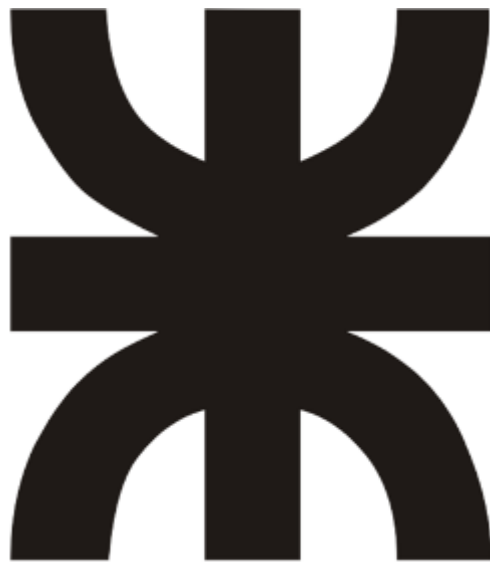




---

**DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE PLANTA  
DE PRODUCCIÓN DE MASA DE MOLDEO**

---

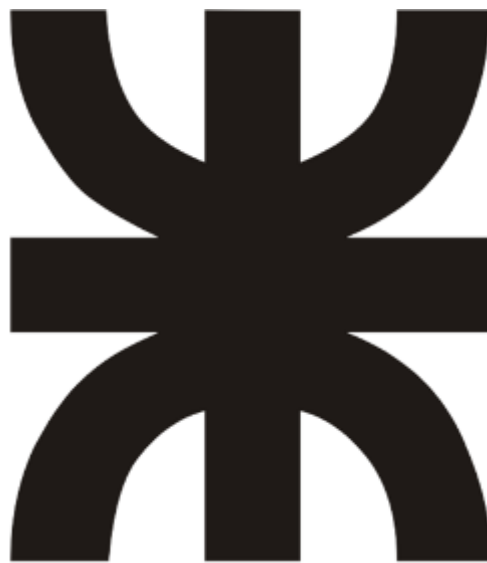


**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL LA RIOJA**

---

# **DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE PLANTA DE PRODUCCIÓN DE MASA DE MOLDEO**

---



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL LA RIOJA**

MICOSSI, Emilio Gabriel  
REYNOSO, Alberto Nicolás

La Rioja, 22 de Agosto del 2019

Ing. AEGERTER Claudio Julián, Profesor de la cátedra "Proyecto Final" de la carrera "Ingeniería en Electromecánica" de la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional La Rioja

**AUTORIZA**

A los señores MICOSI Emilio Gabriel y REYNOSO Alberto Nicolás a presentar el proyecto final de la carrera, titulado:

**“DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE PLANTA DE  
PRODUCCIÓN DE MASA DE MOLDEO”**

Manifiesta en su calidad de profesor adjunto de la cátedra proyecto final del mismo, en cumplimiento de las normas vigentes en ésta Universidad para la presentación del proyecto final.

---

Ing. AEGERTER, Claudio Julián

Proyecto de fin de carrera de Ingeniería en Electromecánica de la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional La Rioja presentado por los estudiantes:

- MICOSSI, Emilio Gabriel. - Legajo N° 30 - 4076.
- REYNOSO, Alberto Nicolás - Legajo N° 30 - 4054.

Título del Proyecto:

## **“DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE PLANTA DE PRODUCCIÓN DE MASA DE MOLDEO”**

Docentes de la cátedra:

- Ing. AEGERTER, Claudio Julián.
- Dra. Ing. ALITTA, Mónica.

Tutor del proyecto:

- Ing. GRACIA, Germán Enrique.
- Prof. CORZI, Melanie Abril.

Colaboradores:

- Bioq. JULIÁN, Silvia.
- Ing. ARGAÑARAZ, Félix Daniel.
- Ing. MICOSSI, Carlos Roberto.
- Ing. SIMONE, Dante Agustín.
- Ing. SOSA, Gonzalo.

## Agradecimientos:

Queremos agradecer a Dios y a nuestras familias, fundamentalmente nuestros padres; Carlos y Ester; Alberto y Patricia, y a Susana, quienes nos brindaron su apoyo, confianza, dedicación, motivación y nos guiaron por el camino del estudio, siendo artífices del inicio, desarrollo y finalización de nuestra carrera universitaria.

A nuestros amigos, compañeros, graduados y docentes universitarios que nos acompañaron y transmitieron afectuosamente los conocimientos requeridos para alcanzar la formación profesional y enfrentar el mundo laboral.

A Abril Corzi y Lucía Toledo, que nos han alentado a seguir adelante en este difícil y largo camino, motivándonos para alcanzar el objetivo.

Por último, un agradecimiento especial para el profesor José María Juárez, cuya labor ha sido el puntapié inicial para el desarrollo del proyecto final.

**GRACIAS A TODOS.**

## Contenido:

<b>1. FUNDAMENTACION DEL PROYECTO</b> .....	14
1.1 Situación problemática.....	15
1.2 Objetivos generales.....	15
1.3 Objetivos específicos.....	15
1.4 Alcance del proyecto.....	16
<b>2. ANTECEDENTES</b> .....	18
2.1 Pasos para la elaboración de masa de moldeo.....	19
2.2 Descripción de los componentes intervinientes en la mezcla.....	20
2.3 Efectos de los componentes sobre la masa de moldeo.....	22
2.4 Método actual para la producción de masa.....	23
2.5 Descripción de las máquinas y equipos empleados en el proceso.....	37
2.5.1 Amasadora.....	37
2.5.2 Procesadora.....	49
2.5.3 Línea de envasado.....	50
2.6 Tiempos del proceso actual.....	51
2.7 Comentarios acerca del proceso de producción.....	52
<b>3. SOLUCIÓN PROPUESTA</b> .....	54
3.1 Fundamentación de la solución.....	55
3.2 Revisión de las cantidades de componentes para la elaboración de masa de moldeo.....	55
3.3 Descripción de la solución.....	57
3.4 Metodología para el desarrollo de la solución.....	58
<b>4 DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN</b> .....	59
4.1 <i>Instalación de calentamiento de agua</i> .....	60
4.1.1 Fundamentación teórica.....	60
4.1.1.1 Energía.....	60
4.1.1.2 Energía interna.....	60
4.1.1.3 Mecanismos de transferencia de energía.....	61
4.1.1.4 Calores específicos.....	63
4.1.1.5 Energía interna, entalpía y calores específicos de líquidos.....	64
4.1.1.6 Combustión industrial.....	65
4.1.1.7 Tipos de combustión industrial.....	65
4.1.1.8 Combustión perfecta del gas natural.....	68
4.1.1.9 Exceso de aire.....	69
4.1.1.10 Eficiencia de la combustión.....	69
4.1.1.11 Quemadores de gas natural.....	70
4.1.2 Diseño del tanque de calentamiento.....	71
4.1.2.1 Determinación del volumen de almacenamiento de agua.....	72
4.1.2.2 Selección del material del tanque.....	72
4.1.3 Diseño del sistema de calentamiento de agua.....	73

4.1.3.1	Cálculo de la cantidad de calor a transferir.....	73
4.1.3.2	Selección del quemador.....	75
4.2	<i>Instalación de almacenamiento y alimentación de componentes excipientes.....</i>	81
4.2.1	Fundamentación teórica.....	81
4.2.1.1	Silos de almacenamiento.....	81
4.2.1.2	Criterios de diseño de los silos.....	81
4.2.1.3	Capacidad de almacenamiento volumétrico.....	82
4.2.1.4	Grado de acabado superficial de los silos.....	83
4.2.1.5	Criterios de Jenike para el diseño.....	83
4.2.1.6	Absorbentes de humedad.....	88
4.2.1.7	Tipos de absorbentes de humedad.....	88
4.2.1.8	Características del gel de Sílice (Silicagel).....	89
4.2.1.9	Utilidades del gel de Sílice (Silicagel).....	90
4.2.2	Diseño y selección de los silos de almacenamiento.....	91
4.2.2.1	Datos de los componentes excipientes.....	91
4.2.2.2	Cálculo de la capacidad volumétrica.....	91
4.2.2.3	Selección de los silos de almacenamiento.....	96
4.2.2.4	Comprobación del grado de acabado superficial.....	110
4.2.2.5	Aplicación de los criterios de Jenike.....	110
4.2.3	Diseño del sistema filtrante.....	112
4.2.3.1	Selección del material absorbente de humedad.....	113
4.2.3.2	Selección del dispositivo filtrante.....	114
4.2.4	Diseño del sistema de dosificación de componentes excipientes.....	115
4.2.4.1	Tecnología de dosificación.....	115
4.2.4.2	Dosificación volumétrica y gravimétrica.....	116
4.2.4.3	Selección del dosificador.....	117
4.2.4.4	Diseño de la tolva pesadora y descargadora.....	120
4.3	<i>Instalación de almacenamiento de vaselina y glicerina.....</i>	122
4.3.1	Fundamentación teórica.....	122
4.3.1.1	Tanques de almacenamiento de líquidos.....	122
4.3.1.2	Clasificación de los tanques de almacenamiento.....	122
4.3.1.3	Escalas de almacenamiento.....	123
4.3.1.4	Capacidad de almacenamiento volumétrica.....	123
4.3.1.5	Manipulación y almacenamiento de materiales inflamables.....	124
4.3.1.6	Normas generales para el manejo de líquidos peligrosos.....	124
4.3.1.7	Sugerencias para el acondicionamiento de áreas destinadas al almacenamiento de materiales inflamables.....	125
4.3.1.8	Tanques para almacenamiento de líquidos inflamables o combustibles.....	126
4.3.1.9	Instalación de recipientes dentro de edificios.....	126
4.3.2	Diseño y selección de los tanques de almacenamiento.....	126
4.3.2.1	Cálculo de las capacidades de almacenamiento volumétricas.....	127
4.3.2.2	Selección de los tanques de almacenamiento.....	128
4.4	<i>Instalación de mezclado de vaselina y glicerina.....</i>	132
4.4.1	Fundamentación teórica.....	132
4.4.1.1	Tipos de recipientes.....	132
4.4.1.2	Mezcladores y mezclado.....	133
4.4.1.3	Agitadores de alta velocidad y paletas pequeñas.....	134



4.4.1.4	Agitadores de baja velocidad y paletas grandes.....	135
4.4.1.5	Configuración estándar de un tanque de agitación.....	136
4.4.1.6	Grupos adimensionales para el mezclado.....	139
4.4.1.7	Curvas de potencia.....	141
4.4.1.8	Calentamiento a partir de resistencias eléctricas.....	142
4.4.2	Diseño del recipiente de mezclado.....	144
4.4.2.1	Determinación de la capacidad del recipiente.....	144
4.4.2.2	Selección del material del recipiente.....	145
4.4.3	Diseño del sistema de mezclado.....	146
4.4.3.1	Dimensionamiento del agitador.....	146
4.4.3.2	Determinación de la potencia consumida por el agitador.....	147
4.4.3.3	Selección del motor eléctrico.....	149
4.4.4	Diseño del sistema de calentamiento.....	151
4.4.4.1	Cálculo de la cantidad de calor a transferir.....	152
4.4.4.2	Cálculo de los parámetros eléctricos.....	153
4.4.4.3	Selección de la resistencia eléctrica.....	154
4.5	<i>Instalación de mezclado de agua y componentes excipientes</i> .....	155
4.5.1	Diseño del recipiente de mezclado.....	155
4.5.1.1	Determinación de la capacidad del recipiente.....	155
4.5.1.2	Selección del material del recipiente.....	157
4.5.2	Diseño del sistema de mezclado.....	158
4.5.2.1	Dimensionamiento del agitador.....	158
4.5.2.2	Determinación de la potencia consumida por el agitador.....	159
4.5.2.3	Selección del motor eléctrico.....	161
4.5.2.4	Selección del reductor de velocidad.....	162
4.6	<i>Diseño de estructuras y disposición de elementos</i> .....	165
4.6.1	Estructura exterior.....	165
4.6.2	Estructura interior.....	167
4.6.3	Tanque de calentamiento de agua.....	169
4.6.4	Silos de almacenamiento.....	171
4.6.5	Tolva pesadora.....	172
4.6.6	Tanques de almacenamiento de vaselina y glicerina.....	174
4.6.7	Recipiente de mezclado de vaselina y glicerina.....	175
4.6.8	Recipiente de mezclado de agua y componentes excipientes.....	176
4.6.9	Perspectivas de la planta.....	177
4.6.10	Vistas de la planta.....	178
4.7	<i>Instalación de transporte de fluidos</i> .....	180
4.7.1	Fundamentación teórica.....	180
4.7.1.1	Conductos: tuberías y cañerías.....	180
4.7.1.2	Materiales para cañerías.....	181
4.7.1.3	Medios de unión entre cañerías.....	183
4.7.1.4	Transferencia de calor en cañerías.....	184
4.7.1.5	Transferencia de calor en cañerías aisladas.....	186
4.7.1.6	Radio crítico de aislamiento.....	187
4.7.1.7	Aislación complementaria de bridas y válvulas.....	188
4.7.1.8	Corrosión de cañerías.....	189
4.7.1.9	Influencia de la temperatura en el diseño de cañerías.....	190
4.7.1.10	Soportes para cañerías.....	191

4.7.1.11 Esfuerzos que actúan sobre los soportes.....	195
4.7.1.12 Limitación del movimiento de las cañerías.....	195
4.7.1.13 Juntas de expansión.....	196
4.7.1.14 Cañerías no metálicas.....	196
4.7.1.15 Materiales para cañerías no metálicas.....	197
4.7.2 Canalización de abastecimiento del tanque de calentamiento de agua.....	199
4.7.3 Canalización de abastecimiento del recipiente de mezclado de agua y componentes excipientes.....	200
4.7.3.1 Selección del material del conducto y el aislante térmico.....	200
4.7.3.2 Cálculo de la transferencia de calor.....	201
4.7.4 Canalizaciones de abastecimiento del recipiente de mezclado de vaselina y glicerina.....	203
4.7.5 Canalizaciones de abastecimiento de la amasadora.....	204
4.7.5.1 Selección del material de los conductos y el aislante térmico.....	204
4.7.5.2 Cálculo de las transferencias de calor.....	205
4.8 Bloques funcionales y operaciones de las instalaciones.....	208
4.8.1 Bloques funcionales de procesos industriales.....	208
4.8.2 Instalación de calentamiento de agua.....	209
4.8.3 Instalación de almacenamiento de componentes excipientes.....	210
4.8.4 Instalación de mezclado de agua y componentes excipientes.....	210
4.8.5 Instalación de mezclado de vaselina y glicerina.....	211
4.8.6 Instalación de almacenamiento de vaselina y glicerina.....	212
4.8.7 Instalación de amasado.....	213
4.8.8 Secuencia de operaciones de la planta.....	214
4.9 Sensores, válvulas y actuadores.....	219
4.9.1 Fundamentación teórica.....	219
4.9.1.1 Actuadores electromagnéticos (solenoides).....	219
4.9.1.2 Válvulas.....	223
4.9.1.3 Electroválvulas.....	224
4.9.1.4 Criterios para la selección de una electroválvula.....	225
4.9.1.5 Termostatos.....	227
4.9.1.6 Termostatos para líquidos.....	228
4.9.1.7 Sensores de nivel.....	229
4.9.1.8 Descripción de los tipos de sensores.....	230
4.9.1.9 Medidores de pH.....	231
4.9.1.10 Contactores.....	232
4.9.1.11 Contactor electromagnético.....	232
4.9.2 Diseño del sistema de apertura y cierre de los silos de almacenamiento....	235
4.9.2.1 Selección de la válvula.....	235
4.9.2.2 Selección del actuador electromagnético.....	237
4.9.2.3 Unificación del sistema de apertura y cierre.....	239
4.9.3 Selección de electroválvulas.....	240
4.9.4 Selección de termostatos.....	244
4.9.5 Selección de sensores de nivel.....	247
4.9.6 Selección del medidor de pH.....	248
4.9.6.1 Selección del elemento visor.....	248
4.9.6.2 Selección del electrodo de pH.....	249
4.9.7 Selección de contactores.....	251

4.10 Automatización y control.....	253
4.10.1 Fundamentación teórica.....	253
4.10.1.1 Controlador lógico programable (PLC).....	253
4.10.1.2 Entrada/Salida de un PLC.....	254
4.10.1.3 Programación en escalera o ladder.....	255
4.10.2 Programación lógica.....	256
4.10.2.1 Asignación de entradas.....	257
4.10.2.2 Asignación de salidas.....	257
4.10.2.3 Programación lógica.....	258
4.10.3 Selección del autómatas programable.....	261
4.10.3.1 Módulo base.....	261
4.10.3.2 Módulo de expansión.....	264
4.11 Circuitos eléctricos.....	265
4.11.1 Circuitos de potencia.....	265
4.11.2 Circuitos de mando.....	265
4.11.3 Circuitos de potencia de los mecanismos de fuerza de la planta.....	266
4.11.3.1 Motor eléctrico de la bomba hidráulica de la compuerta de la amasadora.....	266
4.11.3.2 Motor eléctrico del agitador de vaselina y glicerina.....	267
4.11.3.3 Motor eléctrico del agitador de agua y componentes excipientes.....	268
4.11.3.4 Motor eléctrico de las paletas.....	269
4.11.3.5 Motor eléctrico del tornillo sinfín.....	270
4.11.4 Circuito de mando de la planta.....	270
4.12 Tiempos del proceso de producción automatizado.....	272
4.13 Comentarios finales acerca del proceso automatizado.....	273
4.13.1 Reducción de los tiempos previos a la producción.....	273
4.13.2 Reducción de los tiempos de preparación.....	273
4.13.3 Mejora de las condiciones laborales.....	273
4.13.4 Mejor aprovechamiento del personal de la planta.....	273
<b>5. ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROYECTO.....</b>	<b>275</b>
5.1 Introducción al análisis económico.....	276
5.2 Costos de las instalaciones.....	276
5.2.1 Costo de la instalación de calentamiento de agua.....	276
5.2.2 Costo de la instalación de almacenamiento de agua y componentes excipientes.....	277
5.2.3 Costo de la instalación de almacenamiento de vaselina y glicerina.....	277
5.2.4 Costo de la instalación de mezclado de vaselina y glicerina.....	277
5.2.5 Costo de la instalación de mezclado de agua y componentes excipientes.....	278
5.2.6 Costo de las estructuras.....	278
5.2.7 Costo de las instalaciones de transporte de fluidos.....	279
5.2.8 Costo de los sensores, válvulas y actuadores.....	279
5.2.9 Costo del autómatas programable (PLC).....	280
5.2.10 Costos extra o adicionales.....	280
5.2.11 Costo total del proyecto.....	280

<b>6. EJECUCIÓN DEL PROYECTO</b> .....	282
6.1 Introducción.....	283
6.2 Plan de trabajo.....	283
6.3 Descripción de las tareas.....	284
6.4 Requerimientos para la ejecución del proyecto.....	287
6.5 Erogaciones financieras.....	289
6.6 Tiempos de ejecución del proyecto.....	291
6.7 Puesta en servicio de la planta.....	291
<b>7. MANTENIMIENTO DE LA PLANTA</b> .....	292
7.1 Finalidades del mantenimiento.....	293
7.2 Tipos de mantenimiento.....	293
7.3 Metodología para la diferenciación y categorización de las máquinas e instalaciones.....	295
7.4 Política de mantenimiento según la categoría de la máquina.....	297
7.5 Categorización de las instalaciones.....	297
7.5.1 Instalación de calentamiento de agua.....	298
7.5.2 Instalación de almacenamiento y alimentación de componentes excipientes.....	298
7.5.3 Instalación de almacenamiento de vaselina y glicerina.....	299
7.5.4 Instalación de mezclado de vaselina y glicerina.....	299
7.5.5 Instalación de mezclado de agua y componentes excipientes.....	300
7.6 Plan de mantenimiento.....	300
<b>8. ESTUDIO DE IMPACTO DEL PROYECTO</b> .....	302
8.1 Introducción.....	303
8.2 Objetivos del estudio de impacto ambiental.....	303
8.3 Marco legal de referencia.....	303
8.4 Descripción del lugar de trabajo.....	304
8.5 Descripción del proyecto.....	304
8.6 Área de influencia.....	305
8.7 Descripción de los impactos.....	305
8.7.1 Impacto sobre la atmósfera.....	305
8.7.2 Impacto socioeconómico.....	306
8.7.3 Impacto sobre el consumo de agua, aire, combustible y energía eléctrica...306	
8.8 Matriz de impacto ambiental.....	307
8.9 Comentarios finales.....	309
<b>9. CONCLUSIÓN</b> .....	310
<b>10. APÉNDICE</b> .....	312
10.1 Factor de potencia y triángulo de potencia.....	313
10.2 Grado de protección (IP).....	313

<b>11. ANEXO</b> .....	316
11.1 Hojas de seguridad.....	317
11.1.1 Glicerina.....	317
11.1.2 Vaselina.....	322
11.2 Tablas.....	327
11.2.1 Propiedades de líquidos y sólidos.....	327
11.2.2 Índices de corrosión.....	328
11.2.3 Agua saturada. Propiedades en función de la temperatura.....	329
11.2.4 Propiedades de metales sólidos.....	330
11.2.5 Propiedades de materiales aislantes.....	331
11.2.6 Peso específico y ángulo de rozamiento interno de diversas materias.....	332
11.3 Gráficas.....	333
11.3.1 Viscosidad dinámica de algunas sustancias en función de la temperatura.....	333
<b>12. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	334
12.1 Bibliografía general.....	335
12.2 Bibliografía específica.....	337

## SECCIÓN Nº 1 - FUNDAMENTACIÓN DEL PROYECTO

---

### Contenido de la sección:

1.1 Situación problemática.....	14
1.2 Objetivos generales.....	15
1.3 Objetivos específicos.....	15
1.4 Alcance del proyecto.....	16

El presente proyecto tiene como temática central el proceso productivo de la masa de moldeo símil plastilina (figura 1.1), elaborada por la fábrica Modelo, con ubicación en el Parque Industrial de la ciudad de La Rioja.

A lo largo de varias décadas, muchas generaciones han crecido utilizando la masa de moldeo como un medio de recreación, sobre todo los infantes. En base a lo expuesto, la misma es un producto cuyas propiedades han evolucionado paulatinamente hasta lograr ser en la actualidad un juguete muy reconocido y apreciado por el consumidor; razón por la cual su demanda ha crecido con el paso del tiempo.



Fig. 1.1: Masa de moldeo.

Dicha masa se comercializa en la actualidad en una gran cantidad de kits de moldes de plástico para modelar tales como monstruos, mascotas, unicornios, dinosaurios, animales de la granja, animales de la selva, comidas, heladería, pastelería, fábrica, casas, piratas, corazones, etc.

En base a lo expresado, satisfacer las exigencias de un mercado cada vez más competitivo es un desafío muy grande para las empresas que se dedican al rubro de elaboración de masa.

Dicho esto, es necesario buscar constantemente el desarrollo e implementación de nuevas aplicaciones que ayuden a cumplimentar con los mayores estándares de calidad, por tanto este proyecto encuentra su justificación en subsanar las debilidades existentes debido a que el proceso de producción de la masa de moldeo es poco eficiente.

Actualmente el proceso de producción de masa es de tipo manual, con las desventajas asociadas a todo proceso industrial manual, tales como dificultad para obtener una serie de productos con propiedades exactamente iguales, ineficiencia, poco aprovechamiento de los recursos disponibles y exposición por parte de los operarios a tareas peligrosas.

---

## 1.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

---

¿Cómo efficientizar, elevar la capacidad productiva y mejorar las condiciones laborales del sector de producción de masa de moldeo en la industria Modelo de la ciudad de La Rioja?

---

## 1.2 OBJETIVOS GENERALES

---

- 1) Efficientizar el proceso de producción de masa de moldeo.
- 2) Elevar la capacidad productiva de las máquinas vinculadas al sector.
- 3) Mejorar las condiciones de trabajo de los operarios involucrados en el proceso productivo.

---

## 1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

---

- 1) Automatizar parcialmente el área de producción de masa mediante el empleo de un autómatas.
- 2) Modificar las instalaciones existentes.

- 3) Diseñar nuevas instalaciones teniendo en cuenta las posibilidades y limitaciones de la planta.
- 4) Efectuar un análisis de costos asociados a las nuevas instalaciones.
- 5) Establecer una secuencia de acciones con el fin de ejecutar el proyecto.
- 6) Determinar una serie de actividades asociadas al mantenimiento del sector.
- 7) Evaluar los posibles impactos ambientales y socioeconómicos surgidos de la implementación del proyecto.

---

#### **1.4 ALCANCE DEL PROYECTO**

---

El presente proyecto incluye desde los pasos previos a la preparación de la masa de moldeo, hasta el procedimiento de amasado.

El punto de partida será el análisis del proceso aplicado actualmente para evaluar teóricamente distintas alternativas, justificarlas y proponer una resolución integral a la problemática planteada.

Por otro lado, para lograr los objetivos planteados se efectuarán las actividades de estudio teórico, evaluación de posibles alternativas, cálculos, dimensionamiento, selección de materiales, elementos, accesorios y máquinas, cálculo de los costos, determinación de tareas de mantenimiento y la evaluación de los posibles impactos ambientales y socioeconómicos.

Mediante el empleo de diversos elementos, dispositivos y máquinas de construcción y funcionamiento complejo, se logra como resultado obtener una planta parcialmente automatizada capaz de reducir al mínimo la intervención humana.

El presente proyecto involucra en mayor o menor medida las siguientes áreas (con sus respectivas asignaturas) de la Ingeniería Electromecánica:

##### **BÁSICAS:**

- Física II.
- Química General.

##### **MECÁNICA:**

- Conocimiento de Materiales.
- Máquinas y Equipos Industriales.

##### **FLUIDO Y CALOR:**

- Termodinámica Técnica.
- Mecánica de Fluidos y Máquinas Fluidodinámicas.
- Máquinas Térmicas.
- Instalaciones Térmicas, Mecánicas y Frigoríficas.

##### **ELECTRICIDAD:**

- Electrotecnia.
- Automatización y Control Industrial.
- Mantenimiento Electromecánico Industrial.



**GESTIÓN:**

- Higiene y Seguridad Industrial.
- Organización Industrial.

**INTEGRADORA:**

- Ingeniería Electromecánica III.

Asimismo, el presente proyecto incluye principios y fundamentos teóricos asociados a otras ingenierías, ellas son:

- Ingeniería en Electrónica.
- Ingeniería Industrial.
- Ingeniería Química.

## SECCIÓN Nº 2 - ANTECEDENTES

---

### Contenido de la sección:

2.1 Pasos para la elaboración de masa de moldeo.....	19
2.2 Descripción de los componentes intervinientes en la mezcla.....	20
2.3 Efectos de los componentes sobre la masa de moldeo.....	22
2.4 Método actual para la producción de masa.....	23
2.5 Descripción de las máquinas y equipos empleados en el proceso.....	37
2.6 Tiempos del proceso actual.....	51
2.7 Comentarios acerca del proceso de producción.....	52

---

## 2.1 PASOS PARA LA ELABORACIÓN DE MASA DE MOLDEO

---

En esta sección se hace mención de los pasos que componen el proceso de producción de masa de moldeo. Asimismo, se hace referencia a las cantidades de ingredientes que intervienen en dicho proceso y en qué orden de prioridad se efectúa el agregado de ellos.

Cabe aclarar que esta secuencia de pasos con las cantidades indicadas de cada componente está destinada a la producción de cien kilogramos (100 Kg) de masa de moldeo.

A continuación se describen los pasos:

*Paso 1:* Hervir cincuenta y seis litros (56 l) de agua.

*Paso 2:* Calentar la máquina amasadora.

*Paso 3:* Mezclar cinco litros (5 l) de glicerina con cuatro litros (4 l) de vaselina a una temperatura de 60 °C.

*Paso 4:* Introducir cincuenta kilogramos (50 Kg) de harina 0000 en el cubil de la amasadora.

*Paso 5:* En el agua hervida del primer paso, agregar y mezclar los siguientes componentes excipientes.

- 1) Conservante 1 – 300 gr.
- 2) Conservante 2 – 100 gr.
- 3) Acidificante – 500 gr.
- 4) Hidratante 1 – 1000 gr.
- 5) Conservante 3 – 300 gr.
- 6) Emulsionante – 300 gr.
- 7) Hidratante 2 – 1000 gr.
- 8) Conservante 4 - 50 gr.
- 9) Conservante 5 - 300 gr.

*Paso 6:* En la mezcla mencionada en el paso anterior, medir el pH o grado de acidez. Dicho pH debe ubicarse entre el grado 3 y grado 4.

*Paso 7:* Verter las mezclas efectuadas en los pasos 3 y 5 en la amasadora y agregar los siguientes aditivos modificadores de las propiedades físicas del producto final.

- 1) Perfume – 100 ml.
- 2) Colorante – 400 ml.
- 3) Brillo – 300 gr. El agregado de este aditivo es opcional, de acuerdo a la necesidad del cliente.

*Paso 8:* Amasar la mezcla durante un tiempo no menor a quince minutos (15 min).

*Paso 9:* Colocar la masa en la máquina procesadora/Cortadora de tochos (porciones) a fin de fraccionar la masa.

*Paso 10:* Colocar los tochos de masa en potes de plástico con tapa.

---

## 2.2 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES INTERVINIENTES EN LA MEZCLA

---

En la sección 2.1 hicimos la presentación de la secuencia de pasos para elaborar la masa de moldeo. Ahora bien, es necesario establecer una clasificación para cada componente y prestar especial atención a las características de cada uno de ellos. Este análisis es de vital importancia ya que nos proporcionará la información suficiente a fin de establecer técnicas de manipulación, medidas de seguridad y pautas para el diseño de las máquinas, equipos e instalaciones destinadas a la producción.

Los elementos mencionados en la secuencia de pasos de la página anterior pueden clasificarse en tres grupos, de acuerdo a la función que cumplen en la mezcla. Dicha clasificación a saber es la siguiente:

- 1) Componentes Principales:
  1. Harina
  2. Agua
  3. Vaselina
  4. Glicerina
- 2) Componentes Excipientes:
  1. Conservante 1
  2. Conservante 2
  3. Acidificante
  4. Hidratante 1
  5. Conservante 3
  6. Emulsionante
  7. Hidratante 2
  8. Conservante 4
  9. Conservante 5
- 3) Componentes aditivos:
  1. Perfume
  2. Colorante
  3. Brillos

Los **componentes principales** son aquellos que forman la base de la mezcla, es decir aquellos que otorgan volumen y cantidad de materia. Asimismo, brindan ciertas propiedades iniciales que posteriormente serán mejoradas con el agregado de los excipientes.

*Harina:* es un polvo fino que se obtiene a partir del procesamiento de sustancias ricas en almidón.

*Agua:* es una sustancia que a temperatura ambiente (27°C) se encuentra en estado líquido. Es de baja viscosidad.

*Vaselina:* es una mezcla de hidrocarburos saturados que se obtiene a partir del refinado del petróleo. A temperatura ambiente se encuentra en estado líquido.

*Glicerina:* también llamada glicerol, es un alcohol líquido que se obtiene a partir de vegetales, tiene textura viscosa e inodora y se utiliza como humectante debido a sus propiedades hidratantes. A temperatura ambiente se encuentra en estado líquido.

Los **componentes excipientes** son sustancias que al ser introducidas en la mezcla otorgan o modifican determinadas propiedades químicas que impactan en el producto final. Los componentes excipientes son por ejemplo, conservantes, acidificantes, neutralizadores, estabilizadores, etc. En este caso hacemos foco sobre los conservantes, acidificantes, emulsionantes e hidratantes.

*Conservante 1:* es un polvo granulado blanquecino que presenta importantes propiedades bactericidas (resistencia al ataque bacteriológico) y fungicidas (resistencia al ataque contra hongos y mohos). Este primer conservante es altamente eficiente frente a mohos, y debido a su moderada eficiencia respecto a otros conservantes, debe utilizarse en mayor cantidad comparativamente.

*Conservante 2:* es un polvo de iguales características físicas que el primer conservante. A diferencia del anterior, este componente presenta mayor efectividad frente al ataque de levaduras. Asimismo, se utiliza en menor proporción que el primer conservante comparativamente.

*Acidificante:* es un polvo granulado blanquecino que puede encontrarse en frutas cítricas y también puede producirse a partir de la fermentación de azúcares. Este componente es altamente higroscópico (absorbe humedad) y soluble en agua, alcohol y etanol.

*Hidratante 1:* es un compuesto químico inorgánico de textura granallada (granos) y color blanquecino. Dichas granallas pueden molerse para obtener un fino polvo.

*Conservante 3:* es un polvo fino de color blanco. Este componente tiene grandes propiedades antisépticas, antifúngicas (protección contra el desarrollo de hongos) y bacteriostáticas. Es importante mencionar que debemos tener precaución a la hora de mezclar los componentes ya que si esta sustancia se combina con vitamina C (presente en el acidificante) da lugar a benceno, una sustancia aromática altamente cancerígena.

*Emulsionante:* esta sustancia es un agente estabilizante en emulsiones. Se utiliza en estado sólido, escamoso o granallas blancas y tiene olor característico a grasa.

*Hidratante 2:* es una sal no oxigenada, compuesto inorgánico de textura sólida granulada color blanco. Se utiliza para absorber y retener la humedad del agua evitando resequeidad de la masa.

*Conservante 4:* es una sal conservante que limita, retarda o previene la proliferación de microorganismos. Combinado con los conservantes anteriores tiene un efecto favorable en la preservación del producto final. Se encuentra en estado sólido y puede triturarse para utilizarse como polvo fino. Al igual que los excipientes anteriores es de color blanco.

*Conservante 5:* es una sal que introducida en la mezcla confiere propiedades conservantes y permite la prolongación de la vida útil del producto final. Esto se debe a que presenta características inhibitorias del crecimiento de hongos y mohos. Se encuentra físicamente como polvo blanco símil azúcar impalpable.

Los **componentes aditivos** son aquellos que modifican las propiedades físicas del producto final sin provocar efectos químicos. El agregado de estas sustancias está destinado a la variación de las propiedades asociados al aspecto sensitivo. Dichos componentes son perfume, colorante y brillo.

*Perfume:* esta sustancia en estado líquido se agrega en la mezcla sin producir modificaciones en su composición química.

*Colorante:* también se agrega en estado líquido a la mezcla sin producir modificaciones en su composición química. Los colores de este componente pueden ser rojo, azul, amarillo, verde, naranja o marrón.

*Brillo:* se agrega a la mezcla en estado sólido. Al efectuarse el amasado el brillo no se disuelve, es decir se conserva en forma de sólidos de pequeño tamaño.

### 2.3 EFECTOS DE LOS COMPONENTES SOBRE LA MASA DE MOLDEO

En la sección 2.2 establecimos una clasificación general de los componentes intervinientes en la producción de masa de moldeo. Ahora corresponde vincular las propiedades de cada compuesto con los efectos que produce su introducción en la mezcla.

A continuación se presentan tres tablas, una para cada clasificación de componente, recordando que dicha clasificación es en principales, excipientes y aditivos.

*Componentes Principales:*

Componentes Principales	Efectos sobre la masa de moldeo
Harina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confiere volumen.</li> </ul>
Agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confiere volumen combinándose con la harina.</li> </ul>
Vaselina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confiere propiedades humectantes.</li> <li>• Combinándose con el agua permite que la humedad no se desprenda de la mezcla</li> <li>• Otorga propiedades humectantes. Combinándose con el agua, permite que la humedad no se desprenda de la mezcla.</li> <li>• Evita el resecado de la masa.</li> </ul>
Glicerina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confiere propiedades elásticas.</li> <li>• En combinación con la glicerina, permite la formación de una capa superficial humectada.</li> <li>• Favorece la conservación a lo largo del tiempo.</li> </ul>

*Componentes Excipientes:*

Componentes Excipientes	Efectos sobre la masa de moldeo
Conservante 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evita en mayor medida la proliferación de mohos (fungicida).</li> <li>• Evita e menor medida la proliferación de hongos.</li> <li>• Evita la propagación y proliferación de bacterias (bactericida).</li> </ul>
Conservante 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evita en gran medida la proliferación de levaduras.</li> </ul>
Acidificante	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es un regulador de la acidez. Mantiene el pH de 3 a 4 para que no proliferen la flora microbiana.</li> <li>• Confiere propiedades antioxidantes.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actúa en menor medida como conservante.</li> </ul>
Hidratante 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retiene el agua para mantener la humedad de la mezcla.</li> </ul>
Conservante 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En combinación con los conservantes anteriores confiere propiedades antisépticas, anti fúngicas y bacteriostáticas.</li> </ul>
Emulsionante	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Favorece el mezclado y unión de todos los componentes.</li> </ul>
Hidratante 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Favorece la absorción de la humedad del agua.</li> <li>• Mejora la capacidad de retención de humedad por parte de la mezcla.</li> <li>• Evita el resecado de la masa.</li> </ul>
Conservante 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prolonga la vida útil del producto final.</li> </ul>
Conservante 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retarda el crecimiento de hongos y mohos.</li> </ul>

*Componentes Aditivos:*

Componentes Aditivos	Efectos sobre la masa de moldeo
Perfume	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aromatizante, confiere olor agradable.</li> </ul>
Colorante	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produce la coloración de la masa.</li> </ul>
Brillo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confiere aspecto brillante.</li> </ul>

Es importante destacar que la implementación de cada componente en su proporción justa tiene un determinado efecto sobre el producto final.

Como pudimos ver, hay cinco conservantes diferentes y la gran mayoría de ellos cumplen objetivos similares. Esto nos llevaría a pensar la posibilidad de retirar un componente y aumentar la proporción de otro, pero hacer esto sería una práctica incorrecta ya que todos los conservantes trabajan en conjunto y sus propiedades se ven potenciadas mutuamente.

La cantidad de componentes y dosis adecuada de ellos surge de muchos experimentos, análisis del producto final en controles de calidad y sugerencias de clientes. Es un complejo proceso de prueba y error donde constantemente se va perfeccionando la receta.

Otro aspecto a tener en cuenta es que la masa de moldeo está destinada al uso de niños. Este punto exige mayor calidad en el producto, mejor capacidad de preservación y baja o nula toxicidad. Lo referido a la toxicidad encuentra su justificación en que existe probabilidad de ingestión de la masa, y ésta no debe ocasionar daños al organismo.

Finalmente, el agregado de componentes aditivos se efectúa como dijimos antes, para conferir propiedades asociadas a lo sensitivo. Un niño encuentra de mejor agrado el entretenimiento con un producto colorido, aromatizado y brillante.

---

## **2.4 MÉTODO PARA LA PRODUCCIÓN DE MASA DE MOLDEO**

---

En el inicio de la sección 2 hicimos la presentación y descripción de la secuencia de pasos para producir cien kilogramos (100 Kg) de masa de moldeo. Ahora bien, dicha secuencia puede llevarse a cabo de forma manual o automática.

Actualmente la fábrica Modelo cuenta con un método manual para elaborar la masa. A continuación se describen detalladamente los pasos, como se efectúa cada uno de ellos y con qué instalaciones, máquinas y/o accesorios cuenta la planta.

### **Paso 1: Calentamiento del Agua.**

El calentamiento del agua se efectúa durante 30 minutos aproximadamente hasta alcanzar el hervor.

En la figura 2.1 se muestra una fotografía de la instalación exterior destinada al calentamiento del agua. Como podemos ver, dicha instalación consiste en un soporte con quemador a gas. Sobre el quemador se coloca una olla metálica, recipiente en el cual se calentará el agua.

La olla de calentamiento posee una conexión para el abastecimiento de agua corriente y otra conexión (frontal) para la descarga del agua hervida. Asimismo, la fuente de combustible para el funcionamiento del quemador es un tubo de gas (Garrafa) de 45 kg de capacidad.

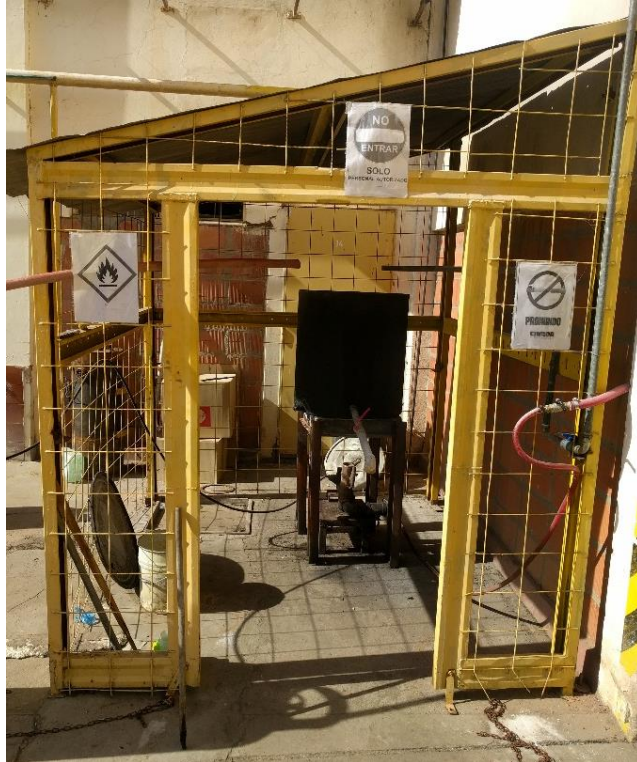


Fig. 2.1: Instalación de calentamiento de agua.

Cabe destacar que esta instalación se encuentra protegida de la intemperie por un techo y una estructura enrejada. Asimismo, la instalación cuenta con las señales de advertencia correspondientes a peligro de incendios.

La figura 2.2 corresponde a una fotografía del tanque de combustible. El abastecimiento del quemador se efectúa mediante un tanque de gas de 45 kg de capacidad. Dicho tanque se encuentra fuera del perímetro del quemador y la conexión a éste se hace mediante una manguera especial para gas a alta presión. La instalación destinada a calentar el agua se ubica en la parte exterior de la planta, a una distancia aproximada de diez metros (10 m) de la zona de amasado.



Fig. 2.2: Tanque de Combustible.

Los pasos para calentar el agua son los siguientes:

- Abrir el grifo de carga de la olla.
- Abrir la válvula de la garrafa y encender el quemador.
- Una vez hervida el agua, apagar el quemador.



## Paso 2: Calentamiento de la Amasadora.

Una condición esencial para obtener una masa de calidad al final del proceso es mantenerla caliente en todo momento. De modo que debe calentarse el cubil de la amasadora para lograr una temperatura óptima durante el mezclado.

### ➤ Descripción de la Amasadora:

La figura 2.3 corresponde a una fotografía de la amasadora empleada en el proceso de producción de masa. Como podemos ver, la máquina consiste en un gran depósito metálico montado sobre un soporte o bastidor de madera.



Fig. 2.3: Vista frontal de la amasadora.

En su interior se encuentran las paletas y el tornillo sinfín. Las

paletas son quienes se encargan de amasar la mezcla y el tornillo sinfín es el mecanismo que impulsa el producto a salir de la máquina por una boquilla ubicada a la izquierda.

Para hacer una descripción general sin mayor profundización diremos lo siguiente:

- Las paletas batidoras son impulsadas por una cadena cinemática compuesta por un motor eléctrico, un reductor de velocidad y cinco correas trapezoidales en paralelo.
- El tornillo sinfín que tiene dos velocidades es impulsado por una cadena cinemática compuesta por un motor eléctrico, un reductor de velocidad y una cadena.
- La compuerta de carga ubicada en la parte superior de la máquina se acciona por un cilindro hidráulico. Asimismo, el sistema hidráulico consiste en una bomba hidráulica impulsora de aceite, un depósito de aceite y un conjunto de válvulas.
- El cubil de la máquina tiene dos conexiones, una para la entrada de agua y otra para la salida. Esta agua se calienta y es la que produce la elevación de la temperatura en el cubil de la máquina.
- En la parte inferior de la máquina se ubican tres resistencias calefactoras. A través de dichas resistencias circula corriente y por efecto Joule (disipación de energía en forma de calor) se libera calor que es absorbido por el agua que eleva su temperatura.
- La máquina dispone de un conjunto de termostatos ubicados convenientemente para monitorear permanentemente la temperatura del tornillo sinfín y del cubil.
- La máquina posee una boquilla de salida equipada con un sistema neumático de cilindro y cuchilla para efectuar el corte del material.

- Un tablero de comandos y luces piloto es el punto central para la operación de la máquina. Desde ahí se comandan inicios, paradas, aperturas y cierres de compuerta, etc.

En los ítems anteriores hicimos una breve reseña de cada mecanismo de la máquina y sus accesorios auxiliares. En cada paso del proceso de producción de masa hay intervención de una determinada parte o cadena cinemática de la máquina, es por ello que solo hicimos una breve mención ya que al transcurrir el desarrollo de cada paso haremos una descripción específica de las diferentes partes de la máquina que nos interesen.

Dicho esto, haremos la descripción específica del sistema de calentamiento de la máquina.



Fig. 2.4: Equipo auxiliar para calentamiento de la máquina.

El calentamiento de la amasadora se efectúa mediante tres resistencias colocadas en su parte inferior, como podemos ver en la figura 2.4. Estas tres resistencias emiten calor cuando circula corriente eléctrica a través de ellas (liberación de calor por efecto Joule). Asimismo, podemos ver que entre la primera y segunda resistencia de izquierda a derecha, se encuentra el punto de conexión para el

termostato que es el elemento de medición de la temperatura del agua. Cada resistencia posee una conexión cableada hasta un tablero de comandos.

La tarea de calentamiento lleva un tiempo aproximado de veinte minutos (20 min) y las temperaturas de operación a alcanzar son las siguientes:

- Cubil: 80 °C.
- Tornillo Sinfín: 65 °C.

Una vez alcanzada la temperatura de trabajo ésta se conserva durante toda la jornada de producción.

Es importante mencionar que la tarea de calentamiento es necesaria ya que el cubículo donde se realizará el amasado debe estar a una temperatura óptima para favorecer el mezclado.

### **Paso 3: Mezclado de Glicerina y Vaselina.**

Mientras se dio inicio al calentamiento del agua según lo descrito en el primer paso y se encendió el sistema de calentamiento de la amasadora de acuerdo al segundo paso, se da inicio a la tercera tarea, que es el calentamiento de la vaselina y la glicerina.

Según lo expresado en la sección 2.1 se requiere el mezclado de cinco litros de glicerina con cuatro litros de vaselina.

➤ Aprovechamiento de vaselina y glicerina:

Tanto la vaselina como la glicerina deben almacenarse en lugares cerrados y alejados de la planta por cuestiones de seguridad, de modo que en el interior de la planta sólo puede haber pequeñas cantidades fraccionadas.

El aprovisionamiento tanto de vaselina como glicerina se efectúa mediante tanques.



Fig. 2.5: Tanque de Vaselina.

En la figura 2.5 podemos ver una fotografía de un tanque plástico con capacidad de 250 kg de vaselina líquida.

A continuación mencionamos los siguientes datos relevantes:

- Proveedor: VASEPLUS S.A.
- Producto: vaselina líquida, también llamada aceite mineral blanco o parafina líquida.
- Peso neto: 250 Kg.
- Peso bruto: 259 Kg.
- Fecha de envasado: marzo de 2019.
- Fecha de vencimiento: marzo de 2021.
- No inflamable, no corrosivo, no tóxico.

Asimismo, en la hoja de seguridad que se anexa en la sección 11 se presentan más detalles sobre este compuesto. En dicha hoja de seguridad aparece la

siguiente gráfica (fig. 2.6) que consideramos de gran importancia:

NFPA son las siglas de la “Asociación Nacional de Protección contra el Fuego”. Dicha organización emite una clasificación de distintos tipos de peligros y los califica según grados. Como podemos ver en la figura 2.7 se define cada grado de peligrosidad.

- Rombo Celeste: riesgo para la salud.
- Rombo rojo: potencial de inflamabilidad.
- Rombo amarillo: nivel de reactividad.
- Rombo blanco: riesgos especiales.

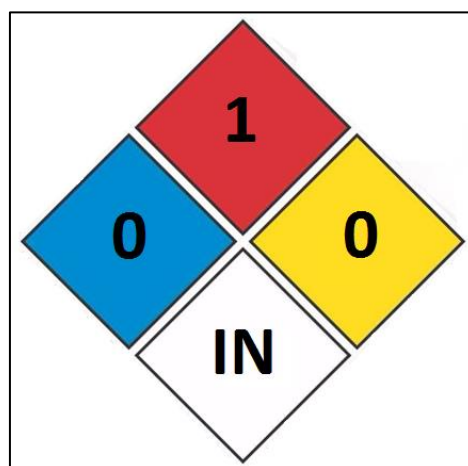


Fig. 2.6: Clasificación NFPA para la Vaselina.

Para el caso de la glicerina podemos decir que estable (respecto a reactividad), es combustible si se calienta (respecto a la inflamabilidad), es un material normal (respecto a riesgos a la salud) y es un compuesto inocuo, es decir no afecta a la salud.

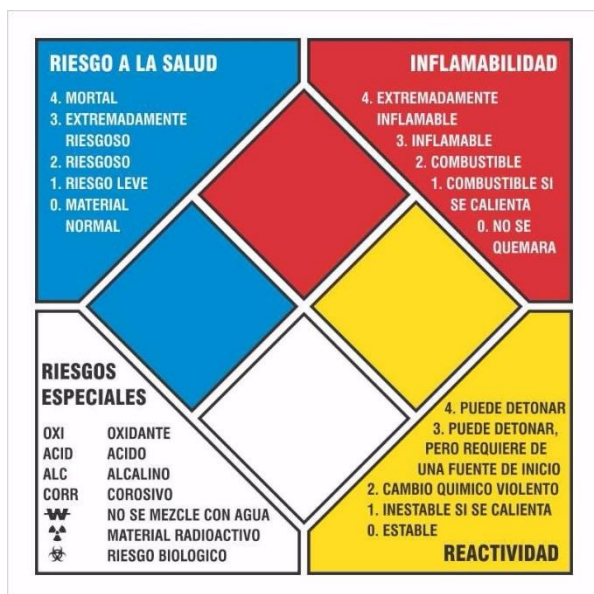


Fig. 2.7: Clasificación de riesgos según NFPA.

En la figura 2.8 podemos ver una fotografía correspondiente al tanque de glicerina. Asimismo vemos que la clasificación NFPA es similar a la de la vaselina.

A continuación mencionamos los siguientes datos relevantes:

- Proveedor: VASEPLUS S.A.
- Producto: glicerina pura.
- Fecha de envasado: diciembre de 2018.
- Fecha de vencimiento: diciembre de 2020.
- No inflamable, no corrosivo, no tóxico.
- Producto inocuo.



Fig. 2.8: Tanque de Glicerina.

En la sección 11 se anexa la hoja de seguridad correspondiente a la glicerina.

Ahora bien, dijimos que por exigencias de seguridad no pueden almacenarse los tanques de vaselina y glicerina en el interior de la planta, de modo que se ubican en una zona alejada. Atrás de la planta se encuentran los depósitos, a una distancia mayor a 50 metros del área de producción. Esto obliga a los operarios a fraccionar los líquidos, de manera que deben cargar bidones plásticos de cinco litros (5 l) con vaselina y glicerina y llevarlos al interior de la planta, que son las cantidades a utilizar para elaborar la masa.

En la figura 2.9 se muestran los bidones de cinco litros destinados al transporte de vaselina y glicerina al interior de la planta.



Fig. 2.9: Bidones para vaselina y glicerina.

Estos bidones vacíos se almacenan bajo una mesada de acero inoxidable con lavamanos.

➤ Operación de mezclado:

Anteriormente hicimos una explicación detallada del aprovisionamiento y fraccionamiento de los fluidos en cuestión. Ahora bien, lo que sigue es la explicación de cómo se efectúa el mezclado de ellos.

Se colocan cinco litros de glicerina y cuatro litros de glicerina en el interior de una olla provista con resistencias eléctricas como podemos ver en la figura 2.10. A través de las resistencias se hace circular corriente eléctrica para que se libere calor por efecto Joule, el cual incidirá en el interior de la olla produciendo el calentamiento de las sustancias mencionadas en este punto. El dispositivo de calentamiento se calibra de tal manera que la temperatura sea de 60 °C.



Fig. 2.10: Olla de mezclado.

Una vez que se calentó la olla se vierten la vaselina y glicerina e inmediatamente comienza la tarea de mezclado a fin de obtener un fluido totalmente homogéneo. Esta labor se efectúa manualmente con una espátula durante un tiempo no mayor a cinco minutos (5 min).

Es importante aclarar que el mezclado se lleva a cabo a 60 °C ya que a una temperatura mayor comienza la inflamación de la glicerina, y en casos de mayores temperaturas se produce la ignición automática y posterior combustión.

**Paso 4: Colocación de harina en la amasadora.**

Una vez que el interior de la amasadora alcanzó la temperatura de trabajo de acuerdo al segundo paso, se abre la compuerta de carga.

La figura 2.11 corresponde a una fotografía tomada de la parte trasera de la amasadora. Ahí podemos ver el sistema hidráulico para la apertura de la compuerta de carga.

Dicho sistema hidráulico se compone de los siguientes elementos que pueden verse en las figuras 2.11 y 2.12:



Fig. 2.11: Vista trasera de la amasadora.

- Depósito hidráulico: es donde se almacena el aceite (fig. 2.12).
- Motor eléctrico: mueve la bomba hidráulica que impulsa el aceite (fig. 2.12).
- Válvulas: se utilizan para direccionar el flujo hidráulico (fig. 2.12).



Fig. 2.12: Depósito, Motor eléctrico de la bomba hidráulica, Válvula Direccional y Manómetro.

- Conjunto pistón y cilindro: es quien se encarga efectivamente de abrir y cerrar la compuerta (fig. 2.11).
- Mangueras de conexión: son quienes conectan la salida (impulsión) de la bomba con las entradas y salidas al conjunto pistón y cilindro (fig. 2.11).
- Manómetro medidor de presión (fig. 2.12).

La finalidad de utilizar mecanismos hidráulicos es ejercer grandes esfuerzos. Esto radica en que la compuerta es demasiado pesada y su apertura manual es una tarea que requiere esfuerzos humanos excesivos y en algunos casos es prácticamente irrealizable, de manera que la implementación de un mecanismo pistón/cilindro y el uso de un fluido hidráulico incompresible para transmisión de fuerza reduce el esfuerzo del operario que solo se limita comandar un botón.

Una vez abierta la compuerta de carga de material, se lleva a cabo la colocación de la harina. Como vimos en la sección 2.1 la cantidad de harina a colocar son 50 Kg.

La harina 0000 se conserva en la planta en bolsas o sacos de 50 Kg. Cuando se está por llevar a cabo este paso dos operarios trasladan la bolsa y la colocan en el interior de la amasadora.



Fig. 2.13: Interior de la amasadora. Detalle de las paletas.

Una vez colocada la bolsa en el interior de la máquina rompen el saco y lo retiran dejando caer la harina sobre las paletas.

En la figura 2.13 podemos ver el cubil de la máquina y el detalle de las paletas encargadas del amasado. Dichas paletas mezcladoras tienen terminaciones en punta para favorecer el rompimiento de la mezcla y mejorar la calidad de amasado.

### **Paso 5: Mezclado de agua hervida con componentes excipientes.**

Una vez hervida el agua de acuerdo a lo explicado en el primer paso se abre un grifo colocado en la olla, con lo cual el líquido se vierte a un recipiente de plástico provisto de manijas (fig. 2.14), el cual (con su contenido) se traslada sobre un carro con ruedas al interior de la planta.

En dicho recipiente se colocan los componentes excipientes:

- Conservante 1 - 300 gr.
- Conservante 2 - 100 gr.
- Acidificante - 500 gr.
- Hidratante 1 - 1000 gr.
- Conservante 3 - 300 gr.
- Emulsionante - 300 gr.
- Hidratante 2 - 1000 gr.
- Conservante 4 - 50 gr.
- Conservante 5 - 300 gr.



Fig. 2.14: Recipiente para mezcla de agua con componentes excipientes.

Una vez colocados estos químicos en el recipiente con agua hervida se procede a efectuar el mezclado de los mismos.

Dicho mezclado se hace de forma manual con un remo de madera.

La operación manual de mezclado lleva un tiempo de aproximadamente cinco minutos (5 min), y la mezcla se efectúa a medida que los componentes se van introduciendo en el agua.

Aquí es importante destacar el porqué del agua hervida. El primer conservante en mayor medida y el segundo en menor medida necesitan de altas temperaturas para disolverse en el agua, es por esto que el agua debe alcanzar el punto de ebullición.

➤ Aprovechamiento de componentes excipientes:



Fig. 2.15: Botes de polvos químicos.

Los componentes excipientes (llamados comúnmente polvos químicos) son adquiridos en botes (tachos) de cartón. En la figura 2.15 podemos ver la forma de dichos botes o recipientes. Todos estos polvos químicos son posteriormente fraccionados en pequeñas bolsas de acuerdo a la cantidad necesaria en la mezcla y se clasifican con la finalidad de agilizar el proceso de producción.

En la figura 2.16 podemos apreciar las bolsas amarillas con los polvos químicos fraccionados y clasificados en cajas diferentes, como dijimos anteriormente, para agilizar este paso de mezcla.



Fig. 2.16: Polvos químicos fraccionados.

#### Paso 6: medición del pH o grado de acidez.



Fig. 2.17: Medidor del pH.

Una vez efectuada la mezcla del agua hervida con los componentes excipientes conforme al paso 5, acto seguido se mide el grado de acidez de la solución. La figura 2.17 corresponde a una fotografía del medidor del grado de acidez utilizado en el proceso.

La medición del grado de acidez consiste en extraer una porción de la cinta enrollada en el medidor e introducirla en la mezcla descrita en el paso 5. Los químicos existentes en la mezcla harán la reacción con el colorante inserto en la cinta, y de acuerdo al nivel de coloración que se presente en ésta, será el grado de acidez. Para que la mezcla esté en óptimas condiciones la coloración de la cinta debe estar entre rojo claro y naranja oscuro, lo que corresponde a un grado de pH de 3 a 4.

#### Paso 7: Colocación de Mezclas en amasadora y agregado de aditivos.

Una vez medido el pH de la mezcla descrita en el quinto paso, se procede a verter en el cubil de la amasadora las mezclas efectuadas de acuerdo al tercer y quinto paso. El vertido de dichas mezclas se efectúa de forma manual.

A continuación se adicionan los componentes aditivos que, de acuerdo a lo planteado en la sección 2.1 y 2.2 son:

- Perfume - 100 ml.
- Colorante - 400 ml.
- Brillo - 300 gr.

La colocación de perfume y colorante se hace para mejorar las características físicas del producto final. Ambos agregados son necesarios, pero el agregado de brillo es opcional, efectuándose cuando es necesario obtener masa brillante.

El agregado o no de brillo, al igual que la selección del color queda a criterio y decisión del jefe de producción, el cual basará su decisión en estrategias de demanda.

En la figura 2.18 podemos ver una fotografía del estante para el almacenamiento de los aditivos. En el nivel superior se halla una caja donde están almacenadas las botellas de perfume, en los niveles intermedios tenemos los bidones con colorantes donde a simple vista se distinguen las diferentes coloraciones. Y en el



Fig. 2.18: Estante para almacenamiento de componentes aditivos.



nivel inferior se encuentran los baldes blancos y bolsas, ambos donde se almacena el brillo.

### **Paso 8: Amasado.**

En este punto de la secuencia de pasos, todos los ingredientes (componentes principales, componentes excipientes y componentes aditivos) que conforman la masa de moldeo ya han sido introducidos en el cubil de la amasadora, máquina donde se llevará adelante el mezclado.

Habiendo finalizado el proceso de carga de la amasadora se procede al cierre de la compuerta hidráulica para dar inicio al amasado.

#### ➤ Descripción del mecanismo de amasado:

Aquí consideramos hacer una breve descripción de las máquinas y elementos de máquinas que integran el sistema de amasado. Como dijimos en el segundo paso de esta misma sección, las paletas batidoras son impulsadas por una cadena cinemática compuesta por un motor eléctrico, un reductor de velocidad y cinco correas trapezoidales en paralelo. Dicho sistema para la alimentación de las paletas se puede ver en la figura 2.19, y podemos distinguir lo siguiente:

- La carcasa gris corresponde al motor eléctrico.
- A la izquierda tenemos el grupo de correas cubiertas por una guarda metálica color blanco, y podemos ver la polea.
- La carcasa verde corresponde al reductor de velocidad.
- A la salida del reductor de velocidad (a la derecha) tenemos el eje que transmite el movimiento a las paletas.



