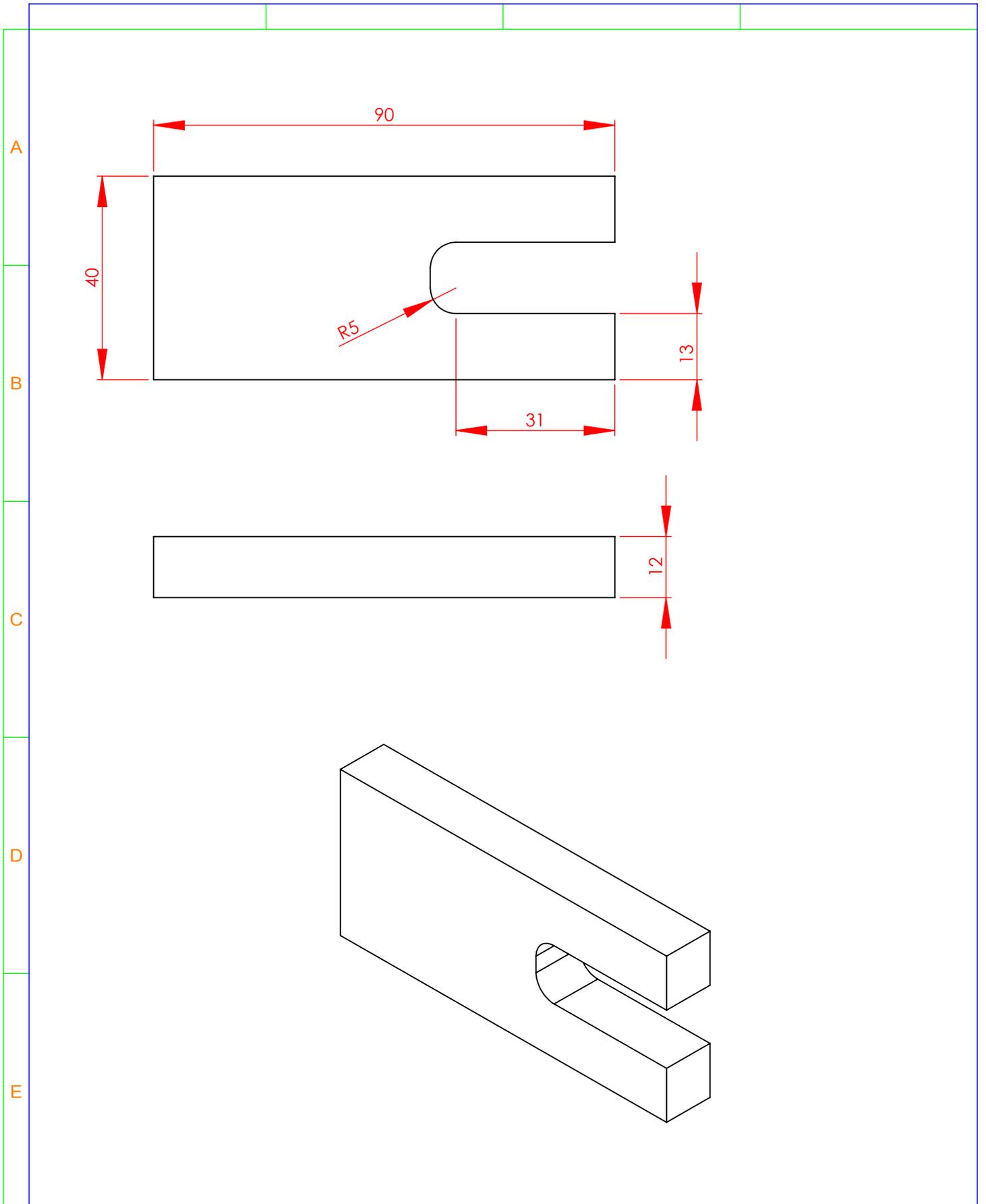
ENSAMBLAJE BISAGRA
CANT: 1
ESCALA: 1:2

C

D

E

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	05/02/12	Vega, Negrete		AISI 304	ESP
Dibujado	05/02/12	Vega, Negrete		CONTIENE: BISAGRA PARA OLLA DE COCCION	ESCALA:
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			ESP
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO:	TA-010-01
				SUSTITUYE A:	HOJA 21/40



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	05/02/12	Vega, Negrete		AISI 304	2
Dibujado	05/02/12	Vega, Negrete		CONTIENE: BASES EN TAPA PARA SUJETADORES	ESCALA: 1:1
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO: TA-011-09	
				SUSTITUYE A:	HOJA 22/40

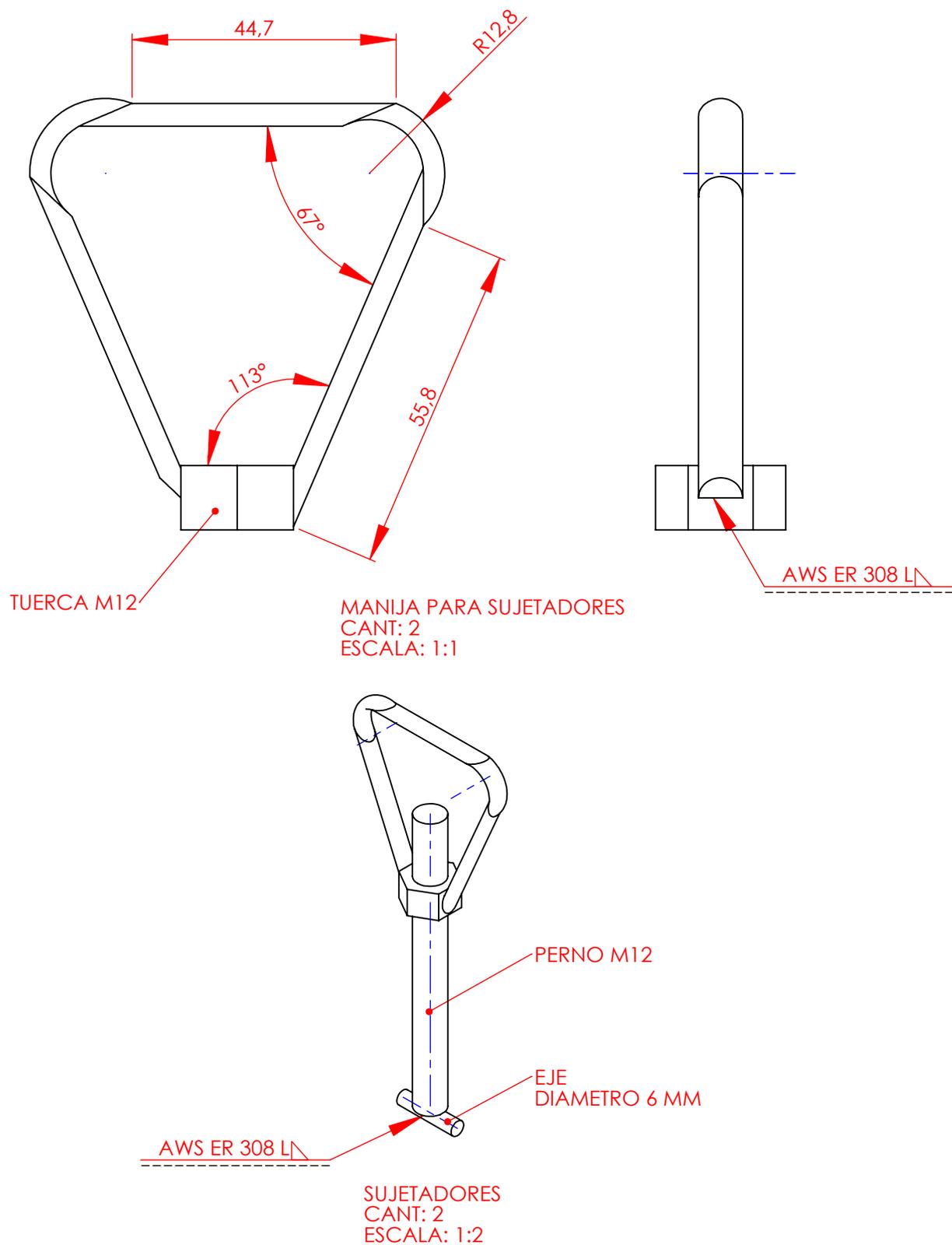
A

B

C

D

E



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	05/02/12	Vega, Negrete		AISI 304	ESP
Dibujado	05/02/12	Vega, Negrete		CONTIENE: MECANISMO SUJETADORES	ESCALA:
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			ESP
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO:	
				TA-012-11	
				SUSTITUYE A:	HOJA 23/40