Fig. 2.19: Cadena Cinemática del Sistema de Paletas de la Amasadora.

Como dijimos al inicio de este paso, una vez introducidos todos los ingredientes se cierra la compuerta de carga para dar inicio al amasado. Para ello se enciende el sistema de paletas y se programa el tiempo con un mecanismo temporizador. El tiempo de amasado debe ser quince minutos exactamente. Cabe aclarar que si el tiempo es menor al mencionado la masa tendrá consistencia demasiado sólida, y si el tiempo de amasado excede al mencionado la masa tendrá consistencia demasiado elástica. Cualquiera de las dos condiciones dichas anteriormente puede ser causal de rechazo del producto por parte del cliente.

En la fase de amasado debe tenerse en cuenta la temperatura de la mezcla, para ello se lleva a cabo el segundo paso correspondiente a calentar la máquina. Asimismo, es vital que el amasado se efectúe con la compuerta cerrada ya que esta logra un ambiente

hermético y evita que el vapor de la mezcla caliente se desprenda disminuyendo la humectación de la masa.

El resultado final del amasado será obtener una pasta uniforme con el color, olor y propiedades deseadas.

### **Paso 9: Colocación de la masa en la máquina fraccionadora y corte de tochos.**

Una vez completado el tiempo de amasado según lo detallado en el octavo paso, se detiene el sistema de paletas y se enciende el sistema del tornillo sinfín, que es quien impulsará la mezcla a salir de la amasadora a través de una boquilla de diámetro calibrado.

#### ➤ Descripción del mecanismo del sinfín:

Aquí consideramos hacer una breve descripción de las máquinas y elementos de máquinas que integran el sistema del sinfín.

En la figura 2.20 podemos ver el grupo motor-reductor del sinfín. A la izquierda la carcasa azul corresponde al reductor de velocidad y la carcasa de la derecha corresponde al motor eléctrico.



Fig. 2.20: Grupo Motor-Reductor del Sinfín.

En la figura 2.21 podemos ver una fotografía de la cadena, elemento de máquina destinado a la transmisión de potencia mecánica.

Dicha cadena vincula mecánicamente la salida del reductor de velocidad con una polea acoplada al eje del tornillo sinfín.



Fig. 2.21: Cadena de Transmisión del sinfín.

Cuando se enciende el motor eléctrico desde el tablero de mando, comienza a funcionar el tornillo sinfín. Cabe mencionar que dicho tornillo posee dos opciones de velocidad de rotación.

Una vez iniciado el movimiento del tornillo sus hélices atrapan la masa y la impulsan a salir a través de una boquilla de sección calibrada, como podemos ver en la figura 2.22.



Fig. 2.22: Boquilla de salida de material.

Analizando la figura 2.22 correspondiente a una fotografía de la boquilla de salida, podemos ver cuatro orificios de menor tamaño que el empleado para el egreso de masa. Estos orificios originalmente se encontraban ocupados por un conjunto de pernos y tuercas que sujetaban el dispositivo de corte.

➤ Descripción del dispositivo de corte:



En la figura 2.23 podemos ver una fotografía del mecanismo para el corte de la masa. Dicho mecanismo consiste en un conjunto neumático cilindro-vástago. En el extremo del vástago se acopla una cuchilla de corte que, como podemos ver posee filo para efectuar el corte de la masa en recorrido saliente y entrante del vástago.

Fig. 2.23: Conjunto cilindro-vástago con cuchilla.

Este mecanismo trabajaba en conjunto con una válvula neumática ubicada en el bastidor de la amasadora. Dicha válvula se comanda eléctricamente.

La figura 2.24 corresponde a una fotografía tomada de la parte trasera de la amasadora. Aquí podemos ver la válvula neumática con mando eléctrico. Como dijimos anteriormente, este mecanismo no se está utilizando en la actualidad para el fraccionamiento de la masa.



Fig. 2.24: Válvula neumática.

Continuando con lo expuesto en el párrafo anterior, el mecanismo de corte de masa no se utiliza ya que la boquilla de salida de material está a una altura demasiado baja y no hay una instalación adecuada para la elevación del material dado que la línea de envasado se encuentra a mayor altura.

➤ Colocación de la masa en la máquina fraccionadora:

Por lo expuesto anteriormente recalcamos que no puede llevarse a cabo el fraccionamiento del producto a la salida de la amasadora, de manera que se emplea otra máquina procesadora llamada comúnmente choricera.



Fig. 2.25: Procesadora (Choricera).

En la figura 2.25 correspondiente a una fotografía de la máquina procesadora podemos distinguir las siguientes partes de derecha a izquierda:

- Motor eléctrico (carcasa roja con envoltura de papel).
- Acoplamiento para reductor.
- Reductor de velocidad.
- Zona de procesamiento.
- Salida de material.



Fig. 2.26: Vista frontal de la Procesadora.

La figura 2.26 corresponde a otra vista donde se puede apreciar con más detalle la curvatura y boquilla de salida de masa. En esta salida se ubica un dispositivo neumático de corte similar al

desmontado de la salida de la amasadora. A continuación se muestra una fotografía (fig. 2.27) del dispositivo de corte aquí mencionado:



Fig. 2.27: Dispositivo de corte acoplado a la boquilla de salida de la Procesadora.

El dispositivo de corte se compone de un actuador neumático (cilindro-vástago) con acoplamiento de cuchilla. Asimismo, podemos ver las mangueras celestes que son las conexiones para la entrada y salida del aire comprimido del cilindro. Este dispositivo es el encargado del fraccionamiento de la masa terminada.

### **Paso 10: Envasado del producto.**

Una vez fraccionada la masa en la procesadora de acuerdo a lo descrito en el paso anterior, se efectúa el envasado de la masa de moldeo.

A la porción de masa (llamada comúnmente tocho) se la coloca en el interior de un recipiente de plástico que posteriormente será tapado. Para realizar esto se utiliza una cinta transportadora con zonas rígidas laterales a ella (figura 2.28) donde el operario lleva a cabo las tareas mencionadas. Una vez colocado el tocho en el vaso, se coloca la tapa y finalmente el pote se introduce en una caja.



Fig. 2.28 Área de Envasado.

---

## 2.5 DESCRIPCIÓN DE LAS MÁQUINAS Y EQUIPOS INTERVINIENTES EN EL PROCESO PRODUCTIVO

---

En la sección 2.4 hicimos una explicación detallada del proceso de elaboración de masa de moldeo. Asimismo, en pocas líneas y sin mayor profundización describimos el funcionamiento de las máquinas y los equipos que participan en el proceso productivo.

En esta sección 2.5 profundizaremos con un enfoque técnico los siguientes puntos para las máquinas amasadora y procesadora:

- Función en la línea productiva.
- Órganos mecánicos para la transmisión de movimiento.
- Elementos accesorios.
- Datos característicos.
- Funcionamiento.

Posteriormente analizaremos el tablero de comandos y señalizaciones.

---

### 2.5.1 Amasadora

---

Como dijimos al inicio de la sección 2.4 la amasadora es la máquina que efectúa el mezclado de los componentes que conforman la masa de moldeo.

La figura 2.29 corresponde a una fotografía tomada desde el área frontal de la amasadora, y en la descripción puede leerse la referencia a cada parte señalada.

El bastidor (1) es el soporte de la máquina, una pieza de fundición que sirve como sustento para el resto de las piezas y partes mecánicas. Dicho bastidor se encuentra sujeto a una base a través de cuatro pernos con tuerca. La compuerta de carga (2) que recordemos es el punto de abastecimiento de la amasadora, está compuesto por una tapa metálica curva equipada con un burlete de goma con la finalidad de conferir

hermeticidad al cubil de amasado (3). El cubil de amasado es el recinto donde se encuentran alojadas las paletas mezcladoras y el tornillo sinfín.

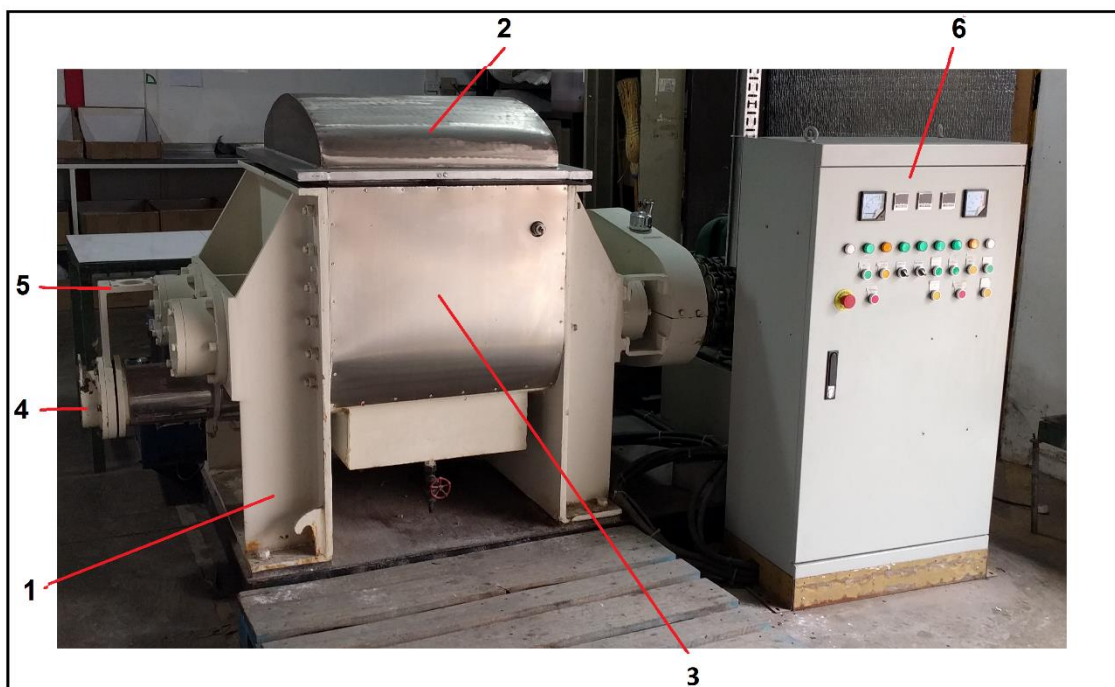


Fig. 2.29: Amasadora, vista Frontal. 1-Bastidor, 2-Compuerta de carga, 3-Cubil, 4-Boquilla de salida de material, 5-Soporte para cuchilla de corte, 6-Tablero de comandos y señalizaciones.

La boquilla de salida (4) es el punto de egreso de material. En dicho punto de egreso se encuentra el soporte para la cuchilla de corte (5).

Todas las operaciones de la amasadora que son: apertura de compuerta, calentamiento de la máquina, mezclado, movimiento de material a través de la boquilla y corte de material se comandan desde el tablero de comandos y señalizaciones (6).

➤ **Sistema de apertura y cierre de la compuerta de carga:**

La figura 2.30 corresponde a una fotografía tomada de la parte trasera, donde podemos observar los elementos que componen el sistema de apertura de la compuerta de carga (3).

Debido a sus dimensiones y peso, la compuerta de carga no puede ser accionada mecánicamente por un operario, por lo tanto se implementa un sistema hidráulico donde el fluido (aceite) es quien efectúa el trabajo.

El aceite se encuentra contenido en un depósito (7) que debe ser perfectamente hermético para evitar el ingreso de partículas sólidas y humedad, ya que la presencia de estos puede producir desgaste del circuito hidráulico y corrosión respectivamente al circular el aceite. De manera que en el depósito se coloca un elemento filtrante. Como dijimos anteriormente el aceite efectúa el trabajo de apertura y cierre de la compuerta, pero para ello dicho aceite debe moverse a lo largo del circuito, de manera que se coloca una bomba impulsora que se encuentra sumergida en el depósito. Asimismo, dicha bomba se acopla a un motor eléctrico (8) que como podemos apreciar se encuentra sobre el depósito.

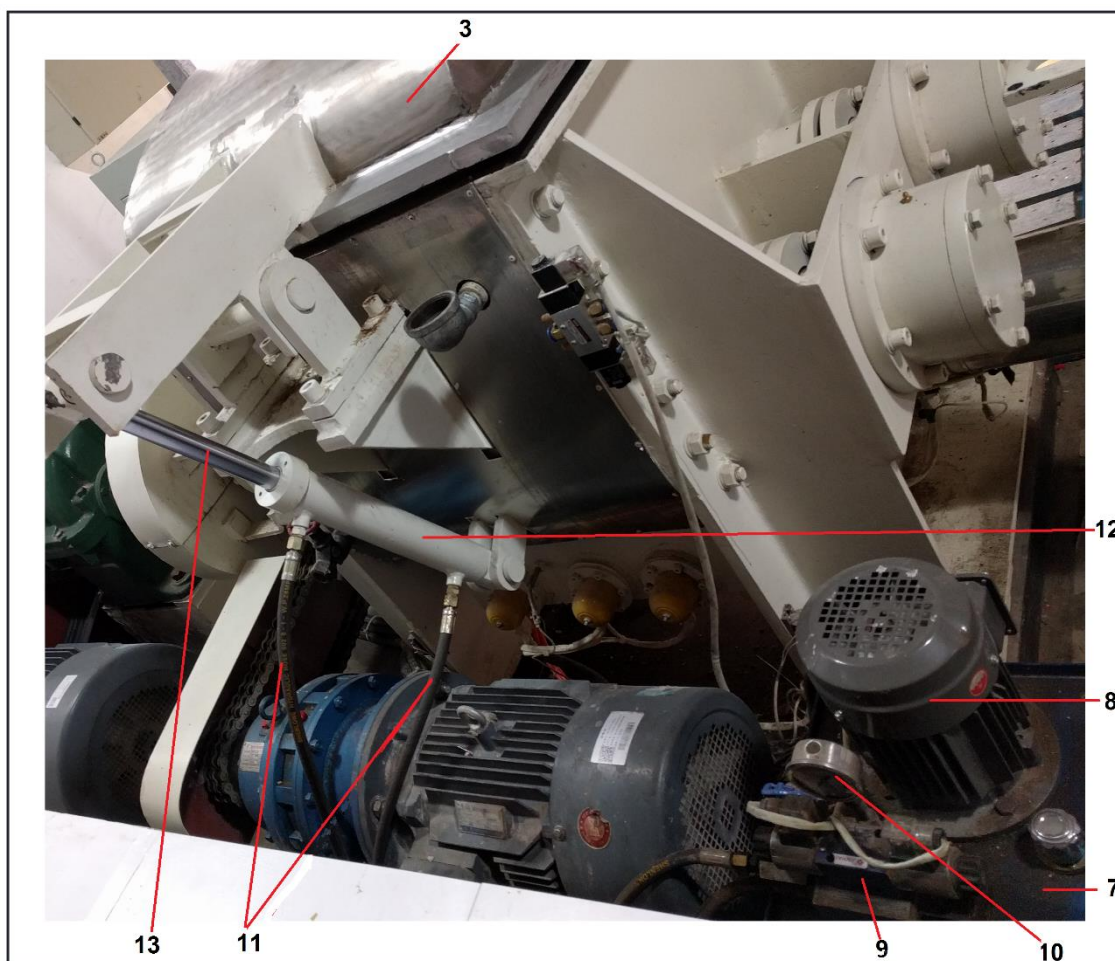


Fig. 2.30: Vista trasera de la Amasadora. Partes del sistema hidráulico de la compuerta de carga. 3- Compuerta de carga, 7-Depósito hidráulico, 8-Motor eléctrico de la bomba hidráulica, 9-Válvula direccional, 10-Manómetro, 11-Mangueras para fluido, 12-Cilindro hidráulico, 13-Vástago.

A continuación se presentan los valores de la placa característica del motor eléctrico asincrónico del fabricante Jiangsu Leader Standard Motors Co. Ltd.:

Jiangsu Leader Standard Motors Co. Ltd.					
THREE-PHASE ASYNCHRONOUS HIGH EFFICIENCY MOTOR					
KW	1,37	V	380 Y	Eff.	87%
cosφ	0,77	A	2,6	IP	55
Hz	50	Kg	23	RPM	1440

Descripción de los parámetros del motor:

- KW: potencia activa del motor.
- V: tensión nominal de conexión.
- Eff: nivel de eficiencia del motor, es decir la capacidad para convertir la energía eléctrica en energía mecánica rotacional en el eje.
- Cosφ: factor de potencia. Tiene que ver con el nivel de aprovechamiento de la potencia del motor. Un factor de potencia elevado implica que hay baja potencia reactiva, lo que se traduce en menores pérdidas por disipación de calor. En la sección 10.1 efectúa un análisis detallado de la potencia activa y el factor de potencia.

- A: corriente que circula por los conductores del bobinado del estator.
- IP: grado de protección del motor ante ataques externos. En la sección 10.2 se efectúa un análisis teórico del grado de protección.
- Kg: peso del motor. Cuanto mayor potencia de la máquina, mayor peso tendrá.
- RPM: revoluciones por minuto, velocidad de rotación del eje del motor.

La válvula direccional (9) equipada con manómetro (10) es un elemento que se encarga de dirigir el flujo de aceite a través de las mangueras hidráulicas (11). Cabe destacar que la implementación de un elemento medidor de presión (manómetro) es de gran importancia ya que podemos conocer el nivel de presión en el circuito hidráulico. En la figura 2.31 podemos apreciar con mayor detalle el depósito hidráulico, el manómetro y la válvula direccional.

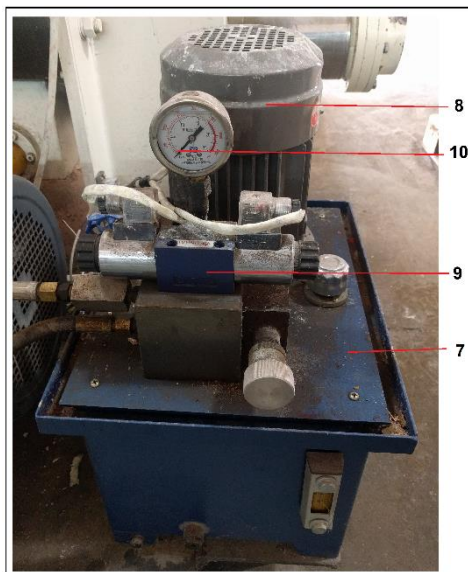


Fig. 2.31: Parte de la instalación hidráulica de la amasadora. 7-Depósito hidráulico, 8-Motor eléctrico de la bomba hidráulica, 9-Válvula direccional, 10-Manómetro.

El actuador (mecanismo para la conversión en movimiento de la energía de presión almacenada por el fluido) está compuesto por el cilindro hidráulico de doble efecto (12) y un vástago (13). Cuando hablamos de cilindro de doble efecto hacemos referencia a que el vástago efectúa trabajo tanto en la carrera de avance (salida del cilindro) como en la carrera de retroceso (entrada al cilindro).

**Funcionamiento del sistema:** cuando se energiza el motor eléctrico comienza rotar su eje que se encuentra acoplado al eje rotacional de la bomba hidráulica. Al rotar el eje de la bomba, ésta aspira el aceite del depósito y lo impulsa a través de ella y lo hace circular por la válvula direccional y las mangueras hidráulicas hasta que llega al cilindro. Como dijimos el cilindro es de doble efecto, de manera que el aceite tiene dos entradas al cilindro. Cuando el aceite ingrese por la entrada superior (hará que el aceite contenido en la parte inferior salga del cilindro) empujará el vástago hacia dentro del cilindro y este movimiento hará que la compuerta de carga se abra. Luego, para cerrar la compuerta el aceite deberá ingresar por la parte inferior del cilindro (el aceite en la parte superior saldrá de la cámara) haciendo que el vástago salga.

#### ➤ Sistema de calentamiento del cubil y tornillo sinfín:

Como dijimos en el segundo paso de la sección 2.4 es condición necesaria calentar el área de amasado para obtener un producto con las propiedades deseadas. Para ello se colocan tres resistencias eléctricas en la base del cubil.

En la figura 2.32 podemos observar una fotografía tomada de la parte trasera en la base de la amasadora. El sistema de calentamiento se compone de tres resistencias calefactoras (14). Dichas resistencias son quienes entregan calor para elevar la temperatura del agua.



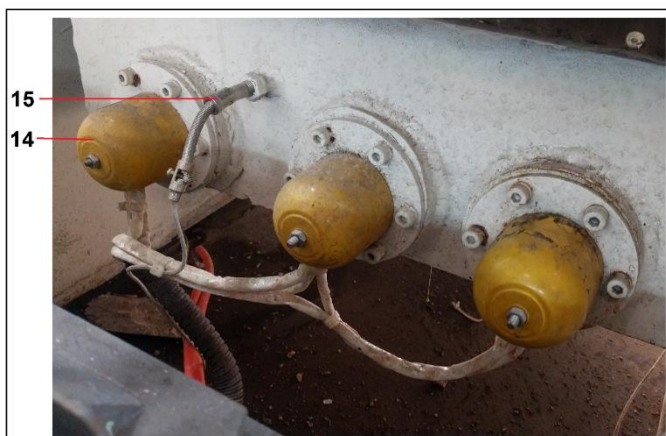


Fig. 2.32: Sistema de calentamiento de la amasadora. 14-Resistencias calefactoras, 15-Termostato medidor de la temperatura del agua.

Quando circula corriente por las resistencias se libera calor producto de la disipación de potencia por efecto joule donde la potencia disipada es proporcional al producto de la corriente por la tensión. Ya que el nivel de tensión se mantiene constante (depende de la red eléctrica) podemos concluir que la potencia disipada será directamente proporcional a la corriente que circule por las resistencias.

En la misma figura 2.32 podemos observar también el conector para el termostato medidor de la temperatura del agua (15). Este elemento es quien toma permanentemente la lectura de la temperatura del agua contenida en la cámara de calefacción. Esta temperatura puede programarse desde el tablero de comandos y señalizaciones.

Siguiendo con el estudio de los elementos destinados al calentamiento de la máquina nos remitimos a la figura 2.33: ahí podemos observar el punto de entrada de agua (16) y el punto de salida del agua (17). Recordemos que el calor emitido por las resistencias calefactores está destinado a calentar una masa de agua. Cabe aclarar que el cubil de la amasadora es de doble pared, es decir una pared exterior y otra interior. Entre ambas paredes se aloja esta masa de agua que mencionamos anteriormente.



Fig. 2.33: parte del sistema de calefacción. 16-entrada de agua, 17-salida de agua.

Además del calentamiento efectuado en el cubil también se lleva a cabo un calentamiento en el área del tornillo sinfín. Esto se realiza con el fin de mantener caliente la masa de moldeo cuando está siendo expulsada de la amasadora a través de la boquilla de salida. La temperatura de operación del tornillo sinfín también puede programarse desde el tablero de comandos y señalizaciones de la máquina. En la figura 2.34 que corresponde a una fotografía tomada de la zona de salida de material podemos observar el punto de conexión del termostato del tornillo sinfín (18).

**Funcionamiento del sistema:** desde el tablero de comandos se encienden las resistencias calefactoras y se programan las temperaturas de operación que son 80 °C para el cubil y 65 °C para el tornillo sinfín, de acuerdo a lo expresado en el segundo paso de la sección 2.4. Una vez alcanzadas las temperaturas de operación éstas son



Fig. 2.34: Área de salida de material. 18-Termostato del tornillo sinfín.

mantenidas en dichos valores a lo largo del proceso. Cabe aclarar que al inicio de la jornada de trabajo se enciende el sistema de calentamiento de la máquina y éste se mantiene energizado hasta la finalización de la jornada. Los termostatos cumplen la función de censar las temperaturas en la máquina y transmitir los valores a un medidor

ubicado en el tablero de comandos y señalizaciones.

➤ **Sistema de Amasado:**

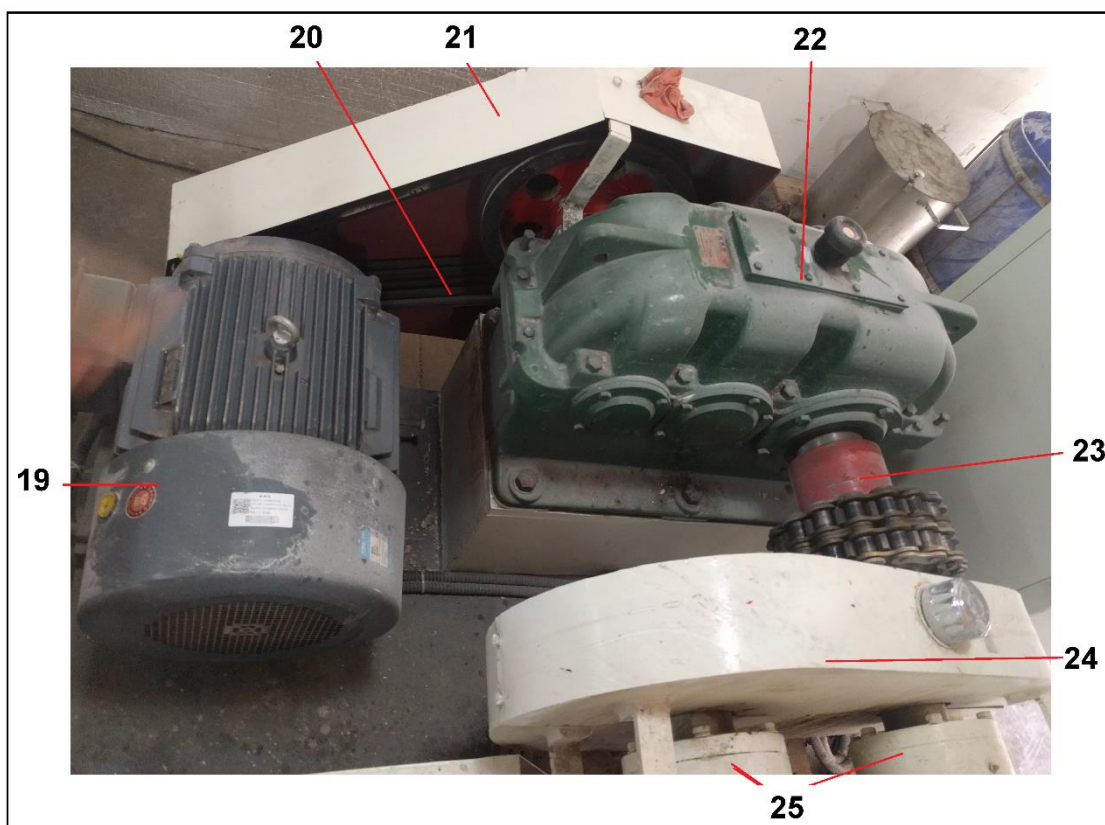


Fig. 2.35: Vista superior de la cadena cinemática de amasado. 19-Motor eléctrico, 20-Correas trapezoidales en paralelo, 21-Guarda de cubierta para las correas, 22-Reductor de velocidad, 23-Eje principal, 24-Guarda de cubierta para los ejes de las paletas, 25-Ejes de las paletas.

El sistema de amasado es quien cumple la función de mezclar los componentes para obtener la masa de moldeo. La figura 2.35 corresponde a una fotografía en vista superior de los elementos que componen la cadena cinemática del sistema, y pueden verse las siguientes partes:

- Motor eléctrico (19).
- Cinco correas trapezoidales en paralelo (20).

- Guarda de cubierta para las correas (21).
- Reductor de velocidad (22).
- Eje principal (23).
- Guarda de cubierta para los ejes de las paletas (24).
- Ejes de las paletas (25).

El motor eléctrico (19) asincrónico trifásico es quien convierte la energía eléctrica en energía mecánica de rotación en el eje.

A continuación se presentan los valores de la placa característica del motor eléctrico asincrónico del fabricante Jiangsu Leader Standard Motors Co. Ltd.:

Jiangsu Leader Standard Motors Co. Ltd.					
THREE-PHASE ASYNCHRONOUS HIGH EFFICIENCY MOTOR					
KW	37	V	380 $\Delta$	Eff.	92,7
cos $\phi$	0,87	A	69,7	IP	54
Hz	50	Kg	280	RPM	1480

Siguiendo con el análisis de la figura 2.35 podemos observar cinco correas trapezoidales en paralelo (20) que transmiten la potencia desde el eje del motor al reductor de velocidad (22). A continuación se presentan los datos característicos asociados a dicho reductor:

- Relación: 20.
- Peso: 527 kg.

Cabe destacar que la vinculación mecánica (entre el eje del motor eléctrico y el eje del reductor de velocidad) lograda mediante las correas trapezoidales se efectúa utilizando poleas. Las poleas son elementos circulares que se acoplan en ejes y en la periferia poseen canaletas para el montaje de la correa. Asimismo, se coloca una guarda de cubierta (21) para proteger no solo los órganos que se encuentren en movimiento sino también a los operarios ante potenciales accidentes por atrapamiento de sus extremidades o prendas de vestir.

A la salida del reductor de velocidad se acopla el eje principal (23). Dicho eje es quien transmite el movimiento rotativo del reductor a los ejes de las paletas (25). La vinculación mecánica entre ambos ejes de las paletas se efectúa a través de una cadena de transmisión que en la fotografía de la figura 2.35 no puede observarse debido a que se colocó una guarda de cubierta (24) para cumplir con el mismo objetivo que la guarda anterior.

En la figura 2.36 podemos observar una fotografía tomada al cubil (interior) de la amasadora.

Las paletas mezcladoras (26) poseen terminaciones finas y alargadas con la finalidad de penetrar en la mezcla y lograr un batido más eficiente.

Es importante la utilización del mecanismo reductor de velocidad ya que transmitiendo potencia mecánica constante, si disminuye la velocidad de rotación aumenta la cupla



2.36: Interior del cubil de amasado. 26-Paletas.

mecánica. La cupla mecánica es un par de fuerzas en la misma dirección pero con sentido opuesto que provocan la rotación de un objeto alrededor de un eje. Por lo tanto podemos decir que las paletas cumplen la función de eje de rotación y la mezcla (posteriormente masa de moldeo) se asemeja al objeto que rotará. Es por lo expresado que la cupla mecánica debe ser elevada ya que la mezcla a amasar es de grandes dimensiones (elevada inercia). En la

sección 10 se efectúa un estudio detallado de la potencia mecánica

**Funcionamiento del sistema:** desde el tablero de comandos y señalizaciones se energiza el motor eléctrico que es quien convierte la energía eléctrica en potencia mecánica en el eje. Dicha potencia mecánica es transmitida por el sistema de correas al reductor de velocidad, quien mediante su relación de transmisión logra una menor velocidad rotacional en el eje de salida (eje principal). Este movimiento de rotación a baja velocidad se transmite a las paletas mezcladoras que son quienes llevarán a cabo la tarea de amasado de la mezcla a fin de obtener la masa de moldeo.

➤ **Sistema de extracción de masa:**

El sistema de extracción de masa es quien cumple la función de expulsar la masa de moldeo de la amasadora una vez finalizada la operación de mezclado.

En las figuras 2.37, 2.38 y 2.39 podemos observar los elementos que componen la cadena cinemática del sistema de extracción de masa. Dichos elementos son:

- Motor eléctrico del tornillo sinfín (27).
- Reductor de velocidad (28).
- Engranaje conductor (29).
- Engranaje conducido (30).
- Cadena de transmisión (31).
- Guarda de cubierta (32).
- Tornillo sinfín (33).

Par iniciar la descripción del sistema de extracción de masa, nos remitimos a la figura 2.37. Dicha figura corresponde a una fotografía del motor eléctrico (27) quien convierte la energía eléctrica en potencia mecánica en su eje (energía mecánica rotacional). En dicho eje se acopla el mecanismo reductor de velocidad (28).

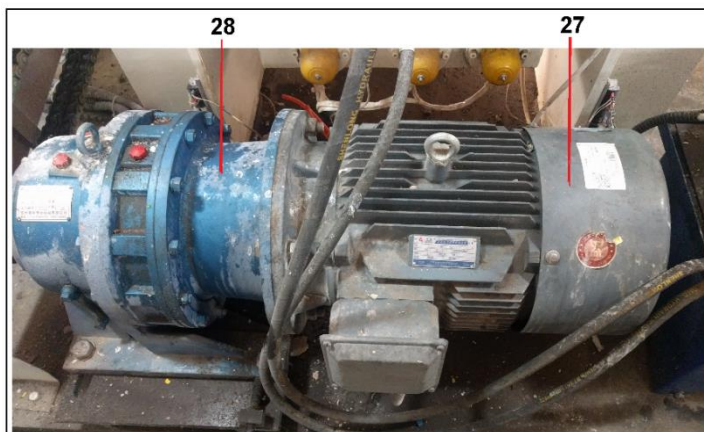


Fig. 2.37: Parte del sistema de extracción de masa. 27-Motor eléctrico, 28-Reductor de velocidad.

A continuación se presentan los valores de la placa característica del motor eléctrico asíncrono del fabricante Jiangsu Leader Standard Motors Co. Ltd.:

Jiangsu Leader Standard Motors Co. Ltd.					
THREE-PHASE ASYNCHRONOUS HIGH EFFICIENCY MOTOR					
KW	11	V	380 Δ	Eff.	89,80%
cosφ	0,85	A	21,9	IP	54
Hz	50	Kg	108	RPM	1460

Según los datos expresados en la placa característica del motor podemos observar que su eje rota a 1460 RPM (revoluciones por minuto). Este es un valor muy alto considerando la aplicación, que recordemos es extraer la masa del cubil de la amasadora. Para ello es vital la implementación del mecanismo reductor de velocidad.

Siguiendo con el análisis correspondiente al sistema de interés, en la figura 2.38 podemos observar los elementos restantes que componen la cadena cinemática hasta el punto de acoplamiento con el tornillo sinfín.

A la salida del reductor de velocidad (28) se acopla un engranaje conductor (29) y en el eje del tornillo sinfín se acopla otro engranaje, llamado engranaje conducido (30). Dicho par de engranajes se vincula mecánicamente mediante una doble cadena de transmisión (31) con guarda de cubierta (32) para proteger no solo los órganos que se encuentren en movimiento sino también a los operarios ante potenciales accidentes por atrapamiento de sus extremidades o prendas de vestir.

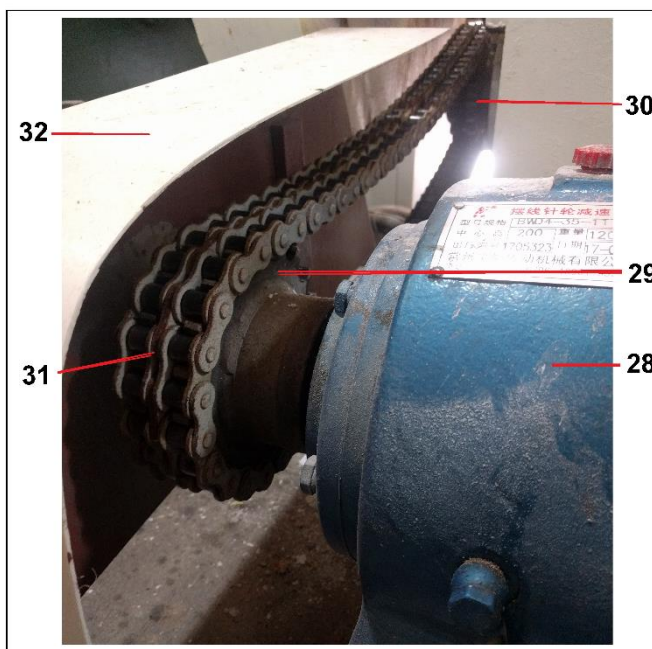


Fig. 2.38: continuación de la cadena cinemática del sistema de extracción de masa. 28-Reductor de velocidad, 29, Engranaje conductor, 30-Engranaje conducido, 31-Doble cadena de transmisión, 32-Guarda de cubierta.

Los engranajes conductor y conducido reciben dichos nombres ya que el primero es quien transmite el movimiento y el segundo es quien lo “recibe”. La implementación de la cadena se efectúa ya que los ejes rotacionales (salida del reductor y entrada del sinfín) se encuentran separados físicamente. Cabe destacar que en este tipo de transmisión de movimiento las velocidades de rotación de ambos ejes tienen la misma dirección.

En la figura 2.39 correspondiente a una fotografía tomada del interior de la amasadora podemos observar la forma geométrica del tornillo sinfín (33) inserto en una canaleta (canal o conducto abierto). Por ésta canaleta sale la masa de moldeo.

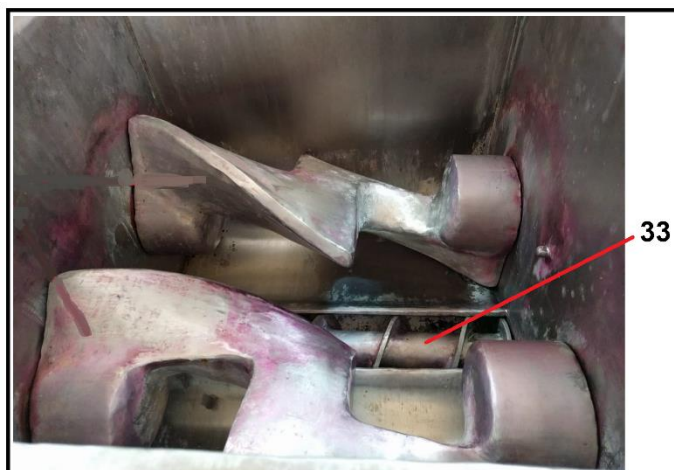


Fig. 2.39: Interior de la amasadora. 33-Tornillo sinfín.

La extracción de masa se logra debido a que la misma se aloja en las hélices del tornillo sinfín y, este último al estar rotando provoca que dicha masa avance hacia la boquilla de salida (fig. 2.22 de la sección 2.4).

**Funcionamiento del sistema:** desde el tablero de comandos y señalizaciones se energiza el motor eléctrico que, al rotar su eje acoplado al reductor de velocidad, se reducirá la

velocidad de rotación. La potencia mecánica se transfiere a través del mecanismo engranaje cadena hacia el eje del tornillo sinfín. Una vez que el tornillo sinfín comenzó a rotar a baja velocidad, la masa alojada entre sus hélices avanza hacia la boquilla de salida. Debido a la forma circular de la boquilla de salida la masa de moldeo tendrá una forma circular alargada llamada comúnmente “tocho”.

#### ➤ Sistema de corte de masa:

El sistema de corte de masa está compuesto por un actuador neumático de doble efecto con una cuchilla de corte acoplada en su extremo.

En la figura 2.40 podemos observar el actuador neumático, un cilindro de doble efecto (35) con un vástago (36) y acoplamiento de cuchilla (37). Asimismo, podemos apreciar los puntos de entrada de aire al cilindro (37).

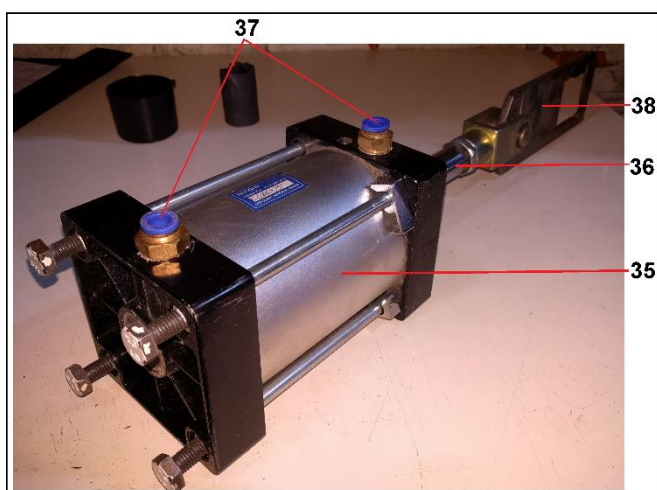


Fig. 2.40: Actuador neumático con cuchilla de corte. 35-Cilindro, 36-Vástago, 37-Puntos de entrada de aire al cilindro, 38-Cuchilla de corte con doble filo.

Como dijimos en el párrafo anterior, es un cilindro de doble

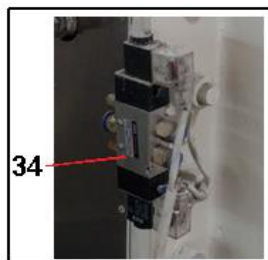


Fig. 2.41: Válvula para direccionamiento del aire. 34-Válvula neumática.

efecto. La implementación de este mecanismo permite que el corte de la masa se lleve a cabo tanto en la carrera de avance como en la carrera de retroceso del vástago.

Las operaciones de avance y retroceso del vástago se comandan a través de una válvula neumática (34) que podemos observar en la figura 2.41 correspondiente a una fotografía de la parte trasera del bastidor de la amasadora, lugar donde dicha válvula se encuentra colocada.

**Funcionamiento del sistema:** cuando la masa de moldeo es extraída de la amasadora sale a través de la boquilla y el sistema de corte se encarga del fraccionamiento del

producto. El cilindro neumático posee dos cámaras de aire separadas entre sí por el plato vinculado al vástago. De manera que en la carrera de avance el aire ingresará por el punto de entrada de la izquierda (fig. 2.40), y el aire contenido en la otra cámara saldrá por el punto de entrada de la derecha (fig. 2.40). Mientras el aire entra y sale por izquierda y derecha respectivamente, el vástago efectuará la carrera de avance y la cuchilla cortará la masa de moldeo con el filo de su flanco exterior. Ahora bien, cuando se invierten los flujos de aire el vástago efectúa la carrera de retroceso y la cuchilla corta la masa de moldeo con el filo de su flanco interior.

➤ **Tablero de comandos y señalizaciones:**

El punto central de operación de la amasadora y todas sus funciones es el tablero de comandos y señalizaciones que puede observarse en la figura 2.42. Desde dicho tablero se comandan las siguientes operaciones de la amasadora:

- Apertura y cierre de compuerta de carga.
- Calentamiento del cubil de amasado y del tornillo sinfín.
- Amasado.
- Extracción de masa.
- Fraccionamiento de masa.

Cada operación se efectúa mediante elementos y mecanismos específicos que ya han sido descritos a lo largo de la presente sección. En este punto nos abocaremos a la descripción de los comandos y señalizaciones del tablero señalado en la figura 2.42.

En la figura 2.43 correspondiente a una fotografía del panel frontal de comandos y señalizaciones podemos observar los siguientes elementos:



Fig. 2.42: 6-Tablero de comandos y señalizaciones.

- Amperímetro (1).
- Voltímetro (2).
- Programador de tiempo de amasado (3).
- Programador de temperatura de calentamiento del tornillo sinfín (4).
- Programador de temperatura de calentamiento del cubil (5).
- Interruptor de calentamiento del cubil (6).
- Luz piloto de calentamiento del cubil (7).
- Interruptor de calentamiento del tornillo sinfín (8).
- Luz piloto de calentamiento del tornillo sinfín (9).
- Pulsador de apertura de compuerta de carga (10).
- Pulsador de cierre de compuerta de carga (11).
- Luz piloto de apertura de tapa (12).
- Pulsador de giro en sentido anti horario del tornillo sinfín (13).
- Luz piloto de giro en sentido anti horario del tornillo sinfín (14).

- Pulsador de giro en sentido horario del tornillo sinfín (15).
- Luz piloto de giro en sentido horario del tornillo sinfín (16).
- Pulsador de parada del sinfín (17).
- Pulsador de velocidad 1 del tornillo sinfín (18).
- Pulsador de velocidad 2 del tornillo sinfín (19).
- Luz piloto de velocidad del sinfín (20).
- Pulsador de giro en sentido anti horario del sistema de paletas (21).
- Luz piloto de giro en sentido anti horario del sistema de paletas (22).
- Pulsador de giro en sentido horario del sistema de paletas (23).
- Luz piloto de giro en sentido horario del sistema de paletas (24).
- Pulsador de parada del sistema de paletas (25).
- Botón de parada de emergencia (26).
- Luz piloto de alimentación del tablero (27).

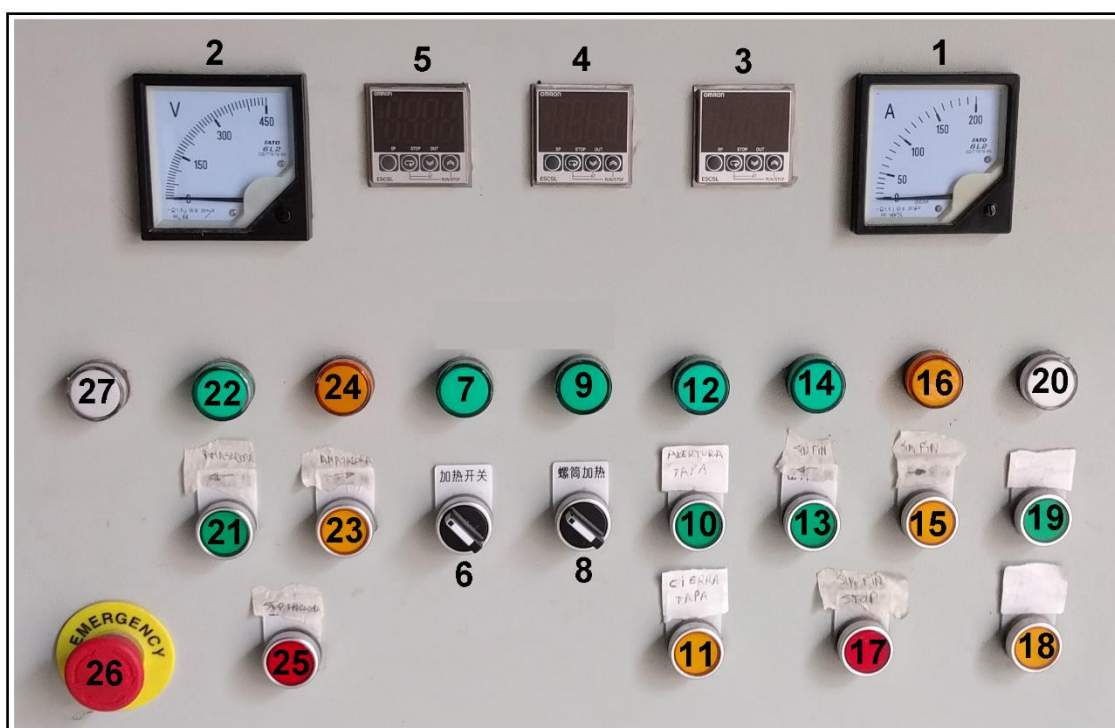


Fig. 2.43: Panel frontal del tablero de comandos y señalizaciones. 1;2-Instrumentos de medición, 3;4;5-Programadores, 6;8-Interruptores, 10;11;13;15;17;18;19;21;25-Pulsadores, 7;9;12;14;16;20;22;24;27-Luces Piloto, 26-Botón.

Analizando los elementos que componen el tablero de comandos y señalizaciones podemos mencionar lo siguiente:

- Puede tomarse lectura rápida de la tensión de línea (ha de ser de 380 V ya que los motores son trifásicos).
- Puede tomarse lectura rápida de la corriente consumida.
- Las temperaturas de calentamiento del cubil de amasado y el tornillo sinfín son programables.
- El tiempo de amasado es programable.
- El sistema de paletas puede girar en sentido horario y anti horario.



- El tornillo sinfín puede girar en sentido horario y anti horario. En giro horario extrae la masa de moldeo de la amasadora a través de la boquilla, y en giro anti horario la retorna. Si el tornillo se encuentra detenido la masa no entra ni sale.
- Puede regularse la velocidad de rotación del tornillo sinfín en dos posiciones.
- Un botón de parada de emergencia garantiza seguridad y corte inmediato de la energía en la máquina y sus instalaciones. Al haber corte de energía cesan inmediatamente los movimientos de los mecanismos que estén operando en el momento previo al corte.
- Cada comando posee luces piloto para fácil observación a distancia del estado de trabajo de la amasadora.

## 2.5.2 Procesadora

Una vez que la masa de moldeo fue extraída de la amasadora, ésta debe ser fraccionada para su posterior envasado. Es importante recordar que en la boquilla de salida de la amasadora se ubicaba el mecanismo de corte descrito en la última parte de la sección 2.5.1. Asimismo, en el noveno paso de la sección 2.4 hicimos referencia a la imposibilidad de usar dicho mecanismo.

De aquí en adelante haremos la descripción técnica de la procesadora y el mecanismo de corte.



Fig. 2.44: Procesadora. 1-Bastidor, 2-Motor eléctrico, 3-Caja de velocidades, 4-Reductor de velocidad, 5-Punto de ingreso de material, 6-Punto de salida de material.

En la figura 2.44 podemos observar una fotografía correspondiente a la máquina procesadora llamada comúnmente “choricera”.

La máquina se monta sobre el bastidor (1) y consta de los siguientes elementos:

- Motor eléctrico (2): sin mayor información disponible, podemos decir que es asíncrono monofásico.
- Caja de velocidades (3).
- Reductor de velocidad (4).
- Punto de ingreso de material (5).
- Punto de salida de material (6).

Entre los puntos de ingreso y salida de material de la procesadora se encuentra internamente un mecanismo similar a un engranaje a fin de procesar la masa de moldeo y forzarla a salir a través de la boquilla conectada al punto de salida (6).

La caja de velocidades (3) tiene distintas posiciones que pueden regularse únicamente con el motor eléctrico (2) detenido, es decir sin alimentación. Asimismo, es importante la inclusión de un mecanismo reductor de velocidad (4) en la cadena cinemática, ya que el motor asíncrono gira a una velocidad rotacional superior a las 900 RPM (revoluciones por minuto) y esto es un valor demasiado elevado para la operación de la procesadora.

Siguiendo con el análisis de la procesadora, en la figura 2.45 podemos observar una fotografía de la zona de salida. En dicha figura podemos visualizar los elementos pertenecientes al dispositivo de corte (fraccionamiento) de la masa de moldeo.

A continuación del punto de salida de material [(6) de fig. 2.44] se encuentra un cono de salida (7) que se coloca con el fin de reducir la sección de la masa hasta el valor deseado. A la salida de dicho cono se ubica un codo de 90° (8) con el objetivo de cambiar la dirección del flujo de masa. Cabe aclarar que tanto la sección de entrada como de salida del codo es análoga a la sección de salida del cono.

Un actuador neumático (9) con acoplamiento de cuchilla de corte (11) es el encargado del fraccionamiento del producto. Asimismo, los puntos de conexión del cilindro neumático con la fuente de aire comprimido se vinculan entre sí mediante las mangueras de conexión (10).

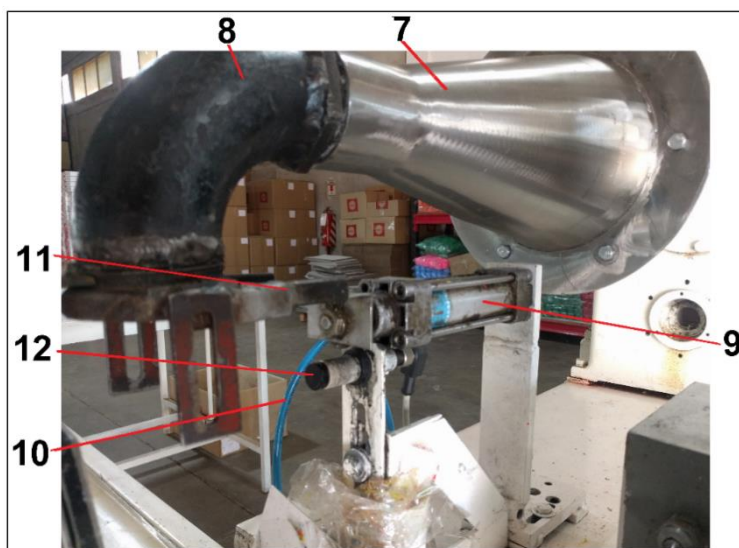


Fig. 2.45: Salida de la procesadora. 7-Cono de salida, 8-codo 90°, 9-Actuador neumático, 10-Mangueras de conexión, 11-Cuchilla de corte, 12-Sensor capacitivo.

Al sistema de corte se añade un sensor capacitivo (12) que es quien detectará la presencia de masa y emitirá la señal que accionará el cilindro neumático.

### 2.5.3 Línea de envasado

Una vez efectuado el fraccionamiento de la masa de moldeo, inmediatamente se efectúa el envasado en potes.

En la figura 2.46 podemos observar una fotografía correspondiente a la línea de envasado. Dicha línea se compone de una cinta transportadora impulsada por un motor eléctrico que, sin mayor información disponible podemos mencionar que es asíncrono monofásico.

La cinta transportadora corre longitudinalmente y a sus costados se ubican cuatro mesas de trabajo. Estas mesas están destinadas a ser utilizadas por los operarios en el envasado del producto en potes.



Fig. 2.46: Línea de envasado.

## 2.6 TIEMPOS DEL PROCESO ACTUAL

La lista de tareas para la producción manual de masa de moldeo se muestra en la siguiente tabla:

Actividad	Duración (minutos)	Inicio	Fin
Calentar agua	30	0	30
Calentar amasadora	20	0	20
Mezclar Glicerina Vaselina y Glicerina	5	20	25
Colocar harina en amasadora	1	20	21
Mezclar agua y componentes excipientes	1	30	31
Medir pH	1	31	32
Colocar mezclas y aditivos en amasadora	1	32	33
Amasar	15	33	48
Fraccionamiento y Envasado	35	48	83

En la figura 2.47 se muestra el diagrama con el tiempo requerido para elaborar una tanda de masa de moldeo. Los valores representados en el eje vertical corresponden al número correlativo de tarea, y los valores representados en el eje horizontal corresponden a la duración en minutos.

Cabe aclarar que, para la primera tanda de producción los tiempos son mayores, pero una vez que se repite el proceso, los tiempos disminuyen ya que mientras se introducen las mezclas en la amasadora, se reinicia el calentamiento del agua, y la amasadora ya se encuentra a la temperatura de trabajo.

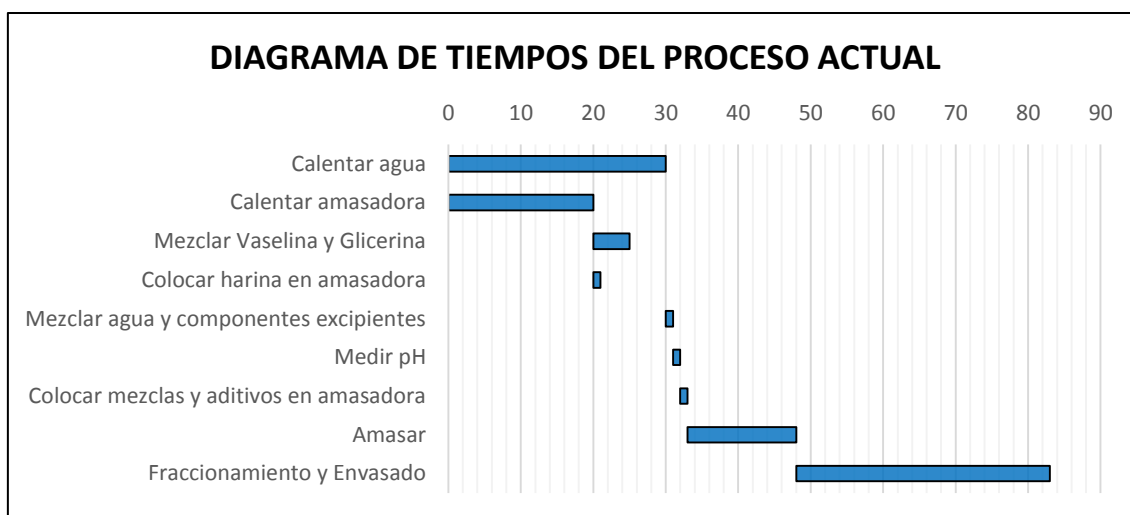


Fig. 2.47: Diagrama de tiempos del proceso actual.

## 2.7 COMENTARIOS ACERCA DEL PROCESO DE PRODUCCION

En la sección 2.1 hicimos la presentación formal de la secuencia de pasos y la cantidad necesaria de componentes para elaborar la masa de moldeo. Posteriormente, en la sección 2.4 describimos el método actual aplicado en la planta para producir dicha masa.

Habiendo ya estudiado a profundidad el proceso actual de producción, haremos comentarios respecto a los siguientes aspectos:

- Cantidad de operarios involucrados en el proceso productivo.
- Peligrosidad de tareas.
- Ineficiencia del proceso productivo.
- Tiempos indirectos.

**Cantidad de operarios involucrados en el proceso productivo:** para efectuar el proceso productivo se requieren siete (7) operarios que se distribuyen de la siguiente forma:

- *Dos operarios realizan tareas de preparación de la masa:* dichas tareas son calentar el agua, preparar la mezcla de vaselina y glicerina, calentar la amasadora, cargar la harina en la máquina, mezclar el agua con los componentes excipientes y finalmente colocar todos los componentes de la mezcla en la amasadora.
- *Un operario coloca los tochos (masa ya fraccionada) en los potes:* el operario se ubica al inicio de la línea de envasado, justo al lado del mecanismo de corte de la procesadora. Se encarga de colocar la porción de masa en el pote y dejar este último sobre la cinta transportadora.
- *Dos operarios colocan las tapas a los potes:* una vez que el operario anterior colocó el pote en la cinta transportadora, ésta lo desplaza hacia la ubicación de los dos operarios que los tapan. Luego de esto, vuelven a dejar el pote en la cinta transportadora.

- *Dos operarios colocan los potes cerrados en las cajas:* finalmente, en la cola de la línea de envasado se ubican dos operarios que recogen los potes cerrados y los colocan en las cajas de cartón para su posterior expedición.

De acuerdo a lo detallado en los ítems anteriores, concluimos que la utilización de siete operarios para llevar a cabo el proceso de producción en un espacio relativamente pequeño, es una cantidad de elevada de mano de obra. Asimismo, esta condición desfavorable se agudiza ya que los operarios que intervienen en la producción de masa han sido retirados de una línea de armado de juguetes.

**Peligrosidad de tareas:** cuando hablamos de peligrosidad de tareas nos referimos a potenciales daños que puedan sufrir los operarios por diferentes causas, entre ellas pueden ser quemaduras, intoxicaciones, irritaciones, dolores corporales por esfuerzos excesivos, cansancio por posición de trabajo incómoda, etc.

- Las tareas de traspaso del agua hervida de la olla de calentamiento al recipiente de mezcla, el mezclado con los componentes excipientes y posterior colocación de la mezcla en la amasadora es una tarea relativamente riesgosa para los operarios ya que la compuerta de carga de la amasadora se encuentra a un metro (1 m) sobre el nivel del suelo. Esto ocasiona que el recipiente con la mezcla (solución líquida) hervida deba ser levantado hasta la altura de ingreso a la máquina. La tarea no solo implica para los operarios riesgos de quemaduras por contacto con la solución líquida sino también fatiga y dolores corporales asociados al esfuerzo que deben hacer para elevar el recipiente.
- Los componentes excipientes (químicos pulverizados) pueden ocasionar daños por su potencial toxicidad. Entre los daños más comunes pueden producirse irritaciones en ojos, piel y garganta (en caso de inhalación). Este peligro existe durante el fraccionamiento (pesado y pasaje de los botes a las bolsas) y durante el agregado al agua hervida.
- La colocación de la harina en el cubil de la amasadora se efectúa manualmente, esto quiere decir que dos operarios levantan del suelo el saco de harina y lo vierten en la máquina. Recordemos que la cantidad necesaria de harina es 50 kg (cuarto paso de la sección 2.1), de manera que el esfuerzo que deben hacer los operarios puede ocasionarles dolores físicos.

**Ineficiencia del proceso productivo:** el proceso de preparación de masa requiere aproximadamente una hora, y la cantidad producida es 100 kilogramos de acuerdo a lo expresado en la sección 2.1. Sin embargo, la amasadora está dimensionada para procesar 200 kilogramos de sustancia, de manera que la instalación está siendo aprovechada al 50 %. Esto nos lleva a decir que el consumo energético de los motores eléctricos que impulsan los mecanismos de la máquina no es el óptimo frente a la cantidad producida.

**Tiempos indirectos:** los operarios deben recorrer la planta para cargar los bidones con vaselina y glicerina, y también deben fraccionar los componentes excipientes en las bolsas pequeñas. Todas estas actividades representan tiempos previos a la preparación de masa, que pueden llegar a ser mayores que los propios tiempos de producción.