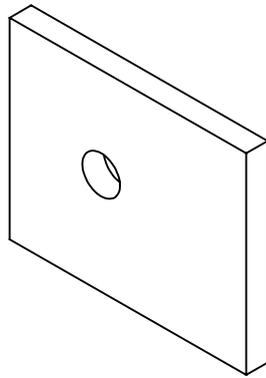
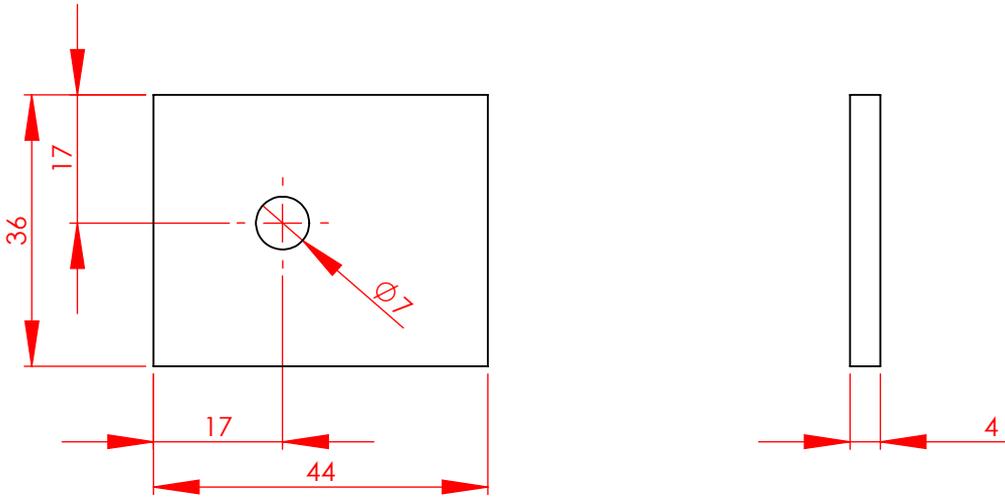
A

B

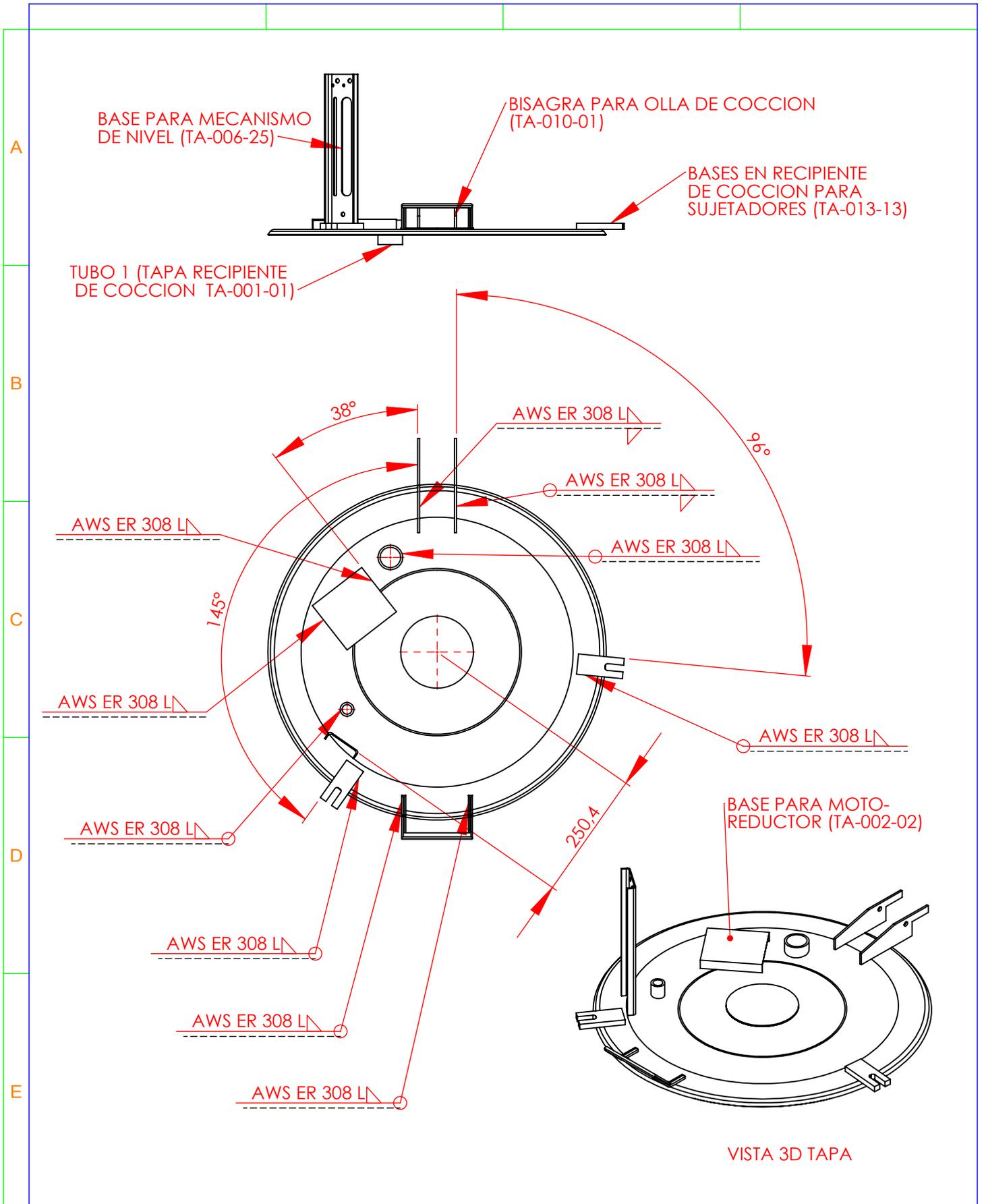
C

D

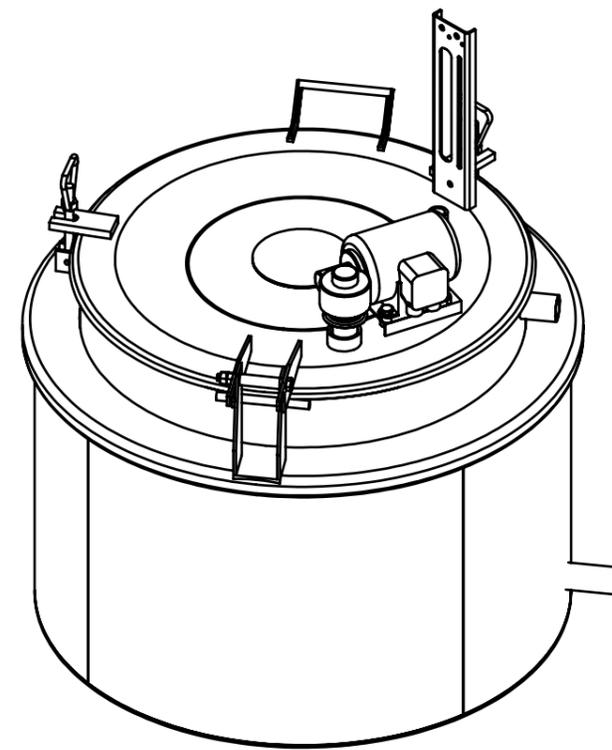
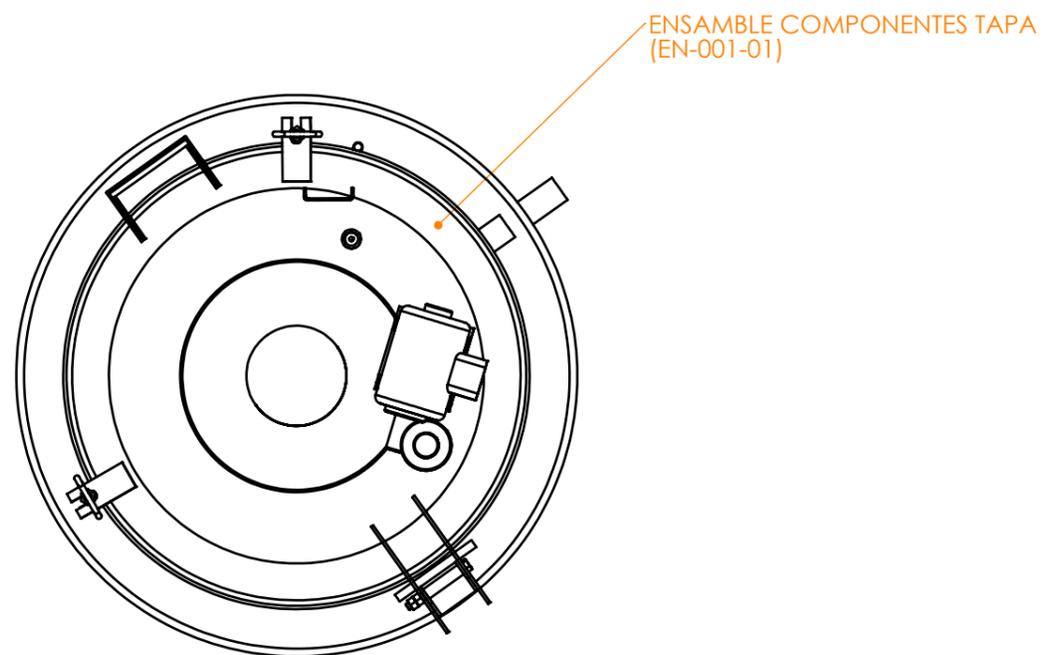
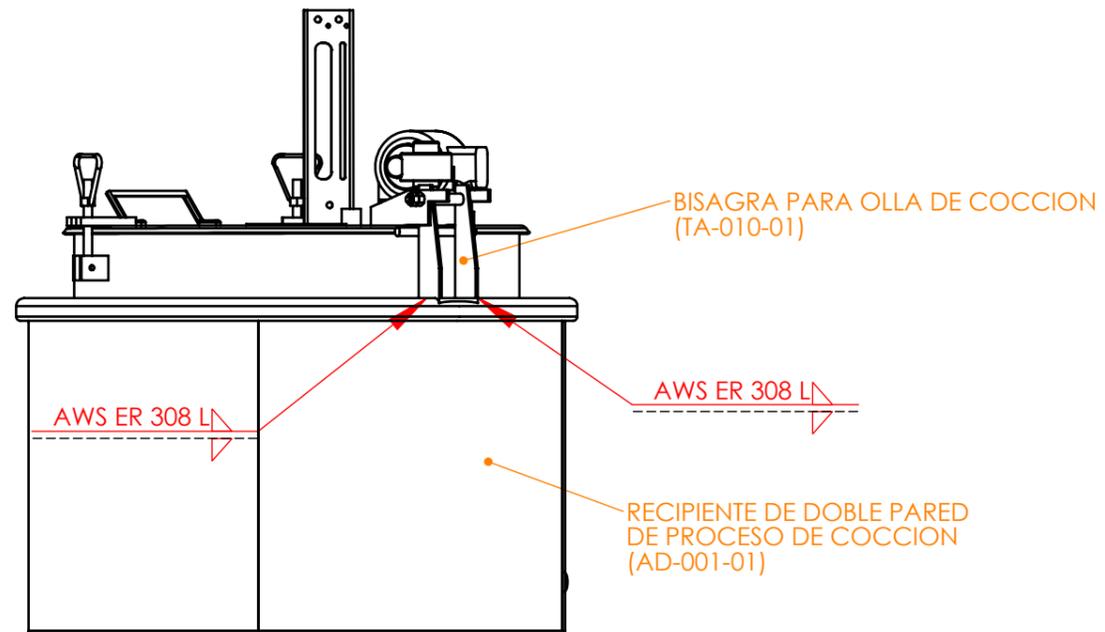
E