## SECCIÓN Nº 3 - SOLUCIÓN PROPUESTA

---

### Contenido de la sección:

3.1 Fundamentación de la solución.....	55
3.2 Revisión de las cantidades de componentes para la elaboración de masa de moldeo.....	55
3.3 Descripción de la solución.....	57
3.4 Metodología para el desarrollo de la solución.....	58

En la sección 2 presentamos formalmente los pasos para elaborar la masa de moldeo, hicimos una descripción del proceso aplicado en la planta, un análisis técnico de las máquinas y equipos implicados en el proceso, los tiempos y a modo de cierre establecimos conclusiones acerca del proceso de producción.

En esta sección nos compete el planteamiento de una solución para responder a la situación problemática planteada en la sección 1.

---

### 3.1 FUNDAMENTACION DE LA SOLUCION

---

Analizando detalladamente el proceso productivo aplicado en la planta conforme a lo expuesto en la sección 2.4, podemos definirlo como un proceso “manual” con demasiados inconvenientes tales como los expresados en la sección 2.7. Es por ello que la solución a proponer desde nuestro papel de proyectistas representa la aplicación de las siguientes máquinas, equipos y accesorios:

- Máquinas térmicas
- Máquinas eléctricas.
- Elementos de comando y control tales como medidores de temperatura, nivel o capacidad, corriente, tensión, etc.
- Elementos de protección eléctrica.
- Elementos de control de flujo de fluidos.
- Conductos para el transporte de fluidos.
- Una unidad central como núcleo para el control automático del sistema.

El diseño o dimensionamiento y selección de cada uno de los elementos mencionados en los ítems anteriores requiere de un minucioso análisis de ingeniería que nos lleve a la resolución que revista menor costo económico y mayor simplicidad.

En la sección 3.3 describiremos los puntos o ítems que conforman la solución propuesta, y posteriormente en la sección 4 llevaremos adelante un desarrollo formal de cada ítem.

---

### 3.2 REVISION DE LAS CANTIDADES DE COMPONENTES PARA LA ELABORACION DE MASA DE MOLDEO

---

En la sección 2.1 detallamos las cantidades de componentes que como dijimos, corresponden a la elaboración de 100 Kg de masa de moldeo. Posteriormente en la sección 2.7 dijimos que la capacidad de amasado de la amasadora era 200 Kg, es por ello que como primera medida planteamos una revisión en las cantidades de componentes que intervienen en la producción de masa de moldeo.

Las cantidades de componentes de acuerdo a lo expresado en la sección 2.1 son:

Componentes Principales	
Harina	50 Kg
Agua	56 l
Vaselina	4 l
Glicerina	5 l

Componentes Excipientes	
Conservante 1	300 gr
Conservante 2	100 gr
Acidificante	500 gr
Hidratante 1	1000 gr
Conservante 3	300 gr
Emulsionante	300 gr
Hidratante 2	1000 gr
Conservante 4	50 gr
Conservante 5	300 gr

Componentes Aditivos	
Perfume	100 ml
Colorante	400 ml
Brillo	300 gr

Considerando que las propiedades físico-químicas del producto final no se verían alteradas y, en base a las cantidades expresadas para producir 100 Kg de masa de moldeo, duplicaremos las mismas a fin de producir 200 Kg de masa de moldeo.

A continuación se muestran las tablas con las cantidades modificadas de cada tipo de componente:

Componentes Principales	
Harina	100 Kg
Agua	112 l
Vaselina	9 l
Glicerina	10 l

Componentes Excipientes	
Conservante 1	600 gr
Conservante 2	200 gr
Acidificante	1000 gr
Hidratante 1	2000 gr
Conservante 3	600 gr
Emulsionante	600 gr
Hidratante 2	2000 gr
Conservante 4	100 gr
Conservante 5	600 gr

Componentes Aditivos	
Perfume	200 ml
Colorante	800 ml
Brillo	600 gr



Como podemos observar en las tablas, y, de acuerdo a lo expresado anteriormente, las cantidades de componentes principales, excipientes y aditivos han sido duplicadas a fin de obtener 200 Kg de producto final.

---

### 3.3 DESCRIPCION DE LA SOLUCION

---

Teniendo en cuenta la fundamentación de la sección 3.1, haremos una revisión de los pasos para elaborar la masa, expresando únicamente los pasos sujetos a modificación. Cabe destacar que en la presente sección haremos mención de los dispositivos (máquinas, equipos, accesorios, etc.) que efectuarán una determinada tarea. Asimismo, la mayoría de las tareas se efectuarán de forma automática por una unidad electrónica llamada Controlador Lógico Programable (PLC).

A continuación se mencionan los pasos del proceso sujetos a modificación:

- **Paso 1: Calentamiento de agua en tanque de calentamiento.**

La cantidad de agua a calentar será de 112 litros.

Se propone la colocación de tanque de calentamiento equipado con un quemador a gas natural.

La entrada de agua fría y salida de agua caliente se comandará mediante electroválvulas.

- **Paso 3: Mezclado de Vaselina y Glicerina.**

Las cantidades a mezclar son diez litros (10 l) de glicerina y ocho litros (8 l) de vaselina.

Se propone la implementación de tanques para el almacenamiento de los fluidos en cuestión. Dichos depósitos se ubicarán en la parte exterior de la planta.

Se propone la colocación de un recipiente para efectuar el mezclado. Dicho recipiente estará provisto de un agitador mecánico comandado eléctricamente y una resistencia calefactora.

Las conexiones entre los tanques de almacenamiento y el recipiente de mezclado se harán mediante tuberías equipadas con electroválvulas.

La agitación de la mezcla se hará mediante el agitador y el calentamiento se efectuará utilizando la resistencia calefactora.

- **Paso 4: Colocación de Harina en la amasadora.**

La cantidad de harina a introducir en el cubil de la amasadora será de 100 Kg.

Se propone la implementación de un carro con plataforma hidráulica para levantar la harina y colocarla en la amasadora.

- **Paso 5: Mezcla de agua hervida con componentes excipientes.**

Se propone la implementación de depósitos elevados (sobre una estructura metálica) para el almacenamiento de los componentes excipientes.

Se propone la colocación de un recipiente para efectuar el mezclado. Dicho recipiente estará provisto de un agitador mecánico comandado eléctricamente.

El agua hervida ingresará al recipiente de mezclado a través de un conducto equipado con electroválvula.

Los componentes excipientes almacenados en los depósitos serán dosificados cada uno en su respectiva proporción. Todos ellos caerán por gravedad sobre una campana tipo tolva. En dicha tolva se mezclarán e ingresarán al recipiente de mezclado.

El mezclado del agua con los componentes excipientes se hará mediante el agitador.

- **Paso 6: Medición del pH.**

Se propone la colocación de un instrumento electrónico medidor del pH, llamado pH-metro.

- **Paso 7: Colocación de mezclas en la amasadora.**

La colocación de las mezclas mencionadas en los pasos tercero y quinto se efectuará a través de conductos que vinculen los recipientes de mezclado con el cubil de la amasadora.

La colocación de los componentes aditivos se efectuará de forma manual, ya que esto no reviste mayores esfuerzos ni tiempos. Otro motivo fundamental para no implementar abastecimiento automático de los aditivos es que éstos son opcionales y optativos.

Una vez ingresados todos los componentes que conforman la masa de moldeo, se cerrará la tapa de la amasadora mediante el mecanismo hidráulico.

- **Paso 8: Amasado.**

El amasado de la mezcla se hará de la misma manera que se lleva a cabo actualmente.

---

### **3.4 METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN**

---

El abordaje de los distintos planteamientos de la solución efectuados en la sección 3.3 y desarrollados formalmente en la sección 4, se efectuará de la siguiente manera:

- 1) Presentación de los fundamentos teóricos.
- 2) Establecimiento de las condiciones que deben cumplir los elementos sujetos a diseño.
- 3) Diseño de las instalaciones, sistemas, mecanismos, y/o accesorios.
- 4) Selección de los elementos en catálogos exclusivos de proveedores especializados. En caso de no encontrarse disponibles en el mercado, diseñar elementos alternativos que cumplan la función requerida.
- 5) Verificación de las condiciones de trabajo de los elementos seleccionados previamente.

## SECCIÓN Nº 4 - DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

---

### Contenido de la sección:

4.1 Instalación de calentamiento de agua.....	60
4.2 Instalación de almacenamiento y alimentación de componentes excipientes.....	81
4.3 Instalación de almacenamiento de vaselina y glicerina.....	122
4.4 Instalación de mezclado de vaselina y glicerina.....	132
4.5 Instalación de mezclado de agua y componentes excipientes.....	155
4.6 Diseño de estructuras y disposición de elementos.....	165
4.7 Instalación de transporte de fluidos.....	180
4.8 Bloques funcionales y operaciones de las instalaciones.....	208
4.9 Sensores, válvulas y actuadores.....	219
4.10 Automatización y control.....	253
4.11 Circuitos eléctricos.....	265
4.12 Tiempos del proceso de producción automatizado.....	272
4.13 Comentarios finales acerca del proceso.....	273

---

## 4.1 INSTALACION DE CALENTAMIENTO DE AGUA

---

En la presente sección nos dedicaremos al estudio y diseño de los elementos que componen la instalación destinada al calentamiento del agua.

En base a lo expresado en la sección 3.2 respecto la revisión de las cantidades de componentes, la cantidad de agua a hervir es 112 litros. Ahora bien, cabe aclarar que es de gran importancia lograr que el agua alcance el punto de ebullición ya que en ella se disociarán los componentes excipientes, y varios de ellos requieren como condición para solubilizarse que el fluido solvente se encuentre a alta temperatura. Por otro lado, trabajar con el agua en su punto de hervor o ebullición garantiza ciertas condiciones de esterilidad durante el proceso productivo ya que, el agua a utilizar es de red (agua corriente) y puede contener impurezas o partículas contaminantes.

---

### 4.1.1 Fundamentación Teórica

---

Como punto de partida para explicar el mecanismo de calentamiento del agua, debemos ahondar en los siguientes conceptos: energía, energía interna, calor y trabajo.

---

#### 4.1.1.1 Energía

---

La energía es la capacidad que tiene la materia de realizar un determinado trabajo. Dicha energía puede ser térmica, mecánica, cinética, potencial, eléctrica, magnética, química y nuclear, cuya suma conforma la energía total  $E$  de un sistema (porción de universo aislada para su estudio), la cual se denota por unidad de masa mediante  $e$  y se expresa de la siguiente forma:

$$e = \frac{E}{m} \quad 4.1.1$$

Donde  $e$ , es la energía por unidad de masa (KJ/Kg);  $E$  es la energía total del sistema (KJ) y  $m$  es la masa de dicho sistema (Kg).

En el análisis termodinámico es útil considerar dos grandes grupos de energías que conforman la energía total de un sistema: macroscópicas y microscópicas.

Las formas macroscópicas de energía son las que posee un sistema como un todo en relación con cierto marco de referencia exterior, como las energías cinética y potencial. La energía macroscópica se relaciona con el movimiento y la influencia de algunos factores externos como la gravedad, el magnetismo, la electricidad y la tensión superficial.

Las formas microscópicas de energía son las que se relacionan con la estructura molecular de un sistema y el grado de actividad molecular, y son independientes de los marcos de referencia externos. La suma de todas las formas microscópicas de energía se denomina energía interna de un sistema y se denota mediante  $U$ .

---

#### 4.1.1.2 Energía interna

---

La energía interna se define como la suma de todas las formas microscópicas de energía de un sistema. Se relaciona con la estructura molecular y el grado de actividad

molecular y puede considerarse como la suma de las energías cinéticas y potencial de las moléculas.

- Energía sensible: porción de la energía interna asociada con la energía cinética de las moléculas.
- Energía latente: porción de la energía interna asociada con la fase del sistema.
- Energía química: porción de la energía interna asociada con los enlaces atómicos.
- Energía nuclear: porción de la energía interna asociada con los enlaces dentro del núcleo de los átomos.

A todos los tipos de energía interna mencionados anteriormente se les llama en la vida diaria calor, pero en termodinámica reciben el nombre de *energía térmica*. Es importante destacar la diferencia para no inducir este último término con *transferencia de calor*. El calor es energía en tránsito, por eso se denomina transferencia de calor. Dicha transferencia se produce por diferencia de temperaturas y el sentido natural de la transferencia es del cuerpo de mayor temperatura al de menor temperatura.

#### 4.1.1.3 Mecanismos de transferencia de energía

La energía puede transferirse hacia o desde un sistema en tres formas: calor, trabajo y flujo másico. Las interacciones de energía se reconocen en las fronteras (límites físicos) del sistema cuando lo cruzan, y representan la energía que gana o pierde un sistema durante un proceso. Las únicas dos formas de interacción de la energía relacionadas con una masa fija o sistema cerrado son las transferencias de calor y de trabajo.

1. **Transferencia de calor  $Q$ :** la transferencia de calor hacia un sistema (ganancia de calor) incrementa la energía de las moléculas y por tanto la del sistema; asimismo, la transferencia de calor desde un sistema (pérdida de calor) la disminuye, ya que la energía transferida como calor proviene de la energía de las moléculas del sistema.
2. **Transferencia de trabajo  $W$ :** una interacción de energía que no es causada por una diferencia de temperatura entre un sistema y el exterior es trabajo. Por ejemplo un émbolo ascendente, un eje rotatorio y un alambre eléctrico que cruzan la frontera del sistema se relacionan con las interacciones de trabajo. La transferencia de trabajo a un sistema (trabajo realizado sobre un sistema) incrementa la energía de este, mientras que la transferencia de trabajo desde un sistema (trabajo realizado por un sistema) la disminuye, puesto que la energía transferida como trabajo viene de la energía contenida en el sistema.
3. **Flujo másico  $m$ :** el flujo másico que entra y sale del sistema funciona como un mecanismo adicional de transferencia de energía. Cuando entra masa a un sistema, la energía de éste aumenta debido a que la masa lleva consigo energía (de hecho, la masa es energía). De igual modo, cuando una cantidad de masa sale del sistema, la energía de éste disminuye porque la masa que sale saca algo de energía consigo.

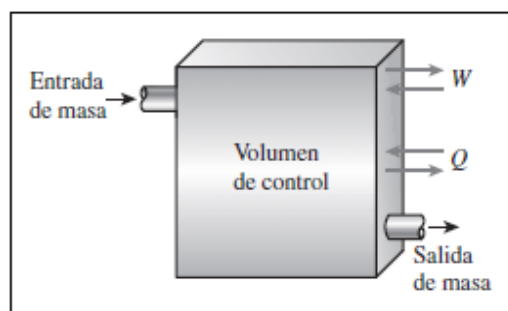


Fig. 4.1.1: Volumen de control.

En la figura 4.1.1 podemos observar un volumen de control (sistema). En dicho volumen de control se produce la transferencia de calor mediante los tres mecanismos mencionados anteriormente.

Las flechas con dirección al volumen de control representan las magnitudes entrantes y las flechas con dirección contraria representan las magnitudes salientes.

Como la energía puede ser transferida en las formas de calor, trabajo y masa, y su transferencia neta es igual a la diferencia entre las cantidades transferidas hacia dentro y hacia fuera, el balance de energía se expresa de modo explícito como:

$$E_e - E_s = (Q_e - Q_s) + (W_e - W_s) + (m_e - m_s) = \Delta E_{sistema} \quad 4.1.2$$

En la ecuación 4.1.2 los subíndices e y s representan las magnitudes de entrada y salida respectivamente.

La transferencia de calor  $Q$  es cero para sistemas adiabáticos, la transferencia de trabajo  $W$  es cero para sistemas donde no hay interacción de trabajo, y el transporte de energía por flujo másico  $m$  es cero para sistemas cerrados (es decir, sin transferencia de masa).

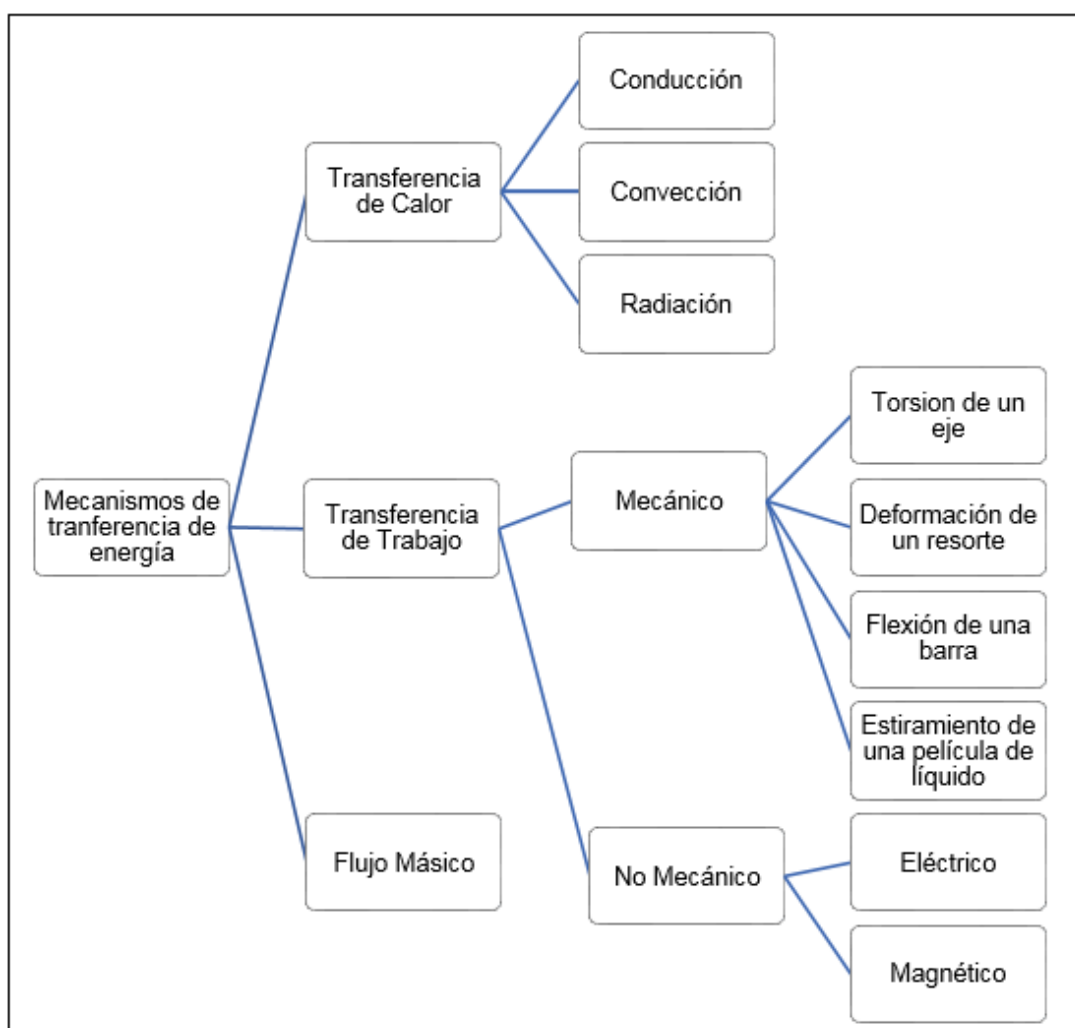


Fig. 4.1.2: Mecanismos de transferencia de energía

En la figura 4.1.2 podemos observar un esquema con los diferentes mecanismos para la transferencia de energía. Asimismo, se presentan diferentes sub mecanismos para cada mecanismo de transferencia.

---

#### 4.1.1.4 Calores específicos

---

Se sabe por experiencia que se requieren distintas cantidades de energía para elevar en un grado la temperatura de masas idénticas pertenecientes a sustancias diferentes. Por lo tanto, es deseable tener una propiedad que permita comparar la capacidad de almacenaje de varias sustancias. Esta propiedad es el calor específico.

El calor específico se define como la energía requerida para elevar en un grado la temperatura de una unidad de masa de una sustancia. En general, ésta energía depende de cómo se ejecute el proceso. En termodinámica, el interés se centra en dos clases de calores específicos: calor específico a volumen constante  $c_v$  y calor específico a presión constante  $c_p$ .

Desde el punto de vista físico, el calor específico a volumen constante se puede considerar como la energía requerida para elevar en un grado la temperatura de una unidad de masa de una sustancia cuando el volumen es constante. La energía requerida para hacer lo mismo cuando se mantiene constante la presión es el calor específico a presión constante. El segundo siempre es mayor que el primero ya que a presión constante se permite que el sistema se expanda y la energía para este trabajo de expansión también debe ser suministrada al sistema.

Por definición de calor específico a volumen constante tenemos:

$$c_v * dT = du \quad 4.1.3$$

Reordenando:

$$c_v = \left( \frac{\partial u}{\partial T} \right)_v \quad 4.1.4$$

De manera similar, por definición de calor específico a presión constante tenemos:

$$c_p = \left( \frac{\partial h}{\partial T} \right)_p \quad 4.1.5$$

Las expresiones 4.1.4 y 4.1.5 representan los calores específicos a volumen constante y presión constante, respectivamente,  $u$  es la energía interna y  $h$  la entalpía.

La energía interna y la entalpía se miden en KJ/Kg, la temperatura en °C y los calores específicos se miden en KJ/Kg °C.

La entalpía  $h$  es una función de estado al igual que la presión, el volumen, la temperatura, la densidad, el volumen específico y la energía interna. Cuando hablamos de función de estado hacemos referencia a que el valor del parámetro depende del estado en que se encuentre la materia. Por definición tenemos:

$$h = u + p * v \quad 4.1.6$$

Donde  $u$  es la energía interna,  $p$  la presión y  $v$  el volumen.

#### 4.1.1.5 Energía interna, entalpía y calores específicos de líquidos

Una sustancia cuyo volumen específico (o densidad) es constante se llama sustancia incompresible. Los volúmenes específicos de los líquidos en esencia permanecen constantes durante un proceso, por lo tanto pueden considerarse sustancias incompresibles. Se debe entender que la suposición de volumen constante implica que la energía relacionada con el cambio de volumen es insignificante en comparación con otras formas de energía.

Puede demostrarse matemáticamente que los calores específicos a volumen y presión constantes son idénticos para sustancias incompresibles, de modo que tendremos lo siguiente:

$$c_p = c_v = c \quad 4.1.7$$

Reemplazando la expresión 4.1.6 en la ecuación 4.1.5 tenemos lo siguiente:

$$c_p = \left( \frac{\partial(u + p * v)}{\partial T} \right)_v = \frac{\partial u}{\partial T} \quad 4.1.8$$

La expresión 4.1.8 es análoga a la ecuación 4.1.4, de modo que tenemos lo siguiente:

$$c_p = \frac{\partial u}{\partial T} = c_v = c \quad 4.1.9$$

La expresión 4.1.9 comprueba lo expresado en la ecuación 4.1.7. Ahora bien, despejando la variación de energía interna, la expresión 4.1.9 toma la siguiente forma:

$$\partial u = c * dT = c(T) * dT \quad 4.1.10$$

El cambio de energía interna entre dos estados 1 y 2 (inicial y final) se obtiene por integración de la expresión 4.1.10:

$$\Delta u = u_2 - u_1 = \int_1^2 c(T) * dT \quad 4.1.11$$

La variación del calor específico  $c$  con la temperatura debe ser conocida antes de llevar adelante el proceso de integración. Para pequeños intervalos de temperaturas puede aproximarse la expresión 4.1.11 a la siguiente:

$$\Delta u \cong c_{promedio} * (T_2 - T_1) \quad 4.1.12$$

Para procesos a presión constante ( $\Delta P = 0$ ), como ocurre en los calentadores, tendremos lo siguiente:

$$\Delta h = \Delta u \cong c_{promedio} * (T_2 - T_1) = q \quad 4.1.13$$



Para procesos a presión constante, según la expresión 4.1.13, tendremos la 4.1.14:

$$c * (T_2 - T_1) = q \quad 4.1.14$$

En la expresión 4.1.14,  $q$  representa la cantidad de calor por unidad de masa, medida en KJ/Kg, o bien en Kcal/Kg.

Para obtener la cantidad total de calor  $Q$  a transmitir a una determinada masa de sustancia, debemos multiplicar la cantidad de calor por unidad de masa  $q$  por la masa  $m$ , de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Q = q * m \quad 4.1.15$$

Donde  $Q$  es el calor medido en KJ o Kcal, y la masa se mide en Kg.

---

#### 4.1.1.6 Combustión Industrial

---

La combustión es un fenómeno químico en el cuál intervienen ciertos elementos constitutivos de los combustibles que se combinan con el oxígeno del aire, liberando grandes cantidades de calor.

En otras palabras, la combustión es un fenómeno que da como resultado la liberación de la energía térmica contenida en la energía química del combustible. Asimismo, la combustión está determinada en función de factores químicos, físicos y mecánicos.

Ahora bien, la diferencia entre combustión y combustión industrial es la primera es un fenómeno, mientras que la segunda es un fenómeno provocado y controlado con la finalidad de aprovechar el calor liberado.

Los elementos que intervienen en la combustión son principalmente el carbono y el hidrógeno, y en menor medida el azufre (presente en combustibles sólidos y líquidos, no así en los gaseosos como el gas natural). El azufre no interesa como elemento combustible porque es el causante de procesos corrosivos en las partes metálicas por donde circulan los gases de escape.

Por otro lado, para que se produzca la combustión se requieren grandes cantidades de oxígeno, el cual es suministrado a través del aire ambiente. Es importante tener en cuenta que las cantidades a mezclarse deben ser exactas y previamente determinadas a fin de obtener como resultado una combustión adecuada.

---

#### 4.1.1.7 Tipos de combustión industrial

---

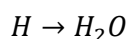
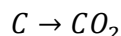
La combustión industrial puede ser de cuatro tipos:

- 1) Perfecta.
- 2) Completa.
- 3) Incompleta.
- 4) Imperfecta.

El tipo de combustión que se obtenga dependerá básicamente de la cantidad de aire suministrado.

### 1) Combustión Perfecta:

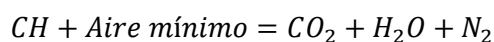
También llamada combustión neutra o estequiométrica, es la que ocurre cuando todos los componentes del combustible, al reaccionar, se oxidan al máximo, es decir ocurre una perfecta oxidación, de modo que surgen las siguientes transformaciones:



Estas transformaciones suceden cuando se aporta la cantidad estrictamente mínima de aire necesario para oxidar completamente el combustible. Esta cantidad de aire se llama cantidad teórica o cantidad estequiométrica de aire.

La combustión perfecta es el caso ideal, irrealizable en la práctica, pero sirve como base de referencia para el estudio de las combustiones reales.

Suponiendo que se oxida perfectamente un hidrocarburo CH, la reacción química representativa de la combustión perfecta será:



Analizando la reacción podemos decir:

- El porcentaje de CO<sub>2</sub> es el máximo posible.
- El aire es el mínimo posible.
- No existe oxígeno O<sub>2</sub> libre.
- No hay inquemados sólidos (partículas).
- No hay inquemados gaseosos (CO y CH).
- El agua H<sub>2</sub>O proviene de la humedad del combustible, la humedad del aire, la oxidación del hidrógeno con el oxígeno del combustible, y la oxidación del hidrógeno con el oxígeno del aire.

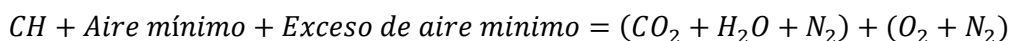
La cantidad de calor que se libere en la combustión estará determinada por el poder calorífico del combustible.

### 2) Combustión Completa:

La combustión completa, también llamada en atmósfera oxidante es igual a la perfecta pero con un exceso de aire. Este tipo de combustión es realizable en la práctica, ya que el exceso de aire produce los siguientes efectos positivos:

- Mantiene un sentido determinado de las reacciones químicas, que bajo ciertas condiciones pueden ser reversibles.
- Mantiene la velocidad de las reacciones dentro de valores elevados.
- En un quemador es imposible mezclar totalmente el combustible con el aire mínimo, de modo que el exceso de aire favorece el mezclado.
- Mejor la combustión ante variaciones de la cantidad de combustible a quemar.

La reacción química representativa de la combustión completa será:



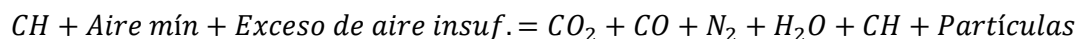
Analizando la reacción podemos decir:

- Los términos del primer paréntesis corresponden a la combustión perfecta.
- Los términos del segundo paréntesis corresponden al exceso de aire.
- Existe oxígeno O<sub>2</sub> libre.
- No hay inquemados sólidos (partículas).
- No hay inquemados gaseosos (CO y CH).
- El porcentaje de agua aumenta debido a que aumenta la cantidad de aire.

### 3) Combustión incompleta:

Se produce cuando se aporta aire en cantidad insuficiente.

La reacción química representativa de la combustión incompleta será:

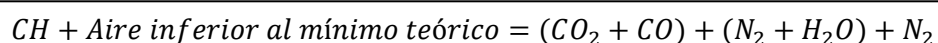


Analizando la reacción podemos decir:

- El porcentaje de CO<sub>2</sub> disminuye.
- Aparecen inquemados gaseosos CO y CH.
- Aparecen inquemados sólidos (partículas).

### 4) Combustión Imperfecta:

Este tipo de combustión se presenta cuando la cantidad de aire es inferior al mínimo teórico, y la reacción química será:



Este tipo de combustión no se presenta frecuentemente en la práctica, pero sirve como referencia.

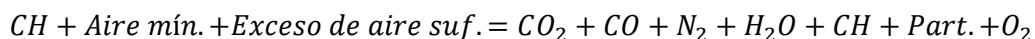
Por otro lado, la combustión imperfecta puede ocurrir cuando la cantidad de aire es mayor que la mínima teórica, pero el exceso de aire correcto no es suficiente para lograr una combustión completa.

En este caso la imperfección de la combustión está dada por el mecanismo (instalación) y las condiciones de operación de la misma, tales como:

- Quemador sucio.
- Orificios del quemador mal calibrados.
- Caudal de aire mal repartido.
- Falta de turbulencia.
- Defectuosa mezcla del aire con el combustible.
- Falta de tiempo de oxidación.
- Presión inadecuada del combustible.

- Temperatura inadecuada del combustible.
- Temperatura inadecuada del aire.
- Baja temperatura de la cámara de combustión.
- Llama mal centrada.
- Llama fría.
- Llama excesivamente larga y laminar.

La reacción química representativa será:



Este tipo de combustión es la que se produce en la práctica.

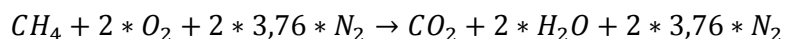
#### 4.1.1.8 Combustión perfecta del gas natural (GN)

El gas natural es un combustible en estado gaseoso que tiene la siguiente composición porcentual en volumen:

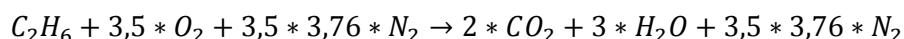
Compuesto	Fórmula química	Cantidad (%)
Metano	CH <sub>4</sub>	90,00
Etano	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	9,00
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	0,20
Nitrógeno	N <sub>2</sub>	0,80

En el GN los únicos elementos combustibles son el metano y el etano, por ende analizaremos las reacciones químicas de dichos compuestos.

1) Reacción química del metano:



2) Reacción química del etano:



El volumen total de aire necesario para quemar un metro cúbico (1 m<sup>3</sup>) de GN será:

$$V_{\text{aire total}} = V_{\text{aire metano}} + V_{\text{aire etano}}$$

$$V_{\text{aire total}} = 8,568 \text{ m}^3 + 1,5 \text{ m}^3 = 10,068 \text{ m}^3$$

El volumen total de aire atmosférico para combustionar 1 m<sup>3</sup> de GN será 10,068 m<sup>3</sup>, es decir, existe una relación aproximadamente igual a 10 a 1 de aire-combustible, respectivamente.

Cabe aclarar que las proporciones de aire mencionadas en el párrafo anterior son las correspondientes para lograr una combustión perfecta. Recordando lo expresado en la

sección anterior, este tipo de combustión no existe en la práctica, pero sirve como base para el estudio de las combustiones que sí ocurren en la práctica.

Para lograr una combustión completa del GN, es decir una combustión perfecta con exceso de aire, las cantidades de aire a mezclar serán superiores a las mencionadas anteriormente.

---

#### **4.1.1.9 Exceso de aire**

---

Para lograr una combustión completa del combustible es necesario utilizar una mezcla que tenga un exceso de aire.

La cantidad de aire en exceso a emplear en la combustión para que sea completa dependerá de varios factores, tales como:

- Tiempo disponible antes que los gases de combustión formados alcancen una zona fría en la cámara o lugar de combustión.
- Temperatura a la cual se encuentra el combustible.
- Temperatura a la cual se encuentra el aire de combustión.
- Grado de mezclado entre el combustible y el aire.

En definitiva, los factores que harán necesaria una determinada cantidad de exceso de aire son el tiempo, la temperatura y la turbulencia.

Si un combustible puede ser fuertemente dispersado y completamente mezclado con el aire, su combustión completa puede lograrse con un pequeño exceso de aire.

---

#### **4.1.1.10 Eficiencia de la combustión**

---

Los distintos quemadores usados para quemar los combustibles tienen por misión fundamental poner en contacto directo las partículas de combustible con el aire de la combustión, estando éste en la cantidad requerida.

De aquí aparece el concepto eficiencia de la combustión, entendiendo como tal el proceso que permite la oxidación completa del combustible empleando el mínimo de exceso de aire posible.

Aún con los quemadores actuales es extremadamente difícil lograr que una vez pulverizado el combustible cada partícula quede íntimamente rodeada de oxígeno del aire, existiendo siempre una cantidad de ellas que no alcanzan a entrar en contacto con el oxígeno del aire, con lo cual no se obtiene una oxidación completa del combustible.

El no lograr una oxidación completa da lugar a que aparezcan pérdidas, con lo cual la eficiencia disminuye, dependiendo del diseño y la tecnología del quemador.

En una combustión puede ocurrir que a pesar de suministrarse el aire necesario, el carbono, que es el más difícil de quemar, no logre oxidarse por completo. Al quemarlo en forma incompleta, el carbono no forma dióxido de carbono sino monóxido de carbono, con lo cual libera solamente una parte de su calor, que es aproximadamente un tercio del calor total. Este problema se debe a una deficiente mezcla del aire con el combustible, que se traduce como una falta de turbulencia entre los dos fluidos.

Si en la situación anterior aumentamos el exceso de aire, encontraremos que el monóxido de carbono desaparecerá, quemándose por completo, pero este exceso representa una disminución en el rendimiento de la combustión.

Otra deficiencia en la combustión es la presencia de humos, comúnmente llamado hollín, que es carbono sin quemar, lo cual revela también una combustión incompleta debido a una deficiente mezcla del aire con el combustible.

La mayor o menor eficiencia en la combustión dependerá de que los quemadores empleados sean más o menos eficientes, entendiéndose como quemador eficiente aquel que oxide al combustible con el mínimo exceso de aire, y sin la producción de monóxido de carbono ni hollín. Asimismo, la eficiencia también dependerá de la manera que se opere la instalación relacionada con el proceso de combustión.

#### 4.1.1.11 Quemadores de gas

Los quemadores son aparatos cuya función es preparar la mezcla de aire y combustible para lograr la combustión.

La combustión del gas no requiere preparación del combustible, a diferencia de los sólidos y líquidos. Por otro lado, lo importante de este tipo de combustión es proporcionar las cantidades justas de aire para lograr la combustión completa.

Los quemadores pueden ser:

- 1) Atmosféricos.
- 2) Mecánicos.

Los **quemadores atmosféricos** (figura 4.1.3) se emplean únicamente para combustibles gaseosos.

Una parte del aire necesario para la combustión (aire primario) se induce en el propio quemador por el chorro de gas salido de un inyector (efecto Venturi), y el aire restante (aire secundario) se obtiene por difusión del aire ambiente alrededor de la llama.

En estos tipos de quemadores se tienen combustiones grandes cantidades de exceso de aire.

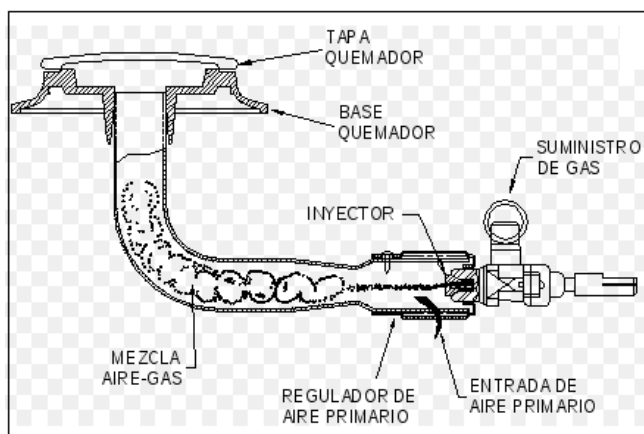


Fig. 4.1.3: Quemador atmosférico.

La principal ventaja de este sistema es su simplicidad y bajo costo comparativamente respecto al quemador mecánico.

La energía de activación se logra mediante una llama piloto que debe estar permanentemente encendida.

La regulación del gas se obtiene por variación de la presión en el inyector (apertura y cierre progresivo de la válvula de gas), y la regulación del aire se consigue variando la sección de entrada de aire por obturación de los orificios de entrada.

La mezcla arde en el cabezal del quemador, con una llama azul no luminosa.

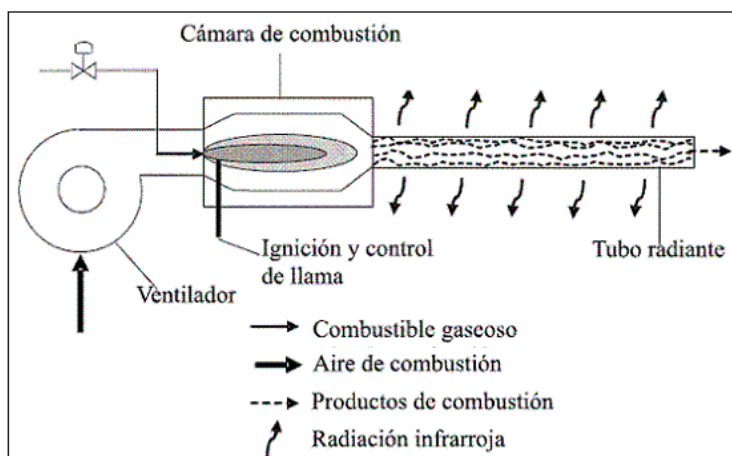


Fig. 4.1.4: Quemador mecánico.

Los quemadores mecánicos (figura 4.1.4), también llamados quemadores a sobrepresión, poseen un ventilador que introduce el aire de combustión. Para el quemado de combustibles gaseosos, los mismos se inyectan en la corriente de aire aprovechando la propia presión del suministro.

La regulación de la combustión puede efectuarse ajustando el gasto de combustible, la cantidad de aire a impulsar y los elementos que producen la mezcla.

Para que exista combustión deben presentarse los siguientes elementos:

- Combustible.
- Comburente.
- Energía de activación.
- Reacción en cadena.

Estos cuatro elementos fundamentales son los que forman el llamado "tetraedro del fuego", que podemos observar en la figura 4.1.5.

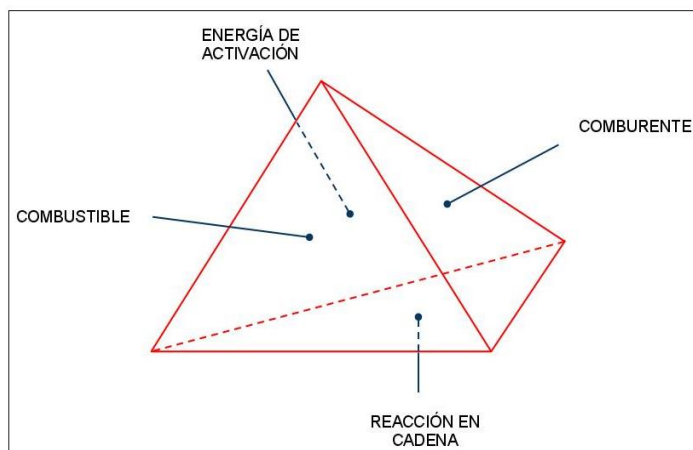


Fig. 4.1.5: Tetraedro del fuego.

El combustible es el compuesto que posee la energía química, el comburente es el aire atmosférico, la energía de activación es una chispa, llama o cualquier otra fuente de ignición, y la reacción en cadena es la inercia propia de la reacción química, es decir la tendencia a seguir su desarrollo.

Cuando se queman combustibles líquidos, la llama es altamente luminosa (llama radiante). Esto beneficia el rendimiento de la transferencia de calor. Por el contrario, la combustión del gas natural produce una llama transparente y muy poco luminosa, por lo que casi no tiene transferencia de calor por radiación. Sin embargo, se debe tender a regular la llama lo más radiante posible sin que se produzcan incrementos de monóxido de carbono y hollín (puntas fuertemente amarillas).

#### 4.1.2 Diseño del tanque de calentamiento

Como primer paso para la producción de masa de moldeo, es de vital importancia calentar el agua que posteriormente se mezclará con los componentes excipientes. Dicho calentamiento debe efectuarse hasta que el líquido alcance el punto de ebullición, es decir una temperatura de aproximadamente 100 °C.

#### 4.1.2.1 Determinación del volumen de almacenamiento de agua

Teniendo en cuenta la revisión de las cantidades de componentes para la elaboración de masa conforme a lo expresado en la sección 3.2, recordamos que la cantidad de agua a calentar son 112 litros, dicho volumen será el mínimo requerido para producir una tanda o pastón de masa con un peso aproximado de 200 Kg. Asimismo, cabe aclarar que nuestro tanque de almacenamiento de agua deberá tener teóricamente un volumen mínimo de 112 litros.

El tanque de almacenamiento que utilizaremos será de base circular como el mostrado en la figura 4.1.6. En dicha figura, las cotas  $D$  y  $H$  representan el diámetro y la altura del tanque, respectivamente.

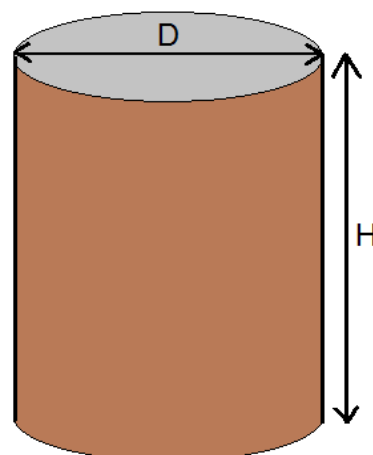


Fig. 4.1.6: Tanque de base circular

Para el tanque de almacenamiento se sugieren las siguientes medidas:

- Diámetro:  $D = 60$  cm.
- Altura:  $H = 80$  cm.

Para calcular el volumen  $V$  del tanque aplicamos la siguiente ecuación:

$$V = \frac{\pi * D^2}{4} * H \quad 4.1.16$$

Reemplazamos en la ecuación 4.1.16 los valores de  $D$  y  $H$  sugeridos y calculamos el volumen  $V$  del tanque:

$$V = \frac{\pi * (60 \text{ cm})^2}{4} * 80 \text{ cm} = 226194 \text{ cm}^3$$

$$V \cong 226000 \text{ cm}^3 = 226 \text{ l}$$

En base a las medidas sugeridas, el tanque tendrá una capacidad de almacenamiento volumétrico aproximadamente igual a 226 litros, es decir, una cantidad ligeramente superior al doble del volumen de agua requerido para producir una tanda o pastón de masa de 200 Kg, de modo que no requerirá una válvula de sobrepresión, ya que tiene un gran volumen para almacenar vapor.

#### 4.1.2.2 Selección del material del tanque

Aquí es importante aclarar que el agua a almacenar, cuando ingrese al tanque se encontrará a temperatura ambiente, de aproximadamente 25 °C, pero debido a que el tanque está destinado al calentamiento y posterior hervor del agua, ésta alcanzará los 100 °C y entrará en estado de ebullición.

Es por lo expresado en el párrafo anterior que el tanque no puede constituirse de materiales poliméricos, ya que estos no soportan satisfactoriamente las altas



temperaturas. La imposibilidad de utilizar materiales plásticos no nos deja otras alternativas que implementar tanques de paredes metálicas.

Una vez descartado el polímero y centrándonos en el material metálico, cabe destacar que el agua a alta temperatura produce una atmósfera altamente oxidante para el metal, es por ello que el tanque de almacenamiento deberá constituirse de un material metálico que soporte el agua a alta temperatura sin riesgos de corrosión.

Por otro lado, las paredes metálicas son más resistentes mecánicamente que las paredes de material polimérico. Esto último es muy importante ya que, al entrar en ebullición el agua, se elevará la presión en el interior del tanque de almacenamiento.

En base a lo expresado en los dos párrafos anteriores, elegimos como material constitutivo del tanque al acero inoxidable AISI 304.

La construcción del tanque de almacenamiento se efectuará por pedido a la empresa nacional **LARinox S.R.L.**, ubicada en Ruta Nacional 38, provincia de La Rioja.

---

#### 4.1.3 Diseño del sistema de calentamiento de agua

---

En la sección 4.1.2 nos hemos centrado en el diseño del tanque de almacenamiento del agua, y dicho diseño contempló el dimensionamiento y la selección del material.

Ahora bien, en la presente sección nos dedicaremos al diseño del sistema de calentamiento del agua, basándonos en los fundamentos teóricos explicados en las secciones 4.1.1.8 a 4.1.1.11.

---

##### 4.1.3.1 Cálculo de la cantidad de calor a transferir al agua

---

Recordando los mecanismos de transferencia de energía a los sistemas según lo expresado en la sección 4.1.1.3, y considerando que el tanque con el agua constituyen un sistema, el mecanismo para transferir energía que utilizaremos para elevar la temperatura del agua será por transferencia de calor, es decir a partir de la combustión de un combustible, que en este caso será gas natural (GN). Las reacciones químicas de la combustión perfecta del gas natural se presentaron en la sección 4.1.8.9.

Para calcular la cantidad de calor a transferir al agua de calentamiento, utilizaremos las ecuaciones 4.1.14 y 4.1.15 presentes en la sección 4.1.1.15:

$$c * (T_2 - T_1) = q \quad 4.1.14$$

Datos para el cálculo:

- Calor específico del agua:  $c = 4,22 \text{ KJ/Kg } ^\circ\text{K} = 1 \text{ kcal /Kg } ^\circ\text{C}$ . (Anexo tabla 11.2.1).
- Temperatura de entrada del agua al tanque:  $T_1 = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$ .
- Temperatura final del agua, luego del calentamiento:  $T_2 = 100 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

A continuación reemplazamos los datos mencionados anteriormente en la ecuación 4.1.14:

$$q = 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} * ^\circ\text{C}} * (100 \text{ } ^\circ\text{C} - 25 \text{ } ^\circ\text{C})$$

$$q = 75 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

Analizando el resultado obtenido, podemos concluir que para elevar la temperatura en un rango de 25 °C a 100 °C de un kilogramo (1 Kg) de agua, es necesario suministrar 75 Kcal.

Ahora, aplicando la fórmula 4.1.15 calcularemos la cantidad de calor total a suministrar a la masa de agua contenida en el tanque de almacenamiento:

$$Q = q * m \quad 4.1.15$$

Considerando que la densidad del agua es aproximadamente igual a 1000 Kg/m<sup>3</sup>, podemos decir que un volumen de un litro de agua es equivalente a una masa de un kilogramo de agua, es decir:

$$1 \text{ l Agua} = 1 \text{ Kg agua}$$

Por lo tanto, tenemos que 226 litros tienen una masa de 226 Kg. Reemplazamos este último valor en la ecuación 4.1.15 considerando la cantidad de calor por unidad de masa  $q$  calculada según la ecuación 4.1.14:

$$Q = 75 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} * 226 \text{ Kg}$$

$$Q = 16950 \text{ Kcal}$$

La cantidad de calor a entregar para elevar la temperatura de 226 Kg de agua hasta alcanzar el punto de ebullición, deberá ser aportada durante un lapso de 30 minutos a fin de agilizar el proceso de producción de la masa de moldeo, de manera que la cantidad de calor  $Q$  a suministrar deberá estar afectada al tiempo, por lo tanto tendremos:

$$Q = \frac{16950 \text{ Kcal}}{30 \text{ minutos}} = \frac{16950 \text{ Kcal}}{\frac{1}{2} \text{ hora}} = 33900 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

$$Q_{\text{tiempo}} = 33900 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

Como podemos observar en el cálculo anterior, la cantidad de calor a suministrar ha de ser 33900 Kcal por hora, lo que equivale a una entrega de 16950 Kcal en 30 minutos o media hora.

#### 4.1.3.2 Selección del quemador

Una vez determinada la cantidad de calor a transmitir debemos encontrar un quemador capaz de entregar la cantidad de calor por unidad de tiempo requerida. Cabe aclarar que la implementación de un quemador atmosférico como el descrito en la sección 4.1.1.11 es suficiente, ya que los dispositivos de este tipo son más sencillos, menos costosos y dan resultados satisfactorios.

Consultando los catálogos de la empresa nacional **COFACO S.R.L.** (con sede central en Caseros, Bs. As.), encontramos quemadores atmosféricos de plato aptos para implementarse en nuestra instalación de calentamiento.

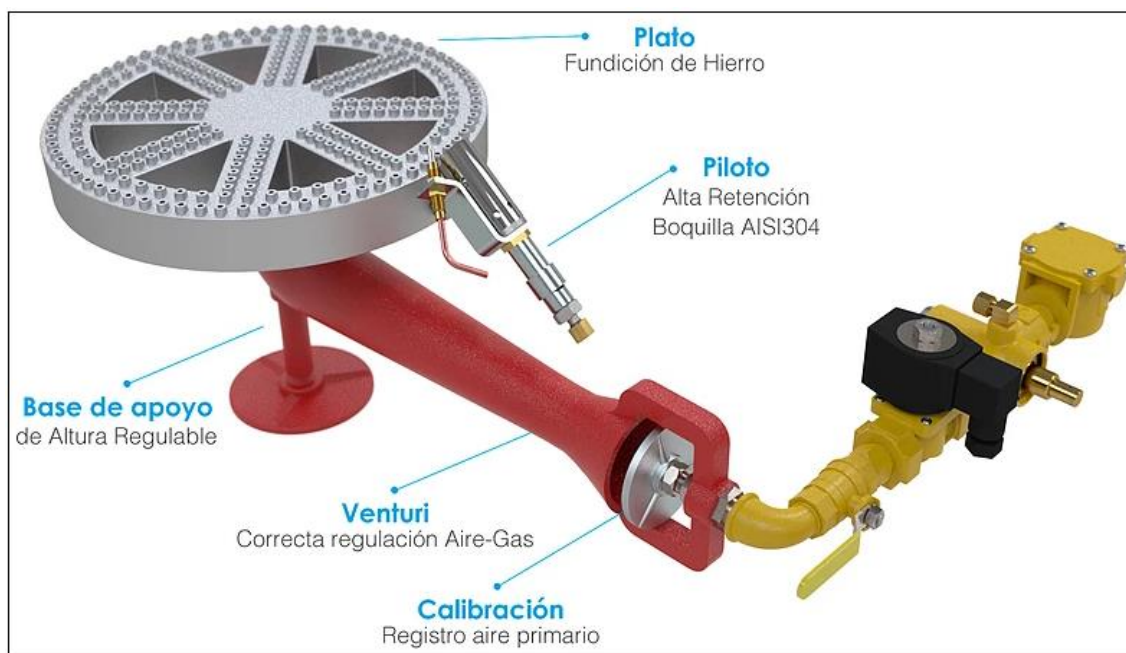


Fig. 4.1.7: Quemador atmosférico de plato circular

En la figura 4.1.7 podemos observar un diagrama de un quemador atmosférico de plato. En la figura se distinguen los siguientes elementos constitutivos:

- Filtro de gas, ubicado al inicio de la zona amarilla.
- Válvula de seguridad, a continuación del filtro de gas.
- Válvula solenoide para apertura y cierre de la entrada de gas.
- Válvula de bloqueo del quemador, con la manija en posición horizontal.
- Inyector de aire, entre el codo y el cuerpo adyacente en dirección al plato.
- Registro de aire primario, punto de calibración de la entrada de aire.
- Tubo de Venturi, zona de mezclado de aire y gas.
- Base apoyo con altura regulable.
- Piloto, quien suministra la llama para la ignición de la mezcla de aire y gas.
- Plato circular, de fundición de hierro. Tiene orificios calibrados por donde sale la mezcla de aire y gas.

#### Descripción del quemador:

- El quemador está compuesto por un plato de fundición de hierro, inyector y tuercas de bronce, tubo de Venturi, registro de aire primario y base de aluminio.

- Dispone de dos tipos de pilotos, el básico y el de alta retención con boquilla de acero inoxidable.
- Los elementos de seguridad y automatización son de primera calidad, y responden en su totalidad a las normas de Gas Industrial. Sus principales componentes son: filtro de gas, válvula de seguridad a termocupla y válvula esférica de paso total.
- Puede fabricarse con válvula solenoide de corte total y/o parcial, interruptor de seguridad a termocupla, control electrónico de llama con encendido automático, transformador de encendido, caja de control o conexiones de aluminio estanca con salidas mediante prensacables.
- Las partes metálicas que forman los equipos están esmaltadas con pintura en polvo epoxi.
- El quemador incorpora un regulador-estabilizador de la presión de entrada (con filtro incorporado) y trenes de válvulas protegidos con esmalte epoxi líquido amarillo.
- Funcionan a gas natural (GN) o envasado (GLP) con baja presión (200 mm.c.a. y 280 mm.c.a. respectivamente).
- El diseño del tubo de Venturi asegura la correcta y constante proporción de gas y aire atmosférico en cualquier potencia que se lo regule.
- La calibración de la mezcla de gas y aire se obtiene mediante el registro de aire primario, el cual una vez ubicado en la posición óptima, es fijado por su tuerca de ajuste.
- Se obtiene una llama estable, con muy buena relación máximo-mínimo y, fundamentalmente una combustión completa libre de monóxido de carbono.
- Cuenta con un dispositivo regulable para fijar su altura.

#### **Aplicaciones:**

- Calentamiento de líquidos (bateas para anodizados, galvanoplastia, desengrasas, cocción de productos alimenticios, freidoras de churros, chacinados, hervidores de cerdas, triperías, etc.).
- Crisoles para fundir metales de bajo punto de fusión (plomo, estaño, etc.).
- Autoclaves.
- Reactores.
- Fusión de brea.
- Pequeños hornos y secadores.
- Hogares.
- Estufas industriales.
- Calentadores de agua (termotanques industriales).
- Generadores de aire caliente, etc.

Revisando el catálogo de quemadores de plato, encontramos diferentes modelos que varían en función de la potencia capaz de entregar, en Kg/hora.

A continuación se muestran los esquemas del quemador de plato redondo, como el mostrado en las figuras 4.1.7 y 4.1.8:

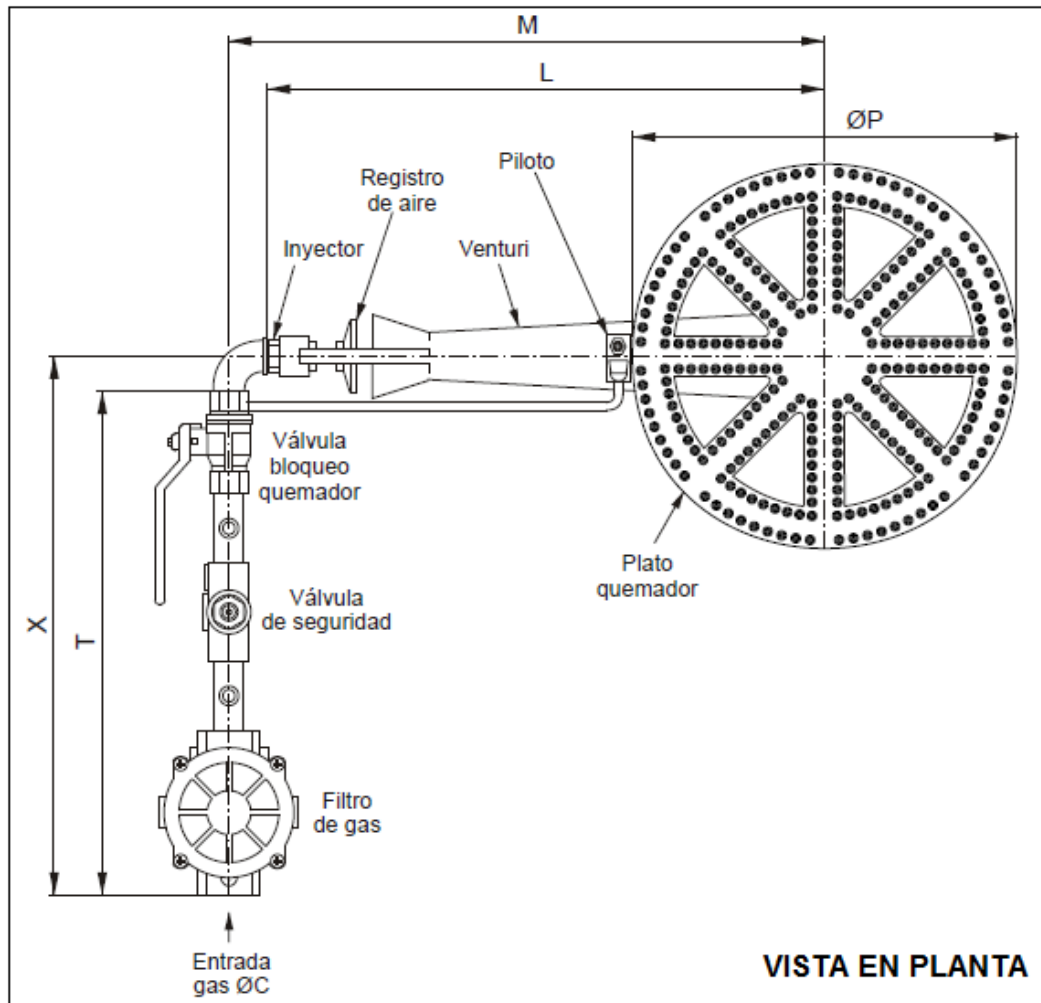


Fig. 4.1.9: Vista en planta o superior del quemador de plato circular.

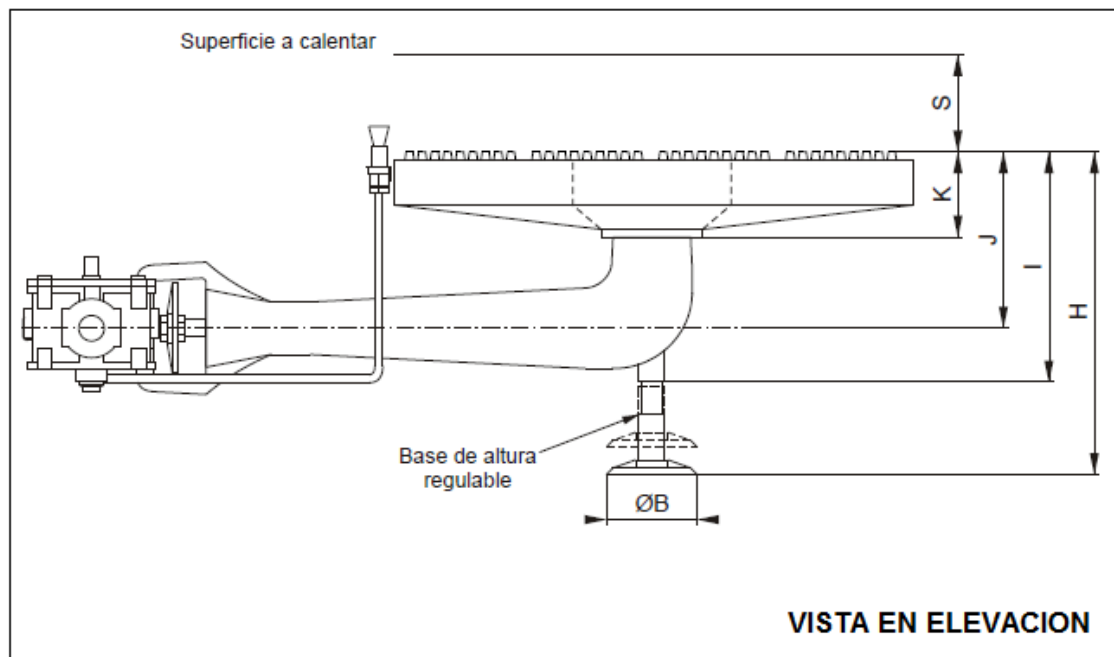


Fig. 4.1.10: Vista en elevación o lateral del quemador de plato circular.

El tipo de quemador de plato circular que seleccionamos del catálogo es:

Modelo QPL300C - Bd13 / TM00.

Los parámetros del quemador seleccionado son:

Modelo	QPL300C - Bd13 / TM00		
Potencias (Kcal/h)	G.L.P.	12500	
	G.N.	Standard	40000
		Máximo	50000
Dimensiones (mm)	ØC	13	
	H	Mínimo	228
		Máximo	283
	I	159	
	J	118	
	K	66	
	L	406	
	M	434	
	ØP	305	
	S	Standard	140
		Máximo	200
	T	447	
	X	472	
	ØB	110	
Presión (mm.c.a.)	G.L.P.	280	
	G.N.	200	

En la figura 4.1.11 se muestra el detalle del tren de válvulas para el modelo de quemador seleccionado anteriormente:

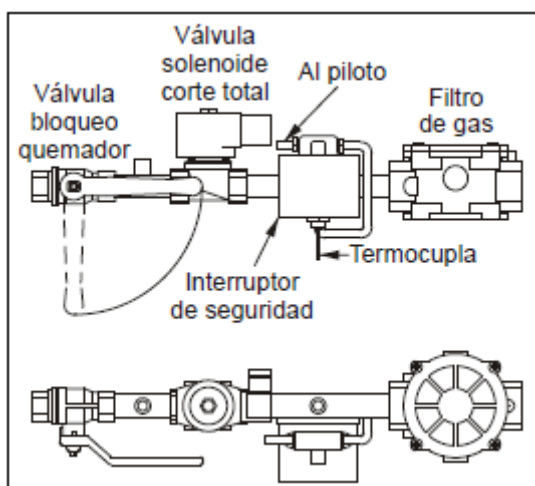


Fig. 4.1.11: Tren de válvulas del quemador Modelo QPL300C - Bd13 / TM00.

Como podemos observar en la figura 4.1.11, el quemador seleccionado cuenta con dos válvulas solenoide, una de corte parcial y otra de corte total. Asimismo, dispone de un interruptor de seguridad con termocupla y conexión al piloto, un filtro de gas y una válvula de bloqueo del quemador. Esta última válvula es de accionamiento manual, a diferencia de las solenoides que poseen accionamiento eléctrico (pueden comandarse automáticamente y a distancia).

Una vez seleccionado el quemador adecuado para nuestra instalación, hay que tener en cuenta los códigos de pedidos, ya que cada elemento del quemador posee un código particular.

Dichos códigos se presentan a continuación:

Serie		QPL	Detalle	Código
Modelo		300		400
Conexión Plato - Venturi		C	Cónica	C
		R	Roscada	
Piloto		F	Sin piloto (opción válida para sistema ionización)	H
		H	Piloto tipo healer	
		P	Piloto de alta retención	
Tipo de gas		E	Envasado (G.L.P.)	E
		N	Natural (G.N.)	
Presión de trabajo		B	Baja (200 mm.c.a. para G.N. y 280 mm.c.a. para G.L.P.)	B
Armado de válvulas		d	Acodado a la derecha	d
Diámetro de conexión		13	13 mm BSP	13
		19	19 mm BSP	
Sistema de seguridad		V	Válvula de seguridad	V
		T	Interruptor de seguridad	
		I	Ionización	
Sistema de corte		Válvula 1		M
		0	No posee	
		M	Válvula solenoide apertura standard	
		L	Válvula solenoide apertura lenta	
		A	Válvula solenoide apertura standard con M.V.C.	
		B	Válvula solenoide apertura lenta con M.V.C.	
		Válvula 2		0
Regulación de potencia		S	Alto y bajo fuego	S
		P	Modulante	
		0	No posee	
Dispositivo de entrada		F	Filtro de gas	F
		R	Regulador de presión con filtro de gas	
Indicador de presión		0	No posee	0
		1	Un manómetro	
		2	Dos manómetros	
Presostato de aire		0	No posee	0
Presostato baja presión de gas		0	No posee	0
		F	Fijo	
		R	Regulable	
Presostato alta presión de gas		0	No posee	0
		F	Fijo	
		R	Regulable	

En la figura 4.1.8 podemos observar otro diagrama de un quemador de plato similar al mostrado en la figura 4.1.7. Aquí se distingue mejor el filtro de aire, la válvula de seguridad y la válvula de bloqueo del quemador.



Fig. 4.1.8: Quemador de plato circular



---

## **4.2 INSTALACION DE ALMACENAMIENTO Y ALIMENTACION DE COMPONENTES EXCIPIENTES**

---

Uno de los mayores problemas que deben enfrentar las industrias es el manejo y almacenamiento de materias primas. Se hace necesario estudiar, aunque sea de forma muy breve, los diferentes métodos de almacenamiento, los cuales se encuentran estrechamente relacionados con el tipo de proceso que se lleva a cabo en la planta. Por tal motivo habrá que analizar muy bien el tipo de almacenamiento que se acomoda mejor a cada proceso.

---

### **4.2.1 Fundamentación Teórica**

---

Los materiales solidos pueden ser almacenados en términos generales de dos formas muy diferentes:

- 1) Empaquetados.
- 2) A granel.

En el primer caso, se forman paquetes de sólidos, mientras que en el segundo caso el sólido se contiene sin empaque en el interior de un depósito.

El almacenamiento de sólidos a granel puede efectuarse de dos maneras:

- En patios al aire libre o bajo el techo
- En recipientes cerrados tipo bunker, también llamados silos.

Esta última forma de almacenar los materiales solidos a granel es la que nos compete

---

#### **4.2.1.1 Silos de almacenamiento**

---

Son recipientes para el almacenamiento de los sólidos a granel. Este método de almacenaje es ampliamente utilizado en la industria especialmente por que brinda un proceso de flujo continuo. Asimismo, es económico, ahorra espacio y permite establecer un flujo uniforme y ordenado.

La forma de los silos es muy variada: los hay de forma rectangular, piramidal, cilíndrica u otras, de acuerdo a las necesidades.

La base inferior de ellos se denomina tolva y al igual que el silo presenta diferentes formas: plana, piramidal, cónica, esférica, etc. Estos recipientes se llenan por la parte superior y están diseñados con una o varias bocas de descarga en la parte inferior, lo necesario para que el material pueda fluir aprovechando la gravedad.

El principal problema de estos tipos de almacenamiento está en conseguir una descarga fácil, continua y ordenada, ya que en algunos casos el material tiene tendencia a formar arcos de cohesión en el interior que interrumpen la descarga.

Este problema antes mencionado puede ser eliminado por medio de un buen diseño y una correcta selección.

---

#### **4.2.1.2 Criterios de diseño de los silos**

---

Si nos referimos únicamente a aquellos depósitos encargados de almacenar y descargar los materiales, el proceso de selección y diseño se hace difícil, sin que antes no se

hayan analizado una serie de factores que influyen en su rendimiento. Entre estos se tienen en cuenta los siguientes:

- Propiedades de los materiales. Se tienen en cuenta algunas de las siguientes propiedades: densidad, granulometría, compresibilidad, ángulo de fricción interna, cohesión, etc.
- Capacidad de almacenamiento volumétrica.
- Grado de acabado superficial del recipiente, es decir el grado de rugosidad del material.
- El tipo de flujo dentro del silo, es decir, si el patrón de flujo es un embudo o si es un flujo másico.
- Cuál es la forma y el tamaño de la boca de descarga del silo.

Todos estos factores y algunos más deben ser tenidos en cuenta en el momento de seleccionar o diseñar el tipo de silo más conveniente.

---

#### 4.2.1.3 Capacidad de almacenamiento volumétrico

---

La densidad de una sustancia  $\rho$  se define como la cantidad de masa  $m$  que posee por unidad de volumen  $v$ , de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad 4.2.1$$

La densidad expresada según la ecuación 4.2.1 es una propiedad intensiva y no depende de la cantidad de masa presente, para un material dado la relación masa sobre volumen siempre es la misma (constante); es decir, el volumen aumenta conforme aumenta la masa a modo de mantenerse constante la densidad, como dijimos anteriormente. En el SI (Sistema Internacional de Unidades), la densidad se expresa en Kg/m<sup>3</sup>. Asimismo, también suelen utilizarse como unidades las siguientes: gr/ml; gr/L; gr/cm<sup>3</sup>; Kg/ L.

Para conocer el volumen que ocupa una sustancia lo despejamos de la ecuación 4.2.1. El volumen será entonces:

$$v = \frac{\rho}{m} \quad 4.2.2$$

El volumen es una magnitud definida como el espacio ocupado por un cuerpo y como tal tiene una amplia aplicación.

La unidad fundamental de volumen en el SI (Sistema Internacional de Unidades) es el metro cúbico (m<sup>3</sup>) que equivale a mil litros (1000 l); pero comúnmente en la industria química no se utilizan estas cantidades tan grandes, siendo las medidas más usadas el litro (l) o el mililitro (ml).

Normalmente medimos el volumen de un líquido en mililitros (ml) y el volumen de los sólidos en centímetros cúbicos (cm<sup>3</sup>). Ambas unidades son equivalentes, es decir, 1 ml = 1 cm<sup>3</sup>.

Por lo tanto, para medir el volumen de las sustancias en estado sólido en nuestra actividad utilizaremos el cm<sup>3</sup>.

#### 4.2.1.4 Grado de acabado superficial de los silos.

En los últimos años, este tema ha tomado mucha importancia debido a que el grado de acabado superficial llega a tener un gran efecto a la hora de analizar si el material dentro del recipiente puede llegar a fluir de manera uniforme.

Si la rugosidad del material con el que está fabricado el recipiente es alta, con frecuencia entonces tendremos que el material que fluye por las paredes de dicho recipiente tiende a apelmazarse por culpa de esta rugosidad y más aún cuando el material que fluye presenta un alto ángulo fricción interna, generando así que el material se compacte en las paredes, en oposición a los flujos libres.

La siguiente tabla nos brinda la rugosidad absoluta  $\epsilon$  de algunos materiales:

RUGOSIDAD ABSOLUTA DE MATERIALES			
Material	$\epsilon$ (mm)	Material	$\epsilon$ (mm)
Plástico (PE, PVC)	0,0015	Fundición asfaltada	0,06-0,18
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,01	Fundición	0,12-0,60
Tubos estirados de acero	0,0024	Acero comercial y soldado	0,03-0,09
Tubos de latón o cobre	0,0015	Hierro forjado	0,03-0,09
Fundición revestida de cemento	0,0024	Hierro galvanizado	0,06-0,24
Fundición con revestimiento bituminoso	0,0024	Madera	0,18-0,90
Fundición centrifugada	0,003	Hormigón	0,3-3,0

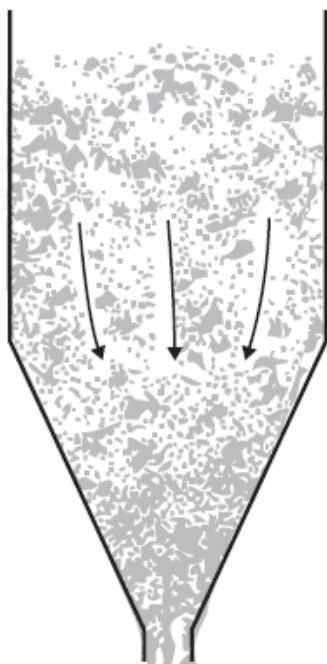
#### 4.2.1.5 Criterios de Jenike para el diseño

Para diseñar un depósito de almacenamiento se deben tener en cuenta los siguientes criterios de Jenike:

- 1) Patrón de flujo dentro del silo
- 2) Diámetro crítico de salida del material

##### 1) Patrón de flujo del silo:

A la hora de diseñar un recipiente de almacenamiento con flujo, se deben tener en cuenta dos definiciones importantes: el flujo en masa, que significa que todo el material se desplaza una vez retirado una porción de él y el flujo de embudo, que se produce cuando fluye sola una porción del material por el centro del sistema.



Como se observa en la figura 4.2.1 correspondiente a una tolva de flujo de masa, todos los materiales en el recipiente se desplazan cuando se retira una parte.

Características de la tolva de flujo de masa:

- Las partículas se segregan, pero se reúnen en la descarga.
- Los polvos se desairean y no fluyen cuando se descarga el sistema.
- El flujo es uniforme.
- La densidad de flujo es constante.
- Los indicadores de nivel funcionan adecuadamente.
- No quedan productos en zonas muertas, donde pudieran degradarse.
- Se puede diseñar la tolva para tener un almacenamiento no segregado o para funcionar como mezcladora.

Fig. 4.2.1: Tolva de flujo de masa. Al flujo másico lo establece las paredes del silo y la inclinación de la tolva.

En la figura 4.2.2 podemos observar una tolva de flujo de embudo, el cual se produce cuando fluye solo una porción de material en un canal llamado comúnmente "agujero de rata", ubicado en el centro del sistema.

Características de la tolva de flujo de embudo:

- Las partículas se segregan y permanecen segregadas.
- La primera porción que entra es la última en salir.
- Pueden permanecer productos en puntos muertos, hasta que se realiza la limpieza completa del sistema.
- Los productos tienden a formar puentes o arcos, y posteriormente los agujeros de rata durante la descarga.
- El flujo es errático.
- Los indicadores de nivel se deben situar en puntos clave, para que puedan funcionar adecuadamente.
- Las tolvas funcionan bien con sólidos de partículas grandes y flujo libre.

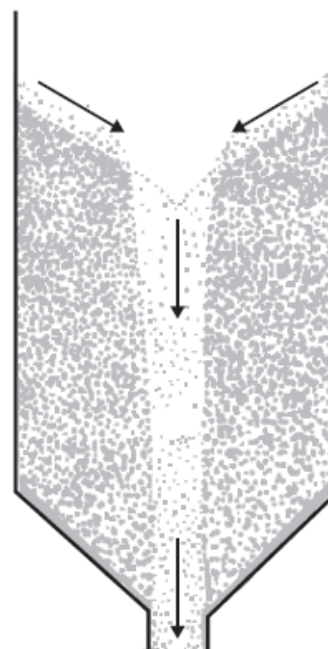


Fig. 4.2.2: Tolva de flujo de embudo.

Al flujo de embudo lo determina el material, y a la depresión cónica la determina el ángulo de fricción interna.

En base a esto se ha podido establecer una relación estrecha que vincula los ángulos de fricción entre el material y la pared con el ángulo de inclinación de la base del silo.

De acuerdo a esta relación podemos llegar a determinar cuál es el patrón de flujo, es decir si en el silo hay flujo másico o de embudo.

La siguiente gráfica (figura 4.2.3) permite establecer el patrón de flujo que se va a establecer una vez conocida la pendiente de la boca del silo y el ángulo de fricción interna del material almacenado.

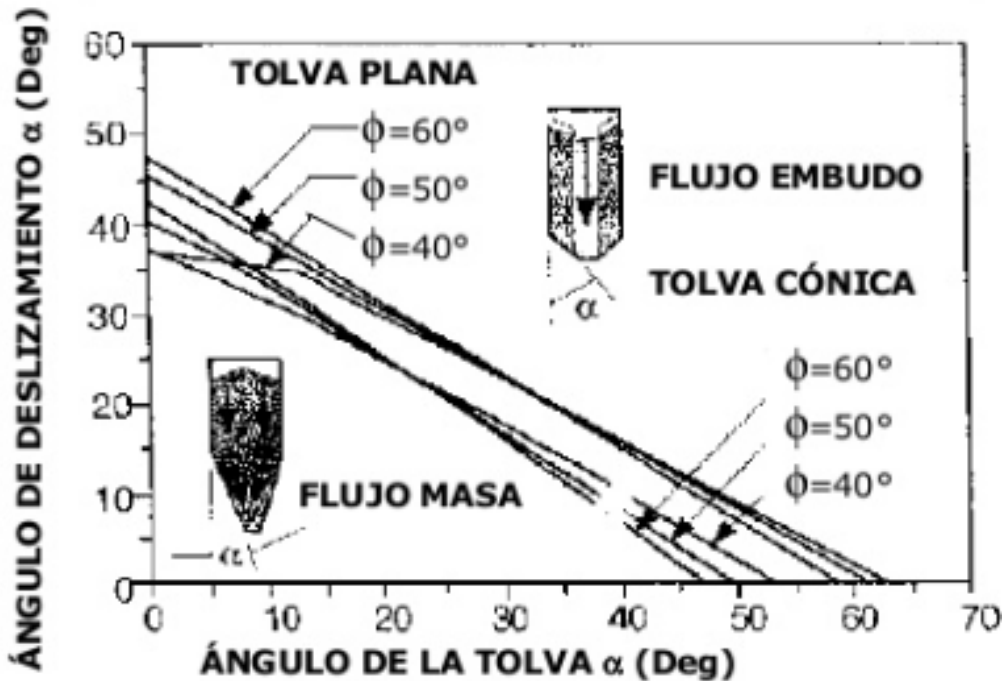


Fig. 4.2.3: Relación entre el flujo de masa y flujo de embudo para tolvas cónicas.

Todos aquellos valores de ángulo de la tolva y ángulo de deslizamiento o de fricción que fijen un punto por encima de la línea de referencia darán un flujo de embudo, y aquellos valores que localicen un punto por debajo de esta línea darán un flujo de masa.

## 2) Diámetro crítico de salida del material:

El diámetro de la abertura de descarga de la tolva de un silo debe ser de un tamaño tal que no afecte el patrón de flujo del silo y que garantice la descarga deseada del material. En base a esto, para determinar el diámetro ha de considerarse que el flujo puede interrumpirse de dos maneras diferentes:

- Debido al taponamiento de la boca de salida producida por la interferencia de las partículas gruesas.
- Debido a la formación de arcos o puentes de cohesión dentro de la masa almacenada.

Para evitar el primero, los especialistas aseguran que el diámetro del orificio de salida debe ser como mínimo seis veces mayor que el de la partícula almacenada siempre y cuando todas las partículas sean del mismo tamaño, o tres veces el tamaño de la más grande, si son de tamaño diferente.

Para prevenir la interrupción que se genera debido a la formación de arcos de cohesión dentro de la masa, se diseña el silo teniendo en cuenta el criterio de Jenike sobre la relación que debe existir entre el coeficiente de fricción del material contra las paredes

de la tolva y el ángulo de inclinación de esta, para garantizar el patrón de flujo ya antes determinado.

Además se ha podido establecer que dentro de la masa almacenada existen dos tipos de esfuerzos diferentes:

- Uno de ellos generado por la masa dentro del recipiente, denominado esfuerzo de tensión y se presenta al generarse los arcos.
- El otro esfuerzo se denomina interno o de tracción y es impuesto por el silo, el cual debe ser diseñado de tal forma que se rompan los esfuerzos de tensión al fluir el material por gravedad.

Puesto que el arco generado transfiere las cargas a las paredes del recipiente y al hacerlo se aplica una gran presión, se originan fuerzas de fricción muy grandes, esto hace que las presiones de consolidación disminuyan hacia el orificio de descarga. El resultado neto es que el arco que se ha formado impide el flujo dentro del recipiente. Entonces se debe aplicar fuerzas al arco para que se rompan y el flujo se restablezca, lo cual se puede producir con un buen diseño del silo, que obliga a que por gravedad se rompan los arcos.

Según Jenike, cuando la resistencia del arco  $f$  se ve sobrepasada por el esfuerzo interno  $s$  generado por una fuerza aplicada al arco, habrá flujo. Por lo tanto:

Cuando  $f < s$ , existe flujo.

Cuando  $f > s$ , no existe flujo.

Cuando  $f = s$ , se alcanzó el punto crítico, es decir el diámetro crítico.

Para hacer un análisis cuando existe flujo, es decir,  $f < s$ ; se observa que le sucede a un elemento de polvo en contacto con la pared del silo durante la descarga del mismo (figura 4.2.4).

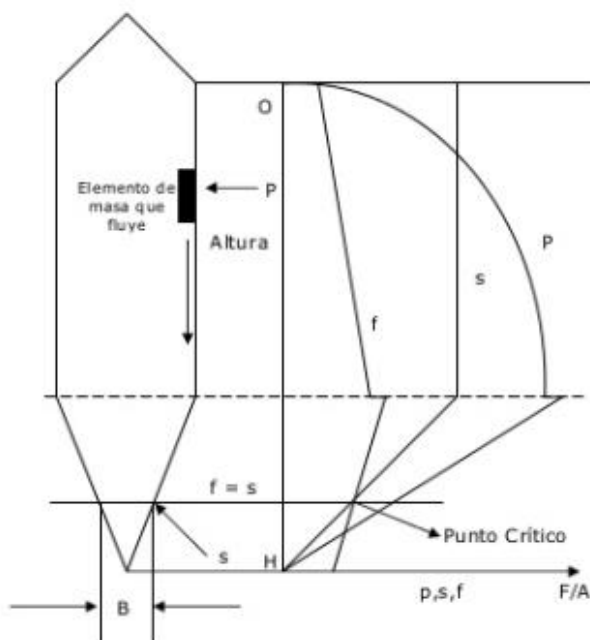


Fig. 4.2.4: Análisis de flujo para un elemento de material que se desplaza por la tolva.

Cuando el elemento se encuentra en lo alto del silo, este no se halla compactado ( $p = 0$ ), ya que sobre él no actúa ninguna presión  $p$ . Ahora bien, conforme el elemento va descendiendo, se va compactando debido a que la presión  $p$  en el silo va aumentando. Esta presión sigue aumentando por la profundidad, hasta aproximarse al final vertical del silo, donde permanece prácticamente constante. En la intersección de la pared vertical e inclinada, esta presión crece de manera abrupta. A partir de este punto la presión comienza a disminuir de

forma lineal conforme el material se aproxima a la boca de salida.

La resistencia del arco  $f$  experimenta una situación similar a la presión debido a que ésta se encuentra en función de la presión a la que se encuentra sometido el material.

Por otra parte, el elemento de polvo que estamos tratando se encuentra sometido en todo momento al esfuerzo interno o de tracción  $s$ , cuya magnitud depende, como podemos observar, de la posición que está ocupando en el silo.

Cuando las curvas de  $f$  y  $s$  se intersectan en un punto correspondiente a las dimensiones críticas de la abertura de la tolva  $B$ , se ha encontrado el punto crítico. Esto quiere decir que  $f = s$ .

El análisis anterior puede reducirse a un método práctico para determinar el tamaño mínimo de la abertura de descarga  $B$ . Este método relaciona la resistencia de arco  $f$  en función de la presión de compactación  $p$ .

Dicha relación se conoce como función de flujo de un material  $FF$ .

Para desarrollar la función de flujo, Jenike diseñó un probador de corte que da una específica función de flujo  $FF$ , que es una curva determinada de manera experimental y es localizada a través de los puntos resultantes de los valores  $f$  y  $p$  obtenidos por el probador de corte, el cual le dió como resultado diferentes curvas según el material en cuestión. Dichas curvas se visualizan en la figura 4.2.5 que se muestra a continuación.

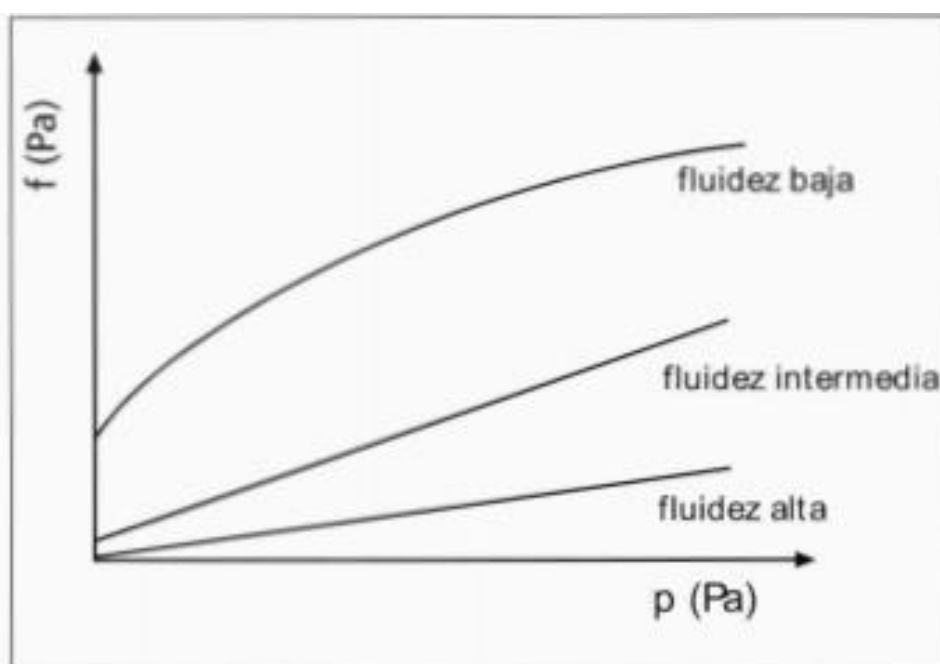


Fig. 4.2.5: Curvas FF en función de la fluidez.

En la gráfica de la figura 4.2.5 podemos observar tres curvas, ellas son de fluidez alta, intermedia y baja, siendo la curva de fluidez alta para los líquidos, la curva de fluidez intermedia para los granos y la curva de fluidez baja para los polvos.

Siguiendo con el análisis, Jenike estudió estas curvas de función de flujo  $FF$  para cada material y en base a las dimensiones de los diferentes tipos de silos, llegó a la conclusión por medio de expresiones matemáticas que el diámetro mínimo de la abertura de descarga  $B$ , de manera aproximada para una tolva cónica es:

$$B = \frac{22 f}{\rho} \quad 4.2.3$$

Donde  $f$  es el esfuerzo de tensión producido por el arco de cohesión y  $\rho$  la densidad del producto almacenado.

Con la ecuación 4.2.3 es posible diseñar recipientes que contengan el diámetro mínimo para que el material fluya por gravedad con un patrón de flujo de masa, garantizando un flujo continuo, uniforme y ordenado. Está demás advertir que un producto puede no fluir a pesar de haber diseñado el silo bajo todos los criterios anteriormente mencionados, si en la planta hubo cambios radicales en el tamaño del grano, la temperatura y la humedad del producto.

Por tales motivos es necesario incorporar a los silos de almacenamiento un sistema filtrante que sea capaz de impedir el ingreso de cualquier partícula contaminante y contenidos de humedad.

---

#### 4.2.1.6 Absorbentes de humedad

---

Los absorbentes de humedad son muy útiles en la industria, sobre todo debido a que inhiben el crecimiento de moho y hongos que son capaces de cambiar las propiedades físicas y químicas de los diversos componentes que entran en juego en el proceso productivo.

Existen tres tipos principales de absorbentes usados comúnmente hoy en día. Cada uno de ellos tiene propiedades únicas que pueden ser utilizados para diferentes fines de absorción de la humedad.

---

#### 4.2.1.7 Tipos de absorbentes de humedad

---

**Gel de Sílice:** este absorbente de humedad está hecho de silicato de sodio. Se produce en forma moldeada o granular. El gel de sílice tiene un efecto muy fuerte de atracción de las moléculas de agua.

El material se coloca generalmente en un plástico permeable al vapor y se coloca dentro de unos contenedores herméticos para evitar que la humedad salga de nuevo. El gel de sílice no debe ser ingerido, ya que es una sustancia venenosa. Para asegurarse de que el producto no sea ingerido, los fabricantes suelen colocar una advertencia en el envase de plástico del gel de sílice.

El gel de sílice tiene una muy fuerte calidad absorbente en temperatura ambiente. Sin embargo, puede dejar de absorber agua cuando se expone a temperaturas cercanas o superiores a 40 grados centígrados (40 °C). Estos absorbentes de humedad se utilizan por lo general en ambientes que están a temperatura ambiente. Los geles de sílice son muy caros, por lo que no se recomiendan para áreas muy grandes, como sótanos y cocinas.

**Absorbentes de humedad de arcillas:** los absorbentes de humedad de arcilla ofrecen una alternativa barata a la absorción de la humedad en una fábrica o en cualquier otro espacio en el que la humedad conduce a moho.



Algunas industrias que hacen uso de ladrillos de arcilla con frecuencia no tienen moho porque la humedad es absorbida por la arcilla que tiene cualidades para eliminar la humedad que es la causante del crecimiento del moho.

Hay una desventaja en utilizar absorbentes de humedad de arcilla. Su propiedad de absorción de la humedad es muy baja en comparación con los otros dos tipos. Para áreas muy húmedas, no se recomiendan los absorbentes de humedad de arcilla. Otra alternativa incluye el carbón, el carbón vegetal, sal de roca y grava áspera.

**Cloruro de calcio:** tal vez el mejor absorbente de humedad es el cloruro de calcio. Este compuesto es una mezcla de cloro y calcio. Tiene una muy fuerte propiedad de absorbente de humedad que hace que sea el candidato perfecto para la absorción de humedad. El cloruro de calcio se utiliza generalmente en el envío de mercancías y hace un buen trabajo en mantener los productos secos durante toda la duración del viaje.

Para lugares muy húmedos, el cloruro de calcio proporciona una absorción eficaz de la humedad. A veces, un ventilador eléctrico puede hacer que el efecto de deshumidificación del compuesto sea mucho más rápido.

La sal de roca también se puede utilizar como alternativa del compuesto. Aunque la sal de roca no es tan poderosa como el cloruro de calcio, proporciona una alternativa eficaz a la absorción de la humedad, además de que es más barata y fácil de conseguir.

---

#### **4.2.1.8 Características del gel de Sílice (Silicagel)**

---

El gel de sílice, también conocido como Silicagel, es un producto absorbente, catalogado como el de mayor capacidad de absorción de los que se conocen actualmente.

Es una sustancia química de aspecto cristalino, porosa, inerte, no tóxica e inodora, insoluble en agua ni en cualquier otro solvente, químicamente estable, sólo reacciona con el ácido fluorhídrico y el álcali.

Bajo diferentes métodos de fabricación, se consiguen diferentes tipos de gel de sílice/silicagel con diversas estructuras del poro, pudiendo llegar algunos a absorber hasta un 40% de su propio peso en agua.

Gracias a su composición química única y a su estructura física, el gel de sílice/silicagel posee unas características incomparables con otros materiales similares, por ejemplo la alta absorción, funcionamiento termal estable, característica física estable, fuerza mecánica relativamente alta, etc.

Según el diámetro del poro se categoriza el gel de sílice/silicagel como, de poro fino o macro poroso, cada uno de ellos con una capacidad diferente de absorción en función de la humedad relativa, por lo que la elección del tipo debe ajustarse según las condiciones de utilización.

El gel de sílice/silicagel también puede diferenciar la absorción de diferentes moléculas actuando como un absorbente selectivo.

Es un producto que se puede regenerar, una vez saturado si se somete a una temperatura de entre 120 a 180 °C (el gel de sílice/silicagel con indicador no debe pasar de 120 °C) desprenderá la humedad que haya absorbido por lo que puede reutilizarse

una y otra vez sin que ello afecte a la capacidad de absorción, ésta solo se verá afectada por los contaminantes que posea el fluido absorbido.

---

#### **4.2.1.9 Utilidades del gel de Sílice (Silicagel)**

---

Existen diferentes tipos de gel de sílice/silicagel desecante, utilizándose principalmente:

##### **Sequedad estática:**

- Embalajes a prueba de humedad (materiales electrónicos y fotosensibles).
- Aplicaciones de instrumental de precisión y eléctricos.
- Comestibles.
- Medicinas.
- Armas.
- Zapatos y ropa.
- Productos de cuero.
- Deshumificación de armarios o espacios cerrados.
- Instrumentos musicales.

##### **Sequedad dinámica:**

- Aire seco en almacenes, laboratorios farmacéuticos, fábricas de instrumentos de precisión y electrónicos.
- Aire comprimido.
- Deshidratación y refinación de gases industriales (hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, cloro, CO<sub>2</sub>, acetileno, metano, etano, propano, gas natural, etc.).
- Control de humedad medio ambiental.

##### **Deshidratación de líquidos:**

- Deshidratación de solventes orgánicos (metanol, etanol, benceno, tolueno, keroseno, gasolina, acetona, etc.).
- Deshidratación de refrigerantes (amoníaco, freón, diclorometano, etc.).
- Deshidratación de aceite (transformadores, etc.).

##### **Absorción y separación de sustancias:**

- Separación de impurezas en la industria petroquímica.
- Industria química sintética.
- Estaciones de energía eléctrica.
- Refinamiento de productos químicos orgánicos.

##### **Catalizadores:**

- Portador de catalizador o catalizador (industrias de productos petroquímicos, productos químicos orgánicos y productos químicos sintéticos).

##### **Análisis y pruebas químicas:**

- Análisis y separación de materias orgánicas naturales y sintéticas.
- Análisis cualitativos y cuantitativos de componentes o impurezas contenidas en medicinas.
- Pesticidas.
- Materiales medicina herbal.

- Cereales.
- Comestibles y productos químicos orgánicos.
- Separación o refinado de algunas sustancias

#### 4.2.2 Diseño y selección de los depósitos de almacenamiento

En la presente sección efectuaremos el diseño y selección de los silos de almacenamiento basándonos en la fundamentación teórica de la sección 4.2.1.

##### 4.2.2.1 Datos de los componentes excipientes

Como punto de partida para el diseño de los silos es necesario conocer a fondo qué materiales son los destinados al almacenamiento. Para ello nos valemos de las propiedades físicas y químicas de los componentes.

En la siguiente tabla se recopilan las propiedades de interés acerca de los componentes excipientes que serán almacenados en los silos.

Componente	Peso molecular (gr/mol)	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Punto de fusión (°C)	Solubilidad en agua (gr/100ml) a 20°	Acidez (pH)
Conservante 1	152,15	1,352	125-128	0,0025	5,8
Conservante 2	180,20	1,06	95-98	0,0004	4 a 8
Acidificante	192,124	1,66	175	133	2,2
Hidratante 1	110,98	2,15	772	74,5	8 a 9
Conservante 3	144,11	1,5	410	63	6
Emulsionante	358,57	0,97	65	1	8 a 9,5
Hidratante 2	58,44	2,16	801	0,359	7
Conservante 4	150,22	1,36	270	67,6	6,5
Conservante 5	186,22	0,45	300	26	8 a 10

##### 4.2.2.2 Cálculo de la capacidad volumétrica

A continuación realizaremos el cálculo del volumen de cada silo bajo las siguientes condiciones de producción:

- La capacidad máxima de almacenamiento será tal que podrá abastecer a la producción de manera continua durante un determinado periodo de tiempo.
- Se supondrá que la producción diaria es de doce (12) tandas o pastones.
- Cada tanda o pastón debe pesar aproximadamente 200 Kg
- De cada pastón pueden obtenerse mil (1000) unidades del producto fraccionado.
- Las cantidades en gramos de cada componente excipiente que intervienen en el proceso productivo son:

1. Conservante 1: 600 gr.
2. Conservante 2: 200 gr.
3. Acidificante: 1000 gr.
4. Hidratante 1: 2000 gr.
5. Conservante 3: 600 gr.
6. Emulsionante: 600 gr.
7. Hidratante 2: 2000 gr.
8. Conservante 4: 100 gr.
9. Conservante 5: 600 gr.

Con estas cantidades más las densidades expresadas en la sección 4.2.2.1 podemos calcular a partir de la ecuación 4.2.2 el volumen de cada componente excipiente que se necesita para obtener un pastón de 200 Kg.

Dicho esto, pasamos a calcular el volumen de cada componente:

1. Conservante 1: teniendo en cuenta que la densidad es 1,352 gr/cm<sup>3</sup> y la cantidad es 600 gr, el volumen  $V_1$  será:

$$V_1 = \frac{600 \text{ gr}}{1,352 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}} = 443,787 \text{ cm}^3$$

$V_1 = 0,443 \text{ l}$

2. Conservante 2: teniendo en cuenta que la densidad es 1,06 gr/cm<sup>3</sup> y la cantidad es 200 gr, el volumen  $V_2$  será:

$$V_2 = \frac{200 \text{ gr}}{1,06 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}} = 188,68 \text{ cm}^3$$

$V_2 = 0,188 \text{ l}$

3. Acidificante: teniendo en cuenta que la densidad es 1,66 gr/cm<sup>3</sup> y la cantidad es 1000 gr, el volumen  $V_3$  será:

$$V_3 = \frac{1000 \text{ gr}}{1,66 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}} = 602,409 \text{ cm}^3$$

$V_3 = 0,602 \text{ l}$

4. Hidratante 1: teniendo en cuenta que la densidad es 2,15 gr/cm<sup>3</sup> y la cantidad es 2000 gr, el volumen  $V_4$  será:

$$V_4 = \frac{2000 \text{ gr}}{2,15 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}} = 930 \text{ cm}^3$$

$V_4 = 0,93 \text{ l}$

5. Conservante 3: teniendo en cuenta que la densidad es 1,5 gr/cm<sup>3</sup> y la cantidad es 600 gr, el volumen  $V_5$  será:

$$V_5 = \frac{600 \text{ gr}}{1,5 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}} = 400 \text{ cm}^3$$

$V_5 = 0,4 \text{ l}$

6. Emulsionante: teniendo en cuenta que la densidad es  $0,97 \text{ gr/cm}^3$  y la cantidad es 600 gr, el volumen  $V_6$  será:

$$V_6 = \frac{600 \text{ gr}}{0,97 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}} = 618,56 \text{ cm}^3$$

$V_6 = 0,618 \text{ l}$

7. Hidratante 2: teniendo en cuenta que la densidad es  $2,16 \text{ gr/cm}^3$  y la cantidad es 2000 gr, el volumen  $V_7$  será:

$$V_7 = \frac{2000 \text{ gr}}{2,16 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}} = 925,93 \text{ cm}^3$$

$V_7 = 0,925 \text{ l}$

8. Conservante 4: teniendo en cuenta que la densidad es  $1,36 \text{ gr/cm}^3$  y la cantidad es 100 gr, el volumen  $V_8$  será:

$$V_8 = \frac{100 \text{ gr}}{1,36 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}} = 73,53 \text{ cm}^3$$

$V_8 = 0,073 \text{ l}$

9. Conservante 5: teniendo en cuenta que la densidad es  $0,45 \text{ gr/cm}^3$  y la cantidad es 600 gr, el volumen  $V_9$  será:

$$V_9 = \frac{600 \text{ gr}}{0,45 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}} = 1333,33 \text{ cm}^3$$

$V_9 = 1,333 \text{ l}$

A continuación procedemos a calcular el volumen necesario de cada componente excipiente a fin de producir 12 pastones por jornada. De modo que el volumen de componentes necesario por jornada será:

$$V_{\text{diario}} = 12 * V \tag{4.2.4}$$

En la ecuación anterior  $V_{\text{diario}}$  es el volumen del determinado componente que se requiere, es por ello que al volumen  $V$  se lo multiplica por doce, que es como dijimos anteriormente, la cantidad de pastones que se producirán por jornada diaria.

En base a lo expresado en el párrafo anterior, procederemos a calcular el volumen diario  $V_{\text{diario}}$  (simbolizado también como  $V_d$ ) de cada componente excipiente, aplicando la ecuación 4.2.4:

1. Conservante 1:

$$V_{1 \text{ diario}} = 12 * 0,443 \text{ l} = 5,316 \text{ l}$$

$$V_{1 d} = 5,316 \text{ l}$$

2. Conservante 2:

$$V_{2 \text{ diario}} = 12 * 0,188 \text{ l} = 1,416 \text{ l}$$

$$V_{2 d} = 1,416 \text{ l}$$

3. Acidificante:

$$V_{3 \text{ diario}} = 12 * 0,602 \text{ l} = 7,224 \text{ l}$$

$$V_{3 d} = 7,224 \text{ l}$$

4. Hidratante 1:

$$V_{4 \text{ diario}} = 12 * 0,93 \text{ l} = 11,16 \text{ l}$$

$$V_{4 d} = 11,16 \text{ l}$$

5. Conservante 3:

$$V_{5 \text{ diario}} = 12 * 0,4 \text{ l} = 4,8 \text{ l}$$

$$V_{5 d} = 4,8 \text{ l}$$

6. Emulsionante:

$$V_{6 \text{ diario}} = 12 * 0,618 \text{ l} = 8,034 \text{ l}$$

$$V_{6 d} = 8,034 \text{ l}$$

7. Hidratante 2:

$$V_{7 \text{ diario}} = 12 * 0,925 \text{ l} = 11,1 \text{ l}$$

$$V_{7 d} = 11,1 \text{ l}$$

8. Conservante 4:

$$V_{8 \text{ diario}} = 12 * 0,073 \text{ l} = 0,882 \text{ l}$$

$$V_{8 d} = 0,882 \text{ l}$$

9. Conservante 5:

$$V_{9 \text{ diario}} = 12 * 1,334 \text{ l} = 16 \text{ l}$$

$$V_{9 d} = 16 \text{ l}$$

Ahora solo resta

calcular la capacidad máxima volumétrica para cada componente, que sea capaz de abastecer a la producción durante un mes, es decir teniendo en cuenta que se trabaja los cinco días hábiles de la semana y redondeando cuatro semanas por mes.

Dicho esto, la capacidad máxima que tendrá cada silo en unidades de volumen para un mes  $V_{mensual}$  (simbolizado también como  $V_m$ ) se calculará de acuerdo a la siguiente ecuación (4.2.5):

$$V_{mensual} = 20 * V_{diario}$$

4.2.5

A continuación, calculamos el volumen de cada componente para una producción mensual:

1. Conservante 1:

$$V_{1m} = 20 * 5,316 l = 106,32 l$$

$$V_{1m} = 106,32 l$$

2. Conservante 2:

$$V_{2m} = 20 * 1,416 l = 28,32 l$$

$$V_{2m} = 28,32 l$$

3. Acidificante:

$$V_{3m} = 20 * 7,224 l = 144,48 l$$

$$V_{3m} = 144,48 l$$

4. Hidratante 1:

$$V_{4m} = 20 * 11,16 l = 223,2 l$$

$$V_{4m} = 223,2 l$$

5. Conservante 3:

$$V_{5m} = 20 * 4,8 l = 96 l$$

$$V_{5m} = 96 l$$

6. Emulsionante:

$$V_{6m} = 20 * 8,034 l = 160,68 l$$

$$V_{6m} = 160,68 l$$

7. Hidratante 2:

$$V_{7m} = 20 * 11,1 l = 222 l$$

$$V_{7m} = 222 l$$

8. Conservante 4:

$$V_{8m} = 20 * 0,882 l = 17,64 l$$

$$V_{8m} = 17,64 l$$

9. Conservante 5:

$$V_{9m} = 20 * 16 l = 320 l$$

$$V_{9m} = 320 l$$

En base a estos últimos resultados se realiza la selección de los diferentes silos de almacenamiento correspondientes a cada elemento.

En la siguiente tabla se presenta una síntesis de los resultados obtenidos para diferentes capacidades de producción:

Elemento	Volumen por tanda (l)	Volumen diario (l)	Volumen semanal (l)	Volumen mensual (l)	Volumen trimestral (l)
Conservante 1	0,443	5,316	26,58	106,32	318,96
Conservante 2	0,188	1,416	7,08	28,32	84,96
Acidificante	0,602	7,224	36,12	144,48	433,44
Hidratante	0,93	11,16	55,8	223,2	669,6
Conservante 3	0,4	4,8	24	96	288
Emulsionante	0,618	8,034	40,17	160,68	482,04
Hidratante 2	0,925	11,1	55,5	222	666
Conservante 4	0,0735	0,882	4,41	17,64	52,92
Conservante 5	1,3334	16	80	320	960

En base a la capacidad volumétrica mensual seleccionamos los silos de almacenamiento bajo los conceptos de encontrar un depósito para cada componente de manera que el material con el que está fabricado no sea corroído por los elementos que va a almacenar, que contenga un bajo grado de rugosidad y que sea capaz de cumplir con los criterios de diseño.

#### 4.2.2.3 Selección de los silos de almacenamiento

En base a lo expresado en el último párrafo de la sección anterior, hemos escogido recipientes o depósitos de plástico fabricados por el sistema de roto moldeo, por la empresa nacional **Infinity Rotomolding LTDA.**, con dirección en Sarandí (Avellaneda, Provincia de Bs. As.).

Estos recipientes son envases cónicos mono capa de color natural fabricados con polietileno lineal de media densidad, sin agregados de aditivos ni pigmentos, 100 % virgen y de grado alimenticio. La materia prima es proveniente de Estados Unidos y está fabricada por la petroquímica **Dow Química** bajo el nombre de "DPDA-3152 NT 7".



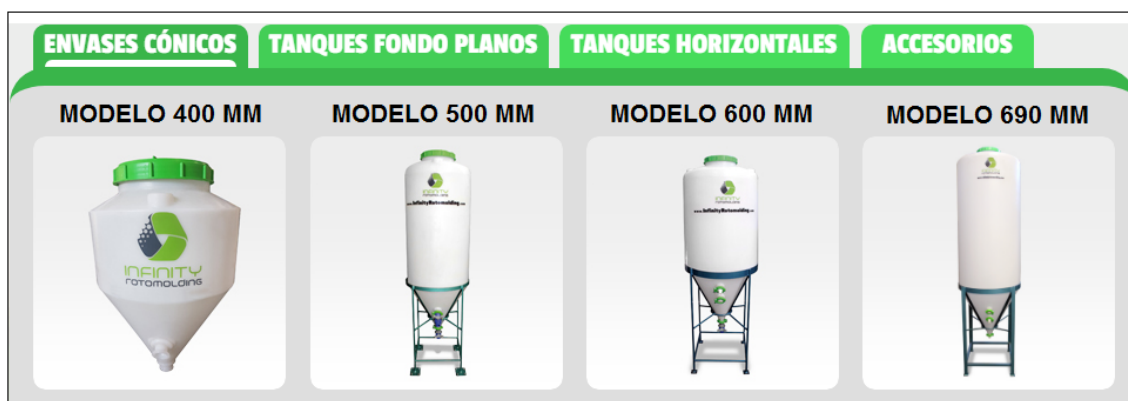


Fig. 4.2.6: Modelos de envases cónicos, cortesía de Infinity Rotomolding. De izquierda a derecha: Modelos 400 MM, 500 MM, 600 MM y 690 MM.

En la figura 4.2.6 podemos observar los diferentes modelos de tanques de fondo cónico para almacenamiento. Cabe aclarar que dichos modelos de tanques están clasificados en función del diámetro (medido en milímetros).

A continuación se presentan los diferentes modelos de envases.

- MODELO 400 MM:

### ENVASES CÓNICOS 380 Y 400 MM

TOLERANCIA GENERAL  $\pm 0,5\%$



MODELOS DE 30, 40, 50, 60 Y 70 LITROS



CONO  
13 LITROS

1,5 LITROS

313

Clamp 1 1/2"

MODELOS DE 82, 90, 110, y 132 LITROS



4,5 LITROS

Clamp 1 1/2"



Salida CLAMP termoformadas (ni soldadas ni pegadas!)



Tapa a rosca con o ring de goma, cierre hermético

Elaborado con materias primas 100% vírgenes aptos para uso alimenticio.

Traslúcido, permite ver el nivel del contenido.

Soporta hasta 60°C continuos y picos de 80°C

CAPACIDAD EN LITROS

25

30

40

50

60

70

82

90

110

132

Fig. 4.2.7: Detalle de tanques modelo 400 MM.

En la figura 4.2.7 podemos observar detalles acerca de los envases modelo 400 MM. Asimismo, hay diferentes capacidades volumétricas para este modelo, ellas son:

- 25 litros.
- 30 litros.
- 40 litros.
- 50 litros.
- 60 litros.
- 70 litros.
- 82 litros.
- 90 litros.
- 110 litros.
- 132 litros.

En la siguiente figura podemos apreciar la comparación de tamaños entre los diferentes tanques del modelo 400 MM.

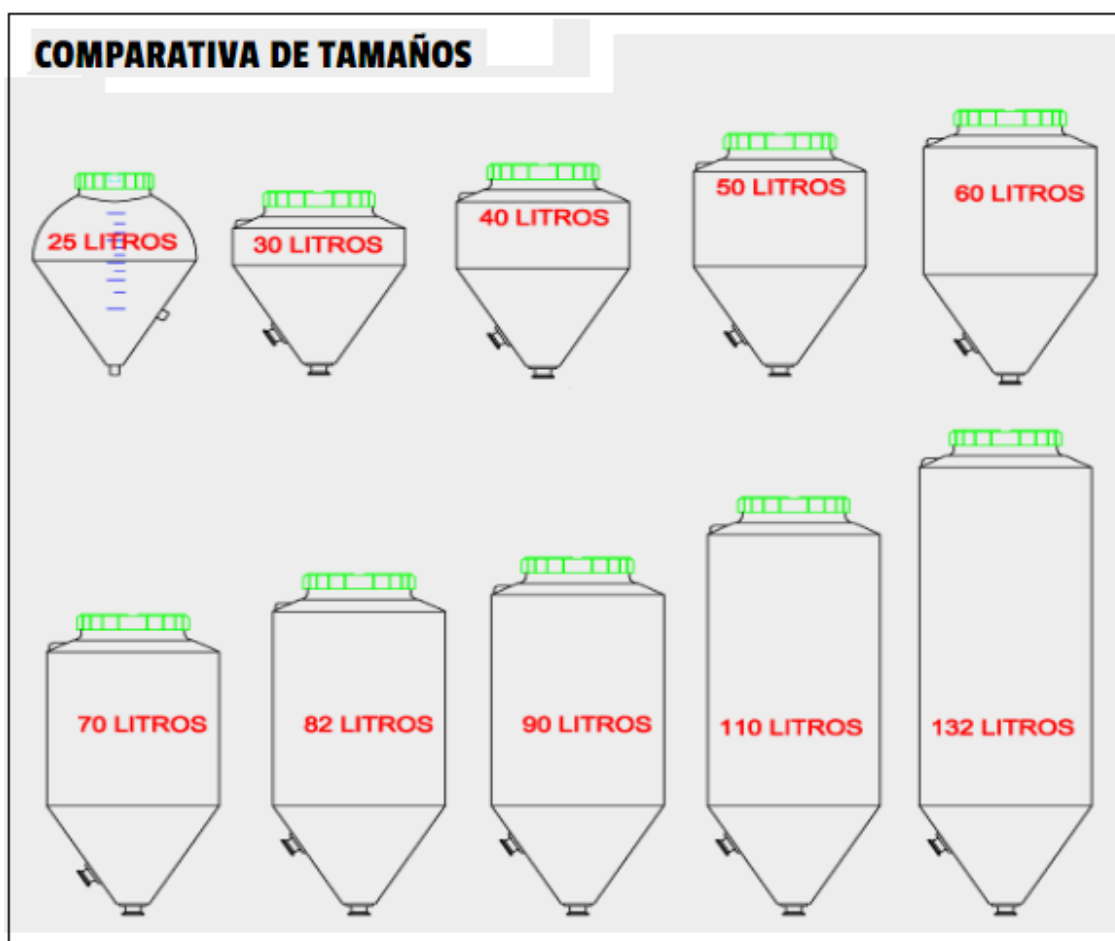


Fig. 4.2.8: Comparativa de tamaños de envases cónicos modelo 400 MM.

Como podemos observar en la figura 4.2.8, el diámetro de los tanques se mantiene constante (400 mm), de modo que la capacidad de almacenamiento volumétrico difiere en función de la altura del tanque. Así como el diámetro del envase se mantiene constante, podemos agregar que también lo hace el ángulo del cono, de manera que la longitud de la parte cónica no varía de un envase al otro.

- MODELO 500 MM:



Fig. 4.2.9: Detalle de tanques modelo 500 MM.

En la figura 4.2.9 podemos observar detalles acerca de los envases modelo 500 MM. Asimismo, hay diferentes capacidades volumétricas para este modelo, ellas son:

- 125 litros.
- 160 litros.
- 200 litros.

En la figura 4.2.10 podemos apreciar la comparación de tamaños entre los diferentes tanques del modelo 500 MM.

Así como sucede con los tanques modelo 400 MM, en los modelo 500 MM la capacidad de almacenamiento volumétrica varía de acuerdo a la altura, pero tanto el diámetro como el ángulo del cono y la altura de la parte cónica se mantienen constantes.

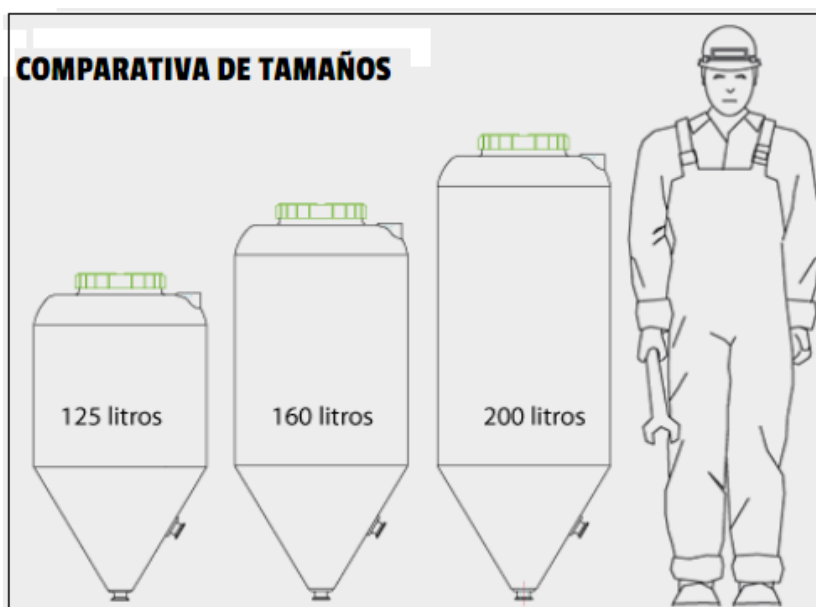


Fig. 4.2.10: Comparativa de tamaños de envases cónicos modelo 500 MM.

- MODELO 600 MM:



Fig. 4.2.11: Detalle de tanques modelo 600 MM.

En la figura 4.2.11 podemos observar detalles acerca de los envases modelo 600 MM. Asimismo, hay diferentes capacidades volumétricas para este modelo, ellas son:

- 150 litros.
- 250 litros.
- 300 litros.
- 365 litros.

En la figura 4.2.12 podemos apreciar la comparación de tamaños entre los diferentes tanques del modelo 600 MM.

Así como sucede con los tanques modelo 400 MM y 500 MM, en los modelo 600 MM la capacidad de almacenamiento volumétrica varía de

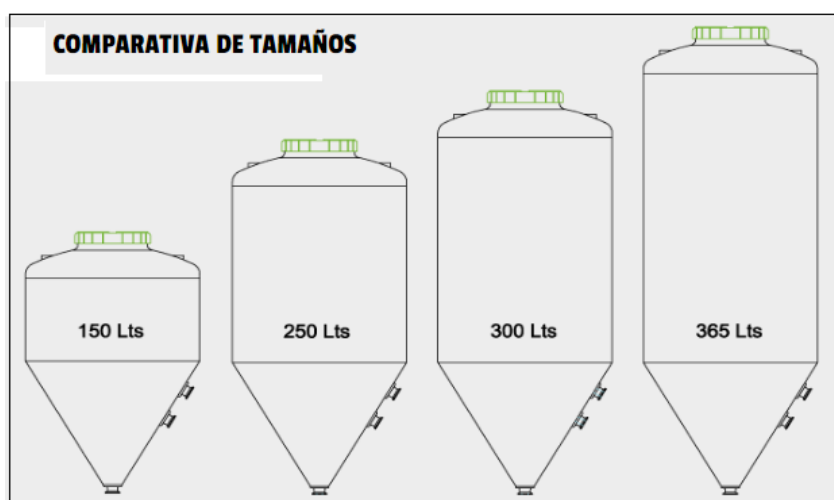


Fig. 4.2.12: Comparativa de tamaños de envases cónicos modelo 600 MM.

acuerdo a la altura, pero tanto el diámetro como el ángulo del cono y la altura de la parte cónica se mantienen constantes.

A continuación procedemos a seleccionar los tanques de almacenamiento. El mecanismo para la selección consiste en elegir un depósito capaz de almacenar cada

componente excipiente a fin de garantizar una autonomía de producción de aproximadamente un mes:

### 1) CONSERVANTE 1:

Volumen mensual : 106,32 litros.

Tanque seleccionado: modelo 400 MM

Capacidad de almacenamiento volumétrica: 110 litros.

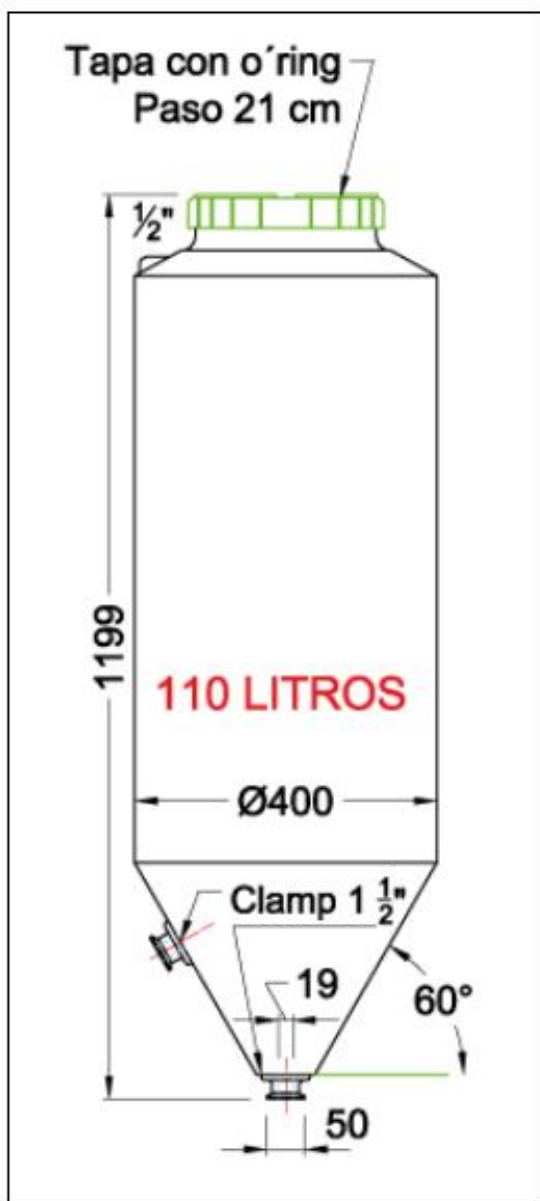


Fig. 4.2.13: Tanque para almacenamiento de Conservante 1.

volumen (volumen disponible). Asimismo, cabe destacar que el tanque no estará siempre cargado al 100% de su capacidad de almacenamiento volumétrico.

Volumen disponible: 3,68 litros.

En la figura 4.2.13 podemos observar un esquema del tanque modelo 400 MM de 110 litros de capacidad.

*Las medidas del tanque son:*

Altura total: 1199 mm.

Diámetro de la tapa superior: 21 cm.

Diámetro de la boquilla superior: 1/2 "

Diámetro del cilindro: 400 mm.

Ángulo del cono: 60°.

Diámetro de la boquilla media: 1 1/2 ".

Diámetro interior de la boquilla inferior: 19 mm.

Diámetro exterior de la boquilla inferior: 50 mm.

La tapa superior es el punto principal de entrada de material para la carga del silo, y la boquilla inferior es el punto principal de salida del material.

Tanto la boquilla superior como la boquilla media (ubicada aproximadamente a un cuarto de la longitud del cono) son puntos auxiliares, el primero para carga de material y el segundo para descarga.