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	05/02/12	Vega, Negrete		AISI 304	4
Dibujado	05/02/12	Vega, Negrete			
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría	/	CONTIENE: BASES EN RECIPIENTE DE COCCION PARA SUJETADORES	ESCALA: 1:1
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO:	TA-013-13
				SUSTITUYE A:	
					HOJA 24/40



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	05/02/12	Vega, Negrete		AISI 304	1
Dibujado	05/02/12	Vega, Negrete			
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría		CONTIENE: ENSAMBLE COMPONENTES TAPA	ESCALA: 1:10
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO:	EN-001-01
				SUSTITUYE A:	
					HOJA 25/40

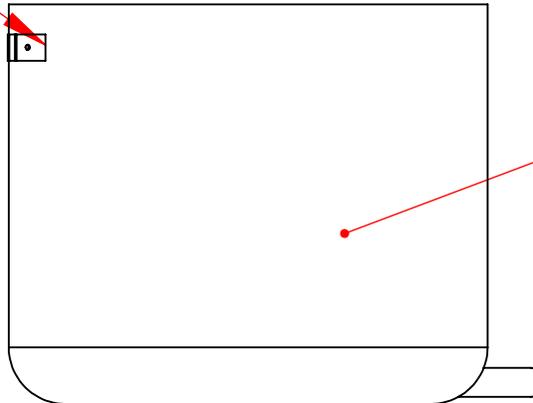


VISTA EN 3D

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	04/02/12	Vega, Negrete		AISI 304	1
Dibujado	04/02/12	Vega, Negrete		CONTIENE: ENSAMBLE TAPA-BISAGRA-OLLA DE COCCION	ESCALA:
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			1:10
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO:	
				EN-002-02	
				SUSTITUYE A:	HOJA 26/40

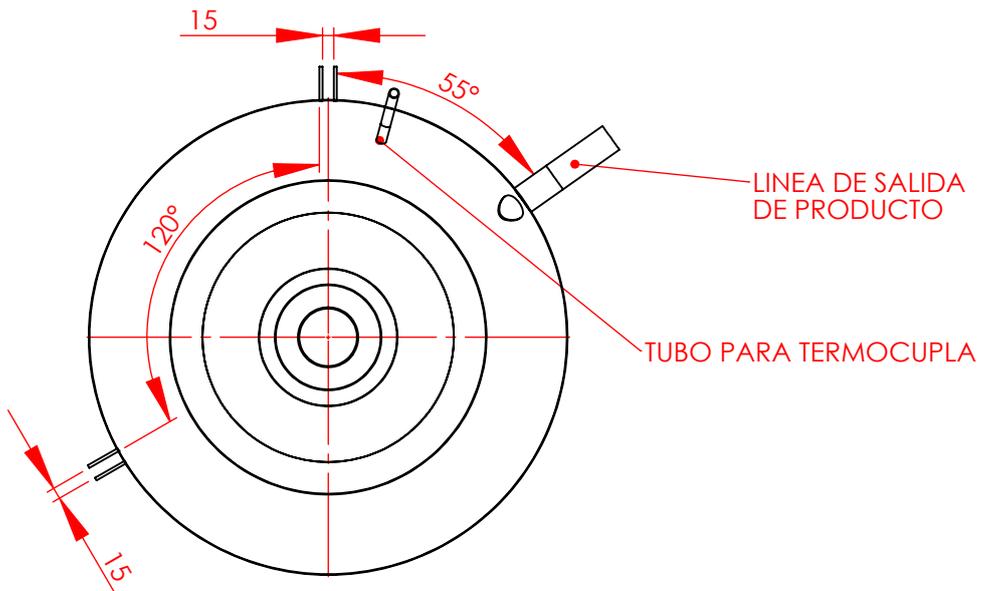
A

AWS ER 308 L

CAMISA INTERNA DE
RECIPIENTE DE COCCION

B

C



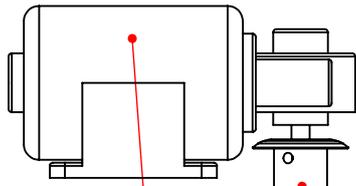
D

E

ENSAMBLAJE DE BASES
CANT: 1
ESCALA: 1:10

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	05/02/12	Vega, Negrete		AISI 304	ESP
Dibujado	05/02/12	Vega, Negrete		CONTIENE: ENSAMBLAJE DE MECANISMO SUJETADORES	ESCALA:
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			ESP
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO:	
				EN-003-15	
				SUSTITUYE A:	HOJA 27/40

A

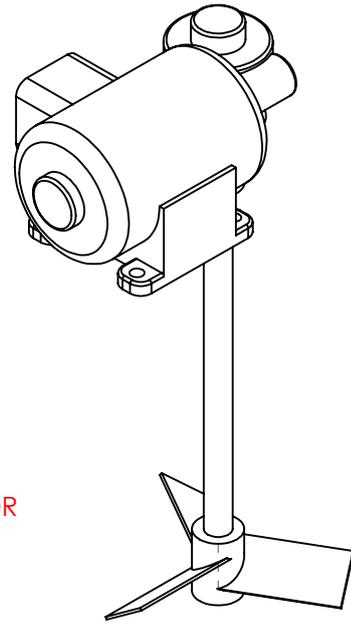


MOTO-REDUCTOR

B

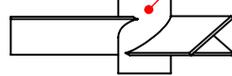
EJE PARA AGITADOR
(TA-003-03)

ACOPLE PARA
MOTO REDUCTOR
EJE AGITADOR
(TA-005-12)