Comparando el volumen a almacenar con la capacidad de almacenamiento volumétrica del tanque, podemos observar que nos queda un pequeño excedente de

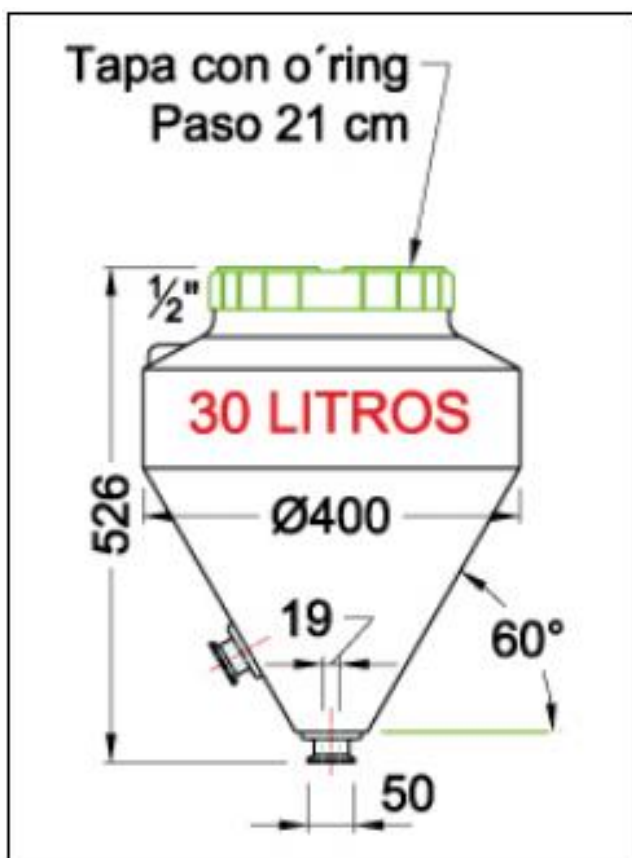
## 2) CONSERVANTE 2:

Volumen mensual: 28,32 litros.

Tanque seleccionado: modelo 400 MM.

Capacidad de almacenamiento volumétrica: 30 litros.

En la figura 4.2.14 podemos observar un esquema del tanque modelo 400 MM de 30 litros de capacidad.



Las medidas del tanque son:

Altura total: 526 mm.

Diámetro de la tapa superior: 21 cm.

Diámetro de la boquilla superior: 1/2 "

Diámetro del cilindro: 400 mm.

Ángulo del cono: 60°.

Diámetro de la boquilla media: 1 1/2 ".

Diámetro interior de la boquilla inferior: 19 mm.

Diámetro exterior de la boquilla inferior: 50 mm.

La tapa superior es el punto principal de entrada de material para la carga del silo, y la boquilla inferior es el punto principal de salida del material.

Tanto la boquilla superior como la boquilla media (ubicada aproximadamente a un cuarto de la

Fig. 4.2.14: Tanque para almacenamiento de conservante 2.

longitud del cono) son puntos auxiliares, el primero para carga de material y el segundo para descarga.

Comparando el volumen a almacenar con la capacidad de almacenamiento volumétrica del tanque, podemos observar que nos queda un pequeño excedente de volumen (volumen disponible). Asimismo, cabe destacar que el tanque no estará siempre cargado al 100% de su capacidad de almacenamiento volumétrico.

Volumen disponible: 1,68 litros.

### 3) ACIDIFICANTE:

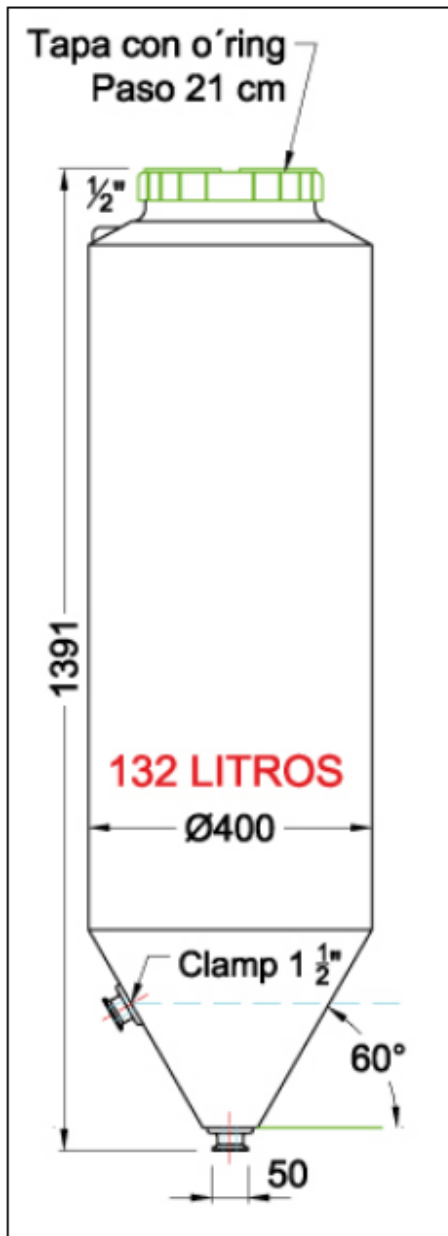


Fig. 4.2.15: Tanque para almacenamiento de acidificante

Volumen mensual: 144,48 litros.

Tanque seleccionado: modelo 400 MM.

Capacidad de almacenamiento volumétrica: 132 litros.

En la figura 4.2.15 podemos observar un esquema del tanque modelo 400 MM de 132 litros de capacidad.

*Las medidas del tanque son:*

Altura total: 1391 mm.

Diámetro de la tapa superior: 21 cm.

Diámetro de la boquilla superior: 1/2 "

Diámetro del cilindro: 400 mm.

Ángulo del cono: 60°.

Diámetro de la boquilla media: 1 1/2 ".

Diámetro interior de la boquilla inferior: 19 mm.

Diámetro exterior de la boquilla inferior: 50 mm.

La tapa superior es el punto principal de entrada de material para la carga del silo, y la boquilla inferior es el punto principal de salida del material.

Tanto la boquilla superior como la boquilla media (ubicada aproximadamente a un cuarto de la longitud del cono) son puntos auxiliares, el primero para carga de material y el segundo para descarga.

Comparando el volumen a almacenar con la capacidad de almacenamiento volumétrica del tanque, podemos observar que el primero es mayor que el segundo, de manera que tenemos un capacidad de almacenamiento ligeramente menor. En base a lo expresado anteriormente debemos aclarar que la cantidad de acidificante almacenada no será la cantidad suficiente para un mes de producción. Suponiendo que el tanque se carga al 100% de su capacidad de almacenamiento, la autonomía, como dijimos anteriormente no será un mes, o lo equivalente a veinte jornadas de trabajo.

La autonomía o capacidad de producción real se calcula con la siguiente expresión:

$$Autonomía = \frac{V_{tanque} * 20 \text{ días}}{V_{mes}} \quad 4.2.5$$

Donde  $V_{tanque}$  es la capacidad de almacenamiento volumétrico del recipiente, y  $V_{mes}$  es el volumen mensual.

Reemplazando los valores en la ecuación 4.2.5 nos queda:

$$Autonomía = \frac{132 \text{ l} * 20 \text{ días}}{144,48 \text{ l}} = 18,27$$

$Autonomía \cong 18 \text{ días}$
-----------------------------------

En base al resultado obtenido anteriormente, observamos que la selección de un tanque modelo 400 MM de 132 litros de capacidad cumple con aproximadamente 18 días de producción hasta que se agote completamente el material. Esta cantidad de días se desvía ligeramente del valor mensual que corresponde a veinte días. Dicho esto, concluimos que el tanque seleccionado cumple satisfactoriamente el objetivo propuesto.

#### 4) HIDRATANTE 1:

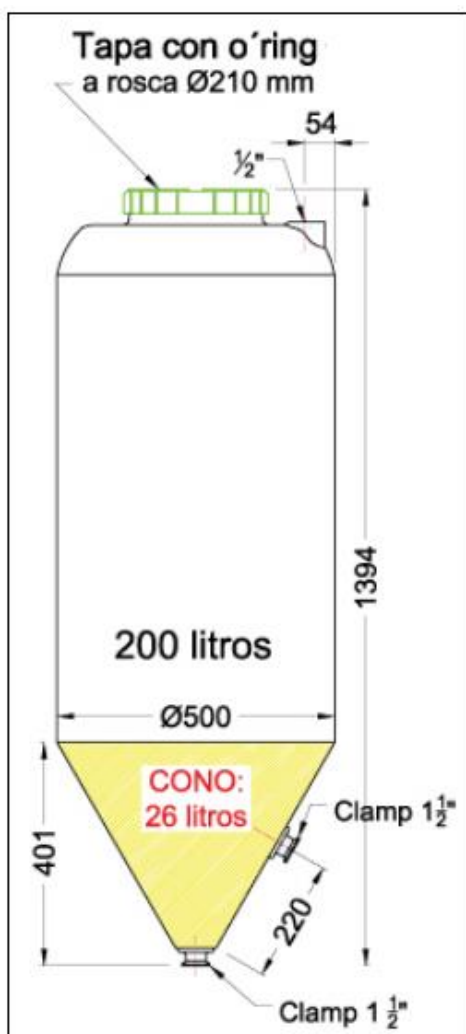


Fig. 4.2.16: Tanque para almacenamiento de hidratante 1.

Volumen mensual: 223,2 litros.

Tanque seleccionado: modelo 500 MM.

Capacidad de almacenamiento volumétrica: 200 litros.

En la figura 4.2.16 podemos observar un esquema del tanque modelo 500 MM de 200 litros de capacidad.

*Las medidas del tanque son:*

Altura total: 1394 mm.

Diámetro de la tapa superior: 210 mm.

Diámetro de la boquilla superior: 1/2 "

Diámetro del cilindro: 500 mm.

Ángulo del cono: 60°.

Altura del cono: 401 mm.

Volumen del cono: 26 litros.

Diámetro de la boquilla media: 1 1/2 ".

Diámetro interior de la boquilla inferior: 1 1/2 ".

La tapa superior es el punto principal de entrada de material para la carga del silo, y la boquilla inferior es el punto principal de salida del material.



Tanto la boquilla superior como la boquilla media (ubicada aproximadamente a un cuarto de la longitud del cono) son puntos auxiliares, el primero para carga de material y el segundo para descarga.

Del mismo modo que ocurre con el tanque para el almacenamiento del acidificante, la capacidad de almacenamiento volumétrica es ligeramente menor al volumen necesario para un mes de producción.

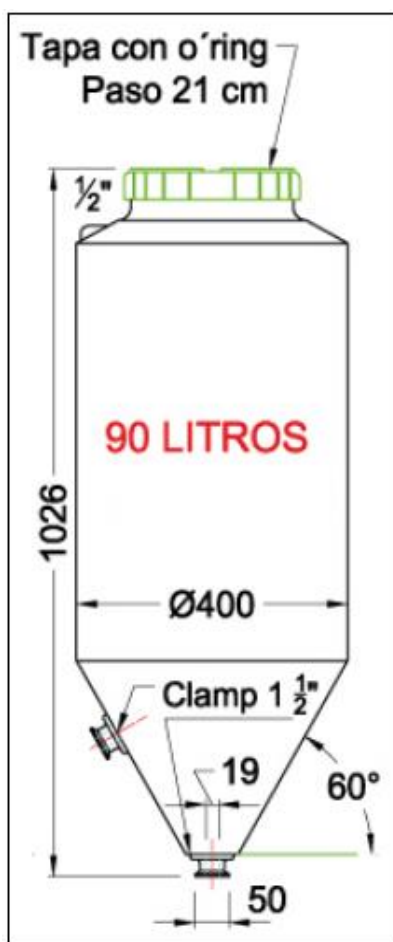
Para calcular la cantidad de días de producción recurrimos a la ecuación 4.2.5 y reemplazamos los valores:

$$\text{Autonomía} = \frac{200 \text{ l} * 20 \text{ días}}{223,2 \text{ l}} = 17,92$$

*Autonomía  $\cong$  18 días*

Siguiendo el mismo criterio para la aceptación del silo de almacenamiento del acidificante, se acepta el tanque de 200 litros para almacenar el hidratante 1.

### 5) Conservante 3:



Volumen mensual: 96 litros.

Tanque seleccionado: modelo 400 MM.

Capacidad de almacenamiento volumétrica: 90 litros.

En la figura 4.2.17 podemos observar un esquema del tanque modelo 400 MM de 90 litros de capacidad.

*Las medidas del tanque son:*

Altura total: 1026 mm.

Diámetro de la tapa superior: 21 cm.

Diámetro de la boquilla superior: 1/2 "

Diámetro del cilindro: 400 mm.

Ángulo del cono: 60°.

Diámetro de la boquilla media: 1 1/2 ".

Diámetro interior de la boquilla inferior: 19 mm.

Diámetro exterior de la boquilla inferior: 50 mm.

La tapa superior es el punto principal de entrada de material para la carga del silo, y la boquilla inferior es el punto principal de salida del material.

Fig. 4.2.17: Tanque para almacenamiento de conservante 3.

Tanto la boquilla superior como la boquilla media (ubicada aproximadamente a un cuarto de la longitud

del cono) son puntos auxiliares, el primero para carga de material y el segundo para descarga.

Del mismo modo que ocurre con los tanques para el almacenamiento del acidificante e hidratante 1, la capacidad de almacenamiento volumétrica es ligeramente menor al volumen necesario para un mes de producción.

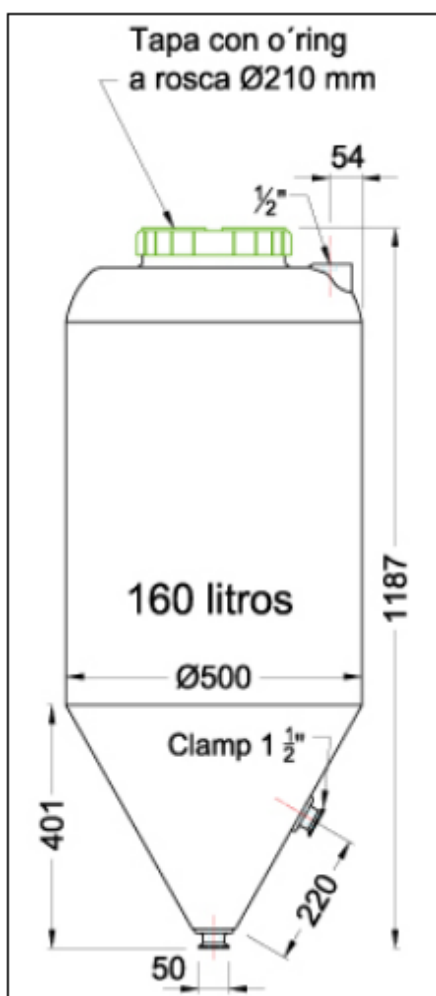
Para calcular la cantidad de días de producción recurrimos a la ecuación 4.2.5 y reemplazamos los valores:

$$\text{Autonomía} = \frac{90 \text{ l} * 20 \text{ días}}{96 \text{ l}} = 18,75$$

<i>Autonomía <math>\cong</math> 19 días</i>
---------------------------------------------

Siguiendo el mismo criterio para la aceptación de los silos de almacenamiento del acidificante e hidratante 1, se acepta el tanque de 90 litros para almacenar el conservante 3.

### 6) EMULSIONANTE:



Volumen mensual: 160,68 litros.

Tanque seleccionado: modelo 500 MM.

Capacidad de almacenamiento volumétrica: 160 litros.

En la figura 4.2.18 podemos observar un esquema del tanque modelo 500 MM de 160 litros de capacidad.

*Las medidas del tanque son:*

Altura total: 1187 mm.

Diámetro de la tapa superior: 210 mm.

Diámetro de la boquilla superior: 1/2 "

Diámetro del cilindro: 500 mm.

Ángulo del cono: 60°.

Altura del cono: 401 mm.

Diámetro de la boquilla media: 1 1/2 ".

Diámetro interior de la boquilla inferior: 19 mm.

Diámetro exterior de la boquilla inferior: 50 mm.

La tapa superior es el punto principal de entrada de material para la carga del silo, y la boquilla inferior es el punto principal de salida del material.

Fig. 4.2.18: Tanque para almacenamiento de Emulsionante.

## 7) HIDRATANTE 2:

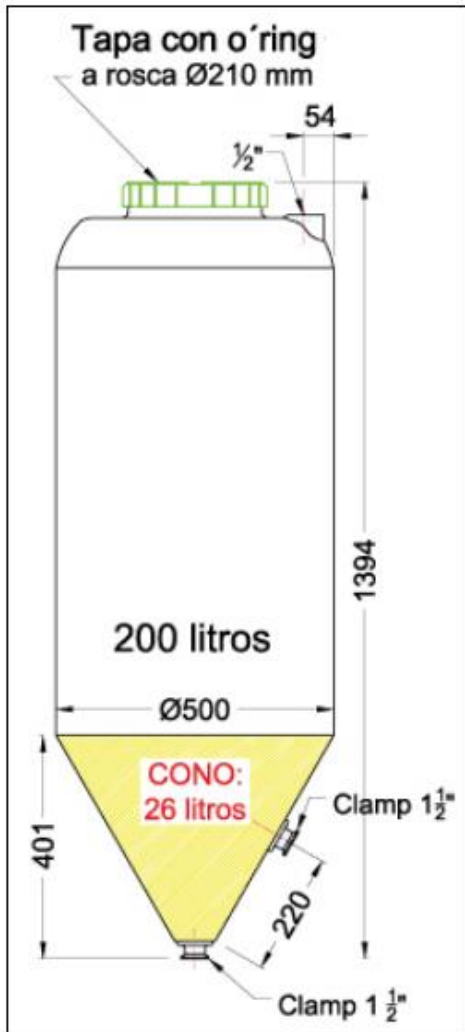


Fig. 4.2.19: Tanque para almacenamiento de hidratante 2.

Volumen mensual: 222 litros.

Tanque seleccionado: modelo 500 MM.

Capacidad de almacenamiento volumétrica: 200 litros.

En la figura 4.2.19 podemos observar un esquema del tanque modelo 500 MM de 200 litros de capacidad.

*Las medidas del tanque son:*

Altura total: 1394 mm.

Diámetro de la tapa superior: 210 mm.

Diámetro de la boquilla superior: 1/2 "

Diámetro del cilindro: 500 mm.

Ángulo del cono: 60°.

Altura del cono: 401 mm.

Volumen del cono: 26 litros.

Diámetro de la boquilla media: 1 1/2 "

Diámetro interior de la boquilla inferior: 1 1/2 "

La tapa superior es el punto principal de entrada de material para la carga del silo, y la boquilla inferior es el punto principal de salida del material.

Tanto la boquilla superior como la boquilla media (ubicada aproximadamente a un cuarto de la longitud del cono) son puntos auxiliares, el primero para carga de material y el segundo para descarga.

La capacidad de almacenamiento volumétrica es ligeramente menor al volumen necesario para un mes de producción.

Para calcular la cantidad de días de producción recurrimos a la ecuación 4.2.5 y reemplazamos los valores:

$$\text{Autonomía} = \frac{200 \text{ l} * 20 \text{ días}}{222 \text{ l}} = 18,01$$

$$\text{Autonomía} \cong 18 \text{ días}$$

Siguiendo el mismo criterio para la aceptación de los silos de almacenamiento de componentes con menor capacidad que la mensual, se acepta el tanque de 200 litros para almacenar el hidratante 2.

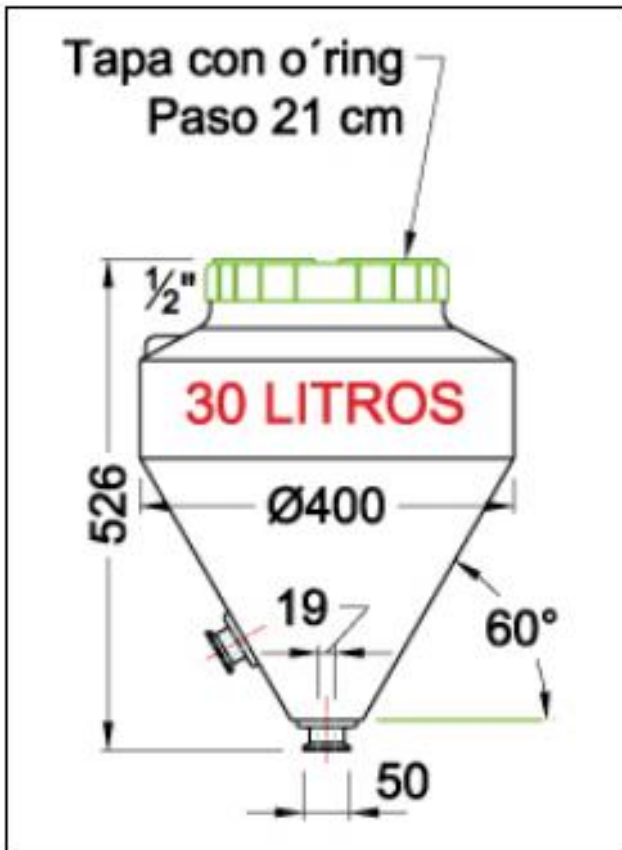
### 8) CONSERVANTE 4:

Volumen mensual: 17,64 litros.

Tanque seleccionado: modelo 400 MM.

Capacidad de almacenamiento volumétrica: 30 litros.

En la figura 4.2.20 podemos observar un esquema del tanque modelo 400 MM de 30 litros de capacidad.



Las medidas del tanque son:

Altura total: 526 mm.

Diámetro de la tapa superior: 21 cm.

Diámetro de la boquilla superior: 1/2 "

Diámetro del cilindro: 400 mm.

Ángulo del cono: 60°.

Diámetro de la boquilla media: 1 1/2 ".

Diámetro interior de la boquilla inferior: 19 mm.

Diámetro exterior de la boquilla inferior: 50 mm.

La tapa superior es el punto principal de entrada de material para la carga del silo, y la boquilla inferior es el punto principal de salida del material.

Tanto la boquilla superior como la boquilla media (ubicada aproximadamente a un cuarto de la

Fig. 4.2.20: Tanque para almacenamiento de conservante 4.

longitud del cono) son puntos auxiliares, el primero para carga de material y el segundo para descarga.

Comparando el volumen a almacenar con la capacidad de almacenamiento volumétrica del tanque, podemos observar que nos queda un volumen disponible. Asimismo, cabe destacar que el tanque no estará siempre cargado al 100% de su capacidad de almacenamiento volumétrico. El volumen disponible será 12,36 litros.

Suponiendo que el tanque se cargase al 100% de su capacidad, podemos calcular la autonomía en base a la ecuación 4.2.5:

$$Autonomía = \frac{30 \text{ l} * 20 \text{ días}}{17,64 \text{ l}} = 34,01$$

$$Autonomía \cong 34 \text{ días}$$

### 9) CONSERVANTE 5:

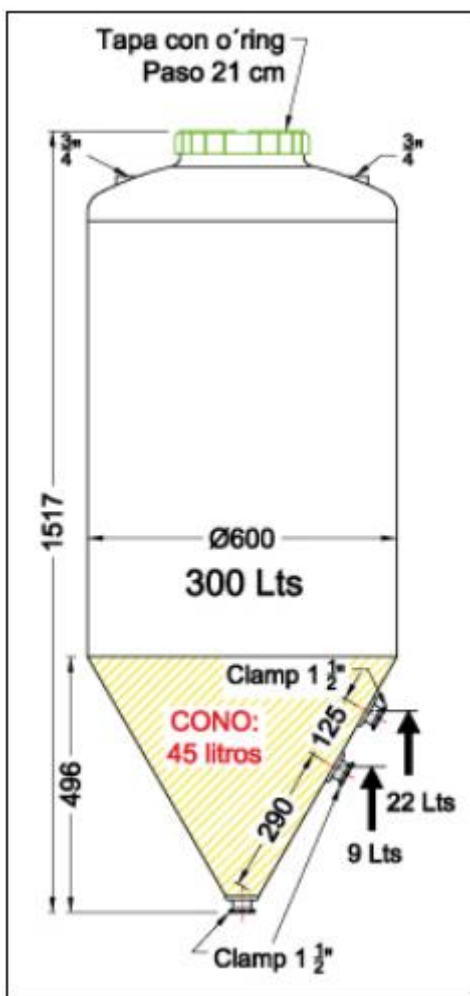


Fig. 4.2.21: Tanque para almacenamiento de conservante 5.

Volumen mensual: 320 litros.

Tanque seleccionado: modelo 600 MM.

Capacidad de almacenamiento volumétrica: 300 litros.

En la figura 4.2.21 podemos observar un esquema del tanque modelo 600 MM de 300 litros de capacidad

*Las medidas del tanque son:*

Altura total: 1517 mm.

Diámetro de la tapa superior: 21 cm.

Diámetro de las boquillas superiores:  $\frac{3}{4}$ "

Diámetro del cilindro: 600 mm.

Ángulo del cono: 60°.

Altura del cono: 496 mm.

Volumen del cono: 45 litros.

Diámetro de las boquillas medias:  $1 \frac{1}{2}$  "

Diámetro interior de la boquilla inferior:  $1 \frac{1}{2}$  "

A diferencia de los tanques seleccionados anteriormente, éste posee dos boquillas en la parte del cono. Ambas están separadas a 125 mm de distancia.

La capacidad de almacenamiento volumétrica es ligeramente menor al volumen necesario para un mes de producción.

Para calcular la cantidad de días de producción recurrimos a la ecuación 4.2.5 y reemplazamos los valores:

$$\text{Autonomía} = \frac{300 \text{ l} * 20 \text{ días}}{320 \text{ l}} = 18,75$$

$$\text{Autonomía} \cong 19 \text{ días}$$

Siguiendo el mismo criterio para la aceptación de los silos de almacenamiento de componentes con menor capacidad que la mensual, se acepta el tanque de 300 litros para almacenar el conservante 5.

#### 4.2.2.4 Comprobación del grado de acabado superficial

En cuanto al grado de acabo superficial, éste puede medirse por medio de la rugorsidad absoluta  $\varepsilon$  del material. Dicha rugosidad puede obtenerse de la tabla de rugosidades absolutas presentada en la sección 4.2.1.4.

Para nuestro caso, teniendo en cuenta que el material que compone los silos o tanques es POLIETILENO LINEAL (PE), observamos la tabla de la figura 4.2.22:

RUGOSIDAD ABSOLUTA DE MATERIALES			
Material	$\varepsilon$ (mm)	Material	$\varepsilon$ (mm)
Plástico (PE, PVC)	0,0015	Fundición asfaltada	0,06-0,18
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,01	Fundición	0,12-0,60
Tubos estirados de acero	0,0024	Acero comercial y soldado	0,03-0,09
Tubos de latón o cobre	0,0015	Hierro forjado	0,03-0,09
Fundición revestida de cemento	0,0024	Hierro galvanizado	0,06-0,24
Fundición con revestimiento bituminoso	0,0024	Madera	0,18-0,90
Fundición centrifugada	0,003	Hormigón	0,3-3,0

Fig. 4.2.22: Tabla de rugosidades absolutas. Rugosidad del plástico: 0,0015 mm.

El valor obtenido es:

$$\varepsilon = 0,0015 \text{ mm}$$

Analizando el valor de rugosidad absoluta  $\varepsilon$  demasiado pequeño, éste nos lleva a pensar que es altamente probable que los elementos puedan fluir libremente sin aglutinarse ni compactarse contra las paredes del recipiente debido a que la rugosidad absoluta es baja.

#### 4.2.2.5 Aplicación de los criterios de Jenike

Para finalizar el diseño y selección de los silos de almacenamiento, simplemente resta verificar si el material va a fluir dentro del depósito de almacenamiento seleccionado de manera fácil, continua y ordenada; y para ello se utilizan los criterios de Jenike desarrollados en la sección 4.2.1.5, los cuales especifican según el tipo de silo como puede llegar a comportarse el material dentro del recipiente sin atender el punto diseño desde el punto de vista del dimensionamiento.

Antes de analizar los criterios de diseño es necesario aclarar que bajo experiencias realizadas en el laboratorio de Química de la UTN Facultad Regional La Rioja, hemos llegado a la conclusión que los diferentes componentes que se utilizan en el proceso

productivo tienden a fluir de manera semejante al hidratante 2, es decir los componentes excipientes restantes tienen un comportamiento similar al mencionado anteriormente.

A continuación se aplican los criterios de Jenike.

### 1. Patrón de flujo dentro del silo:

Para encontrar el patrón de flujo que habrá dentro del silo debemos tener en cuenta dos medidas:

- Ángulo de la tolva o ángulo del cono: viene determinado por las dimensiones propias del silo.
- Ángulo de fricción interna o ángulo de deslizamiento interno: depende el tipo de material que se analiza.

Todos los tanques o silos que hemos seleccionado en la sección 4.2.2.3 tienen el mismo ángulo de tolva, y dicho valor es  $60^\circ$ .

Debido que es complicado conocer el ángulo de deslizamiento interno para todos los componentes excipientes que intervienen en el proceso productivo, nuestro estudio se basa en aplicar únicamente el ángulo de fricción interna del hidratante 2, ya que éste presenta un comportamiento similar al resto de los componentes.

Consultando la tabla de ángulos de fricción interna (tabla 11.2.6), encontramos que dicho valor es  $40^\circ$ .

Ahora bien, a partir de los dos valores obtenidos, el ángulo de la tolva ( $60^\circ$ ) y el ángulo de fricción interna del hidratante 2 ( $40^\circ$ ), es posible encontrar el patrón de flujo que se establecerá en el interior de los silos aplicando la gráfica de la relación entre el flujo de masa y flujo de embudo para tolvas cónicas (figura 4.2.3).

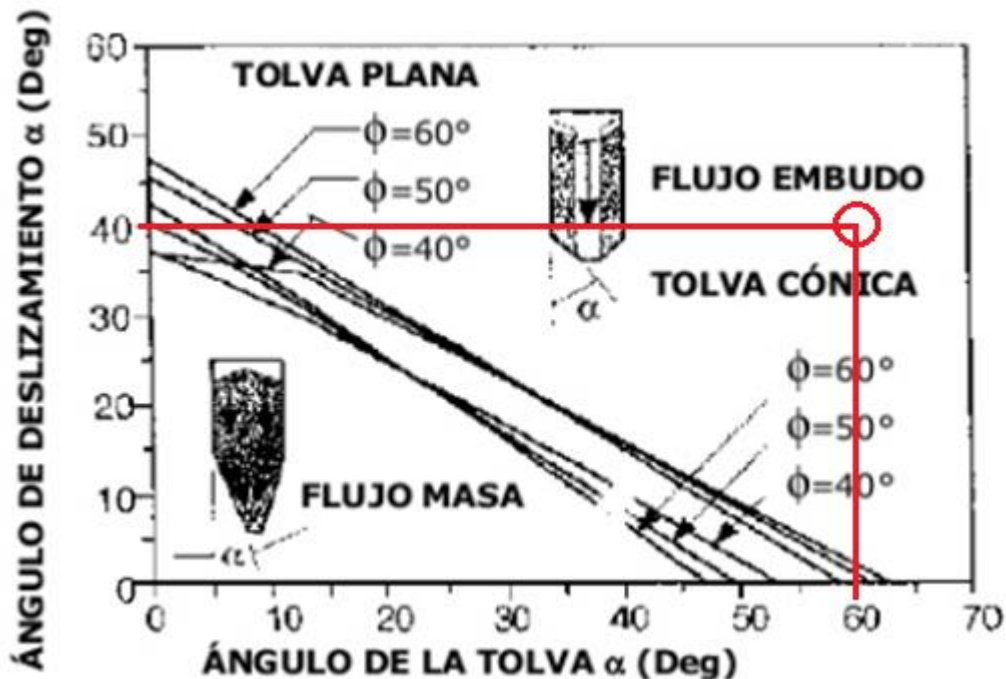


Fig. 4.2.23: Patrón de flujo para las tolvas cónicas de los silos seleccionados.

Como se puede observar en la figura 4.2.23, sin importar el tipo de componente que fluya, el resultado será un flujo de embudo en el interior del silo, es decir que a la hora de realizar la descarga del material, fluirá sólo una porción éste formando así un canal en el centro del sistema (de acuerdo a lo analizado en la figura 4.2.2) llamado comúnmente “agujero de rata”.

## 2. Diámetro crítico de salida del material:

Aplicando la ecuación 4.2.3 procedemos a verificar que el diámetro mínimo de la abertura de descarga  $B$  (figura 4.2.4) sea el correcto, esto quiere decir que el diámetro de la abertura de descarga sea mayor al diámetro crítico.

$$B = \frac{22 f}{\rho} \quad 4.2.3$$

Donde  $f$  es el esfuerzo de tensión producido por el arco de cohesión ( $0,25 \text{ gr/cm}^2$ ), obtenido por experimento de laboratorio, para una sustancia conocida y un embudo de diámetro conocido, y  $\rho$  la densidad ( $2,16 \text{ gr/cm}^3$ ). Ambos valores correspondientes al hidratante 2.

Reemplazamos los valores mencionados anteriormente en la ecuación 4.2.3 y calculamos el diámetro mínimo que ha de tener la abertura de descarga  $B$ :

$$B = \frac{22 f}{\rho} = \frac{22 * 0,28 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^2}}{2,16 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}} = 2,85 \text{ cm}$$

$$B = 2,85 \text{ cm}$$

El resultado obtenido aproximadamente igual a  $1 \frac{1}{4}$  pulgadas, es decir, un valor menor a la pulgada y media ( $1 \frac{1}{2}$ ") que según el fabricante es el máximo diámetro de la boquilla de salida o abertura de descarga  $B$  que nos puede brindar.

Entonces como conclusión encontramos que el diámetro de salida seleccionado ( $1 \frac{1}{2}$ ") si se verifica al diámetro crítico (segundo criterio de Jenike); inclusive podríamos llegar a decir que este se encuentra algo sobredimensionado, por lo tanto, los componentes fluirán sin inconvenientes al momento de efectuarse la descarga.

---

### 4.2.3 Diseño del sistema filtrante

---

Otro aspecto importante a tener en cuenta es que los componentes a almacenar en los silos no deben absorber partículas contaminantes ni humedad.

Suponiendo que ingresaran partículas contaminantes a los silos, los componentes se mezclarían con dichas partículas ocasionando una variación en su composición, lo que finalmente daría como resultado un impacto negativo en el producto final. Asimismo, si hubiese ingreso de humedad no habría un impacto significativo en la calidad del producto, pero la intrusión de la misma ocasionaría un efecto extremadamente negativo para el funcionamiento correcto de la instalación.



Debido a que algunos componentes son altamente higroscópicos (tienen tendencia a absorber humedad) de acuerdo a lo expresado en la sección 2.2, dicha mezcla formaría aglutinaciones en el interior del silo, interrumpiendo parcial o totalmente la abertura de descarga de material.

Por tales motivos es necesario incorporar a los silos de almacenamiento un sistema filtrante que sea capaz de impedir el ingreso de cualquier partícula contaminante y contenidos de humedad.

---

#### 4.2.3.1 Selección del material absorbente de humedad

---

En base a los conceptos detallados en las secciones 4.2.1.7, 4.2.1.8 y 4.2.1.9, hemos seleccionado el gel de sílice de poros finos con una coloración azul, como podemos observar en la figura 4.2.23.



Fig. 4.2.24: Gel de Sílice azul, de poro fino.

La humedad queda retenida en las cavidades de la esfera y no se transforma en agua como en los otros tipos de gel de sílice, es decir no provoca derrame, lo que resulta en un material óptimo para nuestros requerimientos.

El gel de Sílice azul está constituido por gel de sílice de poro fino y cloruro de cobalto (indicador). Como su nombre indica es de color azul y el cual puede ser provisto por la

empresa nacional **SIGEV Solutions**, con casa central en Buenos Aires.

Dicha empresa comercializa el gel de sílice azul en diferentes tamaños:

- 1 a 3 mm.
- 2 a 4 mm.
- 3 a 5 mm.
- 4 a 6 mm.
- + 6 mm.

Como agente higroscópico, el gel de sílice azul no solo tiene la función de absorber la humedad, sino que además se decolora variablemente del azul al rosa de acuerdo con la cantidad de humedad absorbida, indicando así la variación de humedad en el medio o entre los paquetes sellados.

En la siguiente tabla podemos observar las características del gel de sílice azul, destacándose la capacidad de absorción porcentual a diferentes porcentajes de humedad relativa, así como la variación de color de las esferas de acuerdo al porcentaje de humedad absorbida. Cabe aclarar que, como dijimos al final del segundo párrafo de

la presente sección, ésta coloración se debe al cloruro de cobalto introducido en la composición química del gel.

Especificaciones		Gel de sílice azul
Densidad de masa		650 gr/l
Capacidad de absorción	Humedad relativa 20%	7% mínimo
	Humedad relativa 50%	19% mínimo
	Humedad relativa 90%	26% mínimo
Pérdida de calentamiento (regeneración)		0,9%
Variación de color	Humedad relativa 20%	Azul claro
	Humedad relativa 35%	Púrpura
	Humedad relativa 90%	Rosa claro

#### 4.2.3.2 Selección del dispositivo filtrante

Una vez seleccionado el material que absorbe cualquier porcentaje de humedad, solo resta saber cómo será el sistema capaz de realizar esta tarea.

Partimos de la idea que este dispositivo se va a encontrar adosado a la tapa superior de los silos sobre la parte interior del mismo, con lo cual es necesario que la estructura que sea capaz de contener el material absorbente de humedad tenga dimensiones iguales o menores a la de la tapa superior, es decir, que tenga medidas iguales o menores a un diámetro de 21 cm (conforme a lo expresado en la sección 4.2.2.3 Selección de los silos de almacenamiento).

En base a estos valores se han escogido cajas plásticas o cartuchos de color transparentes capaces de almacenar en su interior el gel de sílice esférico de color azul.

Las medidas de diseño de estas cajas son aptas de acuerdo al tamaño de las tapas de los silos y al ser fabricadas de material sintético pueden ser adheridas a las tapas de manera sencilla por medio de bulones o tornillos.

El llenado o vaciado de la caja del material absorbente es de forma manual debido a que su apertura y cierre es de manera muy sencilla.

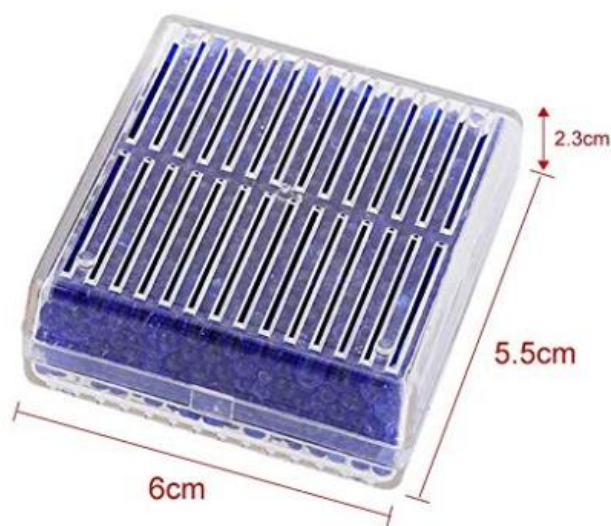


Fig. 4.2.25: Caja plástica o cartucho con gel de sílice azul.

Considerando que el Gel de Sílice tiene una densidad de 650 gr/l y el volumen del cartucho puede calcularse a partir de las dimensiones del mismo, se determina sencillamente la masa de gel de sílice que requiere cada uno de ellos.

El volumen del cartucho es:  $6 \text{ cm} \times 5,5 \text{ cm} \times 2,3 \text{ cm} = 75,9 \text{ cm}^3$ .

A partir de la densidad y el volumen, obtenemos que la masa de gel es 49,33 gr. Teniendo en cuenta que la cantidad de cartuchos es nueve, la masa total requerida será 444,02 gr.

---

#### 4.2.4 Diseño del sistema de dosificación de componentes excipientes

---

Siguiendo el diseño de la instalación destinada al almacenaje y alimentación de los componentes excipientes, es importante destacar que las cantidades a mezclar para formar la masa de moldeo deben ser las adecuadas (expresadas en la sección 3.2). Es por ello que se vuelve necesaria la implementación de un sistema de pesaje continuo, también llamado sistema de dosificado.

---

##### 4.2.4.1 Tecnología de dosificación

---

En todo proceso de producción industrial, las materias primas y los ingredientes que intervendrán en el proceso suelen llegar a la planta en camiones cisterna, sacos, botes, etc., y se almacenan en silos, depósitos o cámaras climatizadas para conservar las propiedades de algunos materiales.

Los dispositivos dosificadores disponen materiales en unas proporciones y tiempo concreto definido. Para ello, el órgano dosificador toma del depósito el material y lo transfiere a un recipiente colector.

Para la precisión de la dosificación y la exactitud de la receta es decisiva la masa (no el volumen) del dispositivo dosificador. El resultado de la dosificación, sin embargo, depende también del material a granel, del procedimiento de dosificación y del órgano de medición elegido. Para el órgano dosificador son determinantes la forma (granulado, polvo), las propiedades del fluido del material, el principio de dosificación y la capacidad de rendimiento.

La tecnología de dosificación implica la cantidad, la secuencia temporal y la distribución exacta de la materia en los procesos de producción. Los campos de aplicación de la tecnología de dosificación se encuentran en el sector industrial. Algunos de los sectores de uso de la tecnología de dosificación son la industria química, la industria de la maquinaria, la industria alimentaria o la industria farmacéutica. Con diferentes sistemas de dosificación se introducen materia sólida y líquidos como aceites, grasa, sellantes, pegamentos u otras pastas durante un proceso de fabricación en el proceso de producción. Mediante la tecnología de dosificación puede, además de optimizar procesos de fabricación con relación a cantidad, lugar y tiempo, aumentar la protección de materia peligrosa y la seguridad de los empleados en el puesto de trabajo. Con ello consigue mejorar la calidad del producto y al mismo tiempo reducir los gastos de producción. Esta es la razón por la que la tecnología de dosificación hoy en día es indispensable para la producción moderna y eficiente, adquiriendo cada día más importancia.

**Tecnología de dosificación en la industria química:** el uso de la tecnología de dosificación es particularmente apto en la industria química. Además de dosificar ínfimas cantidades en la proporción exacta, también se evita que la persona entre en contacto con materia peligrosa. La tecnología de dosificación disminuye por tanto el potencial de riesgo a la hora de trabajar con materia peligrosa, lo que proporciona un entorno de trabajo seguro.

**Tecnología de dosificación en la industria alimentaria:** en la industria alimentaria imperan normativas higiénicas muy rígidas. Gracias a la tecnología de dosificación es posible cumplir con estas. Es imprescindible que el proceso y envasado sea rápido bajo condiciones estériles, evitando así la formación y propagación de bacterias y gérmenes.

**Tecnología de dosificación en la industria farmacéutica:** para asegurar la eficacia, la seguridad y la calidad de medicamentos se usa la tecnología de dosificación también en la industria farmacéutica. Con la tecnología de dosificación puede aumentar significativamente las propiedades del producto en la medicina veterinaria y humana.

#### **Importancia de la correcta dosificación:**

El concepto de dosificación hace referencia al uso o incorporación de determinadas cantidades de ingredientes y materias primas durante un proceso productivo.

En procesos artesanales o de poca producción, la dosificación se realiza de forma manual por personal que pesa y manipula los ingredientes a mano. Esto deja el índice de calidad en "manos" del factor humano, que, si bien en ciertos procesos es inmejorable, no puede aplicarse a procesos industriales continuos (con alta producción, cambio de turnos, velocidades de procesos muy altas).

En la producción industrial actual, la correcta dosificación de las materias primas se ha convertido en un punto imprescindible, en todo proceso, por los siguientes motivos:

- **Optimización de los recursos:** Alimentando el proceso justo con las cantidades requeridas.
- **Mejora de la calidad:** Controla en todo momento las proporciones exactas de cada ingrediente para conseguir la calidad determinada en los ensayos previos.
- **Repetitividad del producto:** Un proceso no solo debe conseguir la mayor calidad de un producto, sino que también debe garantizar su calidad durante todos los procesos del mismo producto.
- **Control de trazabilidad:** Además de los tres puntos anteriores, los sistemas actuales también deben "documentar" ese control durante todo el proceso productivo. Este concepto se llama "trazabilidad" y se requiere por los receptores del producto final (que pueden usarlo como ingrediente en otro proceso superior y así repetidamente).

---

#### **4.2.4.2 Dosificación volumétrica y gravimétrica**

---

**Dosificación volumétrica:** los dispositivos volumétricos dispensan material en relación al volumen, por ello deben ser calibrados. Trabajan de manera sincrónica y asincrónica. Durante el procedimiento asincrónico todos los componentes, independientemente del ciclo de la procesadora, son dosificados y siempre pueden ser mezclados. En el procedimiento sincrónico todos los componentes son dosificados al mismo tiempo y distribuidos sincrónicamente a la entrada del caudal en la procesadora. Normalmente no necesitan ningún mezclador.

Ambos principios procedimentales pueden ser combinados con las variantes "dosificación de todos los componentes" o "entrada directa del componente principal". Dosificación de todos los componentes significa que todos los materiales de una receta, desde las respectivas estaciones de dosificación, son conducidos a un mezclador o a un recipiente recolector. Los dispositivos dosificadores trabajan sin conexión técnica de

control con la máquina procesadora. En la dosificación con entrada directa el componente principal permanentemente se introduce directo a la tolva de mezcla o recolector. Los componentes secundarios son dosificados aparte.

**Dosificación gravimétrica:** los equipos dosificadores gravimétricos pesan el material, por ello no hace falta calibrarlos. Se distinguen dos principios: "Gain-in-weight" (GIW - por aumento de peso) y "Loss-in-weight" (LIW - por pérdida de peso).

En la dosificación GIW, los componentes son dosificados uno tras otro, por lo que se calcula el aumento de peso. Por su parte, en la dosificación LIW se utiliza como parámetro la pérdida de peso del material en la tolva. Para ello cada estación de dosificación tiene una célula de pesaje. Cuando el material es descargado, la balanza detecta la diferencia de peso por unidad de tiempo. Los componentes son dosificados y transportados sincrónicamente.

---

#### 4.2.4.3 Selección del dosificador

---

Bajo la necesidad de obtener una retroalimentación del sistema para poder automatizarlo es necesario realizar el pesaje de las cantidades que intervienen en el proceso productivo de cada elemento, es por ello que se ha concurrido a la tecnología de dosificación gravimétrica de tipo GIV, es decir, por aumento de peso.

Esta nueva tecnología es la que nos brinda la empresa nacional **SIPEL S.R.L.**, ubicada en la provincia de Santa Fe. Consultando los catálogos encontramos un sistema de dosificación automática, más precisamente el "Dosificador EOB Alfa", una unidad central mostrada en la figura 4.2.26 (abajo, derecha).

El equipo EOB alfa es un sistema electrónico que controla los tiempos de apertura y cierre de las válvulas de los depósitos, como así también la dosificación de cada componente (uno a la vez) por medio de la tolva pesadora. Cabe aclarar que el equipo se adquiere a pedido, con la programación cargada por parte de la empresa proveedora.

#### **Características del equipo EOB Alfa:**

- Produce una dosificación exacta de una fórmula con hasta 12 ingredientes (opcionalmente 24).
- Recomendado para pre mezclas en industrias cementeras, alimenticias, petroquímicas, viales, vidrios, etc.
- Su montaje es adaptable al tanque, tolva o mezclador existente.
- Posee un gabinete para montar en pared, con terminación en pintura epoxi, apto para ambiente industrial.
- Secuencia de uso automática.
- Puede almacenar hasta 50 fórmulas en memoria, editables por teclado o desde software LegoPlus.
- Enclavamiento de seguridad para descarga.
- Entradas/salidas optoaisladas, control de potencia de estado sólido (opcional relé).
- Display gráfico multifunción que visualiza los nombres de las recetas y de los ingredientes.
- Registro en memoria no volátil de totales por ingrediente y por fórmula.

- Salidas para conectar a impresora o PC, permitiendo impresión ciclo a ciclo detallando fecha, hora, receta, operador, producto, lote e ingrediente.

#### **Funciones estándar del dosificador EOB Alfa:**

- Dosificado automático de hasta 12 ingredientes o componentes (opcional 24).
- Descarga automática con sensor de compuerta.
- Salida para agitador temporizado.
- Manejo de 50 recetas de hasta 12 componentes.
- Auditoría de las últimas 500 pesadas en memoria.
- 250 códigos con texto alfanumérico asociado.
- Manejo de impresoras de ticket (Citizen, Epson).
- Ticket configurable (leyendas, campos, posiciones, etc.).
- Uso de formularios pre impresos u hojas en blanco.
- Fecha y hora.
- 8 entradas de potencia optoaisladas (24 VCA).
- 16 salidas de potencia optoaisladas (triac 24 VCA / 1 A).

#### **Especificaciones del indicador digital:**

- Display: gráfico (240x64 píxeles) multifunción.
- Teclado: de membrana de 27 teclas con señal de confirmación audible.
- Resolución interna: 16 millones de cuentas internas.
- Resolución display: 10000 divisiones.
- Velocidad de conversión: 70 conversiones por segundo.
- Sensibilidad mínima: 1 microvoltio por división.
- Máxima señal de celda: 4 mV/V.
- Impedancia de entrada: 100 M $\Omega$ .
- Tensión de excitación: 5 V, hasta 8 celdas de 350  $\Omega$ .
- Método de calibración: por teclado, constantes guardadas en EEPROM y NVM.
- Auto cero: OFF / 1 - 10 div.
- Rango de toma de cero: 2% de FE (configurable).
- RAM de datos: 32 K NVM.
- Port 1: full dúplex, RS232, CTS/RTS.
- Port 2: salida, RS232, CTS.
- Port 3: full dúplex, RS232.
- Alimentación: 220 V (opcional 110 VCA).
- Frecuencia: 50 / 60 Hz.
- Temperatura de trabajo: -5 °C a 40 °C.
- Gabinete: estándar de chapa pintado epoxi, con cierre NEMA XII.
- Dimensiones: 330 mm de ancho, 550 mm de alto y 180 mm de fondo.
- Peso máximo: 15 Kg.
- Garantía: un año.

#### **Software de programación**

- Designación: LEGO PLUS.
- Sistema operativo: Windows.
- Actualizaciones: disponibles en web oficial de SIPEL S.R.L.

### Software de monitoreo (opcional):

- Designación: EOB Net.
- Características: permite visualizar el proceso en forma gráfica en tiempo real. Visualización instantánea de peso y estado de las salidas.
- Sistema operativo: Windows.
- Actualizaciones: disponibles en web oficial de SIPEL S.R.L.

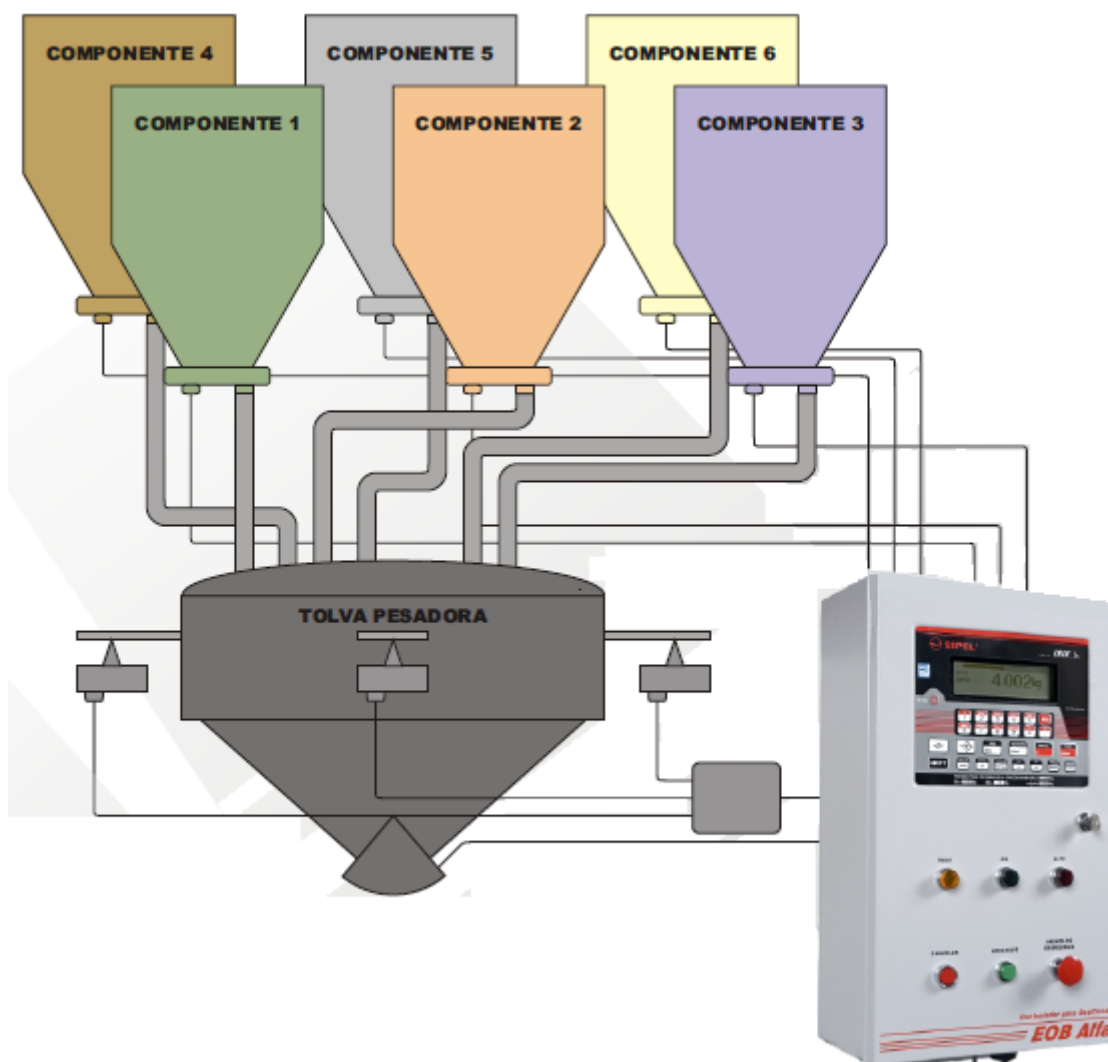


Fig. 4.4.26: Sistema de dosificado. Arriba, silos de almacenamiento. Abajo, tolva pesadora. Abajo a la derecha, dosificador EOB Alfa.

### Funcionamiento del aparato:

Pulsando el botón de arranque, el equipo tomará la tara y activará la salida de carga del primer componente.

La tolva comenzará a llenarse y al llegar al valor programado para dicho componente se cerrará el alimentador y se esperará que la lectura se estabilice para comenzar la carga del segundo componente. Para orientar al operario sobre el momento del ciclo que se está ejecutando en la parte inferior del display se muestra el número de ciclo y el nombre del componente.

#### 4.2.4.4 Diseño de la tolva pesadora y descargadora

La misma empresa proveedora del dosificador, fabrica tolvas pesadoras a pedido, es decir, que se ajusten adecuadamente a las necesidades del proceso productivo.

En la parte superior se ubican los silos de almacenamiento, que son los depósitos donde se carga el material a granel. Dichos silos poseen en su parte inferior una válvula solenoide para la descarga de material. Asimismo, cuentan con sensores de detección de estado de apertura.

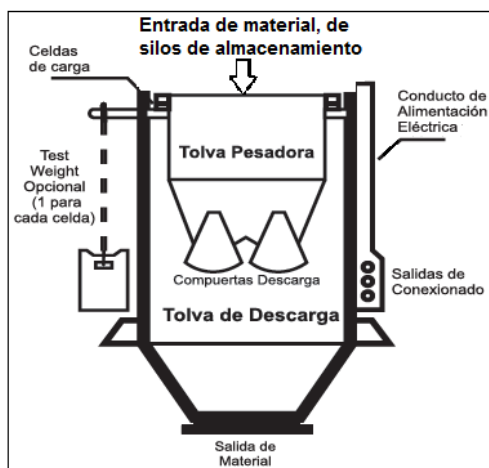


Fig. 4.4.27: Tolva pesadora.

La tolva pesadora se encuentra ubicada debajo de los silos de almacenamiento, sostenida por 2 a 4 celdas de carga según la capacidad. La descarga se realiza a través de la apertura de una o dos compuertas tipo mandíbula, y también posee sensores de compuerta.

Este mecanismo de pesado es compatible con el dosificador EOB Alfa, pudiendo trabajar ambos en conjunto.

En la figura 4.4.27 se muestra un esquema de la tolva pesadora, y también se muestra la tolva de descarga, tema a tratar a posterior.

#### Funcionamiento del sistema de pesado:

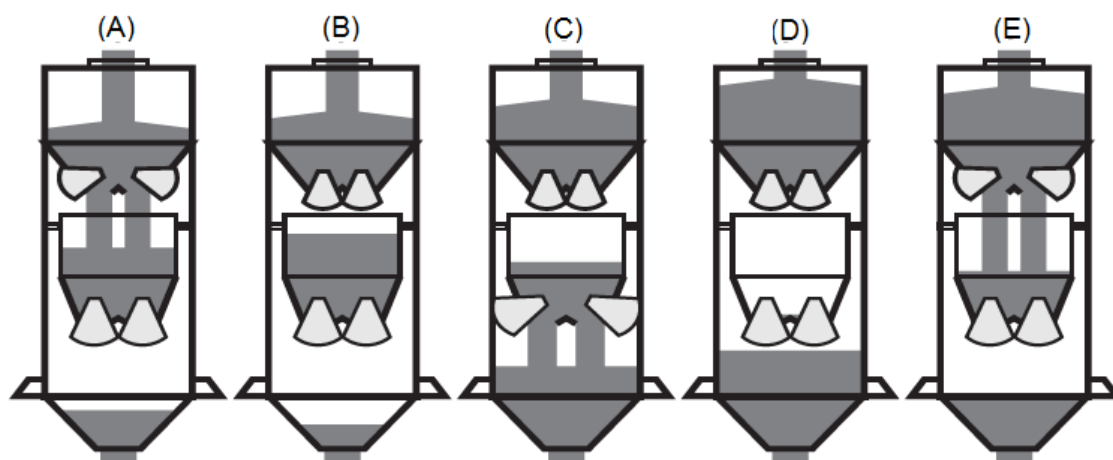


Fig. 4.4.28: Esquema de funcionamiento del sistema de pesaje.

En la figura 4.4.28 se esquematiza el funcionamiento del sistema de pesaje. Los pasos a saber son:

**Llenado inicial:** se abre la descarga del primer silo, colocando el material en la tolva pesadora hasta un valor prefijado (fig. 4.428-A).

**Pesaje del material sobre la tolva pesadora:** se cierra la compuerta del silo, y el dosificador toma el peso (fig. 4.428-B).

**Descarga:** al abrir la clapeta o compuerta de la tolva pesadora, el material cae en la tolva de descarga o inferior (fig. 4.428-C).



**Destare:** el equipo no necesita esperar la descarga completa del material adherido a la tolva de descarga, ya que este peso se descuenta del totalizador (fig. 4.428-D).

**Llenado:** vuelve a iniciarse el ciclo de llenado de la tolva pesadora con el siguiente componente, y así sucesivamente hasta completar el peso total prefijado (fig. 4.428-E).

Las medidas de la tolva pesadora y descargadora se muestran en la sección 4.6.5.

---

### 4.3 INSTALACION DE ALMACENAMIENTO DE VASELINA Y GLICERINA

---

Los componentes principales vaselina y glicerina utilizados en el proceso de producción de la masa de moldeo deben almacenarse en un espacio físico que posibilite su transporte automático hacia el área de producción. Es por ello que en la presente sección estableceremos el planteo de una solución para resolver los inconvenientes de transporte manual desde el depósito ubicado en la parte trasera de la planta, mencionados en la sección 2.7.

---

#### 4.3.1 Fundamentación Teórica

---

En esta sección haremos un breve estudio de los fundamentos teóricos que son requeridos para efectuar un correcto diseño de la instalación en cuestión.

Es importante conocer los tipos de elementos destinados al almacenamiento de fluidos, sin omitir las cuestiones acerca de la seguridad y el manejo de los fluidos. Por ejemplo, no es lo mismo almacenar fluidos no inflamables que almacenar fluidos que sí lo son.

Por otro lado, la naturaleza y las propiedades de los fluidos a almacenar determinarán las características de los tanques de almacenamiento.

---

##### 4.3.1.1 Tanques de almacenamiento de líquidos

---

Los tanques de almacenamiento son estructuras de diversos materiales, que son usadas para guardar líquidos o gases a presión ambiente, por lo que son llamados comúnmente por el nombre de tanques de almacenamiento atmosféricos.

Los tanques de almacenamiento de líquidos como los mostrados en la figura 4.3.1 son ampliamente utilizados en las industrias químicas.



Fig. 4.3.1: Tanques de almacenamiento de líquidos

---

##### 4.3.1.2 Clasificación de los tanques de almacenamiento

---

Los tanques de almacenamiento pueden clasificarse de acuerdo a diferentes aspectos, tales como:

- Por su uso.
- Por la presión de operación.
- Por su construcción.
- Por su forma.

En la figura 4.3.2 podemos observar una clasificación general de los distintos tipos de tanques de almacenamiento que pueden utilizarse tanto en las industrias, tanto para el almacenamiento como el almacenamiento y posterior proceso.

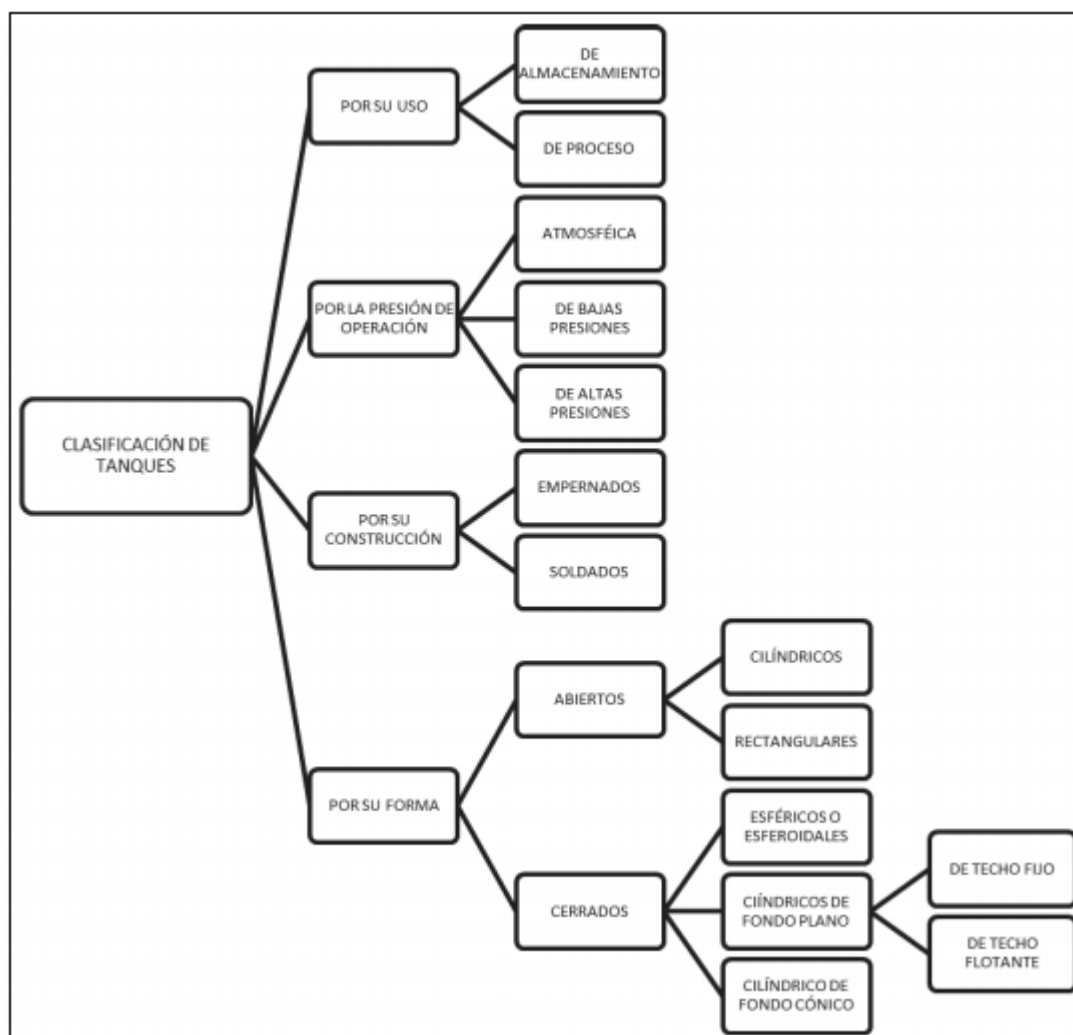


Fig. 4.3.2: Clasificación de los tanques de almacenamiento.

#### 4.3.1.3 Escalas de almacenamiento

Se definen tres escalas:

- Grande: recipientes con una capacidad mayor o igual a 20 mil litros.
- Mediana: recipientes con una capacidad a 2 mil litros y menor a 20 mil litros.
- Pequeña: recipientes con una capacidad menor o igual a los 2 mil litros.

#### 4.3.1.4 Capacidad de almacenamiento volumétrica

Para calcular la capacidad de almacenamiento volumétrica, llamada simplemente volumen, tomaremos como punto de partida que los tanques de almacenamiento serán de base cuadrada, es decir tanques de forma cúbica, En base a ello el volumen se calculará con la siguiente expresión:

$$Volumen = Area\ de\ la\ base + Altura \quad 4.3.1$$

En la expresión 4.3.1 el área de la base se mide en  $m^2$  y la altura en  $m$ , de acuerdo al Sistema Internacional de Unidades (SI). También se utiliza el centímetro  $cm$  como submúltiplo del metro  $m$ .

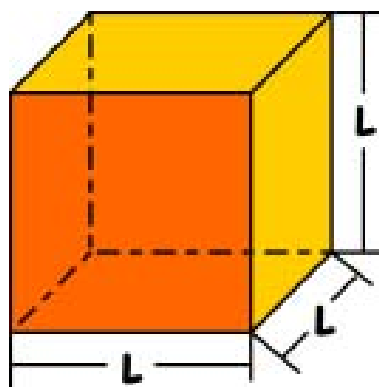


Fig. 4.3.3: Lados de un cubo.

A la hora de seleccionar tanques por catálogo, el parámetro de volumen que suele utilizarse con frecuencia es el de litros *l*. Cabe mencionar que 1 metro cúbico es igual a mil litros, es decir  $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ l}$ .

Teniendo en cuenta que la base del tanque es cuadrada, es decir sus lados son de la misma medida, el volumen del cubo será:

$$\text{Volumen} = L^3 \quad 4.3.2$$

Donde *L* es la longitud de los lados del cubo, como podemos observar en la figura 4.3.3.

---

#### 4.3.1.5 Almacenamiento y manipulación de materiales inflamables

---

Los líquidos inflamables y combustibles obedecen a una clasificación de productos químicos, que permite establecer las condiciones especiales con las cuales deben manipularse. Resulta importante ubicar dentro de dicha clasificación a los materiales que se almacenen, así como la cantidad a almacenar. Algunos organismos internacionales como la NFPA (National Fire Protection Association) se han extendido ampliamente en este tema.

---

#### 4.3.1.6 Normas generales para el manejo de materiales inflamables

---

A fin de evitar accidentes durante el manejo de materiales inflamables, a continuación se presentan una serie de recomendaciones a tener en cuenta, tales como:

- Evitar cargas electrostáticas.
- No calentar las sustancias en recipientes destapados o con tapas convencionales a llama directa.
- Observar bien donde se encuentran los dispositivos y medios de protección como extintores, alarmas, duchas de emergencia, rutas de evacuación, etc.
- Inspeccionar periódicamente los contenedores antes de ingresarlos a vehículos transportadores.
- Mantener contenedores herméticamente cerrados y protegerlos de daños físicos.
- Evitar choques entre recipientes.
- Mantener cerrados y en un área separada los contenedores vacíos.
- Además de la señalización y rotulación de vehículos de transporte y áreas de almacenamiento, todos los contenedores o recipientes deben ir marcados con el nombre del producto y la etiqueta correspondiente.
- No dejar recipientes destapados en el lugar de trabajo, ya que los vapores generalmente son volátiles, inflamables y más pesados que el aire.
- Utilizar, de ser posible, aparatos cerrados y con conexiones de puesta a tierra y trabajar siempre bajo un sistema de succión que impida el escape de los vapores inflamables.

#### **4.3.1.7 Sugerencias para el acondicionamiento de áreas destinadas al almacenamiento de materiales inflamables**

- Las paredes del recinto deben estar construidas con materiales no combustibles de manera que pueda ser un verdadero aislamiento en caso de un incendio. No se recomiendan materiales prefabricados.
- El techo debe ser liviano y fresco. No se recomiendan tejas de barro.
- Las áreas especialmente diseñadas para tal fin, deben ser bien ventiladas, protegidas de la luz directa del sol, la lluvia y los daños mecánicos.
- El área de almacenamiento debe ser identificada claramente, libre de obstrucciones y accesible solamente a personal capacitado y autorizado.
- No permitir la presencia de fuentes de ignición como cigarrillos encendidos, llamas abiertas o calor intenso en la zona de almacenamiento ni en sus entradas o salidas. Las instalaciones eléctricas necesarias deben someterse a mantenimiento programado y periódico. Sin embargo, es preferible que en los cuartos de almacenamiento de combustibles no exista ninguna instalación eléctrica.
- Almacenar lejos de materiales incompatibles como los productos químicos oxidantes. No almacenar tubos de oxígeno en la misma área donde se encuentren almacenados gases o líquidos combustibles (revisar si en el área de mantenimiento hay soldadura oxiacetilénica).
- Conectar eléctricamente a tierra los contenedores y las tuberías de conducción.
- Los equipos mecánicos y eléctricos tales como bombas, sistemas de ventilación y/o de extracción, así como los de iluminación no deben ser generadores de chispas, a prueba de explosión.
- Se debe mantener seca la superficie del área de almacenamiento para proteger los contenedores contra la corrosión.
- Asignar un lugar dentro del almacén, de fácil acceso, para colocar las hojas de seguridad.
- Las cantidades a almacenar deben ser las menores posibles, para disminuir el riesgo.
- Debe disponerse del número suficiente de extintores para atender los incendios de pequeña magnitud. Los extintores deben ser de tipo de fuego ABC, y el agente de extinción puede ser polvo químico seco, dióxido de carbono (más apropiado), espuma de polímero. No debe usarse agua como medio de extinción puesto que ésta es ineficaz al no ser capaz de enfriar el material por debajo de su punto de inflamación. Sin embargo, en caso de que el líquido inflamable sea soluble en agua, esta sí se puede utilizar como medio de extinción.
- Deben disponerse suficiente número de tomas de agua con sus correspondientes mangueras. El agua se usa en forma de rocío para enfriar los contenedores expuestos al fuego en caso de incendio, pero no para intentar extinguir el fuego.
- Se recomienda la instalación de sistemas de alarma para detección de principios de incendio, activadas manual o automáticamente.
- Establecer planes de emergencia en los que se capacite a las personas sobre cómo actuar en caso de derrame o incendio. Como parte importante del plan de emergencias se sugiere notificar a las entidades de socorro locales acerca de los riesgos existentes a fin de involucrarlos como futuro apoyo en situaciones

reales. Mantener disponibles los números telefónicos de entidades de socorro y centros de información (CISTEMA).

#### 4.3.1.8 Tanques para almacenamiento de líquidos inflamables o combustibles

Los tanques para el almacenamiento de líquidos inflamables o combustibles podrán ser de los siguientes tipos:

- 1) Tanques atmosféricos: soportan una presión interna manométrica de hasta 15 KPa (0,15 kg/cm<sup>2</sup>). No se usarán para almacenar líquidos a su temperatura de ebullición o superior.
- 2) Tanques a baja presión: diseñados para soportar una presión interna manométrica superior a 15 KPa y no superior a 98 KPa (1 Kg/cm<sup>2</sup>).
- 3) Depósitos a presión: diseñados para soportar una presión interna manométrica superior a 98 KPa. Podrán usarse como tanques a baja presión y ambos como tanques atmosféricos.

#### 4.3.1.9 Instalación de tanques dentro de edificios

- El almacenamiento en recipientes fijos dentro de edificios o estructuras cerradas se permitirá solamente si la instalación de recipientes en el exterior no es práctica debido a exigencias sociales o consideraciones tales como: temperatura, alta viscosidad, pureza, estabilidad, higroscopicidad, sensibilidad a cambios de temperatura o similares.
- Los recipientes fijos dentro de los edificios estarán situados en la planta baja o pisos superiores.
- Los recipientes de superficie estarán en áreas donde el suelo y los primeros 100 mm de las paredes alrededor de toda la sala o zona de almacenamiento sean estancos al líquido.
- Alternativamente, el suelo podrá ser con pendiente y drenar a un lugar seguro.
- Se dispondrá necesariamente de ventilación natural o forzada.

#### 4.3.2 Diseño y selección de los tanques de almacenamiento

En base a lo expresado en la sección 4.3.1 haremos el dimensionamiento y posterior selección de los tanques destinados al almacenaje de la vaselina y la glicerina.

Como punto de partida para el diseño debemos tener en cuenta los datos físicos y químicos de los elementos a almacenar, ellos son:

##### 1) Vaselina líquida:

Estado físico: líquido viscoso transparente.

Color: incoloro.

Olor: inodoro.

Punto de inflamación: entre 130 °C y 230 °C.

Densidad (15°C): 0,894 gr/cm<sup>3</sup>.

Solubilidad en agua: insoluble entre 0 a 100 °C.

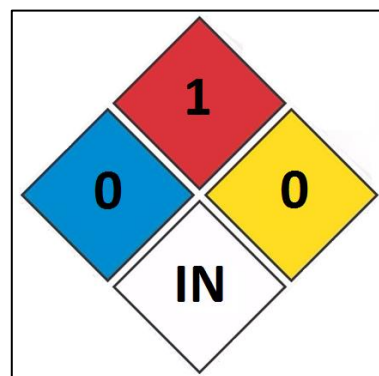


Fig. 4.3.4: Clasificación NFA Para la vaselina líquida

## 2) Glicerina líquida:

Estado físico: líquido aceitoso transparente.

Color: incoloro.

Olor: inodoro.

Punto de inflamación: entre 177 °C y 199 °C.

Densidad (20°C): 1,26 gr/cm<sup>3</sup>.

Solubilidad en agua: soluble en agua, etanol, acetona.

Insoluble en aceites/grasas



Fig. 4.3.5: Clasificación NFPA para la glicerina líquida.

### 4.3.2.1 Cálculo de las capacidades de almacenamiento volumétricas

Se dimensionan los tanques en base al balance de materia de todo el proceso, el cual nos conocer la cantidad de materia prima necesaria para satisfacer la producción diaria.

#### 1) Determinación del volumen de vaselina:

Se requieren inicialmente ocho litros (8 l) de vaselina para producir una tanda o pastón de 200 Kg.

A continuación procedemos a calcular el volumen de vaselina necesario para producir 12 pastones por jornada. De modo que el volumen de vaselina necesario por jornada (conforme a la expresión 4.2.4 de la sección 4.2) será:

$$V_{diario} = 12 * V \quad 4.2.4$$

En la ecuación anterior  $V_{diario}$  es el volumen de vaselina que se requiere, es por ello que al volumen  $V$  se lo multiplica por doce, que es como dijimos anteriormente, la cantidad de pastones que se producirán por jornada diaria.

En base a lo expresado en el párrafo anterior, procederemos a calcular el volumen diario  $V_{diario}$  (simbolizado también como  $V_d$ ) de vaselina:

$$V_{diario} = 12 * V = 12 * 8 l$$

$$V_{diario} = 96 l$$

Ahora solo resta calcular la capacidad máxima volumétrica de vaselina, tal que sea capaz de abastecer a la producción durante un mes, es decir teniendo en cuenta que se trabaja los cinco días hábiles de la semana y redondeando cuatro semanas por mes.

Dicho esto, la capacidad máxima que tendrá cada tanque en unidades de volumen para un mes  $V_{mensual}$  (simbolizado también como  $V_m$ ) se calculará de acuerdo a la ecuación 4.2.5 de la sección 4.2):

$$V_{mensual} = 20 * V_{diario} \quad 4.2.5$$

A continuación, calculamos el volumen de vaselina para una producción mensual:

$$V_{mensual} = 20 * 96 l$$

$$V_{mensual} = 1920 l$$

## 2) Determinación del volumen de glicerina:

Se requieren inicialmente diez litros (10 l) de glicerina para producir una tanda o pastón de 200 Kg.

A continuación procedemos a calcular el volumen de glicerina necesario para producir 12 pastones por jornada. De modo que el volumen de glicerina necesario por jornada (conforme a la expresión 4.2.4 de la sección 4.2) será:

$$V_{diario} = 12 * V \quad 4.2.4$$

En la ecuación anterior  $V_{diario}$  es el volumen de glicerina que se requiere, es por ello que al volumen  $V$  se lo multiplica por doce, que es como dijimos anteriormente, la cantidad de pastones que se producirán por jornada diaria.

En base a lo expresado en el párrafo anterior, procederemos a calcular el volumen diario  $V_{diario}$  (simbolizado también como  $V_d$ ) de glicerina:

$$V_{diario} = 12 * V = 12 * 10 l$$

$$V_{diario} = 120 l$$

Ahora solo resta calcular la capacidad máxima volumétrica de glicerina, tal que sea capaz de abastecer a la producción durante un mes, es decir teniendo en cuenta que se trabaja los cinco días hábiles de la semana y redondeando cuatro semanas por mes.

Dicho esto, la capacidad máxima que tendrá cada tanque en unidades de volumen para un mes  $V_{mensual}$  (simbolizado también como  $V_m$ ) se calculará de acuerdo a la ecuación 4.2.5 de la sección 4.2):

$$V_{mensual} = 20 * V_{diario} \quad 4.2.5$$

A continuación, calculamos el volumen de glicerina para una producción mensual:

$$V_{mensual} = 20 * 120 l$$

$$V_{mensual} = 2400 l$$

---

### 4.3.2.2 Selección de los tanques de almacenamiento

---

Una vez realizado los cálculos de la capacidad de almacenamiento volumétrico de cada tanque y teniendo en cuenta lo siguientes ítems seleccionaremos los tanques adecuados para el almacenamiento:

- Propiedades de cada líquido a almacenar (inicio de la sección 4.3.2).
- Normas generales para el manejo de líquidos peligrosos (sección 4.3.1.6)



- Tanques para almacenamiento de líquidos inflamables o combustibles (sección 4.3.1.8).
- Datos proporcionados por las hojas de seguridad anexadas en la sección 11.
- Norma 30 de NFPA.

Para comenzar lo primero que debemos seleccionar es el tipo de material en que están fabricados los tanques; el cual será polietileno, que es capaz de asegurar la calidad, pureza y estabilidad de los materiales a almacenar.

Dicho esto y siguiendo las cantidades a almacenar, se han seleccionado tanques tipo contenedores IBC con capacidad de 1000 litros proporcionados por la empresa **ITA (Industria Termoplástica Argentina S.A.)**.

Las siglas IBC significan en inglés “Intermediate Bulk Container”, que en español significa “contenedor intermedio para granel”.

Estos depósitos son perfectos para el almacenamiento de líquidos y sustancias en grandes cantidades para luego ser trasvasados a recipientes más pequeños o para ser utilizados de forma periódica. Para gran cantidad de líquidos es ideal si lo buscado es un envase de gran capacidad, estabilidad y de fácil transporte.

Estos son contenedores fabricados con polietileno de alta densidad y alto peso molecular revestidos con una armadura de tubos de acero galvanizado de doble capa y palet (base) de acero galvanizado, según lo indicado en la ficha técnica de la figura 4.3.6.

Materiales	
» Tanque	Polietileno de alta densidad y alto peso molecular.
» Armadura	Tubos de acero galvanizado a doble capa.
» Palet	Acero galvanizado.
» Orificio de llenado	2" diámetro.
» Cierres	2" diámetro - llave de bola.

ESPECIFICACIONES	
Capacidad real	1060 L
Altura total (+-10mm)	1170 mm
Ancho total (+-10mm)	1006 mm
Longitud total(+/-10mm)	1208mm
Entrada de horquilla (+-5mm)	100mm
Peso Total	61.5 (+-3Kg)
Homologaciones	BAM (Instituto Federal alemán de Investigación y Pruebas de Materiales.)
Apilado aconsejado	3 alturas
Densidad máxima del contenido	1.9 (liquido estándar = agua)
Presión Hidráulica máxima	100 kpa

El contenedor IBC 1000L es apilable hasta 3 alturas. Los homologados son aptos para el transporte de mercancías peligrosas según las reglamentaciones ADR, RID e IMO; además los depósitos disponen de 4 cantoneras, fabricadas en polietileno, en las esquinas inferiores que protegen al cuerpo de golpes durante su manipulación.

\*Contenedores IBC 1000LT con cuerpo fabricado en polietileno de alta densidad y alto peso molecular (PEAD-APM), con estabilizante UV. Color natural.



Fig. 4.3.6: Ficha técnica del contenedor IBC 1000L marca ITA.

Para ambos casos tanto como para la vaselina y la glicerina este tipo de tanque es apto tanto para su manipulación como para su almacenamiento.

Según las normas estos contenedores serán tanques de almacenamiento atmosféricos a nivel o elevados con una escala de almacenamiento pequeña.

Cabe destacar que la capacidad de almacenamiento de estos contenedores tanto para la vaselina como la glicerina es menor al volumen necesario para la producción mensual; por ello es necesario calcular la autonomía en días de este producto.

La autonomía o capacidad de producción real se calcula con la siguiente expresión (sección 4.2):

$$Autonomía = \frac{V_{tanque} * 20 \text{ días}}{V_{mes}} \quad 4.2.5$$

Donde  $V_{tanque}$  es la capacidad de almacenamiento volumétrico del recipiente, y  $V_{mes}$  es el volumen mensual.

Reemplazando los valores en la ecuación 4.2.5 para calcular la autonomía del tanque de vaselina nos queda:

$$Autonomía = \frac{1000 \text{ l} * 20 \text{ días}}{1200 \text{ l}} = 10,41$$

$$Autonomía \cong 10 \text{ días}$$

Como se observa, la capacidad de 1000 litros cubre aproximadamente 10 días de producción, el cual es un indicativo a tener en cuenta a la hora de reponer este componente.

Ahora, para calcular la autonomía del tanque de glicerina reemplazamos los valores en la ecuación 4.2.5:

$$Autonomía = \frac{1000 \text{ l} * 20 \text{ días}}{2400 \text{ l}} = 8,33$$

$$Autonomía \cong 8 \text{ días}$$

Como se observa, la capacidad de 1000 litros cubre aproximadamente 8 días de producción, el cual es un indicativo a tener en cuenta a la hora de reponer este componente.

Como podemos observar, las autonomías son prácticamente la mitad de la mensual, es por ello que se seleccionarán dos tanques de 1000 litros para cada fluido, es decir, dos tanques para la vaselina y dos tanques para la glicerina.

En nuestro caso, de acuerdo a la clasificación establecida en la figura 4.3.2 se tienen en cuenta los tanques de almacenamiento de proceso, los cuales son utilizados en las industrias de procesos alimenticios, químicos, automotrices, eléctrica, etc. Para

almacenar sustancias líquidas o en formas granuladas según sea el caso, para su uso en el proceso de la manufactura de un producto terminado.

---

## 4.4 INSTALACION DE MEZCLADO DE VASELINA Y GLICERINA

---

En la presente sección nos dedicaremos al estudio y diseño de los elementos que componen la instalación destinada al mezclado de la vaselina y la glicerina.

La tarea de mezcla debe realizarse a fin de obtener un fluido homogéneo, es decir sin separación de sustancias.

El solo agregado de la vaselina y la glicerina en un mismo recipiente no es condición suficiente para que se logre la solución homogénea, de modo que es condición necesaria llevar a cabo una tarea de agitación. Este inconveniente se resuelve sencillamente con la implementación de dispositivos mezcladores o agitadores.

---

### 4.4.1 Fundamentación Teórica

---

Como mencionamos al inicio de la presente sección, nos dedicaremos al diseño y dimensionamiento de un recipiente apto para efectuar el mezclado de la vaselina con la glicerina, un mezclador mecánico y un motor eléctrico como máquina motriz.

Para efectuar el diseño de los elementos mencionados en el párrafo anterior necesitamos como primera medida desarrollar determinados conceptos teóricos, que, serán nuestras herramientas de trabajo.

---

#### 4.4.1.1 Tipos de Recipientes

---

Un aspecto a considerar es el diseño óptimo del recipiente de mezclado. No solo hay que tener en cuenta el volumen de fluido a mezclar, sino el volumen que ocuparán los dispositivos agitadores y considerar que la altura de la columna de líquido debe ser menor a la altura del recipiente con la finalidad de evitar derrames.

Los recipientes de mezcla pueden clasificarse en dos grandes grupos según su forma:

- 1) De base cuadrada.
- 2) De base cilíndrica.

Los recipientes de base cuadrada son más sencillos en su construcción, pero pueden presentar dificultades durante la tarea de mezclado, mientras que los recipientes de base cilíndrica son propicios para un buen agitado del fluido, siempre y cuando se cumplan determinadas semejanzas geométricas respecto al mezclador.



Fig. 4.4.1: Recipiente cuadrado.



Fig. 4.4.2: Tanque de base circular INDELTRO

En la figura 4.4.1 podemos observar un recipiente de base cuadrada típico. Como dijimos, en este tipo de recipientes el mezclado de los fluidos se vuelve una tarea dificultosa e ineficiente.

La figura 4.4.2 corresponde a un tanque de base circular elaborado por la empresa INDELTRO. Este tipo de recipiente es el adecuado para efectuar la tarea de mezcla.

Para dimensionar un recipiente de base cuadrada basta simplemente con efectuar el producto de cada uno de sus lados, mientras que para dimensionar un recipiente de circular hay que calcular primero el área del círculo y luego multiplicarla por la altura.

Las operaciones mencionadas en el párrafo anterior se efectúan con fórmulas básicas de geometría.

---

#### 4.4.1.2 Mezcladores y Mezclado

---

Podemos definir el mezclado como la operación unitaria por la cual dos o más porciones de composiciones desiguales de un determinado material adquieren un nivel de uniformidad u homogeneidad deseado, desde el punto de vista físico o químico. Ya que la difusión natural en un líquido es relativamente lenta, el mezclado de líquidos se consigue más rápidamente mediante la agitación de los mismos en tanques. Si no se usa el agitado conveniente, es probable que se pierda gran parte de la energía mecánica entregada al sistema.

Un agitador rotativo genera corrientes de líquido de alta velocidad que a su vez arrastran regiones en reposo o de movimiento más lento, resultando un mezclado uniforme por transferencia de cantidad de movimiento. Cuando la viscosidad del fluido aumenta, el proceso de mezclado se torna más dificultoso ya que se produce arrastre por fricción que frena a las corrientes de altas velocidades y las confina en la vecindad del agitador.

Podemos establecer una clasificación general de los dispositivos agitadores en dos grandes grupos:

- 1) Agitadores con paletas de pequeña área que giran a altas velocidades. Son de tipo turboagitadores (agitadores de turbina) y los de hélice tipo marino.
- 2) Agitadores con paletas de gran área que giran a bajas velocidades. Son de tipo ancla, pala y tornillo helicoidal.

Cuando el fluido a mezclar es de alta viscosidad se recomienda un agitador del segundo grupo, mientras que si el fluido a homogeneizar es de viscosidad media o relativamente baja se recomienda un agitador del primer grupo. La recomendación de un tipo de agitador u otro encuentra su fundamentación por el siguiente hecho: si el fluido es de gran viscosidad presenta alta resistencia al movimiento de un sólido a través de él, es por ello que un agitador no podría rotar a altas velocidades.

#### 4.4.1.3 Agitadores de alta velocidad y paletas pequeñas

Este tipo de agitador se usa para mezclar líquidos de baja o media viscosidad. De los tipos más comunes son el turboagitador o agitador de seis (6) paletas planas y el de hélice tipo marino.

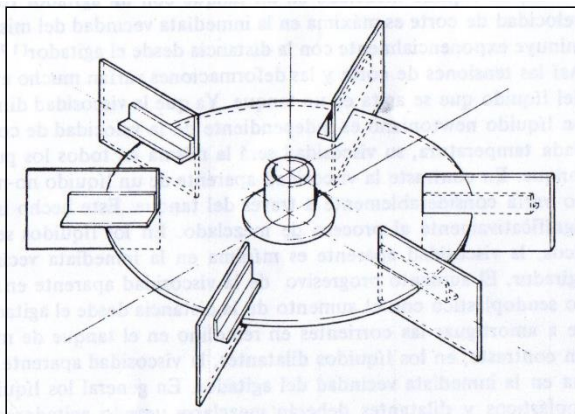


Fig. 4.4.3: Turboagitador de 6 paletas planas.

Un agitador de paletas planas como el mostrado en la figura 4.4.3 se usa para mezclar líquidos en tanques con baffles o placas deflectoras que producen modelos de flujo radial primariamente perpendicular a la pared del recipiente, de acuerdo a lo mostrado en la figura 4.4.4.

El agitador de paletas planas resulta conveniente para mezclar líquidos con viscosidad dinámica de hasta  $10 \text{ N s/m}^2$ .

La figura 4.4.4 muestra el modelo de flujo radial producido por un turboagitador de paletas planas. Las flechas en la figura indican las direcciones del flujo. Cuando el rodete con las paletas gira, desplaza el fluido contra las paredes del recipiente y allí es donde el flujo se separa en dos corrientes, una superior y otra inferior. La corriente superior se desplaza a lo largo de la pared del tanque y una vez que llega a la capa superficial de fluido retorna a lo largo del eje del agitador hasta las paletas. Por otro lado la corriente inferior se desplaza a lo largo de las paredes del tanque y una vez que llega al fondo retorna hacia las paletas.

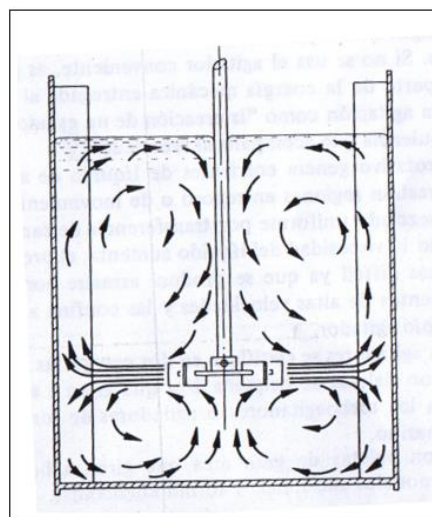


Fig. 4.4.4: Modelo de flujo radial producido por un turboagitador de paletas planas.

Un agitador de hélice tipo marino como el mostrado en la figura 4.4.5 se usa para mezclar líquidos en tanques con baffles o placas deflectoras que producen modelos de flujo axial primariamente paralelo a la pared del recipiente, de acuerdo a lo mostrado en la figura 4.4.6.

El agitador de hélice tipo marino resulta conveniente para mezclar líquidos con viscosidad dinámica de hasta  $50 \text{ N s/m}^2$ .

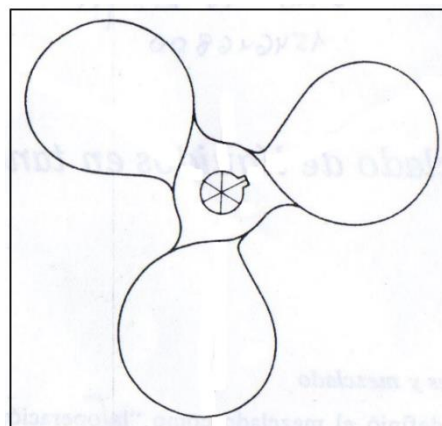


Fig. 4.4.5: Agitador de hélice tipo marino.

La figura 4.4.6 muestra el modelo de flujo axial producido por un agitador de hélice tipo marino. Cuando la hélice gira, toma el fluido de la parte superior de la hélice y lo impulsa hacia abajo. La corriente (representada por las flechas) llega al fondo del tanque y se desplaza hacia las paredes para ascender a lo largo de ellas. Cuando la corriente de fluido se ha desplazado a lo largo de las paredes y llega a la capa superficial, comienza el camino de retorno a lo largo del eje del agitador hasta llegar nuevamente a la hélice. El modelo de flujo descrito se repite cíclicamente durante el periodo de agitado.

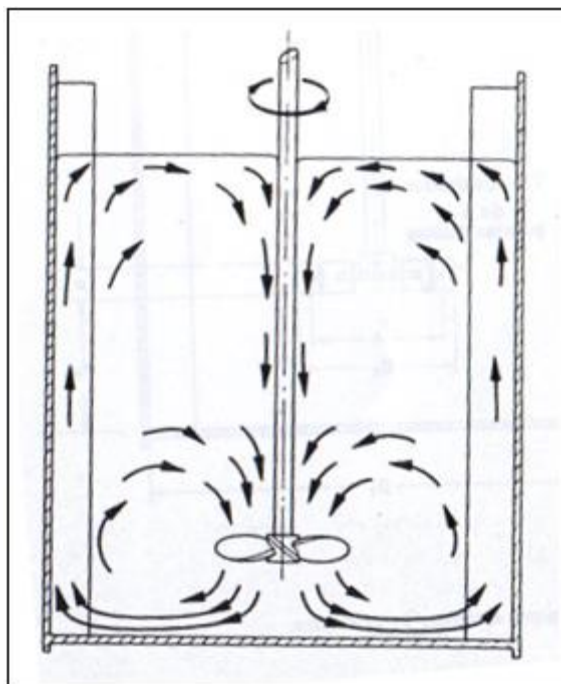


Fig. 4.4.6: Modelo de flujo axial producido por un agitador de hélice tipo marino.

#### 4.4.1.4 Agitadores de baja velocidad y paletas grandes

Estos agitadores incluyen los de tipo ancla, compuerta, pala, cinta y tornillo helicoidales. Se usan para mezclar líquidos de alta viscosidad y dependen del tamaño de sus paletas para provocar un buen desplazamiento del líquido en el tanque.

A continuación presentaremos dos tipos de agitadores; el agitador ancla tipo compuerta y el de tornillo helicoidal en configuración con bafles o placas deflectoras separadas de la pared del tanque.

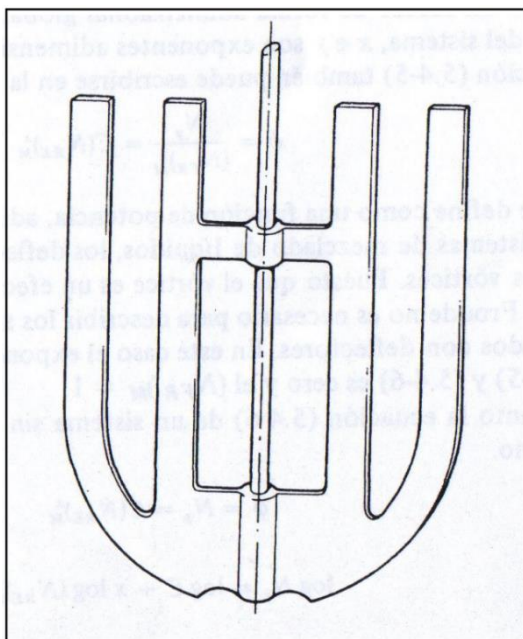


Fig. 4.4.7: Agitador ancla tipo compuerta.

Un agitador ancla tipo compuerta como el mostrado en la figura 4.4.7 opera muy cerca de la pared del tanque. La acción de corte de las hojas del ancla al pasar por la vecindad de las paredes del tanque provoca un continuo intercambio de líquido entre el seno del líquido y la película líquida que se forma entre las paletas del ancla y la pared del tanque.

Los agitadores de este tipo son eficientes para mezclar fluidos con viscosidades dinámicas de hasta  $100 \text{ N s/m}^2$ .

Para aplicaciones de transferencia de calor estos agitadores pueden ser complementados con unas cuchillas que previenen la formación de una película en reposo entre las paletas del agitador y la pared del tanque.

Un agitador de tipo tornillo helicoidal como el mostrado en la figura 4.4.8 funciona como bombeador de líquido desde el fondo del tanque y hacia la superficie libre del líquido. Este entonces retorna al fondo para llenar el vacío creado por el nuevo líquido bombeado.

Un tornillo helicoidal rotativo ubicado verticalmente en el centro de un tanque cilíndrico sin deflectores produce un suave movimiento en remolino en el seno del líquido. Puesto que la velocidad del líquido disminuye hacia las paredes del tanque, el líquido en la vecindad de la pared de un tanque sin deflectores está casi inmóvil. Para solucionar este inconveniente se colocan baffles o deflectores en la pared del tanque, lo cual ocasiona un movimiento turbulento que favorece el arrastre del líquido en contacto con la pared.

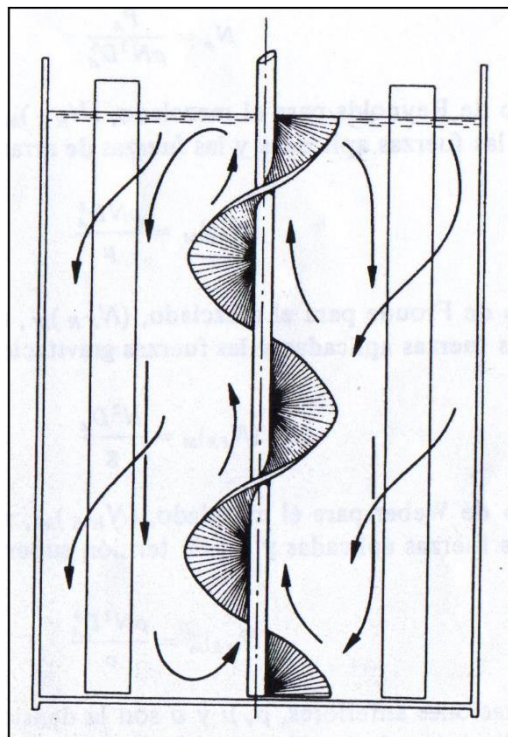


Fig. 4.4.8: Agitador de tornillo helicoidal con baffles separados de la pared - Modelo de flujo.

En la figura 4.4.8 se muestra el modelo de flujo producido por la combinación de un tornillo helicoidal central y deflectores separados de las paredes del tanque. En dicha figura las flechas representan las corrientes de flujo de fluido.

Suponiendo que el tornillo helicoidal se coloque en una posición excéntrica, no sería necesaria la colocación de deflectores ya que en este caso el sistema mismo es autodeflectante.

Pese a lo expuesto anteriormente este tipo de agitación requiere mayor consumo de potencia para producir resultados equivalentes de mezclado que otro tipo de sistema de agitación.

#### 4.4.1.5 Configuración de un tanque estándar de agitación

En los puntos anteriores hicimos una descripción de los dos grandes grupos de agitadores y las aplicaciones de cada uno. Ahora nos centraremos en el estudio de las dimensiones y relaciones geométricas de un tanque estándar con un turboagitador central.



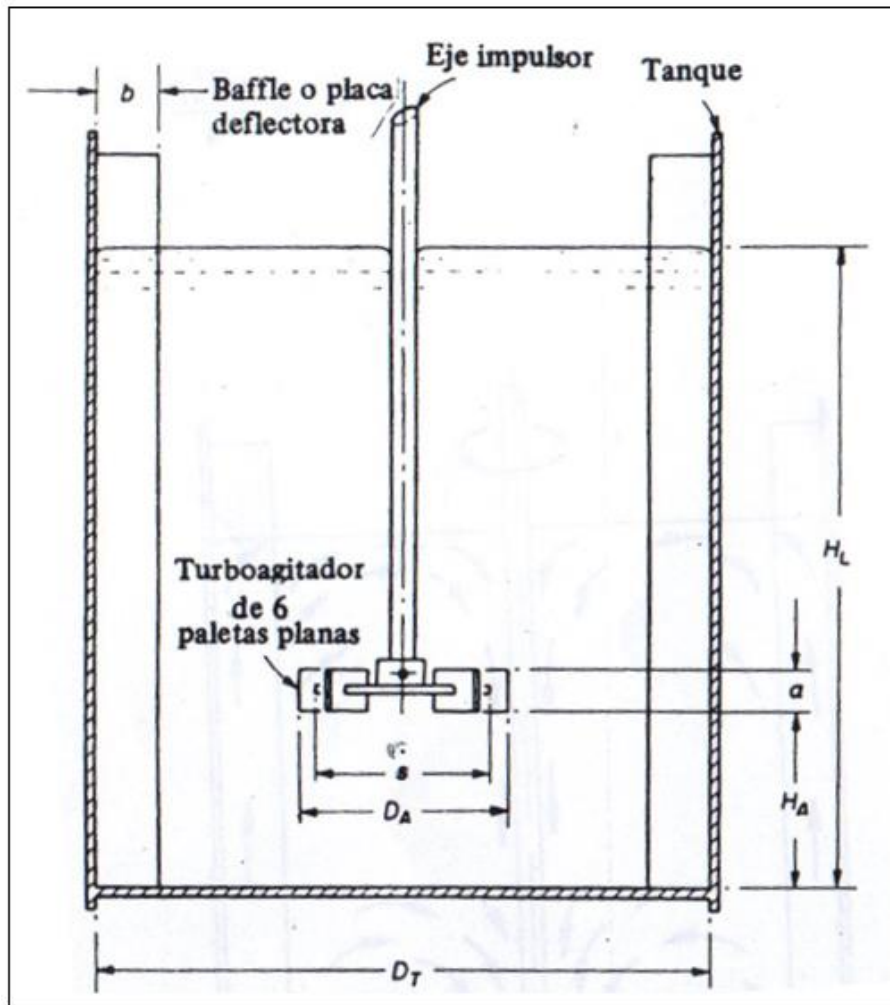


Fig. 4.4.9: Configuración de un tanque estándar de agitación.

La figura 4.4.9 muestra un turboagitador de diámetro  $D_A$  en un tanque cilíndrico de diámetro  $D_T$  lleno con un líquido hasta la altura  $H_L$ . El agitador se ubica a una altura  $H_A$  desde el fondo del tanque y los baffles o placas deflectoras que se ubican inmediatamente adyacentes a la pared tienen un ancho igual a  $b$ . El agitador tiene paletas de ancho  $a$  y longitud  $r$  y se hallan montadas sobre un disco central de diámetro  $s$  (formando así el impulsor o rodete).

Para el sistema descrito anteriormente y en condiciones estándar se aplican las siguientes relaciones geométricas:

- 1) Un turboagitador de 6 paletas planas
- 2)  $D_A = D_T/3$
- 3)  $H_A = D_T/3$
- 4)  $a = D_T/5$
- 5)  $r = D_T/4$
- 6)  $H_L = D_T$
- 7) 4 baffles o placas deflectoras simétricas
- 8)  $b = D_T/10$

La velocidad periférica (tip speed) TS del agitador está dada por la ecuación 4.4.1:

$$TS = \pi * D_A * N \quad 4.4.1$$

Los rangos de velocidades periféricas (TS) recomendadas para los turboagitadores son:

- 2,5 a 3,33 m/s para agitación baja.
- 3,3 a 4,1 m/s para agitación media.
- 4,1 a 5,6 m/s para agitación alta.

Si se utiliza un agitador de hélice tipo marina para mezclar líquidos de viscosidad relativamente baja en tanques sin baffles o placas deflectoras, se producen vórtices en el seno del líquido. En este caso el nivel del líquido cae en una inmediata vecindad del eje del agitador. Estos vórtices aumentan con la velocidad rotacional  $N$  hasta que eventualmente el vórtice pasa a través del agitador. Cuando la viscosidad del fluido aumenta, disminuye la necesidad de implementar placas deflectoras ya que hay menos fenómenos de vórtices en el líquido.

Un agitador de hélice puede considerarse como una bomba sin casco. En este caso su capacidad de circulación volumétrica  $Q_A$  se relaciona con el desplazamiento volumétrico por revolución  $V_D$  mediante la siguiente ecuación:

$$Q_A = \eta * V_D * N \quad 4.4.2$$

En la ecuación 4.4.2  $\eta$  es un factor de eficiencia adimensional que vale aproximadamente 0,6.  $V_D$  se relaciona con el paso de la hélice  $p$  y con el diámetro del agitador  $D_A$ , mediante la siguiente ecuación:

$$V_D = \frac{\pi * D_A^2 * p}{4} \quad 4.4.3$$

La mayoría de los agitadores de hélice tipo marina tienen paso cuadrado, donde  $p = D_A$  de tal manera que la ecuación 4.4.3 se transforma en:

$$V_D = \frac{\pi * D_A^3}{4} \quad 4.4.4$$

Combinando las ecuaciones 4.4.2 y 4.4.4 se obtiene

$$Q_A = \frac{\eta * \pi * N * D_A^3}{4} \quad 4.4.5$$

Una vez obtenida la capacidad de circulación volumétrica podemos calcular la velocidad de vuelco o reciclo interno (turnover rate)  $I_T$  para un tanque con agitación, por la ecuación:

$$I_T = \frac{Q_A}{V} \quad 4.4.6$$

Donde  $V$  es el volumen del tanque e  $I_T$  es el número de vuelcos o reciclos internos por unidad de tiempo. Para lograr el mejor mezclado, la cantidad de vuelcos por unidad de

tiempo deberá ser lo máximo posible para un determinado volumen  $V$  del tanque, esto significa que la capacidad de circulación volumétrica  $Q_A$  deberá tener el más alto valor que se pueda con el mínimo consumo de potencia.

#### 4.4.1.6 Grupos adimensionales para el mezclado

En el diseño de sistemas de mezclado de líquidos son de importancia los siguientes grupos adimensionales.

Número de Potencia  $N_P$ ,

$$N_P = \frac{P_A}{\rho * N^3 * D_A^5} \quad 4.4.7$$

Número de Reynolds para el mezclado  $(N_{RE})_M$ , representa la relación entre las fuerzas aplicadas y la fuerza de arrastre viscoso que se oponen,

$$(N_{RE})_M = \frac{\rho * N * D_A^3}{\mu} \quad 4.4.8$$

Número de Froude para el mezclado  $(N_{FR})_M$ , representa la relación entre las fuerzas aplicadas y las fuerzas gravitacionales que se oponen,

$$(N_{FR})_M = \frac{N^2 * D_A}{g} \quad 4.4.9$$

Número de Weber para el mezclado  $(N_{WE})_M$ , representa la relación entre las fuerzas aplicadas y la tensión superficial que se oponen,

$$(N_{WE})_M = \frac{\rho * N^2 * D_A^3}{\sigma} \quad 4.4.10$$

En las ecuaciones anteriores,  $\rho$ ,  $\mu$  y  $\sigma$  son la densidad, la viscosidad dinámica o absoluta y la tensión superficial del líquido, respectivamente;  $P_A$  es el consumo de potencia;  $N$  es la velocidad rotacional y  $D_A$  el diámetro del agitador.

En el SI (Sistema Internacional de unidades)  $\rho$  se expresa en  $\text{kg/m}^3$ ,  $\mu$  en  $\text{N s/m}^2$  y  $\sigma$  en  $\text{N/m}$ ,  $P_A$  en  $\text{W}$ ,  $N$  en  $\text{rev/s}$  y  $D_A$  en  $\text{m}$ .

Una vez mencionados los números adimensionales de mezclado, combinaremos las ecuaciones 4.4.7, 4.4.8 y 4.4.9 para obtener un número de potencia  $N_P$  en función de  $(N_{RE})_M$  y  $(N_{FR})_M$ .

Reordenamos la ecuación 4.4.7:

$$N_P = \frac{P_A}{D_A^2} * \frac{1}{\rho * N * D_A^2} * \frac{1}{N^2 * D_A} \quad 4.4.11$$

Reordenamos la ecuación 4.4.8:

$$\frac{1}{\rho * N * D_A^2} = \frac{1}{(N_{RE})_M * \mu} \quad 4.4.12$$

Reordenamos la ecuación 4.4.9:

$$\frac{1}{N^2 * D_A} = \frac{1}{(N_{FR})_M * g} \quad 4.4.13$$

Ahora reemplazamos las ecuaciones 4.4.12 y 4.4.13 en la ecuación 4.4.11:

$$N_P = \frac{P_A}{D_A^2} * \frac{1}{(N_{RE})_M * \mu} * \frac{1}{(N_{FR})_M * g} \quad 4.4.14$$

Reordenando la ecuación 4.4.14 obtenemos la siguiente expresión:

$$N_P = \frac{P_A}{D_A^2 * \mu * g} * (N_{RE})_M^x * (N_{FR})_M^y \quad 4.4.15$$

En la ecuación 4.4.15 el cociente puede reemplazarse por una constante C que representa un factor de forma adimensional global. Asimismo, x e y son exponentes adimensionales.

La ecuación 4.4.15 puede reordenarse para escribirse de la siguiente forma:

$$\varphi = \frac{N_P}{(N_{FR})_M^y} = C * (N_{RE})_M^x \quad 4.4.16$$

Donde  $\varphi$  se define como una función de potencia, adimensional.

En los sistemas de mezclado de líquidos, los deflectores se usan para suprimir los vórtices. Puesto que el vórtice es un efecto gravitacional, el número de Froude expresado por la ecuación 4.4.9 no es necesario para describir los sistemas de mezclado de líquidos con deflectores. En este caso el exponente y de las ecuaciones 4.4.9 y 4.4.16 es cero, por lo tanto el  $(N_{FR})_M = 1$ . Por lo expresado, la ecuación 4.4.16 queda de la siguiente forma:

$$\varphi = N_P = C * (N_{RE})_M^x \quad 4.4.17$$

Aplicando logaritmos podemos obtener otra expresión para la ecuación 4.4.17:

$$\text{Log } N_P = \text{Log } C + x * \text{Log } (N_{RE})_M \quad 4.4.18$$

El número de Weber para el mezclado es importante sólo cuando se presenta una separación física entre las fases, por ejemplo los sistemas de mezclado de líquidos tales como la extracción líquido - líquido.

#### 4.4.1.7 Curvas de potencia

Una curva de potencia es la representación gráfica de la función de potencia  $\phi$  o del número de potencia  $N_p$  en función del número de Reynolds para el mezclado  $(N_{RE})_M$ , en un plano doblemente logarítmico. Cada configuración geométrica tiene su propia curva de potencia y como el gráfico involucra grupos adimensionales es independiente del tamaño del tanque. Así, una curva de potencia usada para correlacionar los datos de un sistema con un tanque de 1 m<sup>3</sup> es también válida para un sistema con un tanque de 1000 m<sup>3</sup>, siempre que ambos sistemas tengan la misma configuración ( semejanza) geométrica.

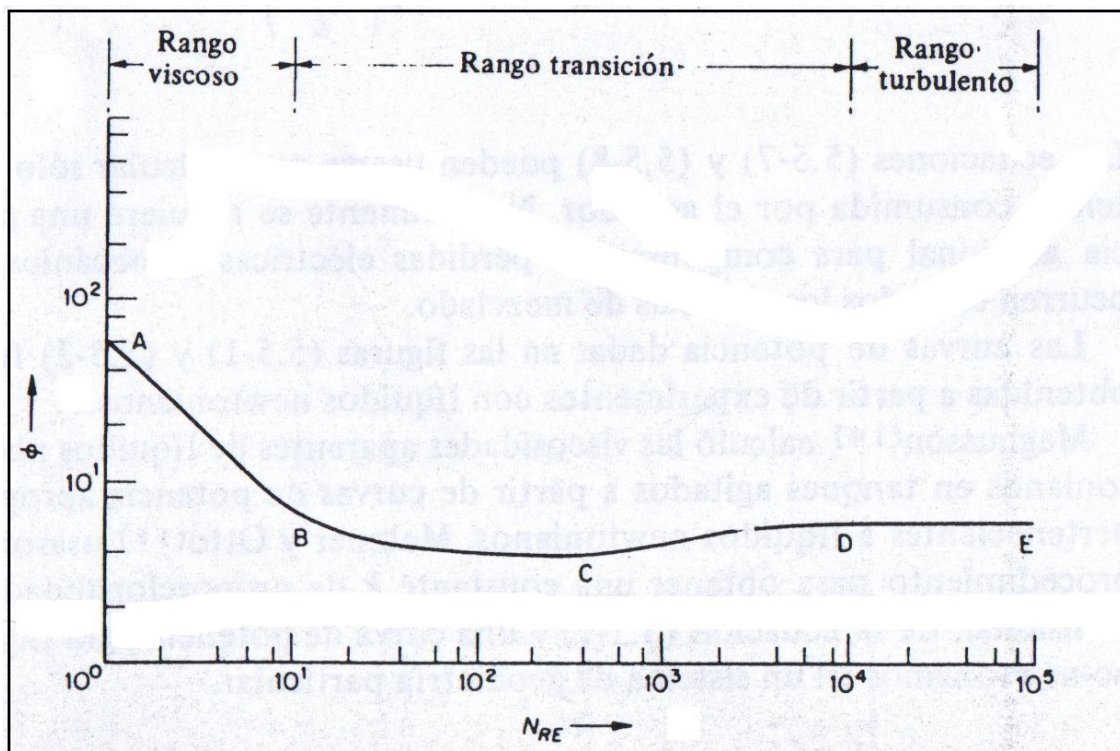


Fig. 4.4.10: Curva de potencia para un sistema con un tanque con placas deflectoras - Configuración estándar.

La figura 4.4.10 muestra la curva de potencia para un sistema con un tanque, de configuración estándar como el mostrado en la figura 4.4.9. Puesto que este es un sistema con placas deflectoras y por ende sin vórtices se aplica la ecuación 4.4.18.

La curva de potencia para un sistema con un tanque de configuración estándar, es lineal en la región AB de flujo laminar (rango viscoso) y con una pendiente de -1. Así, en esta región para un  $(N_{RE})_M < 10$ , la ecuación 4.4.18 puede escribirse de la siguiente forma:

$$\text{Log } N_p = \text{Log } C - \text{Log } (N_{RE})_M \quad 4.4.19$$

Teniendo en cuenta la ecuación 4.4.7 del número de potencia y combinándola con 4.4.19 obtenemos la siguiente expresión:

$$P_A = \mu * C * N^2 * D_A^3 \quad 4.4.20$$

Donde  $C = 71$  para un sistema con un tanque de configuración estándar. Así, para la región de flujo laminar, la potencia es directamente proporcional a la viscosidad dinámica para una velocidad fija del agitador.

Para la región de flujo de transición BCD que se extiende hasta  $(N_{RE})_M = 10000$ , los parámetros  $C$  y  $x$  de la ecuación 4.4.18 varían continuamente.

Para la región de flujo turbulento DE, la curva deviene horizontal y la función de potencia  $\phi$  es independiente del número de Reynolds para el mezclado  $(N_{RE})_M$ . Para dicha región tenemos  $(N_{RE})_M > 10000$ . De modo que  $\phi = N_p = 6,3$ .

En el punto C sobre la curva de potencia de la figura 4.4.10, debe transferirse suficiente energía al líquido para iniciar un vórtice. Sin embargo los deflectores del tanque lo previenen. Suponiendo que éstos no estuvieran presentes, el vórtice se desarrollará y la curva de potencia para dicho sistema (tanque sin deflectores) no será como la mostrada en la figura 4.4.10.

El análisis para un sistema de un tanque con configuración estándar y sin deflectores reviste mayor complejidad y no será analizado en esta sección.

#### 4.4.1.8 Calentamiento a partir de resistencias eléctricas

Teniendo en cuenta los desarrollos teóricos brindados en la sección 4.1 y en particular la figura 4.1.2, podemos observar que un mecanismo para transferir energía como trabajo no mecánico es el de origen eléctrico. Por lo tanto, si conectamos un conductor a una fuente de potencial eléctrico, al cerrarse el circuito se forma un camino para que circule la corriente eléctrica  $I$  (figura 4.4.11). Dicha corriente se define como la cantidad de cargas eléctricas que circulan a lo largo de un conductor en un determinado intervalo de tiempo, según la siguiente ecuación:

$$I = \frac{q}{t} \quad 4.4.21$$

Donde la corriente eléctrica  $I$  se mide en amperes (A),  $q$  es la carga eléctrica que representa la carga elemental del electrón ( $1,6 \times 10^{-19}$  C) medida en coulomb (C) y  $t$  es el intervalo de tiempo medido en segundos (s).

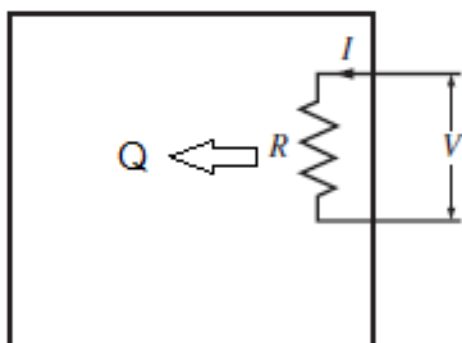


Fig. 4.4.11: Circuito eléctrico elemental.

Por otro lado, aplicando la Ley de Ohm podemos calcular la corriente eléctrica.

La ley de Ohm establece que la diferencia de potencial  $V$  aplicada entre los extremos de un conductor es directamente proporcional a la corriente eléctrica  $I$  que circula por dicho conductor.

La expresión matemática de ésta ley toma la siguiente forma:

$$V = I * R \quad 4.4.22$$

En la ecuación 4.4.22  $V$  es la diferencia de potencial medida en voltios (V),  $I$  la corriente eléctrica y  $R$  la resistencia eléctrica medida en ohm ( $\Omega$ ). Asimismo, la

resistencia eléctrica se define como la oposición que presenta un conductor al paso de la corriente a través de él. Generalmente es un valor constante que depende de las dimensiones y características del material que conforma el conductor.

Suponiendo aplicada la diferencia de potencial al circuito de la figura 4.4.11, circulará corriente eléctrica provocando un calentamiento del conductor. Conforme la temperatura del conductor aumenta, el mismo emitirá calor hacia el medio circundante (si es que éste se encuentra a menor temperatura) elevando así su temperatura.

Podemos decir que el cuadrado de la figura 4.4.11 representa un sistema y la emisión de calor por parte de la resistencia eléctrica  $R$  hacia él se considera un trabajo de origen no mecánico (figura 4.1.2 de la sección 4.1). Este fenómeno se denomina *Efecto Joule*.

**Efecto Joule:** es un fenómeno irreversible mediante el cual parte de la energía cinética que transportan los electrones sobre un conductor (corriente eléctrica) se transforma en calor. Es decir, hay una disipación de calor hacia el medio que rodea al conductor. Asimismo, la liberación de calor es directamente proporcional a la corriente.

La expresión matemática para este fenómeno toma la siguiente forma:

$$P = V * I \quad 4.4.23$$

Donde  $P$  es la potencia disipada y se mide en vatios ( $W$ ).

Por otro lado, la potencia disipada es igual al trabajo  $W$  efectuado durante un determinado intervalo de tiempo  $t$ .

$$P = \frac{W}{t} \quad 4.4.24$$

De la ecuación 4.4.24 despejamos el trabajo  $W$ , reemplazamos la expresión de  $P$  dada en la ecuación 4.4.23 y aplicamos la integral entre el estado inicial (1) y final (2) que representan físicamente el instante antes del calentamiento y el instante posterior, respectivamente:

$$W = P * t = \int_1^2 V * I * dt \quad 4.4.25$$

Si tanto  $V$  como  $I$  permanecen constantes durante el intervalo de tiempo considerado, la ecuación 4.4.25 toma la siguiente forma:

$$W = V * I * \Delta t \quad 4.4.26$$

Donde el trabajo  $W$  se mide en Joule ( $J$ ), unidad de medida el trabajo y energía en el S.I. (Sistema Internacional de Unidades). También se utiliza como múltiplo del joule el kilo joule ( $KJ$ ) donde  $1 KJ = 1000 J$ .

#### 4.4.2 Diseño del recipiente de mezclado

En base a lo expresado en la sección 4.4.1.1 lo conveniente es utilizar un recipiente de base cilíndrica para favorecer el mezclado.

##### 4.4.2.1 Determinación de la capacidad del recipiente

Como punto de partida para el diseño del recipiente es necesario conocer el volumen de fluido que este ha de contener. Las sustancias a mezclar son:

Glicerina	Vaselina
10 litros (10.000 cm <sup>3</sup> )	8 litros (8.000 cm <sup>3</sup> )

- Determinación del Volumen de Fluido  $V_L$ :

El volumen total de fluido a contener en el recipiente de mezcla será la suma de los volúmenes de los fluidos expresados en la tabla anterior. Dicho volumen total será:

$$V_L = V_{\text{glicerina}} + V_{\text{vaselina}} = 10000 \text{ cm}^3 + 8000 \text{ cm}^3$$

$$V_L = 18000 \text{ cm}^3 = 18 \text{ l}$$

El volumen total de fluido a contener  $V_L$  es 18000 cm<sup>3</sup>.