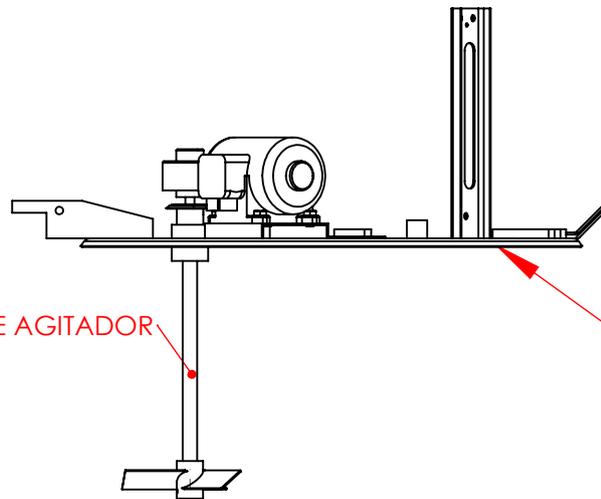
C

ASPAS DE AGITADOR



COMPONENTES DE AGITADOR
CANT: 1
ESCALA: 1:5

D



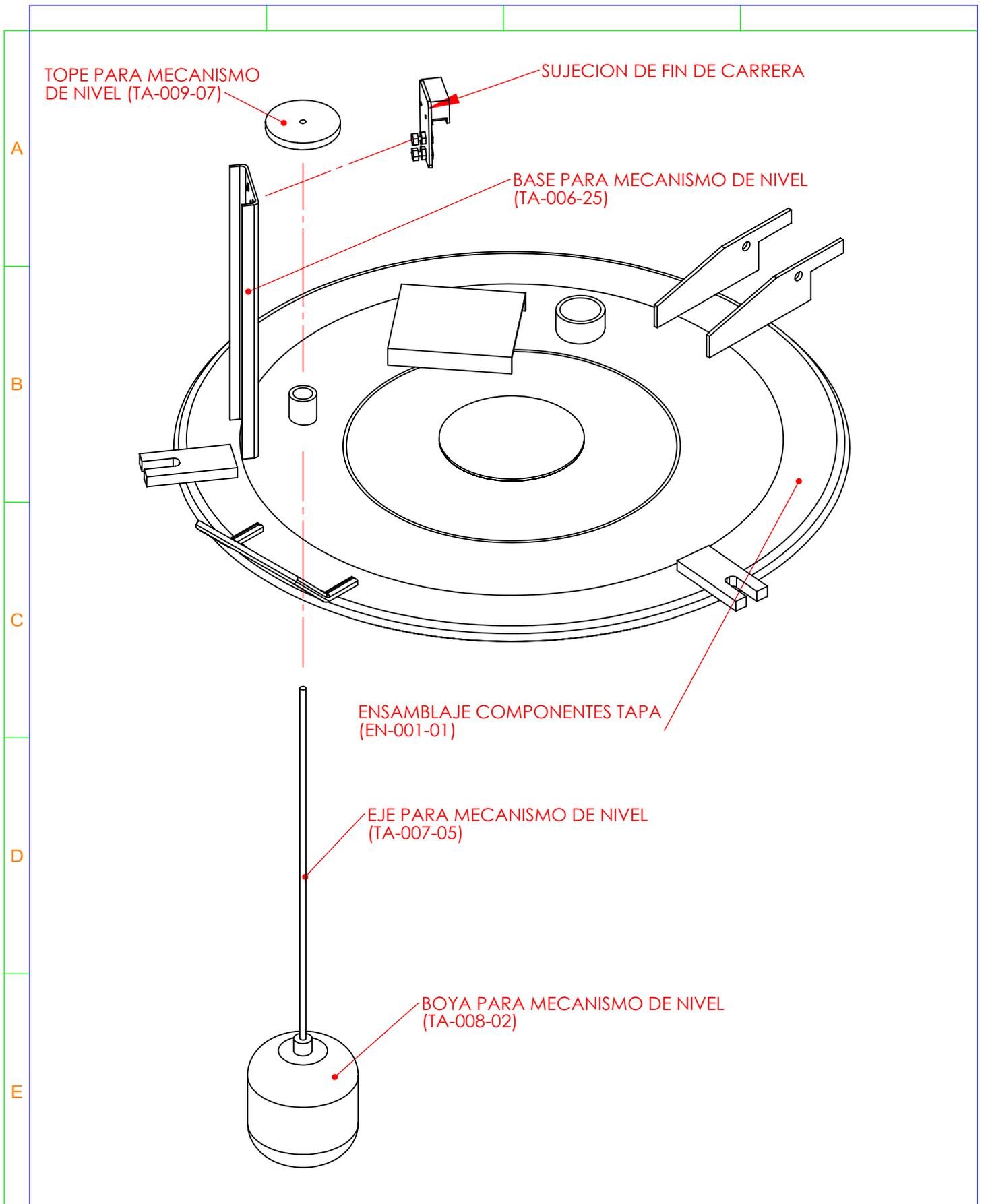
COMPONENTES DE AGITADOR

ENSAMBLAJE
COMPONENTES TAPA
(EN-001-01)

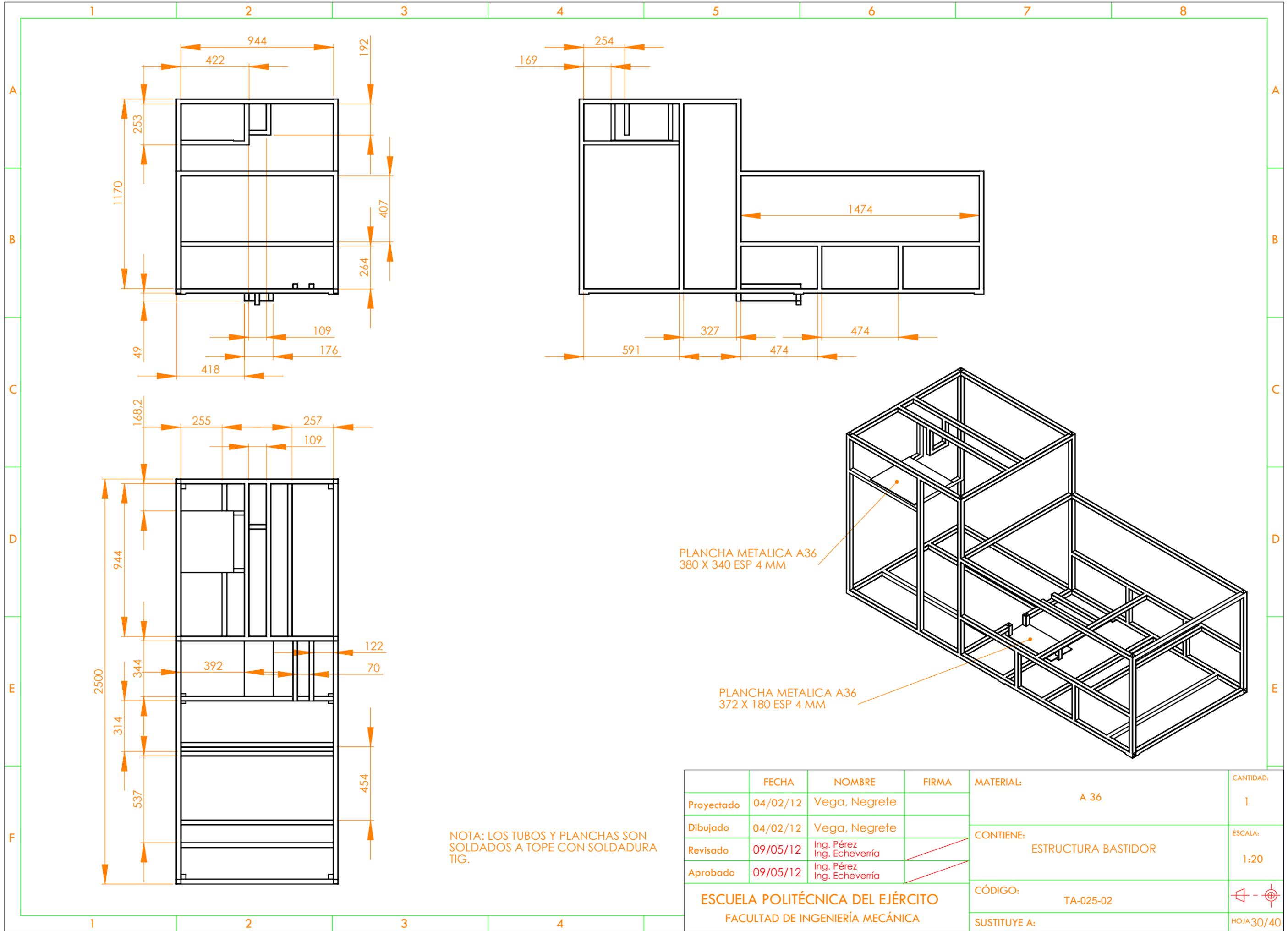
E

ENSAMBLAJE DE COMPONENTES
DE AGITADOR EN TAPA
CANT: 1
ESCALA: 1:10

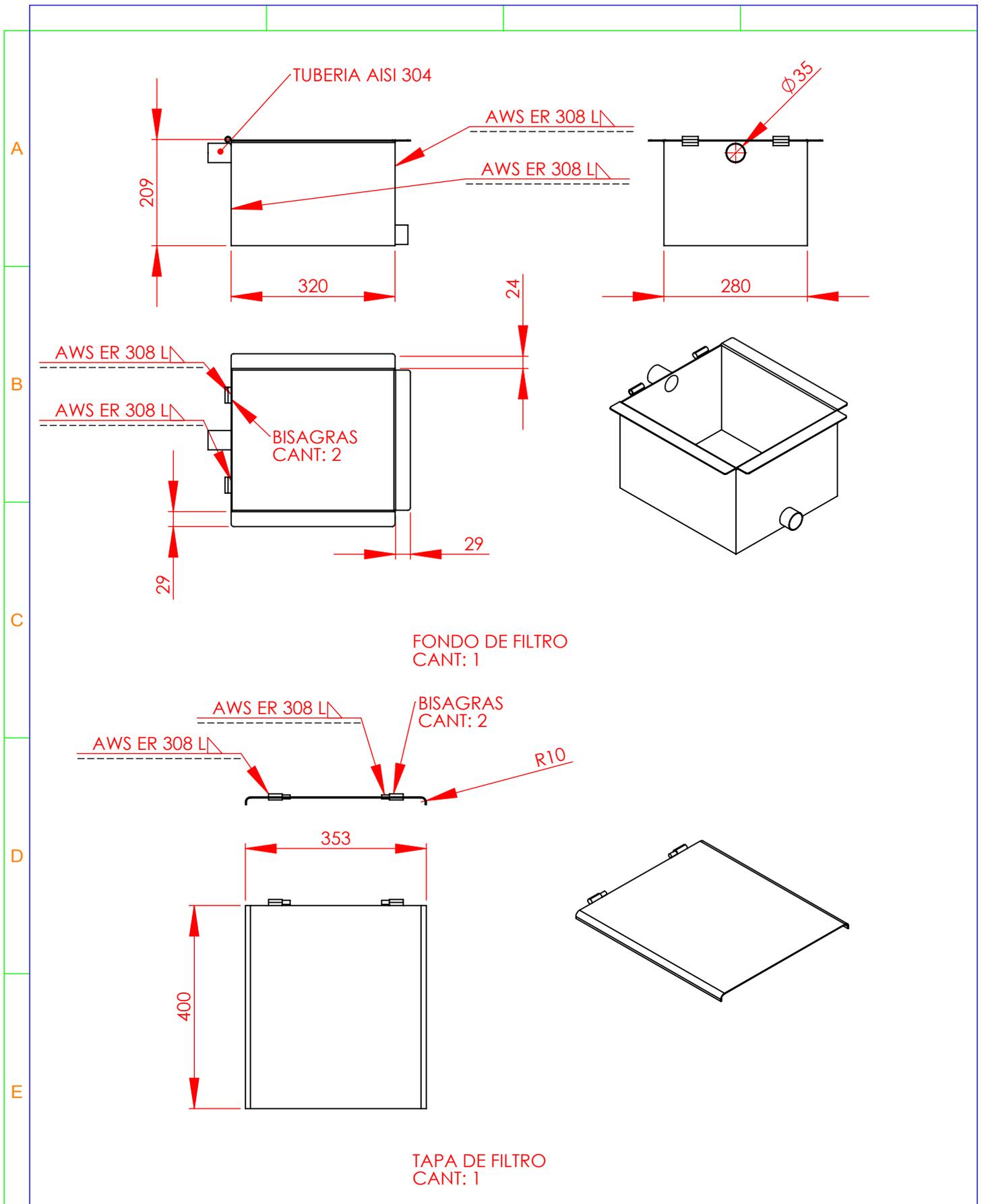
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	05/02/12	Vega, Negrete		AISI 304	ESP
Dibujado	05/02/12	Vega, Negrete		CONTIENE: ENSAMBLAJE DE COMPONENTES DE AGITADOR	ESCALA:
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			ESP
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO:	EN-004-12
				SUSTITUYE A:	HOJA 28/40