- Determinación del diámetro del recipiente:

Habiendo determinado el volumen de fluido a contener  $V_F$ , utilizaremos ese valor para calcular el diámetro del recipiente  $D_T$ , el cual, por semejanza geométrica expresada en la sección 4.4.1.5, deberá tener el mismo valor que la altura  $H_L$  ocupada por el líquido. Dicha vinculación que contemple la semejanza geométrica se expresa a continuación:

$$V_F = \frac{\pi * D_T^2}{4} * H_L \quad 4.4.27$$

Teniendo en cuenta que  $D_T = H_L$ , la ecuación 4.4.27 resulta:

$$V_F = \frac{\pi * D_T^3}{4} \quad 4.4.28$$

En la ecuación 4.4.28 nuestra incógnita es el diámetro del recipiente  $D_T$ . Despejando nos queda:

$$D_T = \sqrt[3]{\frac{V_L * 4}{\pi}} \quad 4.4.29$$

Aplicando la ecuación 4.4.29 podemos calcular el diámetro del recipiente. A continuación reemplazamos valores:



$$D_T = \sqrt[3]{\frac{18000 \text{ cm}^3 * 4}{\pi}} = 28,4 \text{ cm} \quad \boxed{D_T \approx 29 \text{ cm}}$$

- Determinación del volumen del recipiente  $V_T$ :

Una vez calculado el diámetro de la base  $D_T$  y teniendo en cuenta que ha de ser igual a la altura ocupada por el líquido  $H_L$ , para obtener el volumen total del recipiente utilizaremos la siguiente ecuación:

$$V_T = \frac{\pi * D_T^2}{4} * (H_L + H_{libre}) \quad 4.4.30$$

Donde  $H_{libre}$  representa una altura libre medida desde la superficie del líquido hasta la tapa superior del recipiente.

Aquí asignaremos una altura libre de once centímetros, por lo tanto tenemos:

$$\boxed{H_{libre} = 11 \text{ cm}}$$

Ahora, reemplazando los valores conocidos en la expresión 4.4.30 obtendremos el volumen del recipiente:

$$V_T = \frac{\pi * (29 \text{ cm})^2}{4} * (29 \text{ cm} + 11 \text{ cm}) = 26420,8 \text{ cm}^3$$

$$\boxed{V_T \approx 26500 \text{ cm}^3 = 26,5 \text{ l}}$$

Tomaremos como buena aproximación un volumen de recipiente de  $26500 \text{ cm}^3$  o 26,5 litros.

---

#### 4.4.2.2 Selección del material del recipiente

---

Consultando la tabla "Índices de corrosión" (tabla 11.2.2), provista por la industria **ROBERTO CORDES S.A.**, encontramos que el material más adecuado para la construcción del recipiente de mezcla es el acero inoxidable 316.

Aquí es importante aclarar que las dimensiones calculadas para el recipiente no son estándares o medidas típicas, de modo que no se encuentran disponibles en los catálogos de las distintas industrias afines, es por ello que debemos considerar como alternativa el pedido de fabricación a medida.

Consultando con la empresa nacional **LARinox S.R.L.**, ubicada en Ruta Nacional 38, provincia de La Rioja, nos ofrecen la posibilidad de construir el recipiente en acero inoxidable 316 con las medidas calculadas en la sección 4.4.2.1.

Cabe destacar que el recipiente de mezcla ha de ser cerrado (pero no hermético) para impedir el ingreso de partículas contaminantes del ambiente. No obstante, la tapa superior y el resto del recipiente serán dos piezas diferentes, y la primera será desmontable a fin de posibilitar inspecciones visuales y limpiezas eventuales.

#### 4.4.3 Diseño del sistema de mezclado

En esta sección nos dedicaremos a diseñar el agitador de mezcla.

Las herramientas para el cálculo de los parámetros necesarios se encuentran expresadas en la sección 4.4.1.

##### 4.4.3.1 Dimensionamiento del agitador

Como inicio para el cálculo tendremos en cuenta las semejanzas geométricas mencionadas en la sección 4.4.1.5, ellas son:

- 1) Un turboagitador de 6 paletas planas
- 2)  $D_A = D_T/3$
- 3)  $H_A = D_T/3$
- 4)  $a = D_T/5$
- 5)  $r = D_T/4$
- 6)  $H_L = D_T$
- 7) 4 baffles o placas deflectoras simétricas
- 8)  $b = D_T/10$

El agitador que utilizaremos para el mezclado de la vaselina y glicerina será de tipo turboagitador de seis paletas planas, correspondiente al primer grupo, conforme a lo expresado en la sección 4.4.1.2. Esta decisión se fundamenta en el tipo de fluido a agitar, que, consideramos es de baja viscosidad. Es por ello que recurrimos a este tipo de mecanismo.

A continuación determinaremos paso a paso los parámetros del sistema de mezclado.

- Diámetro del agitador  $D_A$ :

Para calcular el diámetro del agitador tendremos en cuenta la segunda semejanza geométrica. Ella indica que el diámetro del agitador ha de ser igual a un tercio del diámetro del recipiente o tanque.

$$D_A = \frac{D_T}{3} = \frac{29 \text{ cm}}{3} = 9,67 \text{ cm}$$

$D_A = 0,0967 \text{ m}$
--------------------------

- Altura  $H_A$  del agitador desde el fondo del tanque o recipiente:

Para calcular la altura de montaje  $H_A$  del agitador, medida desde el fondo del tanque, debemos tener en cuenta la tercera semejanza geométrica. Ella indica que la altura de montaje del agitador ha de ser igual a un tercio del diámetro del recipiente o tanque.

$$H_A = \frac{D_T}{3} = \frac{29 \text{ cm}}{3} = 9,67 \text{ cm}$$

$H_A = 9,67 \text{ cm}$
-------------------------

- Ancho de las paletas  $a$ :

Para calcular el ancho de las paletas  $a$  que conforman el agitador debemos tener en cuenta la cuarta semejanza geométrica. Ella indica que el ancho de las paletas del agitador ha de ser igual a un quinto del diámetro del tanque.

$$a = \frac{D_T}{5} = \frac{29 \text{ cm}}{5} = 5,8 \text{ cm}$$

$a = 5,8 \text{ cm}$
----------------------

- Longitud de las paletas  $r$ :

Para calcular la longitud de las paletas  $r$  que conforman el agitador debemos tener en cuenta la quinta semejanza geométrica. Ella indica que la longitud de las paletas ha de ser igual a un cuarto del diámetro del tanque.

$$r = \frac{D_T}{4} = \frac{29 \text{ cm}}{4} = 7,25 \text{ cm}$$

$$r = 7,25 \text{ cm}$$

- Ancho de los baffles o placas deflectoras  $b$ :

Para calcular el ancho de las placas deflectoras debemos tener en cuenta la octava semejanza geométrica. Ella indica que el ancho de las placas ha de ser igual a un décimo del diámetro del tanque. Asimismo, según la séptima semejanza, la cantidad de baffles o placas deflectoras a utilizar serán cuatro, ubicadas simétricamente.

$$b = \frac{D_T}{10} = \frac{29 \text{ cm}}{10} = 2,9 \text{ cm}$$

$$b = 2,9 \text{ cm}$$

#### 4.4.3.2 Determinación de la potencia consumida por el agitador

Para determinar cuánto es el consumo o potencia absorbida por el agitador debemos remitirnos a los grupos adimensionales de mezclado expresados en la sección 4.4.1.6, ellos son:

- Número de potencia  $N_P$ .
- Número de Reynolds para el mezclado  $(N_{RE})_M$ .
- Número de Froude para el mezclado  $(N_{FR})_M$ .
- Número de Weber para el mezclado  $(N_{WE})_M$ .

Recordando que nuestro sistema estándar contiene baffles o placas deflectoras, éstas evitan la formación de vórtices. Es por ello que el número de Froude para el mezclado no será tenido en cuenta ya que  $(N_{FR})_M = 1$ . Asimismo, el número de Weber no interviene en el cálculo ya que la tarea a efectuar en el recipiente de mezcla es la uniformización de dos sustancias líquidas, esto significa que no hay separación de fases. Por lo expresado el número de Weber carece de preponderancia.

- Determinación de la velocidad de rotación  $N$ :

Para calcular la velocidad rotacional  $N$  estableceremos como primer paso la velocidad periférica  $TS$ . De acuerdo al tipo de agitador seleccionado optamos por una agitación de nivel medio y asignamos un valor de  $TS = 4 \text{ m/s}$ . Ahora estamos en condiciones de calcular la velocidad rotacional del turboagitador, despejándolo de la ecuación 4.4.1.

$$N = \frac{TS}{\pi * D_A} = \frac{4 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{\pi * 0,0967 \text{ m}} = 13,17 \frac{\text{rev}}{\text{s}}$$

$$N = 13,17 \frac{\text{rev}}{\text{s}}$$

- Determinación del número de Reynolds para el mezclado  $(N_{RE})_M$ :

Para obtener el valor aplicaremos la ecuación 4.4.8:

$$(N_{RE})_M = \frac{\rho * N * D_A^3}{\mu}$$

4.4.8

Teniendo en cuenta que los fluidos a mezclar son glicerina (10 litros) y vaselina (8 litros) y la sustancia más densa y viscosa es la primera, tomaremos como valores de referencia para el cálculo del Número de Reynolds la densidad y viscosidad dinámica de la glicerina. Dichos datos son:

Densidad:  $\rho = 1260 \text{ Kg/m}^3$  (tabla 11.2.1).

Viscosidad dinámica:  $\mu = 0,12 \text{ Kg/m s}$  (gráfica 11.3.1).

Reemplazando los valores anteriores y teniendo en cuenta el diámetro del agitador  $D_A$  en metros y la velocidad rotacional, la ecuación 4.4.8 nos queda:

$$(N_{RE})_M = \frac{1260 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 13,17 \frac{\text{rev}}{\text{s}} * (0,0967 \text{ m})^3}{0,12 \frac{\text{Kg}}{\text{m} * \text{s}}} = 1293,08$$

$(N_{RE})_M = 1293,08$

- Obtención del número de potencia  $N_p$ :

Una vez calculado el número de Reynolds para el mezclado, recurrimos a la curva de potencia de la figura 4.4.10 para obtener la función de potencia  $\phi$ .

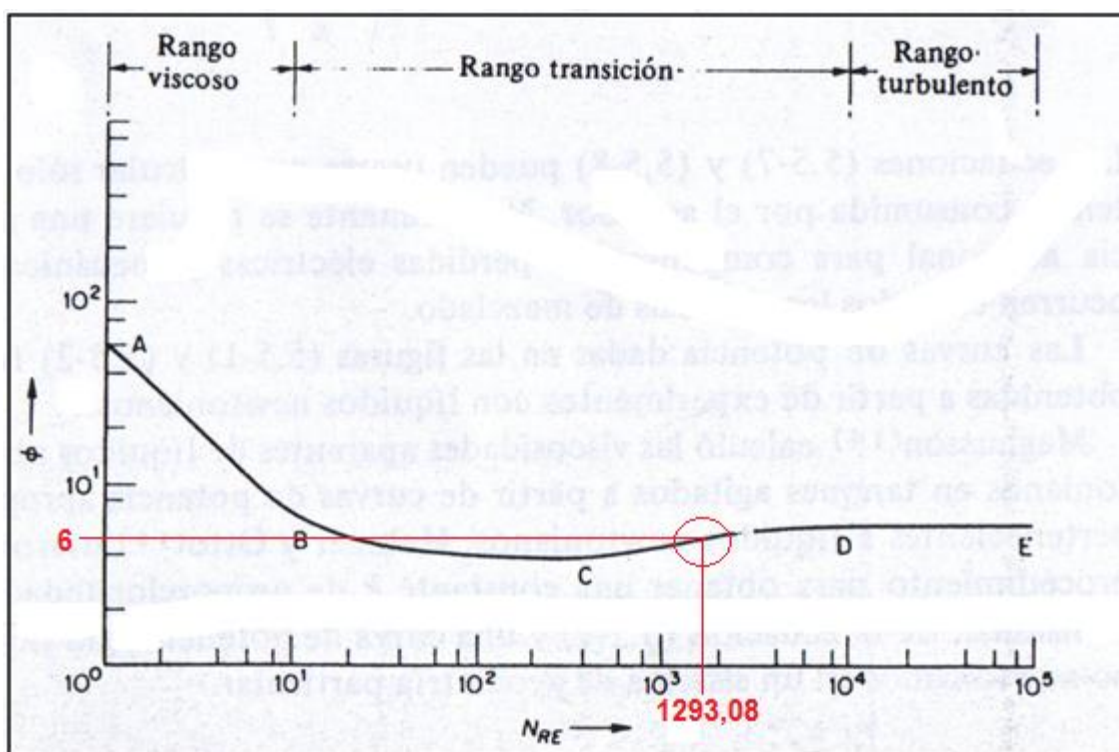


Fig. 4.4.12: Curva de potencia para el tanque con deflectores. Función de potencia ( $N^{\circ}$  de Potencia) en función del número de Reynolds del mezclado.

En la figura 4.4.12 correspondiente a la curva de potencia para la configuración estándar del tanque con placas deflectoras, podemos observar el valor de la función de potencia

$\varphi$  obtenido teniendo como valor de entrada el número de Reynolds del mezclado. Asimismo en función de dicha entrada concluimos que el tipo de flujo se ubica en el rango de transición, zona de la curva donde los parámetros varían continuamente.

La ecuación 4.4.17 expresa que la función de potencia  $\varphi$  es igual al número de potencia  $N_P$  para un tanque con baffles y sin separación de fases (no se tiene en cuenta los números de Froude y Weber para el mezclado). Dicha ecuación es:

$$\varphi = N_P = C * (N_{RE})_M^x \quad 4.4.17$$

Por lo tanto:

$$\varphi = N_P = 6$$

- Determinación de la potencia consumida  $P_A$ :

Una vez obtenido el número de potencia podemos aplicar la ecuación 4.4.7 para calcular  $P_A$  conociendo además los parámetros restantes.

$$N_P = \frac{P_A}{\rho * N^3 * D_A^5} \quad 4.4.7$$

De la ecuación 4.4.7 despejamos  $P_A$  y reemplazamos los valores conocidos:

$$P_A = N_P * \rho * N^3 * D_A^5 = 6 * 1260 \frac{Kg}{m^3} * \left(13,17 \frac{rev}{s}\right)^3 * (0,0967 m)^5 = 146 W$$

$$P_A = 146 W$$

#### 4.4.3.3 Selección del motor eléctrico

En la sección anterior (4.4.3.2) hemos calculado tanto la velocidad rotacional como la potencia consumida por el agitador. Ahora bien, en la presente nos dedicaremos a la selección del motor eléctrico capaz de impulsar dicho agitador.

Los parámetros fundamentales a tener en cuenta a la hora de seleccionar el motor eléctrico son la velocidad rotacional y la potencia, es por ello que tomaremos como punto de partida estos parámetros.

Consultando los catálogos de la empresa nacional **ROSARIO TRANSMISIONES**, ubicada en Rosario, provincia de Santa Fe; encontramos un motor asíncrono trifásico de la serie Altium, capaz de impulsar óptimamente al agitador.

**Motores Altium:** las series de motores Altium TE2A (figura 4.4.13) han sido desarrollados bajo las más modernas normas técnicas y en estricto cumplimiento de las normativas europeas vigentes.



Fig. 4.4.13: Motor Altium TE2A.

Estos modelos han sido diseñados como motores asincrónicos, totalmente cerrados, y en sistemas autoventilados. Asimismo, son construidos con aislación clase F, de acuerdo a las prácticas internacionales, entregando seguridad y confiabilidad de alto nivel. Además, los niveles de vibración son realmente bajos gracias al gran equilibrado dinámico de sus rotores.

A continuación se presentan los datos característicos del motor seleccionado:

Serie		TE2A
Modelo		TE2A712P6
Clase de aislación		F
Grado de protección		IP 55
Cantidad de polos		6
Potencia		0,25 KW
		0,37 Hp
Corriente nominal		1,3 A
Tensión		380 V
Frecuencia		50 Hz
Velocidad		850 RPM
Eficiencia	Al 50% de la carga	55%
	Al 75% de la carga	59%
	Al 100% de la carga	59%
Factor de potencia		0,68
Torque nominal		2,65 Nm
Momento de inercia		0,0014 Kgm <sup>2</sup>
Ruido		49 LwdB
Peso		6,3 Kg

Como podemos observar, la velocidad de rotación de este motor es 850 RPM, mientras que la velocidad rotacional calculada para el agitador es 13,17 rev/seg, que expresado en RPM es 790. Debido a esta diferencia en la velocidad, debemos recalculer la potencia que consumirá el agitador, ya que ésta última está afectada al primer parámetro, de acuerdo a lo expresado en la ecuación 4.4.7.

Lo primero que debemos hacer es convertir las RPM del motor seleccionado a revoluciones por segundo:

$$N = 850 \text{ RPM} = 850 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} = 14,17 \frac{\text{rev}}{\text{seg}}$$

Reemplazando el valor obtenido de N en la fórmula 4.4.7, tendremos:

$$P_A = N_p * \rho * N^3 * D_A^5 = 6 * 1260 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * \left(14,17 \frac{\text{rev}}{\text{s}}\right)^3 * (0,0967 \text{ m})^5 = 181,74 \text{ W}$$

$P_A = 181,74 \text{ W}$
--------------------------

Como podemos observar, la potencia que consumirá el agitador rotando a 850 RPM, no supera a la potencia que proporciona el motor.

---

#### 4.4.4 Diseño del sistema de calentamiento

---

Una vez determinado el volumen del recipiente y el sistema de mezclado, resta diseñar el sistema de calentamiento.

La justificación de calentar el recipiente de mezclado de vaselina y glicerina es que éstas requieren una determinada temperatura para formar una solución homogénea, y la temperatura de mezclado es 60 °C. En caso de haber una elevación de temperatura por encima de los 60 °C existe riesgo de inflamación de la mezcla, es por ello la temperatura no debe exceder el valor mencionado.

Recordando lo estudiado en la sección 4.1.1.3 respecto a los mecanismos de transferencia de energía, en nuestro caso de interés consideraremos que la

---

##### 4.4.4.1 Cálculo de la cantidad de calor a transferir

---

Para calcular la cantidad de calor a transferir al recipiente de mezcla, utilizaremos las ecuaciones 4.1.14 y 4.1.15, ambas de la sección 4.1.

$$c * (T_2 - T_1) = q \quad 4.1.14$$

Recordando que en este recipiente tendremos dos fluidos diferentes, debemos calcular la cantidad de calor que es necesario suministrarle individualmente a cada uno de los fluidos.

Las cantidades de cada fluido son:

- Vaselina,  $V_1 = 8$  litros.
- Glicerina,  $V_2 = 10$  litros.

Las densidades son:

- Vaselina,  $\rho_1 = 0,866$  Kg/l.
- Glicerina,  $\rho_2 = 1,26$  Kg/l (tabla 11.2.1).

Las masas (obtenidas a partir de la ecuación 4.2.1 de la sección 4.2) son:

- Vaselina,  $m_1 = 6,928$  Kg.
- Glicerina,  $m_2 = 12,6$  Kg.

Los calores específicos son:

- Vaselina,  $c_1 = 0,056$  Kcal/Kg °C = 0,235 KJ/Kg °C.
- Glicerina,  $c_2 = 0,580$  Kcal/Kg °C = 2,43 KJ/Kg °C. (tabla 11.2.1).

Las temperaturas son:

- $T_1 = 25$  °C (se consideran ambas sustancias a temperatura ambiente).
- $T_2 = 60$  °C (temperatura que debe alcanzar la mezcla).

La cantidad de calor  $q_1$  a transferir para elevar la temperatura de la vaselina es:

$$q_1 = c_1 * (T_2 - T_1)$$

$$q_1 = 0,235 \frac{KJ}{Kg \text{ } ^\circ C} * (60 \text{ } ^\circ C - 25 \text{ } ^\circ C) = 8,225 \frac{KJ}{Kg}$$

$$q_1 = 8,225 \frac{KJ}{Kg}$$

El valor de  $q_1$  calculado es la cantidad de calor en KJ que se debe aportar a un kilogramo de vaselina para elevar su temperatura de 25 °C a 60 °C.

La cantidad de calor  $q_2$  a transferir para elevar la temperatura de la glicerina es:

$$q_2 = c_2 * (T_2 - T_1)$$

$$q_2 = 2,43 \frac{KJ}{Kg \text{ } ^\circ C} * (60 \text{ } ^\circ C - 25 \text{ } ^\circ C) = 85,05 \frac{KJ}{Kg}$$

$$q_2 = 85,05 \frac{KJ}{Kg}$$

El valor de  $q_2$  calculado es la cantidad de calor en KJ que se debe aportar a un kilogramo de glicerina para elevar su temperatura de 25 °C a 60 °C.

En la expresión 4.1.14,  $q$  representa la cantidad de calor por unidad de masa, de modo que para obtener la cantidad total de calor  $Q$  a transmitir, debemos multiplicar la cantidad de calor por unidad de masa  $q$  por la masa  $m$ , de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Q = q * m \quad 4.1.15$$

La cantidad total de calor a aportar a la masa de vaselina es:

$$Q_1 = q_1 * m_1 = 8,225 \frac{KJ}{Kg} * 6,928 Kg$$

$$Q_1 = 56,98 KJ$$

La cantidad total de calor a aportar a la masa de glicerina es:

$$Q_2 = q_2 * m_2 = 85,05 \frac{KJ}{Kg} * 12,6 Kg$$

$$Q_2 = 1071,63 KJ$$

La cantidad total de calor a aportar a la mezcla será la suma de los calores para los fluidos:

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 = 56,98 KJ + 1071,63 KJ$$



$$Q_{total} = 1128,613 \text{ KJ}$$

#### 4.4.4.2 Cálculo de los parámetros eléctricos

En la sección anterior hemos calculado la cantidad de calor a aportar a la mezcla de vaselina y glicerina, ahora lo que debemos hacer es elegir el medio para transferir energía a dicha mezcla.

En base a los mecanismos de transferencia de energía descritos en la sección 4.1.1.3, optamos por la transferencia de trabajo no mecánico de origen eléctrico, es decir, un sistema de calentamiento de a partir de resistencias eléctricas como el descrito en la sección 4.4.1.8.

Sabiendo que el calor es una forma de energía, lo que haremos es igualar la cantidad de calor que requiere la mezcla con la energía disipada por la resistencia eléctrica, de modo que tendremos lo siguiente:

$$Q_{total} = W$$

Donde  $W$  es la energía disipada por la resistencia eléctrica.

Aplicamos la ecuación 4.4.26 (de la sección 4.4.18) para calcular la potencia:

$$W = V * I * \Delta t = P * \Delta t \quad 4.4.26$$

En la ecuación anterior,  $\Delta t$  representa el intervalo de tiempo durante el cual se disipará la energía.

Reemplazamos la cantidad de calor calculada, y, suponiendo que el tiempo de calentamiento sea de cinco minutos, reemplazamos dicho valor en la ecuación, teniendo en cuenta que los minutos deben convertirse en segundos a fin de que haya coherencia de unidades:

$$1128,63 \text{ KJ} = P * 5 \text{ min} * \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}}$$

Despejamos la potencia eléctrica  $P$  y calculamos su valor:

$$P = \frac{1128,63 \text{ KJ}}{300 \text{ s}} = 3,76 \text{ KW}$$

$$P = 3,76 \text{ KW}$$

Una vez calculada la potencia disipada, podemos calcular la corriente eléctrica  $I$  que circulará por la resistencia calefactora, despejándola de la ecuación 4.4.23:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{3,76 \text{ KW}}{220 \text{ V}} = 0,017 \text{ KA} = 17,1 \text{ A}$$

$$I = 17,1 \text{ A}$$

Finalmente, calculamos el valor de la resistencia eléctrica  $R$ , despejándola de la ecuación 4.4.22:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{220 \text{ V}}{17,1 \text{ A}} = 12,86 \Omega$$

$$R = 12,86 \Omega$$

#### 4.4.4.3 Selección de la resistencia eléctrica

La resistencia eléctrica (figura 4.4.14) es provista por el comercio local **Casa Sbiroli**.

Las características de la resistencia son:

- Origen: italiano.
- Marca: Reco.
- Potencia: 3 KW.
- Conexión al tanque: 1 1/4" (41.13 mm).
- Largo de la resistencia: 27 cm.
- Contactos: NA 20 A y 220 Vac.
- Dimensiones 6 x 270 mm.
- Terminales de conexión: faston pala macho.



Fig. 4.4.14: Resistencia eléctrica

## 4.5 INSTALACION DE MEZCLADO DE AGUA Y COMPONENTES EXCIPIENTES

En la presente sección nos dedicaremos al estudio y diseño de los elementos que componen la instalación destinada al mezclado del agua caliente con los componentes excipientes (polvos químicos).

Un paso fundamental para la fabricación de masa de moldeo es efectuar el mezclado del agua con los polvos químicos. Dicha tarea de mezcla debe realizarse a fin de obtener un fluido homogéneo, es decir sin partículas sólidas en suspensión.

El solo agregado de los polvos en el agua hervida no es condición suficiente para que se logre la disolución, de modo que es condición necesaria llevar a cabo una tarea de agitación. Este inconveniente se resuelve sencillamente con la implementación de dispositivos mezcladores o agitadores.

### 4.5.1 Diseño del recipiente de mezclado

En base a lo expresado en la sección 4.4.1.1 lo conveniente es utilizar un recipiente de base cilíndrica para favorecer el mezclado.

#### 4.5.1.1 Determinación de la capacidad del recipiente

Como punto de partida para el diseño del recipiente es necesario conocer el volumen de fluido que este ha de contener. Las sustancias a mezclar son:

Componente	Número correlativo	Masa (gr)	Volumen (cm <sup>3</sup> )
Agua	1	111664	112000
Conservante 1	2	600	566
Conservante 2	3	200	188,68
Acidificante	4	1000	602,4
Hidratante 1	5	2000	930
Conservante 3	6	600	400
Emulsionante	7	600	618,56
Hidratante 2	8	2000	925,93
Conservante 4	9	100	73,53
Conservante 5	10	600	1333,34

- Determinación del Volumen de Fluido  $V_L$ :

El volumen total de fluido a contener en el recipiente de mezcla será la suma de los volúmenes de los fluidos expresados en la tabla anterior. Dicho volumen total será:

$$V_L = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6 + V_7 + V_8 + V_9 + V_{10}$$

$$V_L = 112000 + 566 + 188,68 + 602,4 + 930 + 400 + 618,56 + 925,93 + 73,53 + 1333,34 = 117638,4 \text{ cm}^3$$

$$V_L \approx 118000 \text{ cm}^3 \approx 118 \text{ l}$$

El volumen total de fluido a contener  $V_L$  es 118000 cm<sup>3</sup>.

- Determinación del diámetro del recipiente:

Habiendo determinado el volumen de fluido a contener  $V_F$ , utilizaremos ese valor para calcular el diámetro del recipiente  $D_T$ , el cual, por semejanza geométrica expresada en la sección 4.4.1.5, deberá tener el mismo valor que la altura  $H_L$  ocupada por el líquido. Dicha vinculación que contemple la semejanza geométrica se expresa a continuación:

$$V_F = \frac{\pi * D_T^2}{4} * H_L \quad 4.4.27$$

Teniendo en cuenta que  $D_T = H_L$ , la ecuación 4.4.27 resulta:

$$V_F = \frac{\pi * D_T^3}{4} \quad 4.4.28$$

En la ecuación 4.4.28 nuestra incógnita es el diámetro del recipiente  $D_T$ . Despejando nos queda:

$$D_T = \sqrt[3]{\frac{V_L * 4}{\pi}} \quad 4.4.29$$

Aplicando la ecuación 4.4.29 podemos calcular el diámetro del recipiente. A continuación reemplazamos valores:

$$D_T = \sqrt[3]{\frac{118000 \text{ cm}^3 * 4}{\pi}} = 53,16 \text{ cm} \quad \boxed{D_T \approx 53 \text{ cm}}$$

- Determinación del volumen del recipiente  $V_T$ :

Una vez calculado el diámetro de la base  $D_T$  y teniendo en cuenta que ha de ser igual a la altura ocupada por el líquido  $H_L$ , para obtener el volumen total del recipiente utilizaremos la siguiente ecuación:

$$V_T = \frac{\pi * D_T^2}{4} * (H_L + H_{libre}) \quad 4.4.30$$

Donde  $H_{libre}$  representa una altura libre medida desde la superficie del líquido hasta la tapa superior del recipiente.

Aquí asignaremos una altura libre de doce centímetros, por lo tanto tenemos:

$$\boxed{H_{libre} = 12 \text{ cm}}$$

Ahora, reemplazando los valores conocidos en la expresión 4.4.24 obtendremos el volumen del recipiente:

$$V_T = \frac{\pi * (53 \text{ cm})^2}{4} * (53 \text{ cm} + 12 \text{ cm}) = 143401,92 \text{ cm}^3$$

$$V_T \approx 143500 \text{ cm}^3 = 143,5 \text{ l}$$

Tomaremos como buena aproximación un volumen de recipiente de  $143500 \text{ cm}^3$  o 143,5 litros.

---

#### 4.5.1.2 Selección del material del recipiente

---

En la sección 4.5.1.1 hemos calculado el volumen del recipiente. En función de los valores obtenidos encontramos dos complicaciones fundamentales, ellas son:

1. No existen recipientes comercializables por catálogo que sean de la capacidad calculada. Tampoco hay recipientes de dimensiones similares como para optar por uno de ellos.
2. Entre las sustancias a mezclar un componente excipiente es acidificante, más precisamente ácido cítrico. La cantidad de este componente da como resultado un pH de grado 3 a 4 en la mezcla, conforme a lo expresado en la sección 2.1. Este nivel de acidez en la mezcla producirá un ataque químico sobre las paredes del recipiente en caso de no seleccionar adecuadamente el material para la construcción de éste. Dicho ataque químico desemboca en corrosión del material y posterior degradación, y esta situación es inadmisibles desde el punto de vista técnico y económico. Es por lo expresado que debemos analizar con detenimiento los tipos de aleaciones que soporten el ataque químico y posteriormente optar por la solución más factible técnica y económicamente.

Analizando la tabla “Índices de corrosión” (tabla 11.2.2), provista por la industria **ROBERTO CORDES S.A.**, encontramos el tipo de agente corrosivo que más se ajusta a nuestra situación. Dicho agente es ácido cítrico con una concentración de 15% y a temperatura de ebullición. Para esta condición las aleaciones que presentan mayor resistencia al ataque químico son:

- 1) Alloy 20cb-3.
- 2) Hastelloy B.
- 3) Hastelloy C.
- 4) Acero Inoxidable 316.
- 5) Tantalio.
- 6) Titanio.
- 7) Circonio.

Analizando las aleaciones numeradas anteriormente optamos por el acero inoxidable 316, dado que este tipo de material es de más fácil comercialización y puede adquirirse de proveedores nacionales.

Consultando con la empresa nacional **LARinox S.R.L.**, ubicada en Ruta Nacional 38, provincia de La Rioja, nos ofrecen la posibilidad de construir el recipiente en acero inoxidable 316 con las medidas calculadas en la sección 4.5.1.1.

Cabe destacar que el recipiente de mezcla ha de ser cerrado (pero no hermético) para impedir el ingreso de partículas contaminantes del ambiente. No obstante, la tapa superior y el resto del recipiente serán dos piezas diferentes, y la primera será desmontable a fin de posibilitar inspecciones visuales y limpiezas eventuales.

## 4.5.2 Diseño del sistema de mezclado

En esta sección nos dedicaremos a diseñar el agitador de mezcla.

Las herramientas para el cálculo de los parámetros necesarios se encuentran expresadas en la sección 4.4.1.

### 4.5.2.1 Dimensionamiento del agitador

Como inicio para el cálculo tendremos en cuenta las mismas semejanzas geométricas mencionadas en la sección 4.4.1.5, ellas son:

- 1) Un turboagitador de 6 paletas planas
- 2)  $D_A = D_T/3$
- 3)  $H_A = D_T/3$
- 4)  $a = D_T/5$
- 5)  $r = D_T/4$
- 6)  $H_L = D_T$
- 7) 4 baffles o placas deflectoras simétricas
- 8)  $b = D_T/10$

El agitador que utilizaremos para el mezclado del agua y los componentes excipientes será de tipo turboagitador de seis paletas planas, correspondiente al primer grupo, conforme a lo expresado en la sección 4.4.1.2. Esta decisión se fundamenta en el tipo de fluido a agitar, que, consideramos es de baja viscosidad. Es por ello que recurrimos a este tipo de mecanismo.

A continuación determinaremos paso a paso los parámetros del sistema de mezclado.

- Diámetro del agitador  $D_A$ :

Para calcular el diámetro del agitador tendremos en cuenta la segunda semejanza geométrica. Ella indica que el diámetro del agitador ha de ser igual a un tercio del diámetro del recipiente o tanque.

$$D_A = \frac{D_T}{3} = \frac{53 \text{ cm}}{3} = 17,67 \text{ cm}$$

$$D_A = 0,1767 \text{ m}$$

- Altura  $H_A$  del agitador desde el fondo del tanque o recipiente:

Para calcular la altura de montaje  $H_A$  del agitador, medida desde el fondo del tanque, debemos tener en cuenta la tercera semejanza geométrica. Ella indica que la altura de montaje del agitador ha de ser igual a un tercio del diámetro del recipiente o tanque.

$$H_A = \frac{D_T}{3} = \frac{53 \text{ cm}}{3} = 17,67 \text{ cm}$$

$$H_A = 17,67 \text{ cm}$$

- Ancho de las paletas  $a$ :

Para calcular el ancho de las paletas  $a$  que conforman el agitador debemos tener en cuenta la cuarta semejanza geométrica. Ella indica que el ancho de las paletas del agitador ha de ser igual a un quinto del diámetro del tanque.

$$a = \frac{D_T}{5} = \frac{53 \text{ cm}}{5} = 10,6 \text{ cm}$$

$$a = 10,6 \text{ cm}$$

- Longitud de las paletas  $r$ :

Para calcular la longitud de las paletas  $r$  que conforman el agitador debemos tener en cuenta la quinta semejanza geométrica. Ella indica que la longitud de las paletas ha de ser igual a un cuarto del diámetro del tanque.

$$r = \frac{D_T}{4} = \frac{53 \text{ cm}}{4} = 13,25 \text{ cm}$$

$$r = 13,25 \text{ cm}$$

- Ancho de los baffles o placas deflectoras  $b$ :

Para calcular el ancho de las placas deflectoras debemos tener en cuenta la octava semejanza geométrica. Ella indica que el ancho de las placas ha de ser igual a un décimo del diámetro del tanque. Asimismo, según la séptima semejanza, la cantidad de baffles o placas deflectoras a utilizar serán cuatro, ubicadas simétricamente.

$$b = \frac{D_T}{10} = \frac{53 \text{ cm}}{10} = 5,3 \text{ cm}$$

$$b = 5,3 \text{ cm}$$

#### 4.5.2.2 Determinación de la potencia consumida por el agitador

Para determinar cuánto es el consumo o potencia absorbida por el agitador debemos remitirnos a los grupos adimensionales de mezclado expresados en la sección 4.4.1.6, ellos son:

- Número de potencia  $N_p$ .
- Número de Reynolds para el mezclado  $(N_{RE})_M$ .
- Número de Froude para el mezclado  $(N_{FR})_M$ .
- Número de Weber para el mezclado  $(N_{WE})_M$ .

Recordando que nuestro sistema estándar contiene baffles o placas deflectoras, éstas evitan la formación de vórtices. Es por ello que el número de Froude para el mezclado no será tenido en cuenta ya que  $(N_{FR})_M = 1$ . Asimismo, el número de Weber no interviene en el cálculo ya que la tarea a efectuar en el recipiente de mezcla es la uniformización de dos sustancias líquidas, esto significa que no hay separación de fases. Por lo expresado el número de Weber carece de preponderancia.

- Determinación de la velocidad de rotación  $N$ :

Para calcular la velocidad rotacional  $N$  estableceremos como primer paso la velocidad periférica  $TS$ . De acuerdo al tipo de agitador seleccionado optamos por una agitación de nivel bajo y asignamos un valor de  $TS = 2,5 \text{ m/s}$ . Ahora estamos en condiciones de calcular la velocidad rotacional del turboagitador, despejándolo de la ecuación 4.4.1.

$$N = \frac{TS}{\pi * D_A} = \frac{2,5 \frac{m}{s}}{\pi * 0,1767 \text{ m}} = 4,5 \frac{rev}{s}$$

$$N = 4,5 \frac{rev}{s}$$

- Determinación del número de Reynolds para el mezclado  $(N_{RE})_M$ :

Para obtener el valor aplicaremos la ecuación 4.4.8:

$$(N_{RE})_M = \frac{\rho * N * D_A^3}{\mu}$$

4.4.8

Teniendo en cuenta que los fluidos a mezclar son 112 litros de agua y aproximadamente 8 litros de componentes excipientes, tomaremos como buena aproximación para el cálculo la densidad y viscosidad dinámica del agua directamente, ambos parámetros a 95 °C, ya que ella es la temperatura del agua durante el proceso de mezcla. Los parámetros son entonces:

Densidad:  $\rho = 961,62 \text{ Kg/m}^3$  a 95 °C (tabla 11.2.3).

Viscosidad dinámica:  $\mu = 0,000298 \text{ Kg/m s}$  a 95 °C (gráfica 11.3.1).

Reemplazando los valores anteriores y teniendo en cuenta el diámetro del agitador  $D_A$  en metros y la velocidad rotacional, la ecuación 4.4.8 nos queda:

$$(N_{RE})_M = \frac{961,62 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 4,5 \frac{\text{rev}}{\text{s}} * (0,1767 \text{ m})^3}{0,000298 \frac{\text{Kg}}{\text{m} * \text{s}}} = 80114,18$$

$(N_{RE})_M = 80114,18$
-------------------------

- Obtención del número de potencia  $N_P$ :

De acuerdo a lo expresado en la sección 4.4.1.7, para un número de Reynolds mayor a 10000 el régimen adquiere carácter de turbulento, es por ello que nuestro valor de Reynolds igual a 80114.18 interseca a la curva de potencia de la figura 4.4.10 en el tramo recto DE. El valor correspondiente de la función de potencia  $\varphi$  es igual a 6,3. Ahora bien, dado que nuestro tanque de mezclado posee baffles que impiden la formación de vórtices y no hay separación de fases, no tenemos en cuenta los números de Froude y Weber para el mezclado.

Cabe destacar que los componentes excipientes se encuentran en estado sólido (pequeños granos) al momento del ingreso al recipiente de mezcla, pero la proporción de sólidos respecto a la cantidad de agua es pequeña, por tal motivo el sistema se considera sin separación de fases.

Por lo expresado anteriormente, el número de potencia  $N_P$  será igual a la función de potencia  $\varphi$ , por lo tanto:

$\varphi = N_P = 6,3$
-----------------------

- Determinación de la potencia consumida  $P_A$ :

Una vez obtenido el número de potencia podemos aplicar la ecuación 4.4.7 para calcular  $P_A$  conociendo además los parámetros restantes.

$$N_P = \frac{P_A}{\rho * N^3 * D_A^5} \tag{4.4.7}$$



De la ecuación 4.4.7 despejamos  $P_A$  y reemplazamos los valores conocidos:

$$P_A = N_p * \rho * N^3 * D_A^5 = 6,3 * 961,62 \frac{Kg}{m^3} * \left(4,5 \frac{rev}{s}\right)^3 * (0,1767 m)^5 = 95,1 W$$

$$P_A = 95,1 W$$

#### 4.5.2.3 Selección del motor eléctrico

En la sección anterior (4.4.3.2) hemos calculado tanto la velocidad rotacional como la potencia consumida por el agitador. Ahora bien, en la presente nos dedicaremos a la selección del motor eléctrico capaz de impulsar dicho agitador.

Los parámetros fundamentales a tener en cuenta a la hora de seleccionar el motor eléctrico son la velocidad rotacional y la potencia, es por ello que tomaremos como punto de partida estos parámetros.

Consultando los catálogos de la empresa nacional **ROSARIO TRANSMISIONES**, ubicada en Rosario, provincia de Santa Fe; encontramos un motor asincrónico trifásico de la serie Altium, capaz de impulsar óptimamente al agitador.



Fig. 4.5.1: Motor Altium TE2A.

**Motores Altium:** las series de motores Altium TE2A (figura 4.5.1) han sido desarrollados bajo las más modernas normas técnicas y en estricto cumplimiento de las normativas europeas vigentes.

Estos modelos han sido diseñados como motores asincrónicos, totalmente cerrados, y en sistemas autoventilados. Asimismo, son construidos con aislación clase F, de acuerdo a las prácticas internacionales, entregando seguridad y confiabilidad de alto nivel. Además, los niveles de vibración son realmente bajos gracias al gran equilibrado dinámico de sus rotores.

A continuación se presentan los datos característicos del motor seleccionado:

Serie	TE2A
Modelo	TE2A631P2
Clase de aislación	F
Grado de protección	IP 55
Cantidad de polos	2
Potencia	0,18 KW
	0,25 Hp
Corriente nominal	0,53 A
Tensión	380 V
Frecuencia	50 Hz
Velocidad	2720 RPM

Eficiencia	Al 50% de la carga	60%
	Al 75% de la carga	64%
	Al 100% de la carga	65%
Factor de potencia		0,8
Torque nominal		0,61 Nm
Momento de inercia		0,00031 Kgm <sup>2</sup>
Ruido		58 LwdB
Peso		4,8 Kg

Como podemos observar, la velocidad de rotación de este motor es 2720 RPM, mientras que la velocidad rotacional calculada para el agitador es 4,5 rev/seg, que expresado en RPM es 270. Debido a esta diferencia en la velocidad, debemos implementar un mecanismo de reducción de velocidad a fin de obtener las RPM requeridas.

#### 4.5.2.4 Selección del reductor de velocidad

Consultando catálogos de reductores de velocidad proporcionados por la misma industria **ROSARIO TRANSMISIONES**, encontramos un mecanismo reductor que se ajusta a nuestra necesidad.

El reductor de velocidad (figura 4.5.2) presenta las siguientes características:

- Caja de aluminio inyectado con alta disipación de calor.
- Corona de bronce fosforoso al níquel.
- Sinfín cementado con flanco de hélices rectificadas.
- Cuatro rodamientos ampliamente dimensionados.
- Sellado con retenes de doble labio y anillos o ring en todas las tapas y bridas.
- Lubricación de por vida, provista por aceite sintético .
- Múltiples posibilidades de fijación.
- Montaje directo sobre motores normalizados con bridas B14 y B5.



Fig. 4.5.2: Reductor de velocidad NMRV-30.

El reductor de velocidad seleccionado corresponde al modelo NMRV-30.

A continuación se presentan los datos característicos del reductor:

Modelo	NMRV-30
Relación de reducción	10 a 1
Potencia	0,3 Hp
Rendimiento mecánico	0,82
Par de torsión máximo en el eje de salida	1,17 Kgm
Peso	1,2 Kg

En la figura 4.5.3 se muestran los planos del mecanismo reductor con sus respectivas medidas.

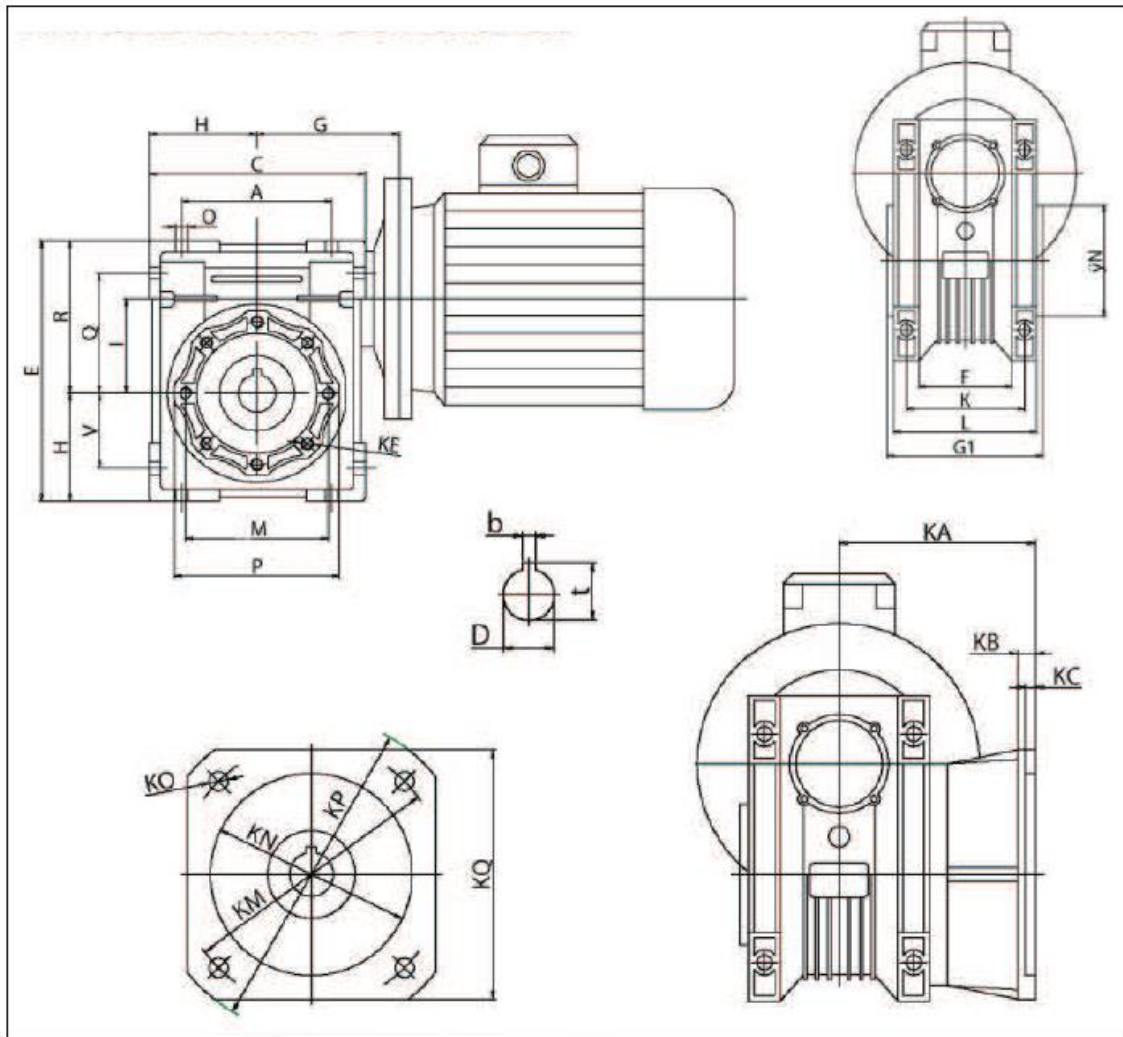


Fig. 4.5.3: Plano del reductor.

Las medidas del reductor de velocidad son:

Medidas en mm					
A	54	M	65	KC	4
C	80	N (h8)	55	KE	M6x11(4)
D (H7)	14	O	6,5	KM	68
E	97	P	75	KN	50
F	32	Q	44	KO	6,5(4)
G	55	R	57	KP	80
G <sub>1</sub>	63	V	27	KQ	70
H	40	K	44	b	5
I	30	KA	54,5	t	16,3
L	56	KB	6		

Debido a que la relación de reducción es 10 a 1 y el motor eléctrico girará a 2720 RPM, la velocidad de salida del reductor será 272 RPM, una velocidad prácticamente igual a

la del agitador, de modo que no es necesario efectuar una verificación de la potencia que este ha de consumir.

## 4.6 DISEÑO DE ESTRUCTURAS Y DISPOSICIÓN DE ELEMENTOS

En las secciones anteriores nos hemos dedicado al diseño de las instalaciones de la planta, ahora lo que haremos es diseñar las estructuras donde se montaran los distintos elementos que constituyen la planta.

### 4.6.1 Estructura Exterior

La estructura exterior se ha diseñado con el objetivo de soportar los siguientes elementos:

- Tanque de almacenamiento de vaselina.
- Tanque de almacenamiento de glicerina.

El diseño estructural es ajeno a las incumbencias de un ingeniero electromecánico, de modo que éste pasa al ámbito de un ingeniero civil. Este último deberá calcular lo siguiente:

- Cimentaciones: tipo y profundidad de cimiento.
- Tipo de metal que conforma la estructura.
- Sección de las barras de la estructura.
- Pernos y/o bulones de sujeción.

Los cálculos de los parámetros mencionados anteriormente dependerán principalmente del peso que ha de soportar la estructura metálica.

Sabiendo que la estructura soporta dos tanques de almacenamiento, lo que haremos es determinar el peso total con el cuál se cargará a la estructura.

Elemento / Fluido	Cantidad	Peso (Kg)
Tanque IBC	2	61,5 x 2
Vaselina	1000 litros	1260
Glicerina	1000 litros	961,62
Total		<b>2344,62</b>

El peso total que habrá de soportar la estructura exterior es 2344,62 Kg. No obstante, cabe aclarar que este valor está determinado teniendo en cuenta que los tanques IBC se encuentran cargados al 100%, por lo tanto, a medida que se consuman los componentes debido a la producción, el peso disminuirá hasta llegar a un mínimo de 123 Kg, equivalente al peso de los tanques IBC vacíos (2).

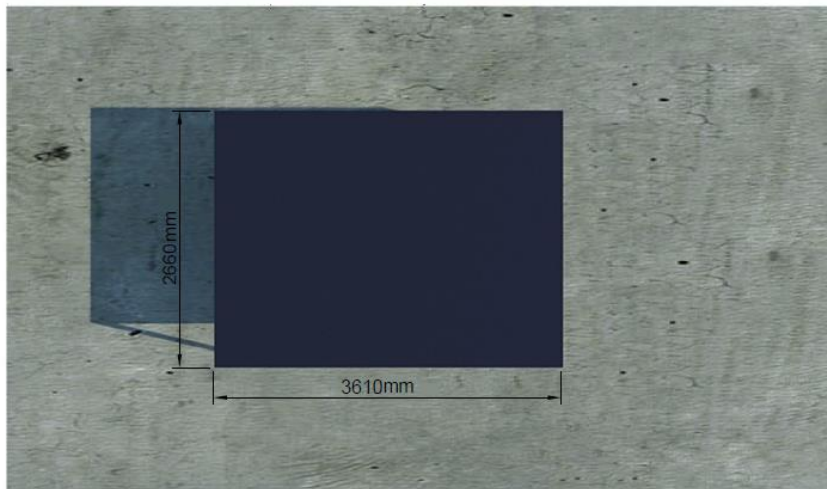
En la figura 4.6.1 se muestra un plano de la estructura exterior con sus respectivas medidas en milímetros.

El diseño de esta estructura ha sido concebido como un estante simple de un nivel. Posteriormente, al efectuar el análisis estructural y determinar la sección de las barras y pernos o bulones, es probable que el diseño varíe al agregarse refuerzos o barras cruzadas para otorgar la adecuada resistencia mecánica.

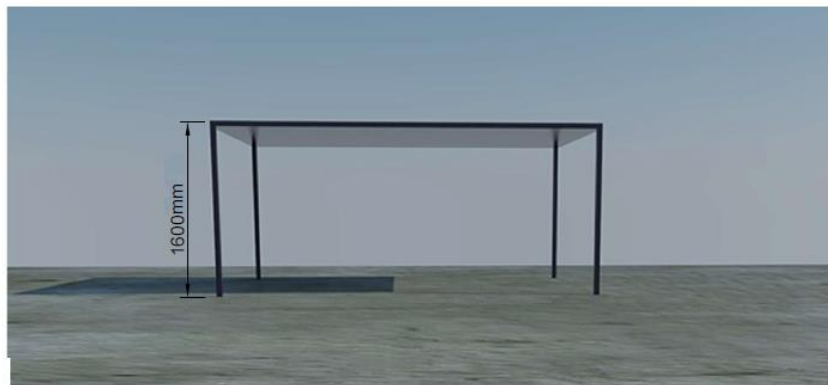
### ESTRUCTURA EXTERIOR



Vista en Perspectiva



Vista Superior



Vista Frontal



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL LA RIOJA

Titular: Ing. Claudio Aegerter  
JTP: Dra. Ing. Mónica Alitta  
Alumnos: Micossi, Emilio Gabriel  
Reynoso, Alberto Nicolás

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Proyecto Final:  
DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN  
DE PLANTA DE PRODUCCIÓN  
DE MASA DE MOLDEO.

Año:  
2019

Fig. 4.6.1: Plano de la estructura exterior.

#### 4.6.2 Estructura interior

La estructura exterior se ha diseñado con el objetivo de soportar los siguientes elementos:

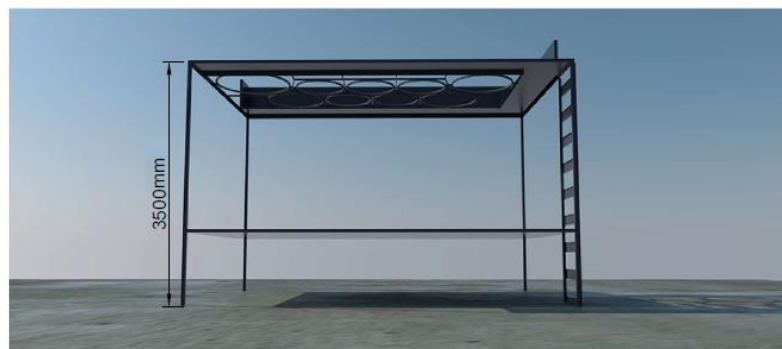
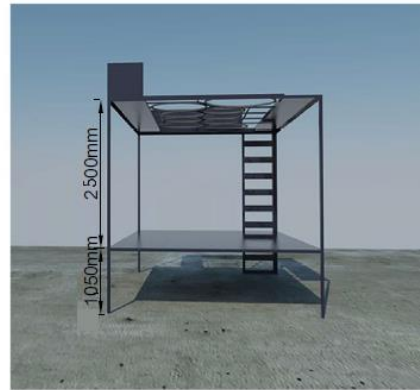
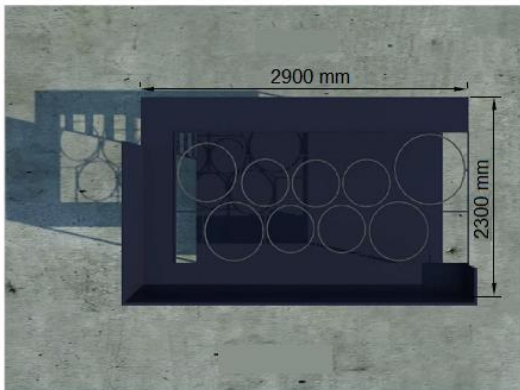
- Silos de almacenamiento.
- Cartuchos de silicagel.
- Tolva pesadora.
- Recipiente de mezclado de agua y componentes excipientes.
- Recipiente de mezclado de vaselina y glicerina.
- Agitadores.
- Motores eléctricos de los agitadores.
- Reductor de velocidad (de un motor eléctrico).
- Adicionales (válvulas, sensores, cables, etc.).

Del mismo modo que ocurre con la estructura exterior, el diseño de la estructura metálica es incumbencia de un ingeniero civil.

Sabiendo que la estructura soporta los elementos mencionados anteriormente, lo que haremos es determinar el peso total con el cuál se cargará a la estructura.

Elemento / Componente	Cantidad	Peso (Kg)
Silo de almacenamiento	9	25 x 9
Cartucho de silicagel	9	0,05 x 9
Conservante 1	110 litros	148,72
Conservante 2	30 litros	31,8
Acidificante	132 litros	219,12
Hidratante 1	200 litros	430
Conservante 3	90 litros	135
Emulsionante	160 litros	155,2
Hidratante 2	200 litros	432
Conservante 4	30 litros	40,8
Conservante 5	300 litros	135
Tolva pesadora	1	80
Recipiente de mezclado de agua y componentes excipientes	1	3
Recipiente de mezclado de vaselina y glicerina	1	1,5
Agitador de vaselina y glicerina	1	0,7
Agitador de agua y componentes excipientes	1	0,4
Motor eléctrico del agitador de vaselina y glicerina	1	6,3
Motor eléctrico del agitador de agua y componentes excipientes	1	4,8
Reductor del motor eléctrico del agitador de agua y componentes excipientes	1	1,2
Adicional por sensores, válvulas, cables, etc.		80
	<b>Total</b>	<b>2131</b>

### ESTRUCTURA INTERIOR



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
 FACULTAD REGIONAL LA RIOJA

Titular: Ing. Claudio Aegerter  
 JTP: Dra. Ing. Mónica Alitta  
 Alumnos: Micossi, Emilio Gabriel  
 Reynoso, Alberto Nicolás

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Proyecto Final:  
**DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN  
 DE PLANTA DE PRODUCCIÓN  
 DE MASA DE MOLDEO.**

Año:  
 2019

Fig. 4.6.2: Plano de la estructura interior.

Aplicando el mismo criterio que en la estructura exterior, para calcular el peso que la estructura interior ha de soportar se tienen en cuenta los pesos de los silos de



almacenamiento cargados al 100%. No obstante, a medida que se consuman los componentes excipientes, el peso que soporta la estructura se reducirá gradualmente, hasta llegar al punto donde los componentes se agoten en su totalidad. En el caso de agotamiento de los componentes excipientes, el peso que soportará la estructura será de 403,36 Kg.

Aclaración: el peso total de los componentes excipientes ha sido calculado a partir de las capacidades de almacenamiento volumétrico determinadas en la sección 4.2.2.3 y las densidades expresadas en la sección 4.2.2.1.

En la figura 4.6.2 se muestra un plano de la estructura interior con sus respectivas medidas en milímetros.

El diseño de esta estructura ha sido concebido como un estante simple de dos niveles, donde los elementos se distribuyen de la siguiente manera:

- Primer nivel: recipientes de mezclado de vaselina y glicerina y agua y componentes excipientes.
- Segundo nivel: Silos de almacenamiento.

Entre el primer y segundo nivel se monta la tolva pesadora.

La estructura cuenta en su segundo nivel con pasarelas de 60 centímetros de ancho para permitir el movimiento del operario que deba recargar los silos, y se incluye una baranda de seguridad de 80 centímetros de altura.

Posteriormente, al efectuar el análisis estructural y determinar la sección de las barras y pernos o bulones, es probable que el diseño varíe al agregarse refuerzos o barras cruzadas para otorgar la adecuada resistencia mecánica. Lo importante aquí es que la grilla del segundo nivel conserve su forma y sus dimensiones, ya que en ésta se encuentran los aros donde se encastran los silos.