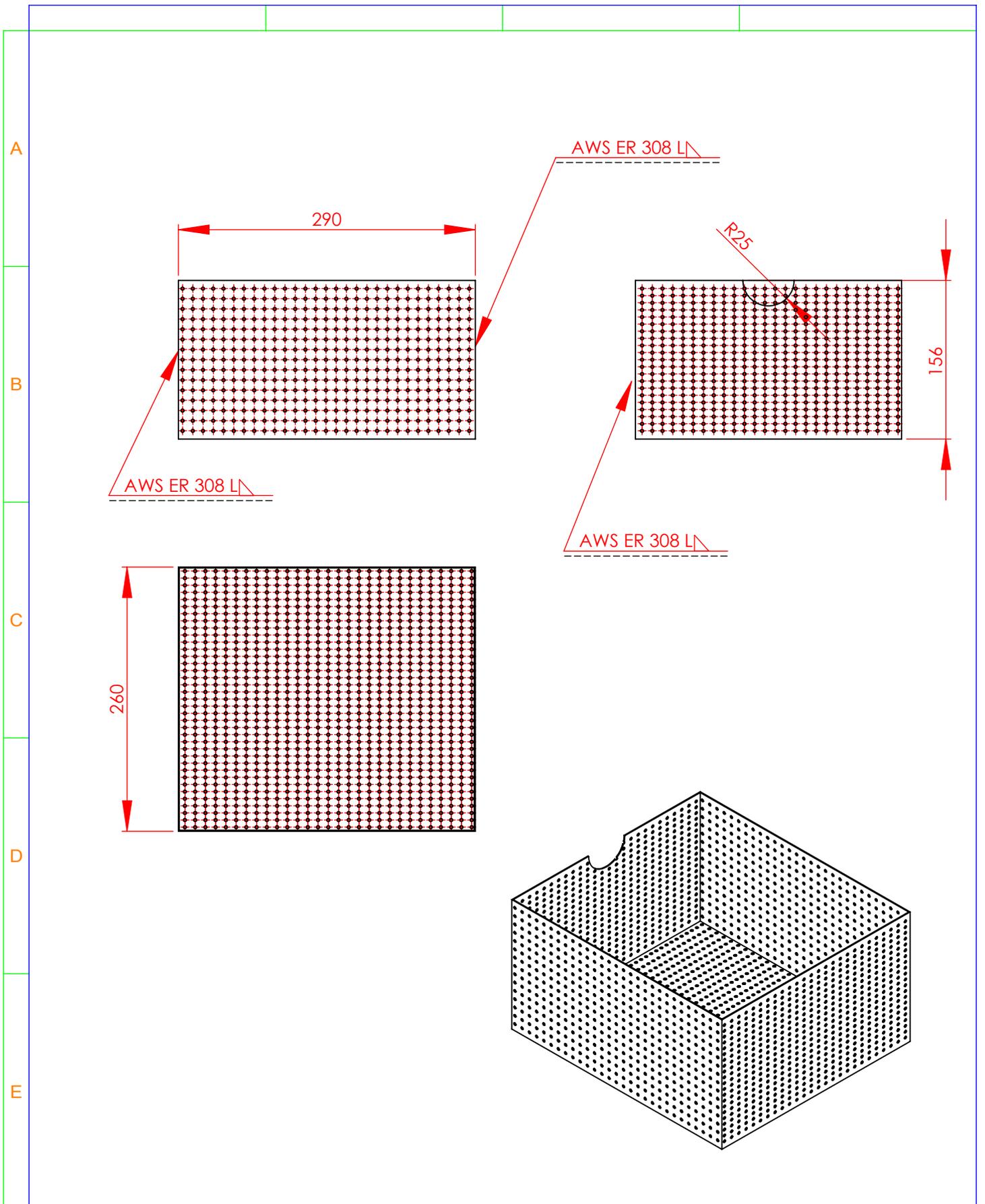
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	05/02/12	Vega, Negrete		AISI 304	1
Dibujado	05/02/12	Vega, Negrete		CONTIENE: ENSAMBLAJE DE COMPONENTES DE MECANISMO DE NIVEL	ESCALA: 1:5
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO: EN-005-02	
				SUSTITUYE A:	HOJA 29/40



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	04/02/12	Vega, Negrete		A 36	1
Dibujado	04/02/12	Vega, Negrete		CONTIENE: ESTRUCTURA BASTIDOR	ESCALA: 1:20
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO: TA-025-02	HOJA 30/40



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	05/02/12	Vega, Negrete		AISI 304	ESP
Dibujado	05/02/12	Vega, Negrete		CONTIENE: CARCAZA DE FILTRO	ESCALA: 1:10
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO: TA-026-02	
				SUSTITUYE A:	HOJA 31/40



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	05/02/12	Vega, Negrete		MALLA FINA AISI 304	1
Dibujado	05/02/12	Vega, Negrete		CONTIENE: MALLA FILTRANTE	ESCALA: 1:5
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO:	TA-027-02
				SUSTITUYE A:	HOJA 32/40

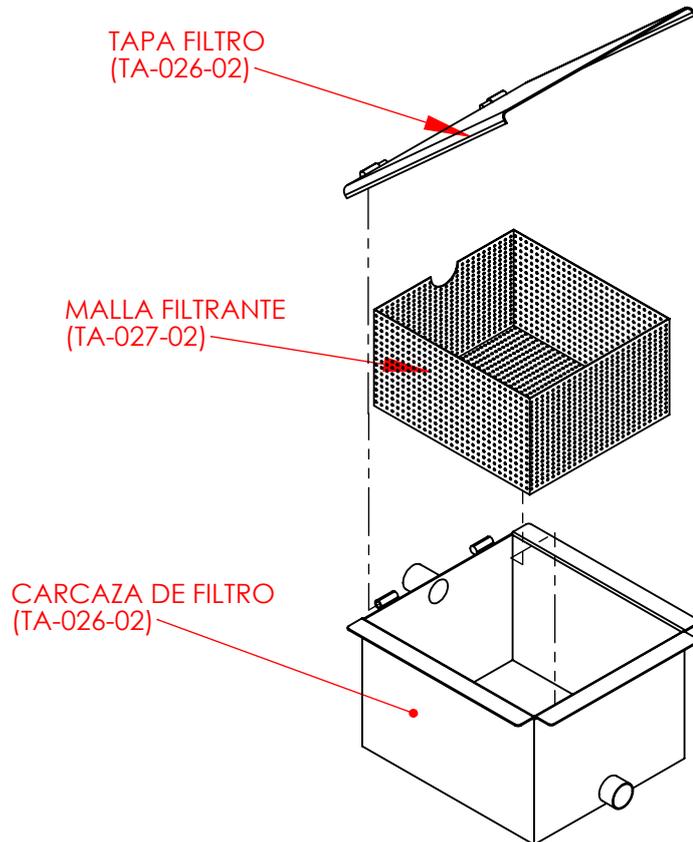
A

B

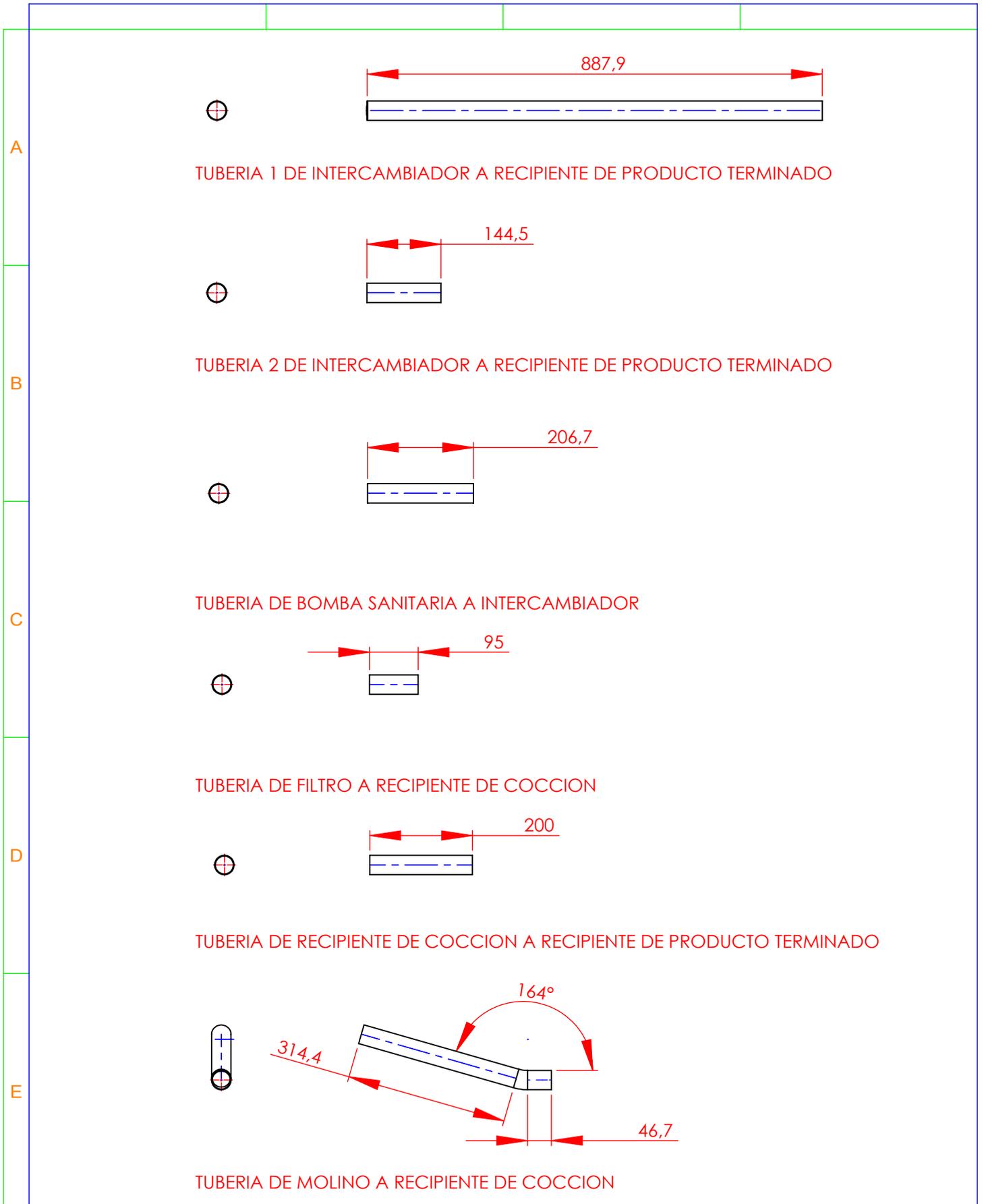
C

D

E



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	05/02/12	Vega, Negrete		AI SI 304	1
Dibujado	05/02/12	Vega, Negrete		CONTIENE: ENSAMBLAJE FILTRO	ESCALA: 1:10
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO: EN-008-02	
				SUSTITUYE A:	HOJA 33/40



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	05/02/12	Vega, Negrete		AISI 304	1 C/U
Dibujado	05/02/12	Vega, Negrete		CONTIENE: TUBERIA PARA LECHE	ESCALA: 1:10
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO: TA-028-02	
				SUSTITUYE A:	HOJA 34/40

A

B

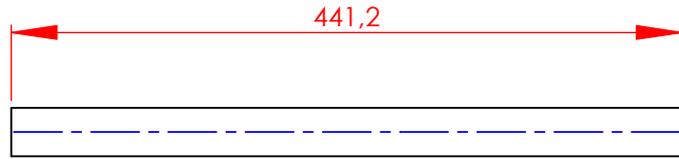
C

D

E



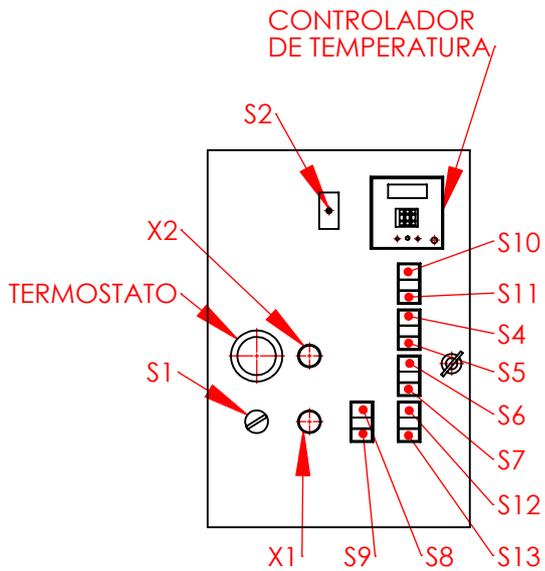
TUBERIA 1 DE BOMBA DE AGUA AL INTERCAMBIADOR



TUBERIA 2 DE BOMBA DE AGUA AL INTERCAMBIADOR

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	05/02/12	Vega, Negrete		PVC	1 C/U
Dibujado	05/02/12	Vega, Negrete		CONTIENE: TUBERIA PARA AGUA	ESCALA: 1:5
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO: TA-029-02	
				SUSTITUYE A:	HOJA 35/40

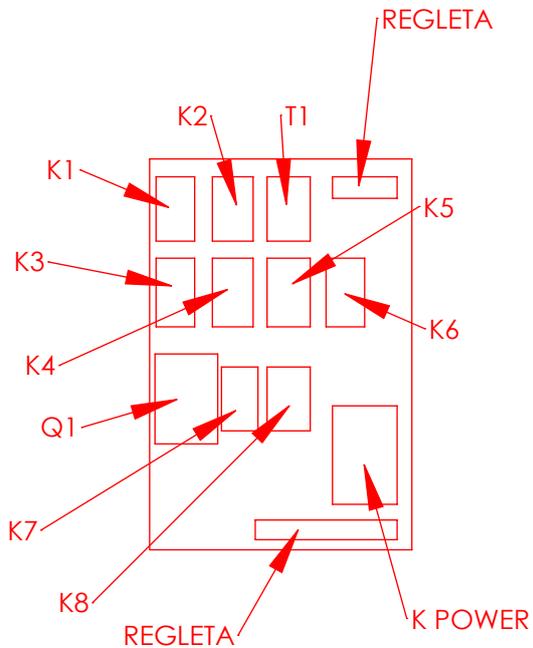
A



VISTA FRONTAL DE
TABLERO ELECTRICO
CANT: 1

B

C



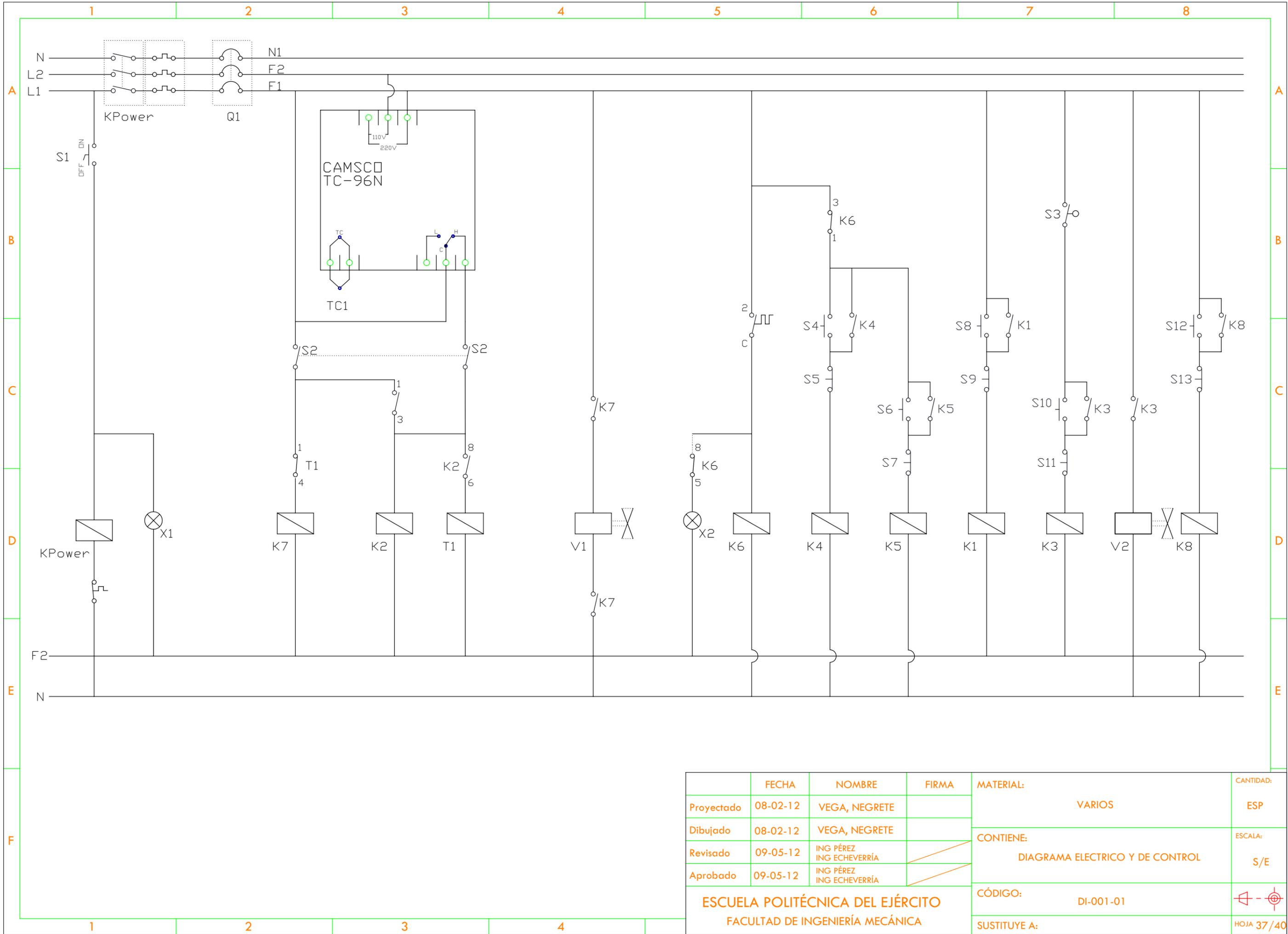
VISTA FRONTAL DEL
INTERIOR DEL
TABLERO ELECTRICO
CANT: 1

D

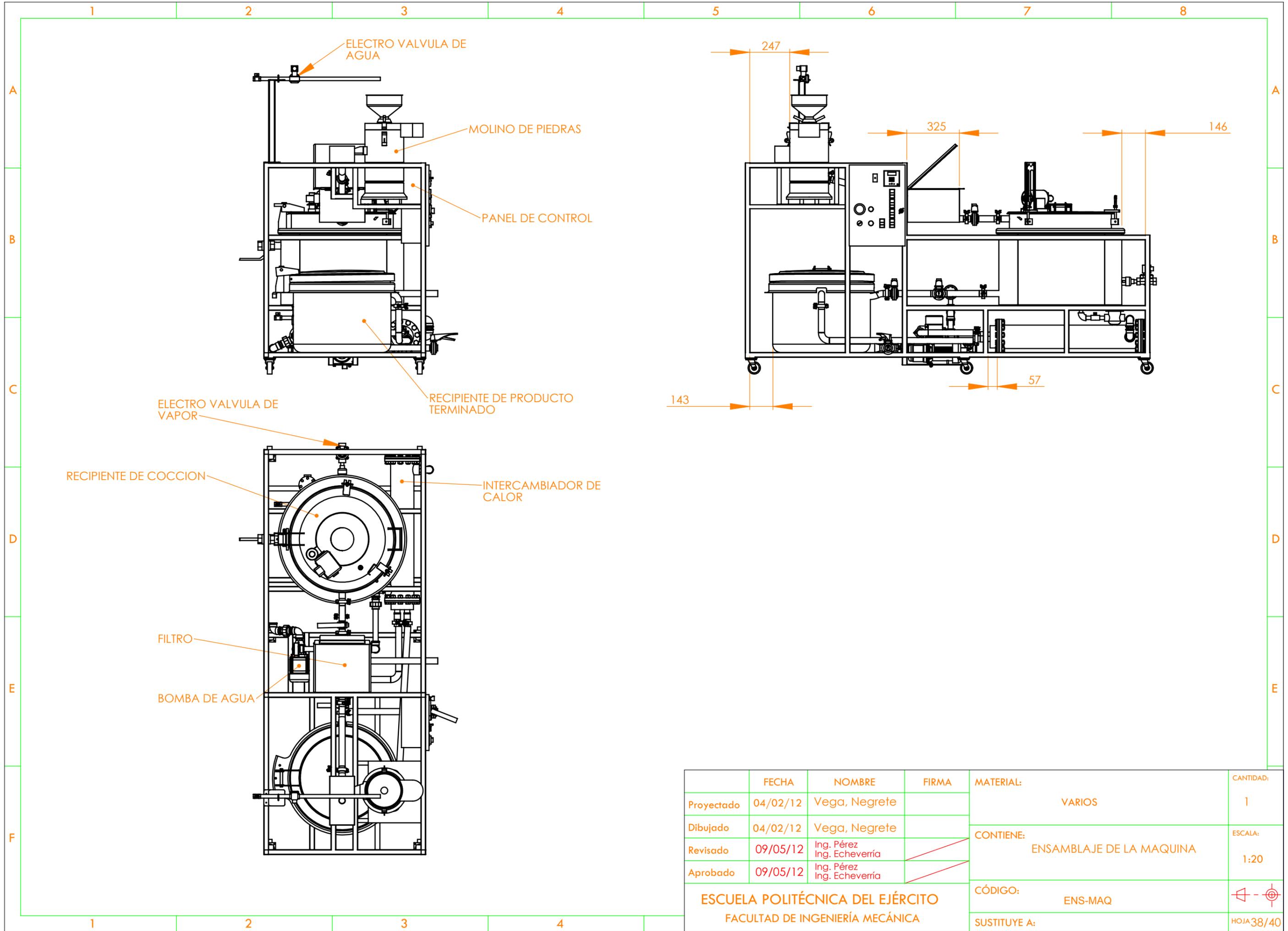
E

COD	DESCRIPCION
S1	INTERRUPTOR PRINCIPAL
S2	INTERRUPTOR HABILITACION DE VALVULA PRINCIPAL
S3	INTERRUPTOR DE NIVEL
S4	START K4
S5	STOP K4
S6	START K5
S7	STOP K5
S8	START K1
S9	STOP K1
S10	START K3
S11	STOP K3
S12	START K8
S13	STOP K8
K1	CONTACTOR UNIDAD DE FRIO
K2	RELE AUXILIAR VALVULA DE VAPOR
K3	CONTACTOR MOLINO
K4	CONTACTOR BOMBA SANITARIA
K5	CONTACTOR BOMBA DE AGUA
K6	RELE AUXILIAR CONTROL DE BOMBAS
K7	CONTACTOR APERTURA DE VALVULA DE VAPOR
K8	CONTACTOR AGITADOR
K9	ELECTRO VALVULA DE VAPOR
K10	ELECTRO VALVULA DE AGUA
T1	TEMPORIZADOR
Kpower	CONTACTOR PRICIPAL
TC1	TERMOCUPLA OLLA DE VAPOR
Q1	BRAKER
X1 Y X2	LUCES

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	05/02/12	Vega, Negrete		VARIOS	ESP
Dibujado	05/02/12	Vega, Negrete			
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría		CONTIENE: TABLERO DE CONTROL	ESCALA: S/E
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO:	TA-030-02
				SUSTITUYE A:	HOJA 36/40

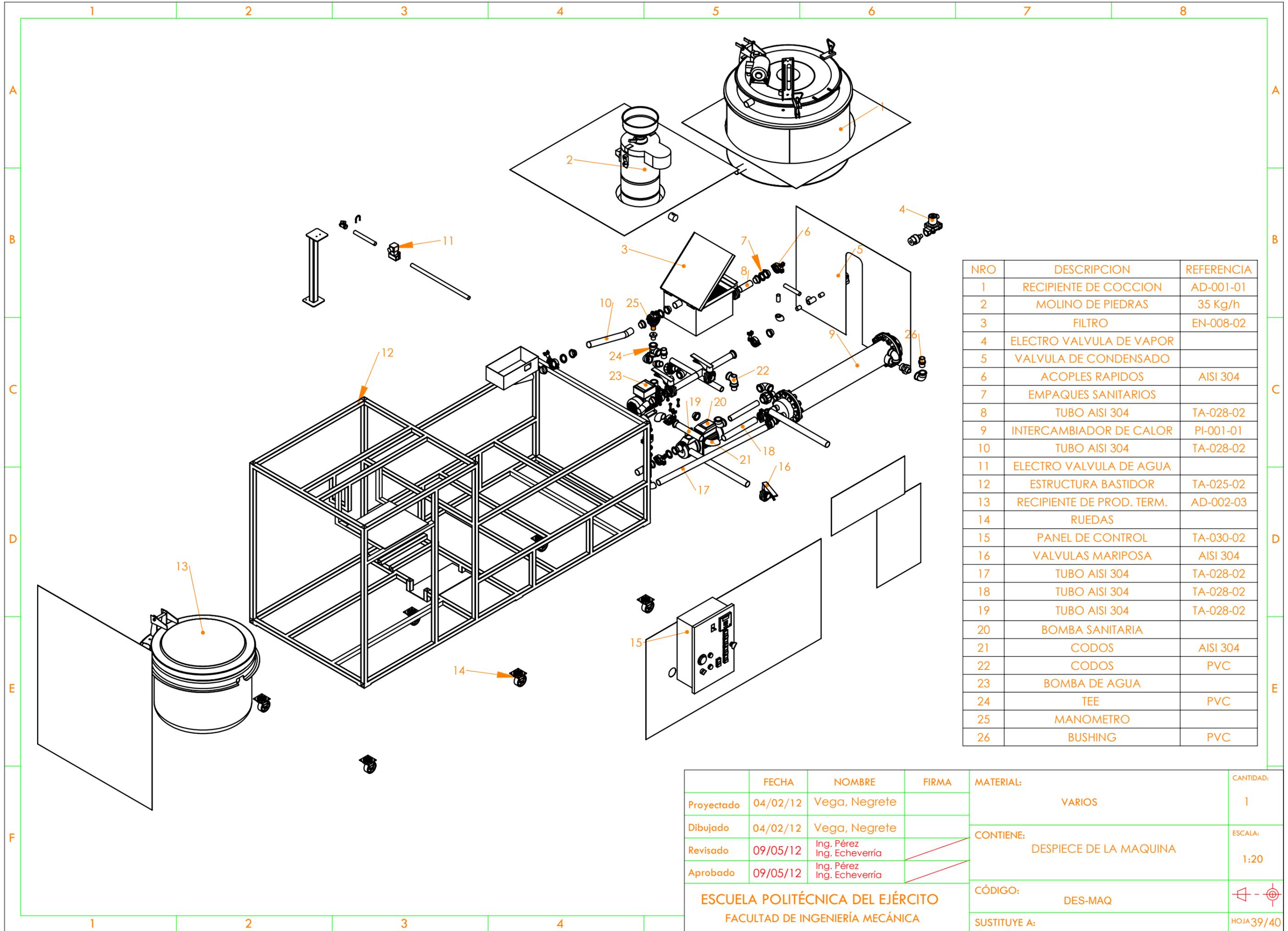


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	08-02-12	VEGA, NEGRETE		VARIOS	ESP
Dibujado	08-02-12	VEGA, NEGRETE			
Revisado	09-05-12	ING PÉREZ ING ECHEVERRÍA		CONTIENE:	ESCALA:
Aprobado	09-05-12	ING PÉREZ ING ECHEVERRÍA		DIAGRAMA ELECTRICO Y DE CONTROL	S/E
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO:	
				DI-001-01	
				SUSTITUYE A:	HOJA 37/40



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	04/02/12	Vega, Negrete		VARIOS	1
Dibujado	04/02/12	Vega, Negrete		CONTIENE: ENSAMBLAJE DE LA MAQUINA	ESCALA:
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			1:20
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO:	ENS-MAQ
				SUSTITUYE A:	

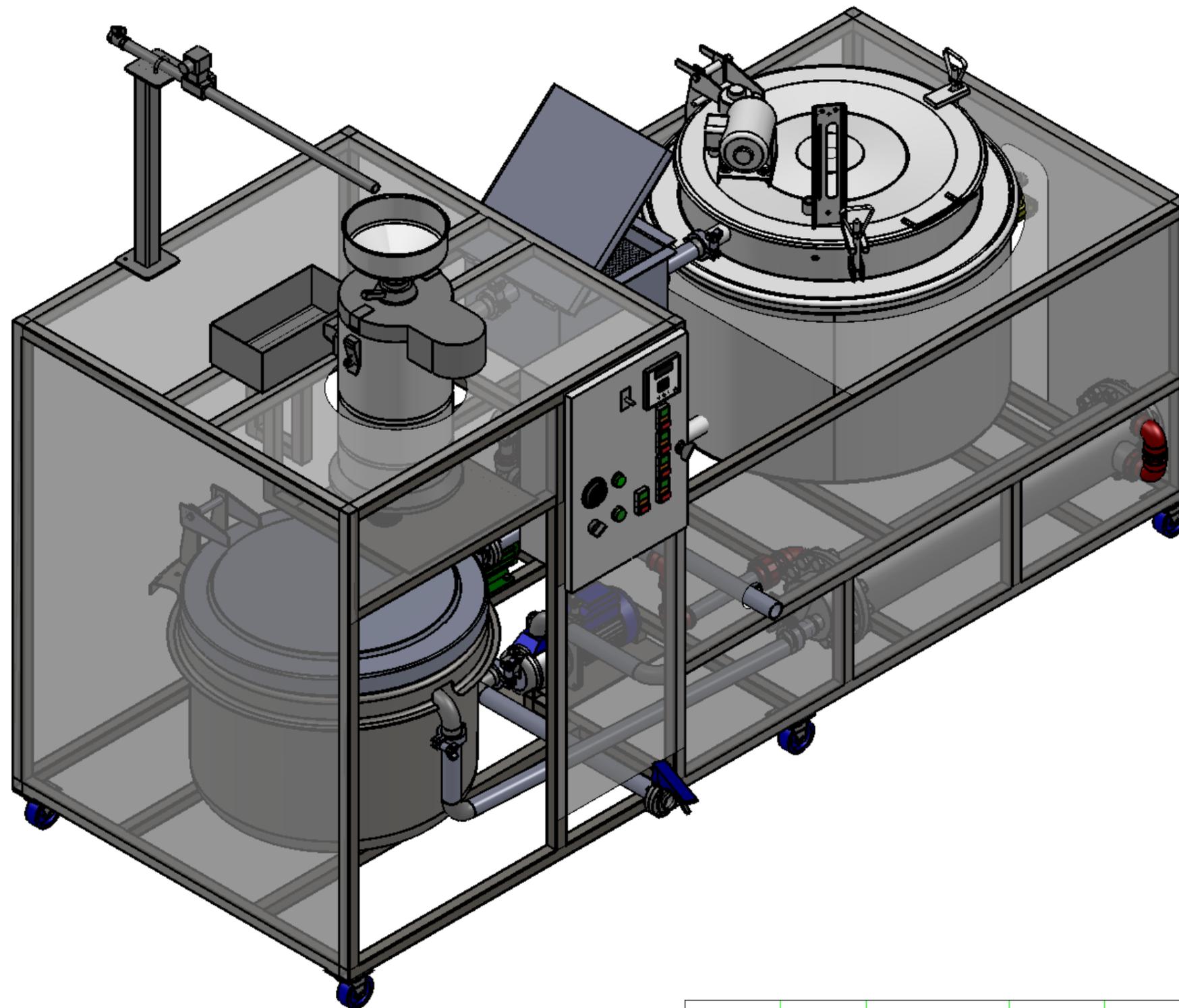




NRO	DESCRIPCION	REFERENCIA
1	RECIPIENTE DE COCCION	AD-001-01
2	MOLINO DE PIEDRAS	35 Kg/h
3	FILTRO	EN-008-02
4	ELECTRO VALVULA DE VAPOR	
5	VALVULA DE CONDENSADO	
6	ACOPLES RAPIDOS	AISI 304
7	EMPAQUES SANITARIOS	
8	TUBO AISI 304	TA-028-02
9	INTERCAMBIADOR DE CALOR	PI-001-01
10	TUBO AISI 304	TA-028-02
11	ELECTRO VALVULA DE AGUA	
12	ESTRUCTURA BASTIDOR	TA-025-02
13	RECIPIENTE DE PROD. TERM.	AD-002-03
14	RUEDAS	
15	PANEL DE CONTROL	TA-030-02
16	VALVULAS MARIPOSA	AISI 304
17	TUBO AISI 304	TA-028-02
18	TUBO AISI 304	TA-028-02
19	TUBO AISI 304	TA-028-02
20	BOMBA SANITARIA	
21	CODOS	AISI 304
22	CODOS	PVC
23	BOMBA DE AGUA	
24	TEE	PVC
25	MANOMETRO	
26	BUSHING	PVC

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	04/02/12	Vega, Negrete		VARIOS	1
Dibujado	04/02/12	Vega, Negrete			
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría		CONTIENE: DESPIECE DE LA MAQUINA	ESCALA: 1:20
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO:	DES-MAQ
				SUSTITUYE A:	





	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL:	CANTIDAD:
Proyectado	04/02/12	Vega, Negrete		VARIOS	1
Dibujado	04/02/12	Vega, Negrete		CONTIENE: VISTA 3D FINAL	ESCALA: 1:10
Revisado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
Aprobado	09/05/12	Ing. Pérez Ing. Echeverría			
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				CÓDIGO: VIS-MAQ	
				SUSTITUYE A:	HOJA 40/40

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. **FRANQUINI B.J. / FINCMORE E.J. Mecánica de Fluidos con Aplicaciones en Ingeniería. 2da. Ed. McGraw – Hill, España 1997**
2. **TYLERG H. BME, Bombas, su Elección y aplicación. Compañía editorial Continental, 1era. Ed. S.A., México. 1979.**
3. **CISNEROS MARTINES L. Manual de Bombas. Blume. Barcelona; España, 1era. Ed. 1977.**
4. **KARASSIK IGOR I. CARTER ROY. Bombas Centrífugas, Continental, 1era. Ed. S.A. México. México 1978**
5. **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.**
6. **DEUTSCHMAN, A. MICHELS, W. WILSON, C. Diseño de Máquinas, Teoría y Práctica. Traducido del inglés por José Armando Garza Cárdenas. 1era. Ed. México. 1991. 972p.**
7. **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.**
8. **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**
9. **MCNAUGHTON, K. Bombas, selección, uso y mantenimiento. 2da. Ed. Iberoamericana. México. 1992. 373 p.162**
10. **MOTT, ROBERT, Diseño de Elementos de Máquinas, 4ta Ed. P. 548**
11. **CENGEL, YONUS, Termodinámica, 1era Ed. Apéndice 2**
12. **KERN, DONALD, Procesos de transferencia de Calor, 1era ed. Grafica 20.2, P. 817**

DIRECCIONES INTERNET:

http://www.ensa-eu.org/public/es/about_soy_process_es.php, Proceso de Soya, 2008.

<http://arcangelenlaescuela.blogspot.com/2009/11/resumen-de-trituracion-y-molienda-cap.html>, Resumen de trituración y Molienda, 2010.