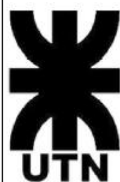
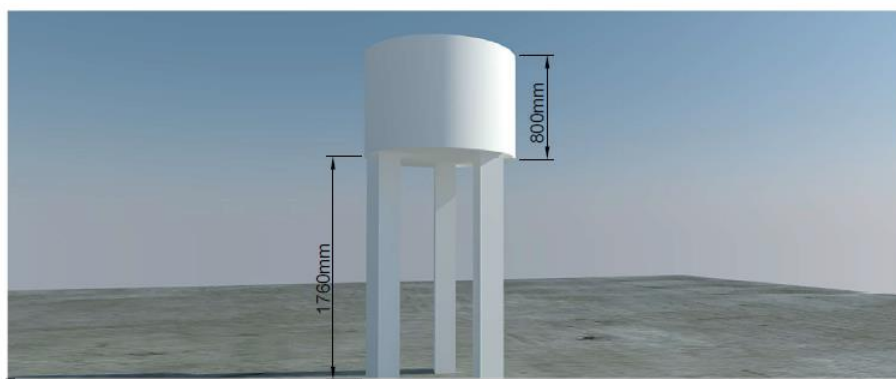
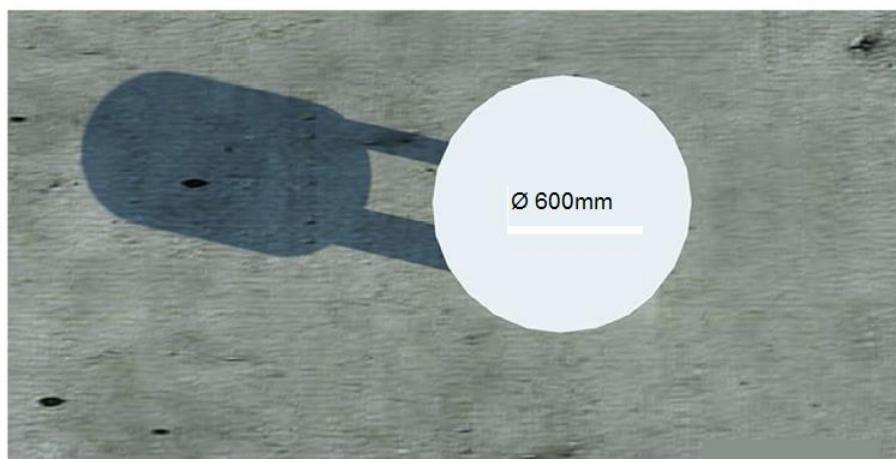
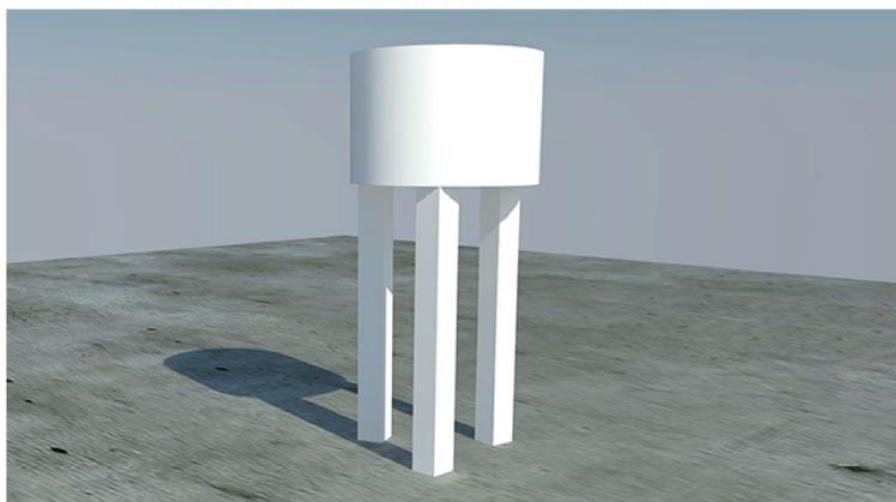
---

#### **4.6.3 Tanque de calentamiento de agua.**

---

En la figura 4.6.3 se muestra el plano del tanque de calentamiento de agua diseñado en la sección 4.1.2. Cabe aclarar que bajo dicho tanque se monta el quemador atmosférico seleccionado en la sección 4.1.3.

### TANQUE DE CALENTAMIENTO DE AGUA



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL LA RIOJA

Titular: Ing. Claudio Aegerter  
JTP: Dra. Ing. Mónica Alitta  
Alumnos: Micossi, Emilio Gabriel  
Reynoso, Alberto Nicolás

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Proyecto Final:

**DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN  
DE PLANTA DE PRODUCCIÓN  
DE MASA DE MOLDEO.**

Año:  
2019

Fig. 4.6.3: Tanque de calentamiento de agua.

#### 4.6.4 Silos de almacenamiento

En la figura 4.6.4 se muestra el plano de la disposición de los silos de almacenamiento.

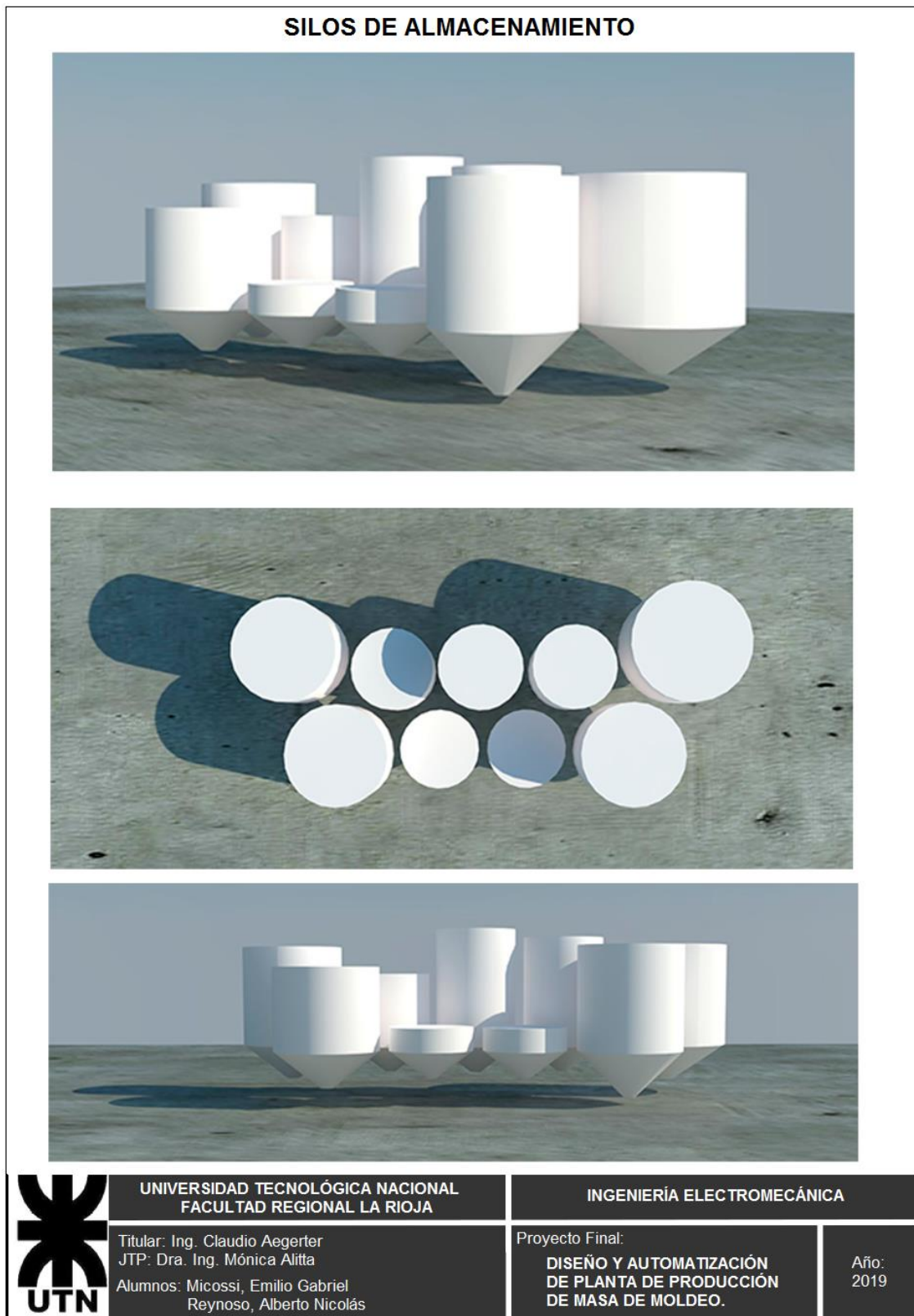


Fig. 4.6.4: Plano de disposición de los silos de almacenamiento.

Los silos de almacenamiento se disponen según lo mostrado en la figura 4.6.5:

- 1) Conservante 1: 400MM 110 litros.
- 2) Conservante 2. 400MM 30 litros.
- 3) Acidificante. 400MM 132 litros.
- 4) Hidratante 1. 500MM 200 litros.
- 5) Conservante 3. 400MM 90 litros.
- 6) Emulsionante. 500MM 160 litros.
- 7) Hidratante 2. 500MM 200 litros.
- 8) Conservante 4. 400MM 30 litros.
- 9) Conservante 5. 600MM 300 litros.

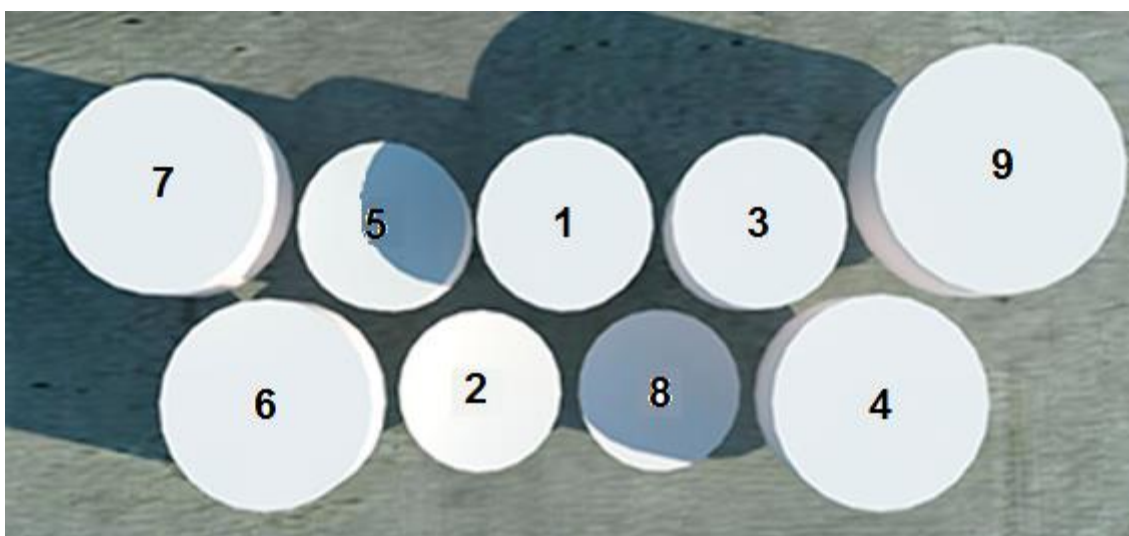


Fig. 4.6.5: Disposición de los silos de almacenamiento.

Ésta disposición tan particular tiene que ver con el tipo de componente almacenado y la cantidad de éste a utilizarse en el proceso.

Lo ideal es colocar en los extremos los silos de almacenamiento de componentes de baja densidad y alta capacidad de aglutinamiento.

Por el contrario, en cuanto a los silos de almacenamiento de componentes de baja capacidad de aglutinamiento y alta densidad (como los hidratantes), lo ideal es ubicarlos en los extremos,

Al producirse la dosificación, se dejan caer primero los componentes de los silos ubicados al medio, ellos son los 1, 3, 8, 2 y 5. A continuación se dejan caer los componentes de los silos ubicados en los extremos, ellos son los 7, 6, 4 y 9.

En caso de haber algún aglutinamiento, las grandes cantidades de componentes descargados de los silos de los extremos efectuarán el empuje de los componentes que puedan aglutinarse o compactarse en la tolva pesadora.

---

#### 4.6.5 Tolva pesadora

---

En la figura 4.6.6 se muestra el plano de la tolva pesadora con sus respectivas medidas en milímetros.

La tolva pesadora se ubicará a continuación de los silos de almacenamiento, de tal manera que la misma cubra las boquillas de descarga de los silos.

En el otro extremo de la tolva, se encuentra el recipiente de mezclado de agua y componentes excipientes.

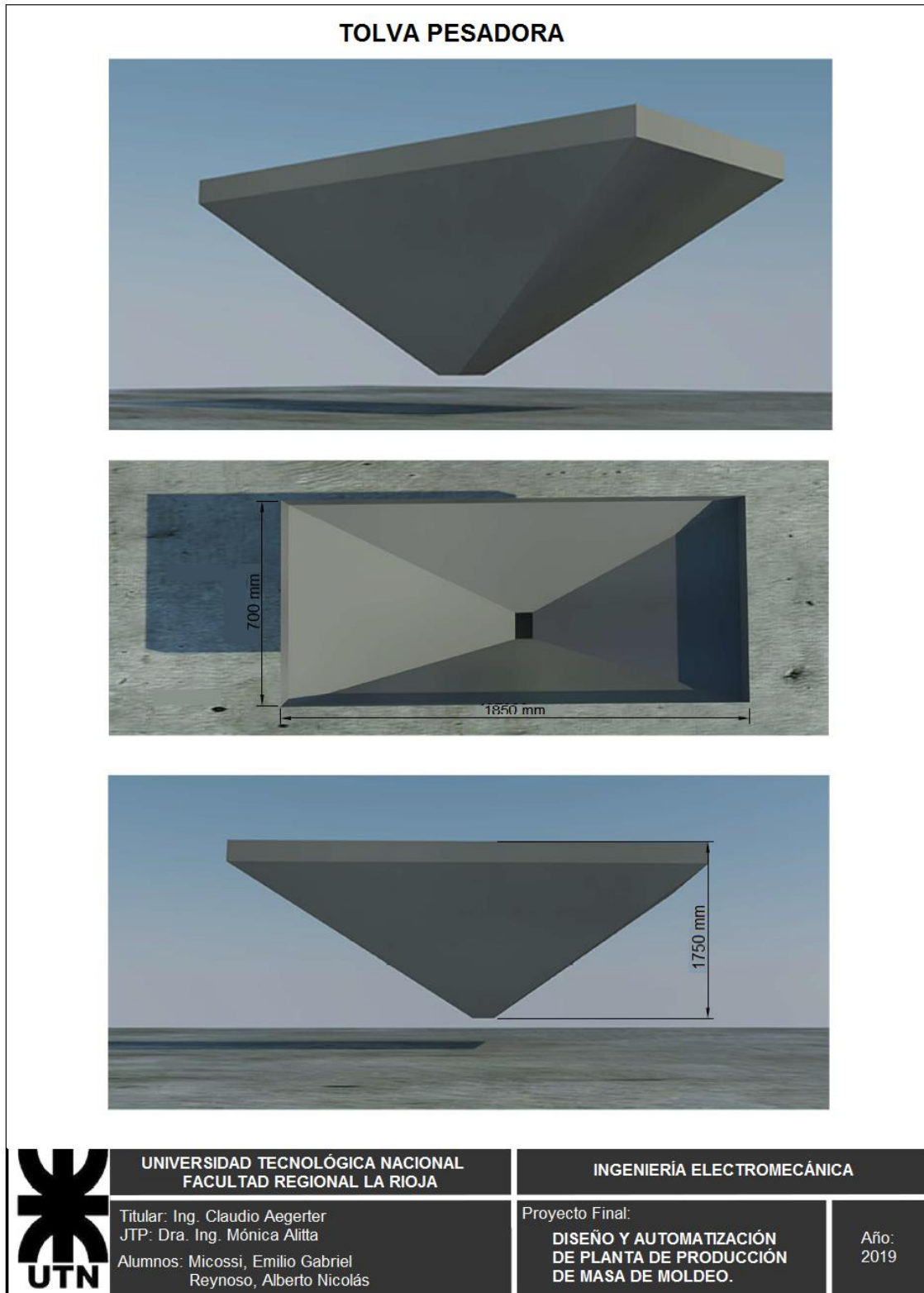


Fig. 4.6.6: Plano de la tolva pesadora.

#### 4.6.6 Tanques de almacenamiento de vaselina y glicerina

En la figura 4.6.7 se muestra el plano de disposición de los tanques de almacenamiento de vaselina y glicerina.

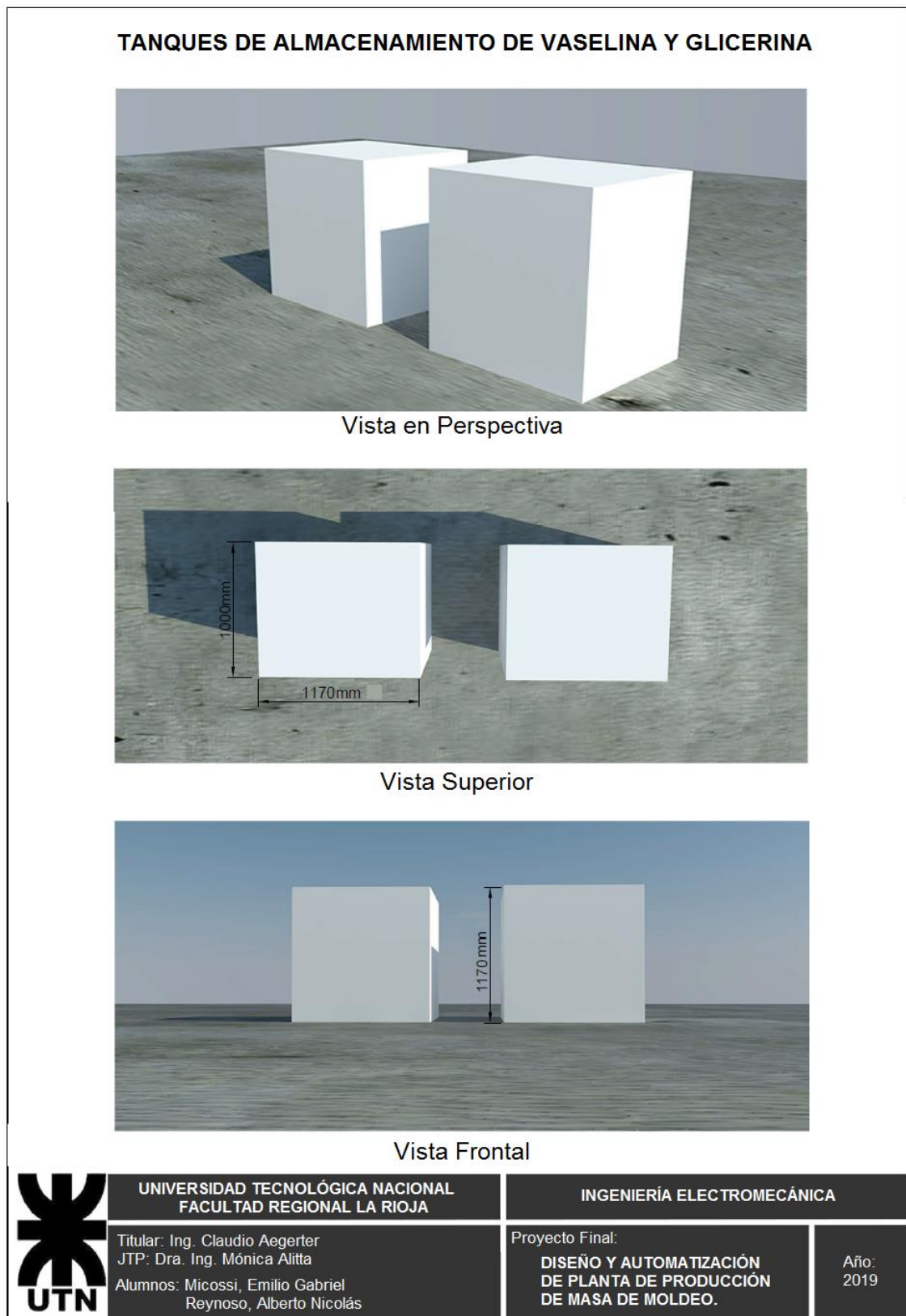


Fig. 4.6.7: Plano de disposición de los tanques de almacenamiento de vaselina y glicerina.

#### 4.6.7 Recipiente de mezclado de vaselina y glicerina

En la figura 4.6.8 se muestra el plano del recipiente de mezclado de vaselina y glicerina con sus respectivas medidas en milímetros.

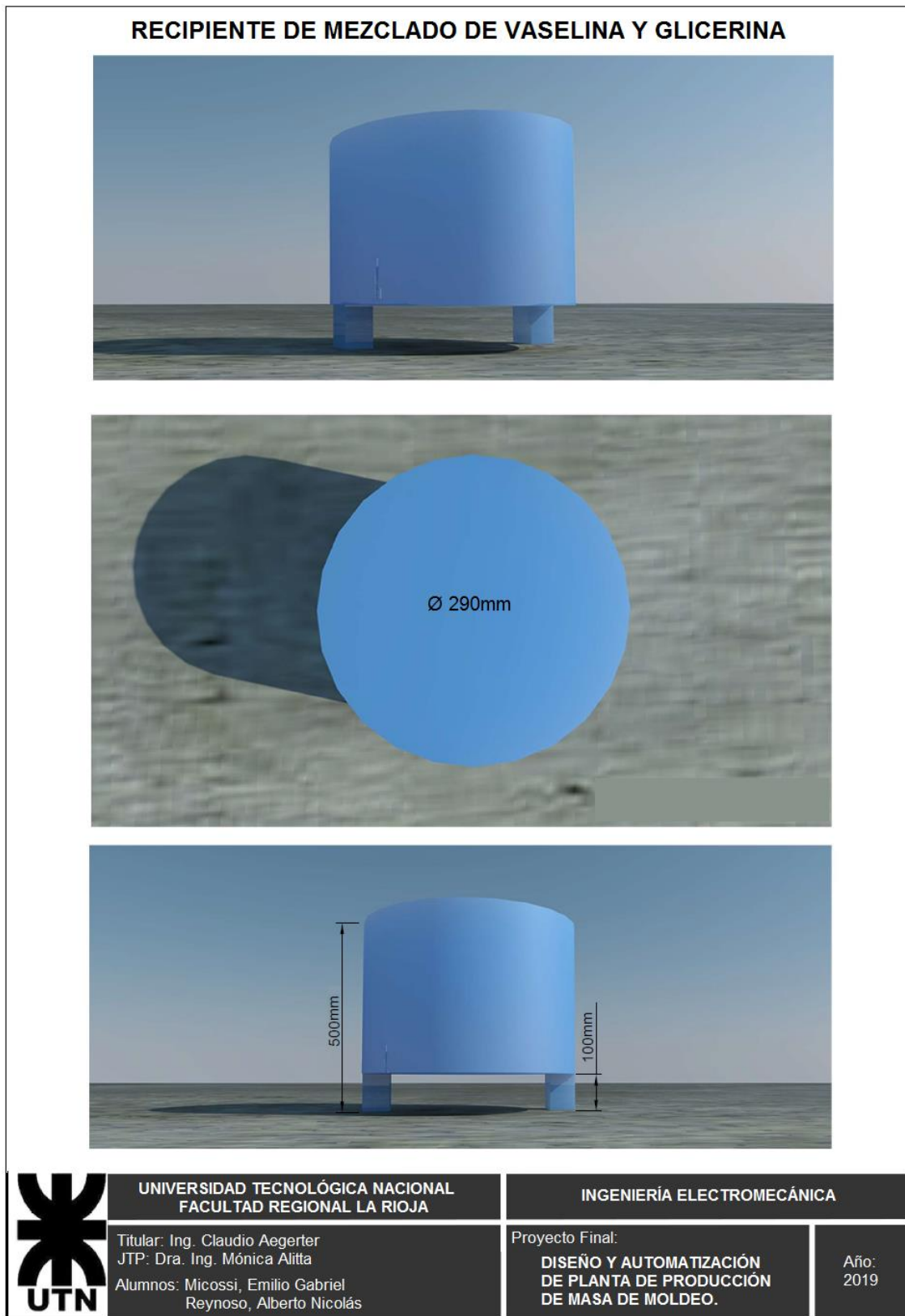


Fig. 4.6.8: Recipiente de mezclado de vaselina y glicerina.

#### 4.6.8 Recipiente de mezclado de agua y componentes excipientes

En la figura 4.6.9 se muestra el plano del recipiente de mezclado de agua y componentes excipientes con sus respectivas medidas en milímetros.

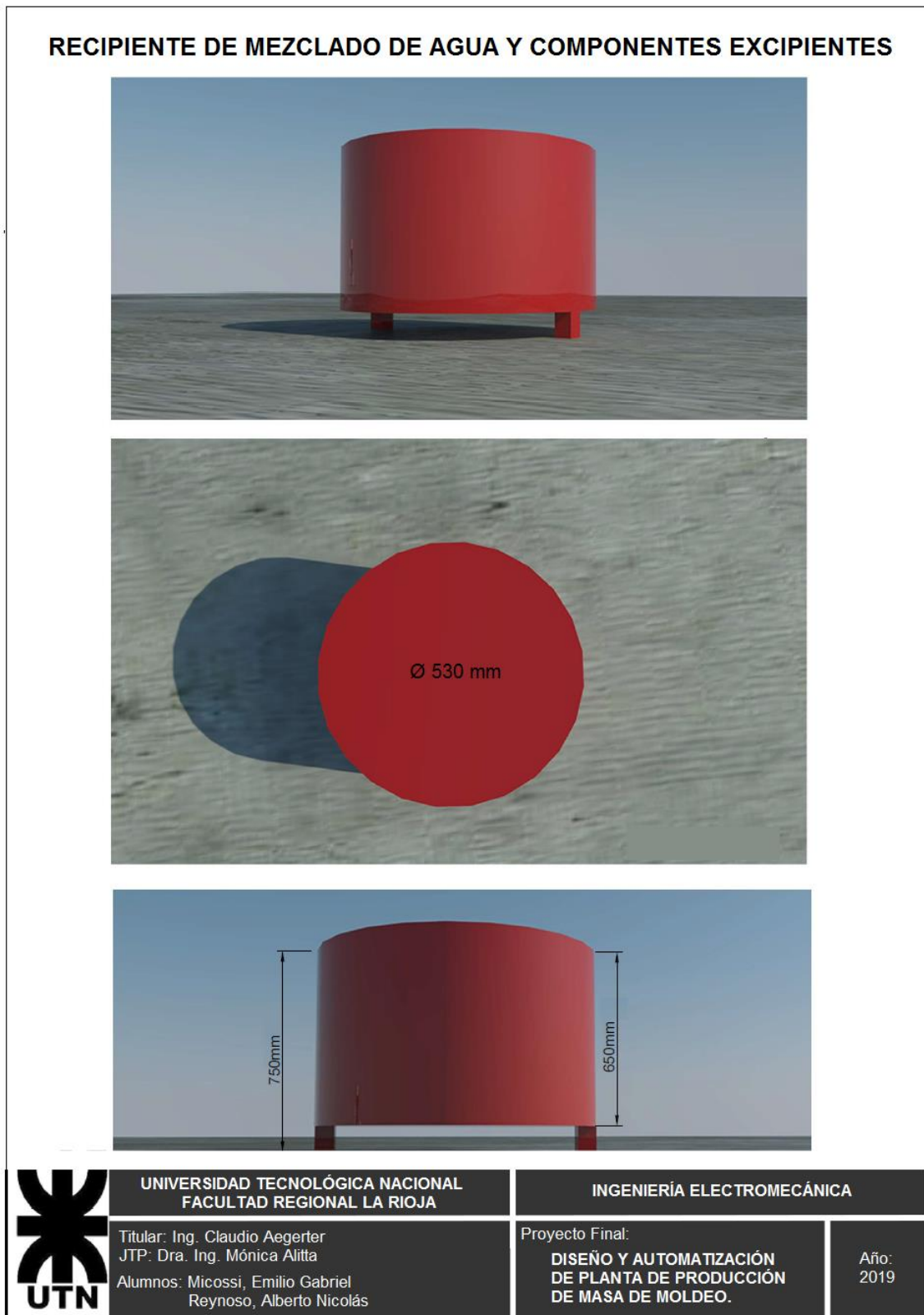


Fig. 4.6.9: Recipiente de mezclado de agua y componentes excipientes.



#### 4.6.9 Perspectivas de la planta

En la figura 4.6.10 se muestra el plano en perspectivas de la planta con todos los elementos presentados en las secciones anteriores.



Fig. 4.6.10: Plano en perspectivas de la planta.

#### 4.6.10 Vistas de la planta

En las figuras 4.6.11 y 4.6.12 se muestran los planos con las vistas de la planta con todos sus elementos.

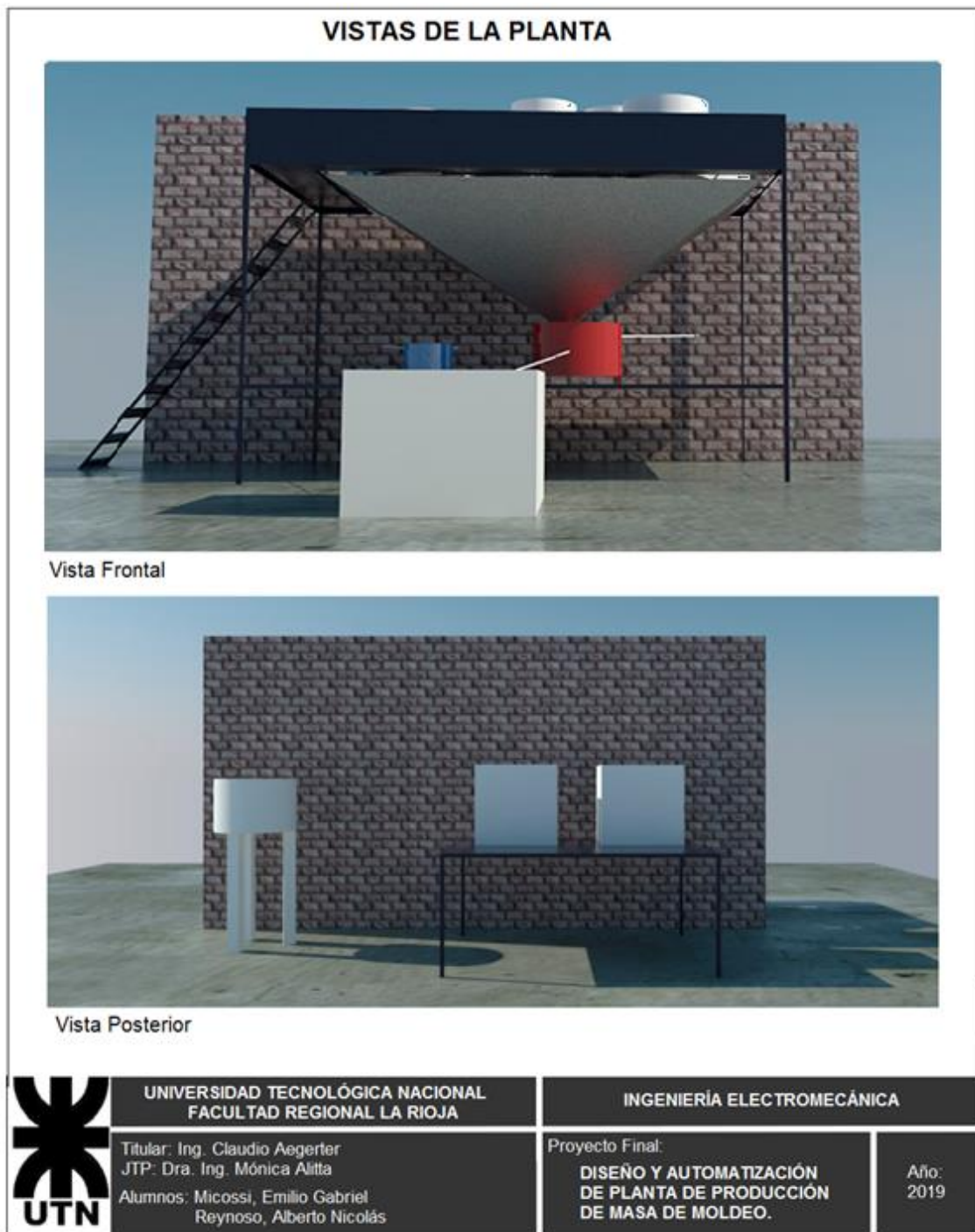


Fig. 4.6.11: Plano de la planta con vistas frontal y posterior.

La vista frontal corresponde a las instalaciones de la parte interna, y la vista posterior corresponde a la parte exterior.

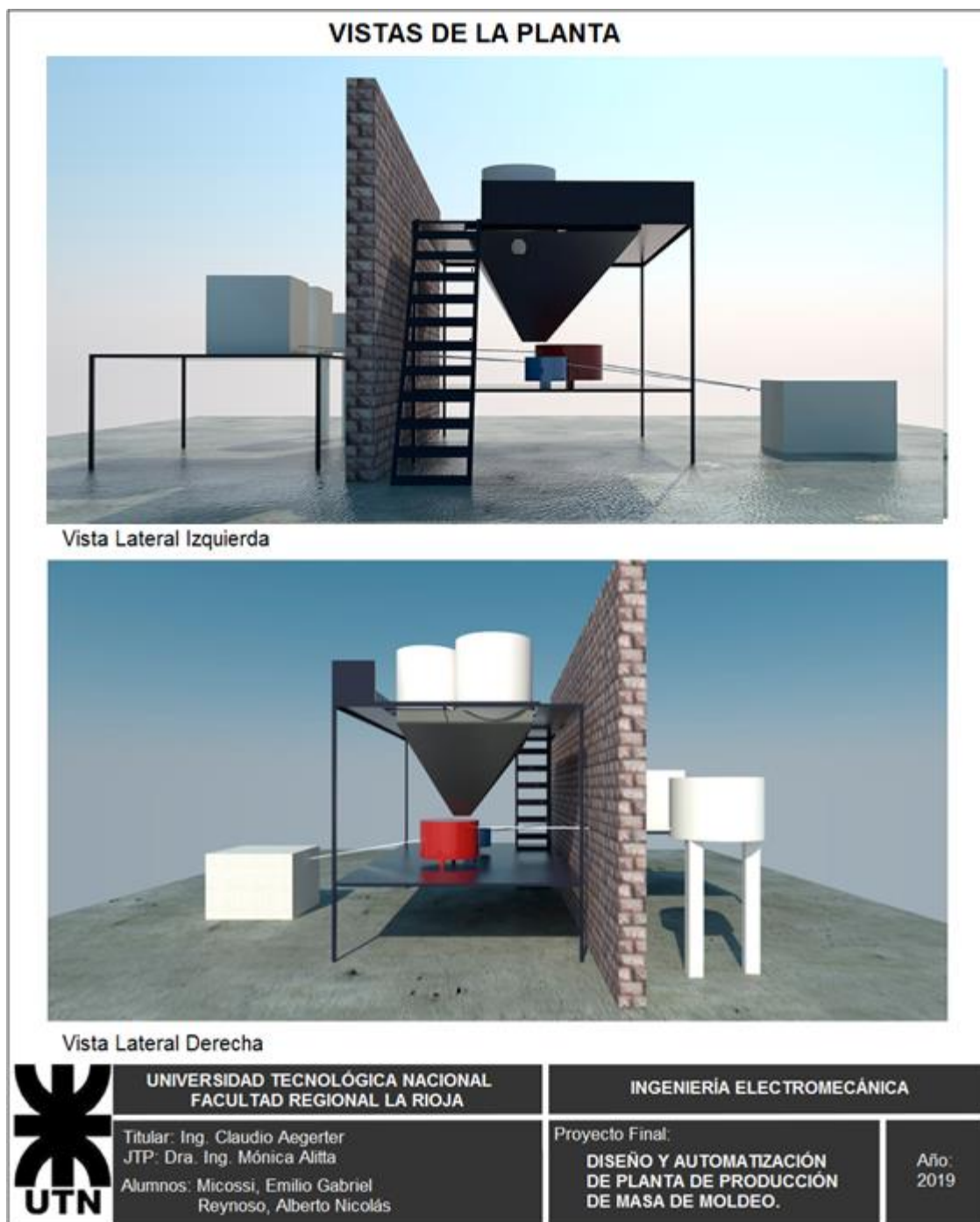


Fig. 4.6.12: Plano de la planta con las vistas lateral derecha y lateral izquierda.

---

## 4.7 INSTALACION DE TRANSPORTE DE FLUIDOS

---

En la presente sección nos dedicaremos al estudio y diseño de los elementos que componen la instalación destinada al transporte de los distintos tipos de fluidos intervinientes en el proceso productivo.

Las canalizaciones para el transporte de fluidos comprenden las siguientes partes:

- 1) Conducto para el abastecimiento de agua al tanque de almacenamiento y calentamiento, tratado en la sección 4.1.
- 2) Conductos para el abastecimiento del recipiente de mezclado de vaselina y glicerina, tratado en la sección 4.4.
- 3) Conducto para el abastecimiento del recipiente de mezclado de agua y componentes excipientes, tratado en la sección 4.5.
- 4) Conductos para el abastecimiento de la amasadora desde los recipientes de mezcla mencionados en los ítems segundo y tercero.

Cada medio de canalización de fluidos habrá de estudiarse minuciosamente a fin de obtener la solución más satisfactoria que contemple las diversas variables existentes.

---

### 4.7.1 Fundamentación teórica

---

Podemos afirmar que una solución satisfactoria a la hora de transportar un fluido a través de canalizaciones es aquella que soporta los siguientes fenómenos:

- Esfuerzos de origen mecánico.
- Esfuerzos de origen térmico.
- Corrosión.
- Vibraciones.

Por otro lado, si los fluidos a transportar se encuentran a una temperatura mayor a la temperatura del ambiente circundante a la canalización, es importante que no haya transferencias de calor desde el conducto hacia el medio, ya que ello resulta en una pérdida de energía del fluido.

En la presente sección haremos un estudio elemental de los aspectos más importantes a tener en cuenta al momento de efectuar un diseño de conductos para transporte de fluidos.

---

#### 4.7.1.1 Conductos: tuberías y cañerías

---

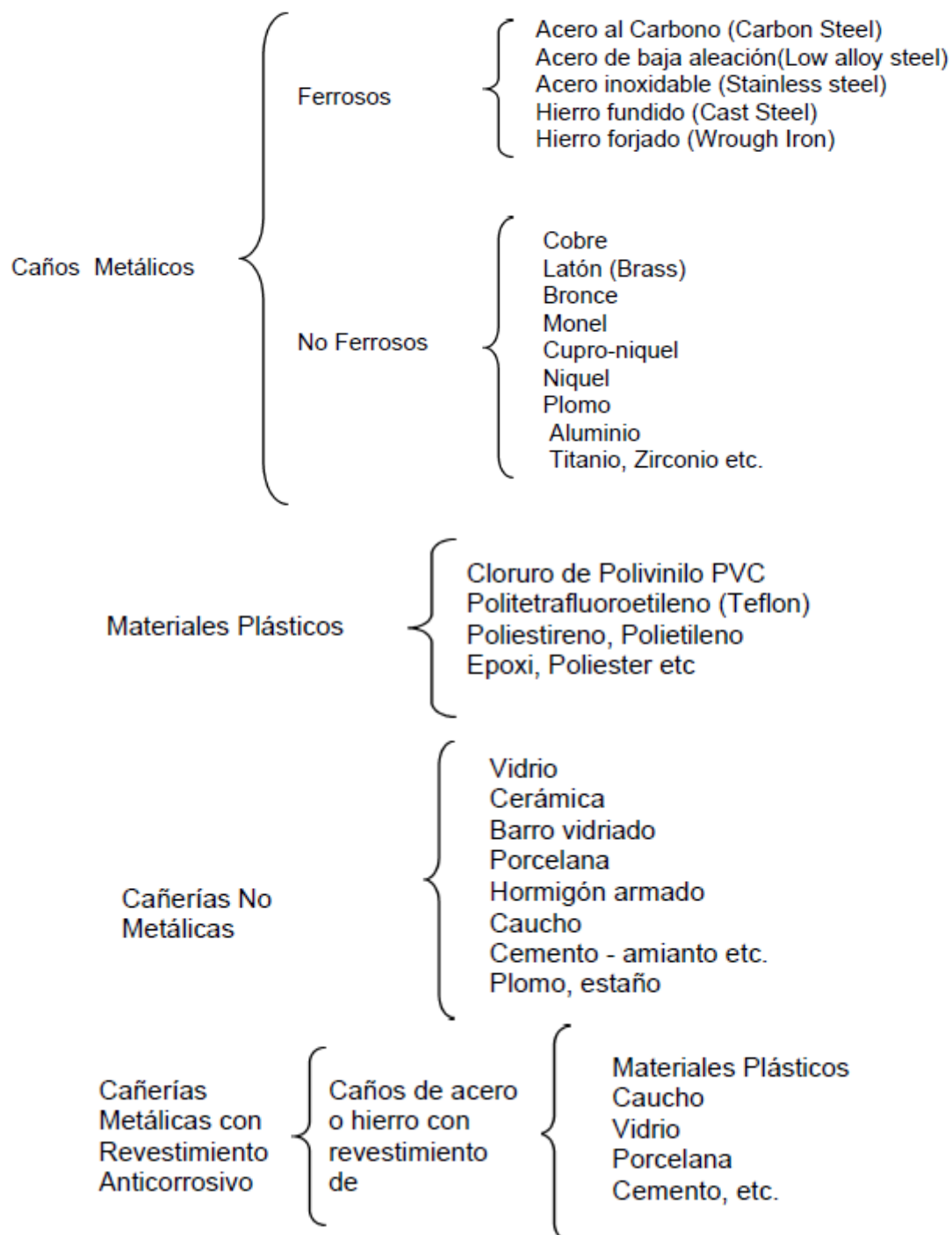
Se denomina cañería a un conjunto de caños o conductos cerrados y sus accesorios destinados al transporte de fluidos.

La gran mayoría de las cañerías actúa como conductos a presión, es decir, sin superficie libre, con el fluido ocupando toda su área transversal, a excepción de los desagües o canales.

La necesidad del uso de cañerías surge del hecho de que el punto de almacenamiento o generación de los fluidos se encuentra generalmente distante de los puntos de utilización.

#### 4.7.1.2 Materiales para cañerías

En la actualidad se emplean gran variedad de materiales para la fabricación de cañerías. Las normas ASTM, por ejemplo, especifican más de 150 diferentes tipos, que se resumen en el siguiente cuadro:



La elección del material apropiado para una determinada aplicación es siempre un problema complejo, cuya solución depende principalmente de la presión y temperatura de trabajo, del fluido conducido (aspectos de corrosión y contaminación), el costo, el grado de seguridad requerida, las sobrecargas externas y en algunos casos la resistencia al escurrimiento o pérdida de carga.

**Aceros al carbono:** representan el 2/3 de todos los materiales usados en cañerías.

Los límites de temperatura son -30 °C a +400 °C por sobre la cual no se utiliza para por la precipitación de carburos en grafito que provoca una rápida disminución de la resistencia mecánica. Algunos aceros al carbono se revisten con una capa de cinc de 0,1 mm aproximadamente, por inmersión a una temperatura de 500 °C, llamado galvanizado. Esto provee una mayor resistencia a la corrosión.

Los aceros tienen pequeños porcentajes de manganeso (hasta 0,9%) que produce un incremento en los límites de fluencia y ruptura. También se les agrega silicio (hasta 0,1%) que aumenta la resistencia a la oxidación a altas temperaturas y la resistencia al impacto a baja temperatura.

Los aceros al carbono con silicio son también llamados “calmados” para distinguirlos de los “efervescentes” que no tienen silicio. Los aceros al carbono con silicio tienen una estructura más fina y uniforme y son de mejor calidad que los “efervescentes”.

**Caños de aceros aleados e inoxidables:** podemos clasificar los aceros de baja aleación en:

- Aceros de baja aleación, cuando tienen hasta 5% de elementos adicionales.
- Aceros de media aleación, cuando tiene de 5% a 10% de elementos adicionales.
- Aceros de alta aleación, cuando tienen más de 10% de elementos adicionales.

De todos estos materiales, los de mayor utilización son los de baja aleación, compuestos ferríticos (magnéticos) con agregado de cromo, molibdeno y a veces níquel.

Se recomienda la implementación de aceros aleados o inoxidables en los siguientes casos:

- Altas temperaturas.
- Bajas temperaturas (inferiores a -30 °C) donde los aceros al carbono se tornan quebradizos.
- Alta corrosión. En servicios corrosivos aún dentro de los recomendados para acero al carbono, el comportamiento de los inoxidables es mejor para resistencia a la erosión o severa corrosión.
- Servicios de fluidos letales. Para casos de fluidos de alta peligrosidad y por razones de seguridad.
- Para evitar contaminación. Para las industrias de la alimentación o farmacéutica, donde los óxidos o residuos de las cañerías de acero al carbono pueden deteriorar la calidad de los productos.

**Aceros inoxidables:** los aceros inoxidables no sólo tienen mejor comportamiento frente a los problemas de erosión y corrosión (la resistencia a la corrosión es proporcional al contenido de cromo) sino que además poseen mayores tensiones de fluencia y ruptura. El costo de montaje y soldadura de las aleaciones también es mucho mayor que en el acero al carbono.

La resistencia de los aceros aleados a la acción atmosférica y al agua dulce es mejor que la de aceros al carbono, aunque también se oxidan.

Los aceros inoxidables son aquellos que contienen cromo por sobre el 11% y que en exposición prolongada a la intemperie no se oxidan. Los más usados son compuestos

austeníticos no magnéticos, de alta aleación con 16% a 26% de cromo, 9 a 12% de níquel y otros elementos.

Tienen gran resistencia a la rotura, especialmente a altas temperaturas y elevada resistencia a la mayoría de los fluidos industriales y son resistentes a los compuestos sulfurados.

Son inertes en relación a la mayoría de los compuestos orgánicos, pero están sujetos a severa corrosión alveolar cuando están en contacto con agua de mar y numerosos compuestos clorados.

La soldadura en los aceros inoxidable es más costosa y complicada que en los aceros al carbono ya que deben hacerse con protección especial de gas inerte (argón), con electrodos de tungsteno y material de aporte afín con las partes a soldar.

---

#### 4.7.1.3 Medios de unión entre cañerías

---

Los diversos medios de unión sirven no sólo para vincular secciones de caños entre sí, sino también para conectarlos con diversos accesorios, válvulas y equipos.

Los principales medios de unión son los siguientes:

- Conexiones roscadas.
- Conexiones soldadas.
- Conexiones bridadas.
- Conexiones de enchufe.

Por otro lado, existen otros tipos de conexiones, tales como la del tipo Victaulic, juntas elásticas, de cierre rápido, etc. La elección de un tipo de conexión u otro depende del costo, operatividad, seguridad, presión y temperatura de trabajo, fluido contenido, diámetro del caño, etc.

**Conexiones roscadas:** son de bajo costo y fácil ejecución, pero su uso está limitado a 4" como máximo, y se utilizan en instalaciones secundarias de baja presión debido al peligro de pérdidas y la baja resistencia mecánica.

La norma ANSI B 31 exige que las roscas de los caños sean cónicas y recomienda que se efectúen soldaduras de sello para cañerías que conduzcan fluidos inflamables, tóxicos y en otros donde se debe tener absoluta seguridad que no se produzcan filtraciones o pérdidas.

Son las únicas usadas para caños galvanizados. Se usan también en acero al Carbono, baja aleación, hierro fundido, plásticos, vidrio y porcelana, siempre limitadas a 4".

Para acero inoxidable y metales no ferrosos es muy raro el uso de roscas, debido a que son comunes los espesores finos en dichos materiales.

Los tramos rectos son unidos por medio de cuplas o uniones roscadas. Las roscas cónicas aseguran mejor sellado pero para asegurarlo se coloca una banda de teflón.

**Conexiones soldadas:** las más utilizadas son las de arco protegido, que pueden ser:

- A tope.
- De enchufe.

- Solapada.

Tienen como ventajas buena resistencia mecánica (casi siempre equivalente a la del caño), estanqueidad perfecta y permanente, buena apariencia, fácil aplicación de aislación y pintura, y ninguna necesidad de mantenimiento.

Por otro lado, podemos mencionar entre las desventajas la dificultad al momento de efectuar el desmontaje de las cañerías y la mano de obra especializada que se requiere.

La soldadura a tope es la más usada en la unión de caños de 2" o mayores en aceros de cualquier colase. Para lograr más estanqueidad y especialmente para alta presión se usan chapas de respaldo que quedan incluidas en las soldaduras.

La soldadura de enchufe se emplea para diámetros de hasta 1 ½" en caños de acero y hasta 4" para los no ferrosos y plásticos. Los extremos del caño se encajan en una cavidad del accesorio o acoplamiento y se realiza la soldadura de filete (inclinada).

La soldadura solapada se utiliza en caños de plomo o en algunos plásticos. Uno de los extremos, de menor diámetro, entra en el extremo del otro caño y se sella con una única soldadura de filete.

**Conexiones bridadas:** están compuestas por dos bridas, una junta, pernos con o sin cabeza roscada y tuercas. Son fácilmente desmontables.

**Conexiones de compresión:** son sistemas muy usados en tubos especiales de metales no ferrosos e inoxidables, todos de pequeño diámetro (hasta 1").

La unión se logra con el uso de accesorios especiales, que mediante el apriete de una tuerca comprime las paredes del tubo contra una cupla hasta lograr un contacto metal - metal estanco. Hay diferentes sistemas, uno de ellos consiste en expandir el tubo en la junta, en forma cónica. Este cono es comprimido contra una pieza de unión.

Otro sistema consiste en agregar una virola en el extremo del caño que, comprimida contra la pieza de unión va reduciendo su diámetro abrazando al tubo, que logra así estanqueidad.

**Conexiones patentadas (juntas Dresser, Victaulic, etc.):** todas ellas son del tipo no rígido, permitiendo un pequeño movimiento angular y axial entre los dos tramos de la cañería. En el caso de las juntas Victaulic, los tramos del caño son ranurados en los extremos del mismo modo que los accesorios y los acoplamientos son dos o más arcos pivotados sobre los pernos que abrazan a los elementos de unión y son ajustados por uno o más pernos.

Entre la unión metálica y el caño se coloca una junta flexible de caucho que garantiza su estanqueidad.

---

#### 4.7.1.4 Transferencia de calor en cañerías

---

Cuando se trata de cañerías que transportan fluidos a temperaturas mayores que la temperatura del medio circundante, es importante contemplar los fenómenos de transferencia de calor, ya que, como dijimos en la sección 4.7.1, esto representa una pérdida de energía.



Centrando nuestro análisis en una porción de conducto (figura 4.7.1), afirmamos que el calor se disipa en forma continua hacia el exterior a través de la pared del caño, es decir, la transferencia de calor se efectúa en dirección perpendicular a la superficie del caño a temperaturas diferentes. Del lado interno del caño, un fluido se encuentra a mayor temperatura respecto al fluido del lado externo, es por ello que se origina un gradiente de temperatura en dirección radial relativamente grande.

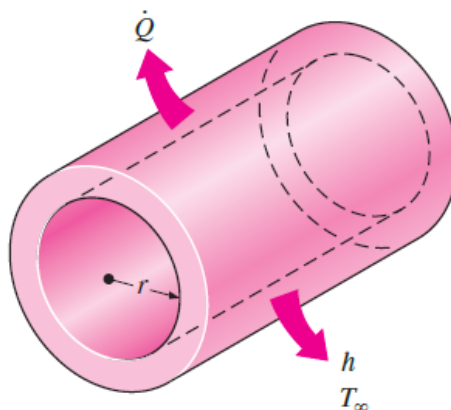


Fig. 4.7.1: Porción de conducto.

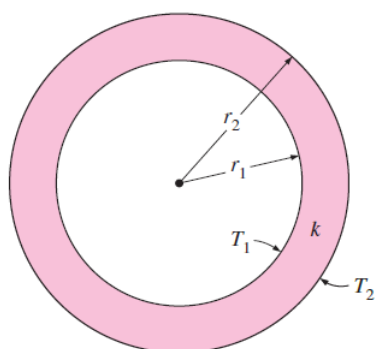


Fig. 4.7.2: tubo cilíndrico, vista frontal.

Suponiendo la misma porción de cañería, analizamos la figura 4.7.2, donde  $T_1$  y  $T_2$  son las temperaturas de las superficies cilíndricas interior y exterior, respectivamente;  $r_1$  es el radio interior y  $r_2$  es el radio exterior, y por último  $k$  es el coeficiente de conductividad térmica promedio. Aplicando la Ley de Fourier de la Fourier de la conducción del calor para la transferencia de calor a través de la capa cilíndrica, tendremos la siguiente expresión:

$$Q \cdot = -k * A * \frac{dT}{dr} \quad 4.7.1$$

Donde  $A$  es el área de transferencia, que se analiza bajo la siguiente expresión:

$$A = 2 * \pi * r * L \quad 4.7.2$$

En la expresión 4.7.2,  $L$  representa la longitud del cilindro.

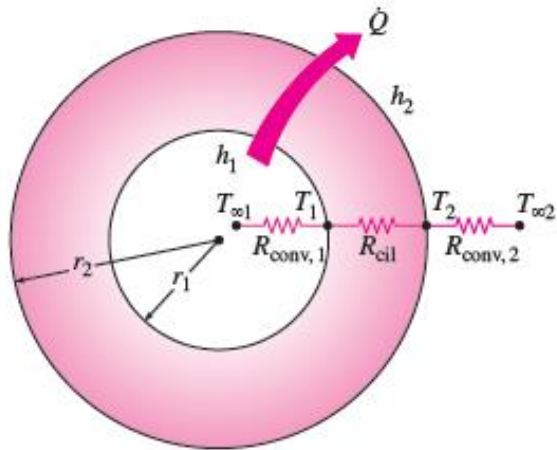
Reordenando e integrando la ecuación 4.7.1 entre  $T_1$  y  $T_2$ , obtenemos la siguiente expresión:

$$Q \cdot = 2 * \pi * L * k * \frac{(T_1 - T_2)}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} \quad 4.7.3$$

La expresión 4.7.3 puede reacomodarse para tomar la siguiente forma:

$$Q \cdot = \frac{(T_1 - T_2)}{R_{cil}} \quad 4.7.4$$

Donde  $R_{cil}$  es la resistencia térmica de la capa cilíndrica contra la conducción del calor, y tiene la siguiente forma:



$$R_{cil} = \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2 * \pi * L * k} \quad 4.7.5$$

Considerando ahora el flujo de calor a través de una capa cilíndrica (como la tubería de la figura 4.7.3) expuesta a la convección en ambos lados hacia fluidos que están a temperaturas  $T_{01}$  y  $T_{02}$ , con coeficientes de transferencia de calor  $h_1$  y  $h_2$ , respectivamente, como se muestra en la figura; la expresión 4.7.4 tomará la siguiente forma:

Fig. 4.7.3: Resistencias térmicas para una tubería cilíndrica sujeta a convección interior y exterior.

$$Q = \frac{(T_{01} - T_{02})}{R_{total}} \quad 4.7.6$$

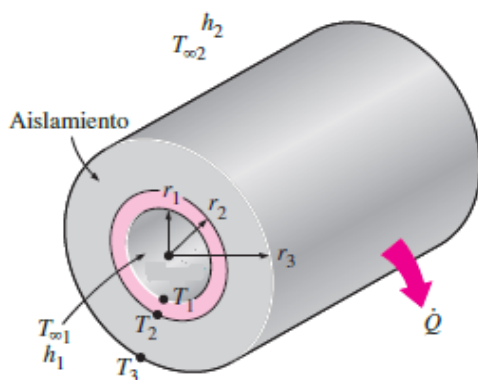
Donde  $R_{total}$  es la resistencia térmica resultante de los efectos de conducción y convección, y tiene la siguiente expresión:

$$R_{total} = R_{conv.1} + R_{cil} + R_{conv.2} \quad 4.7.7$$

$$R_{total} = \frac{1}{A * h_1} + \frac{\ln(r_2/r_1)}{2 * \pi * L * k} + \frac{1}{A * h_2} \quad 4.7.8$$

Como podemos observar en la ecuación 4.7.8, la resistencia total puede determinarse sumando las resistencias individuales.

#### 4.7.1.5 Transferencia de calor en cañerías aisladas



Considerando una cañería con aislamiento térmica como la mostrada en la figura 4.7.4, podemos calcular la transferencia de calor tratando al aislante como otro cilindro concéntrico de radio exterior  $r_3$  y radio interior  $r_2$  con el cilindro principal (conducto) de radio exterior  $r_2$  y radio interior  $r_1$ , de modo que la resistencia térmica del conducto aislado, teniendo en cuenta las expresiones 4.7.7 y 4.7.8, tomará la siguiente forma:

Fig. 4.7.4: Porción de conducto aislado.

$$R_{total} = R_{conv.1} + R_{tubo} + R_{aisl} + R_{conv.2} \quad 4.7.9$$

$$R_{total} = \frac{1}{A_1 * h_1} + \frac{\ln(r_2/r_1)}{2 * \pi * L * k_1} + \frac{\ln(r_3/r_2)}{2 * \pi * L * k_2} + \frac{1}{A_2 * h_2} \quad 4.7.10$$

Donde el área  $A_1 = 2\pi r_1 L$  es el área del conducto y el área  $A_2 = 2\pi r_2 L$  es el área del aislante térmico.

Teniendo en cuenta las expresiones 4.7.9 y 4.7.10, puede calcularse la transferencia de calor a través de la expresión 4.7.6.

Una vez calculada la transferencia de calor  $Q$  podemos conocer las caídas de temperatura en el conducto y el aislante, a partir de las siguientes ecuaciones:

$$\Delta T_{tubo} = Q \cdot R_{tubo} \quad 4.7.11$$

$$\Delta T_{aislante} = Q \cdot R_{aislante} \quad 4.7.12$$

#### 4.7.1.6 Radio crítico de aislamiento

Sabemos que cuanto más aislamiento térmico agreguemos al conducto, más disminuirá la transferencia de calor. Esto es previsible ya que el área  $A$  de la transferencia de calor es constante y agregar aislamiento siempre incrementa la resistencia térmica de la pared aislante. Sin embargo, agregar aislamiento al conducto o cañería incrementa la resistencia a la conducción de la capa de aislamiento pero disminuye la resistencia a la convección de la superficie debido al aumento del área exterior.

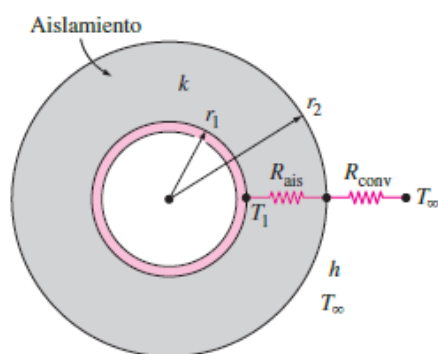


Fig. 4.7.5: Tubo cilíndrico aislado.

Considerando un conducto cilíndrico de radio exterior  $r_1$  cuya temperatura de la superficie exterior  $T_1$  se mantiene constante. Ahora bien, aislamos el conducto con un material cuya conductividad térmica es  $k$  y su radio exterior es  $r_2$  (figura 4.7.5). Se pierde calor del tubo hacia el medio circundante que está a la temperatura  $T_{02}$ , con un coeficiente de transferencia de calor  $h$  por convección. La razón de transferencia de calor del tubo aislado hacia el aire circundante se puede expresar como:

$$Q = \frac{(T_1 - T_0)}{R_{aislante} + R_{convección}} \quad 4.7.13$$

Reemplazando las expresiones de las resistencias térmicas en la expresión 4.7.13 obtenemos:

$$Q = \frac{(T_1 - T_0)}{\frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2 * \pi * k * L} + \frac{1}{h * 2 * \pi * r_2 * L}} \quad 4.7.14$$

En la figura 4.7.6 podemos observar la gráfica de la variación de la transferencia de calor  $Q$  en función del radio exterior del aislamiento  $r_2$ . El valor de  $r_2$  al cual  $Q$  alcanza un máximo se determina a partir del requisito de que la derivada del calor  $Q$  respecto al radio  $r_2$  es cero, es decir, pendiente cero. Al derivar y despejar  $r_2$  resulta que el radio crítico de aislamiento para un tubo cilíndrico es:

$$r_{cr} = \frac{k}{h} \quad 4.7.15$$

Hemos de notar que el radio crítico de aislamiento depende de la conductividad térmica del aislamiento  $k$  y del coeficiente externo de transferencia de calor por convección  $h$ .

La razón de la transferencia de calor del conducto puede variar de acuerdo a tres situaciones:

- Radio de aislamiento menor al crítico:  $r_2 < r_{cr}$ . La razón de transferencia de calor del conducto aumenta.
- Radio de aislamiento igual al crítico:  $r_2 = r_{cr}$ . Hay un máximo.
- Radio de aislamiento mayor al crítico:  $r_2 > r_{cr}$ . La razón de transferencia de calor comenzará a aumentar, a pesar de haber un aislamiento mayor al crítico.

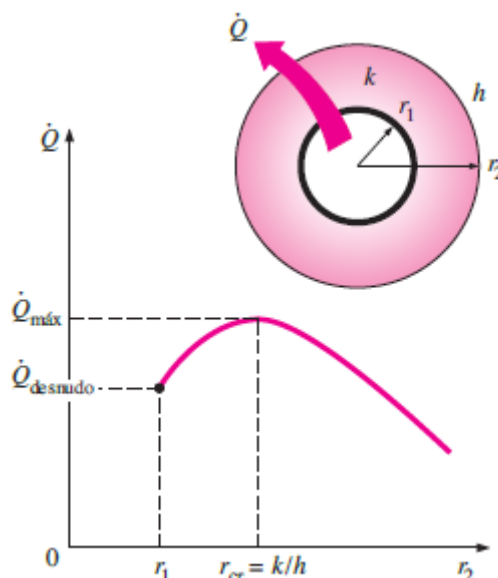


Fig. 4.7.6: Variación de la transferencia de calor en función del radio exterior del aislante.

El valor del radio crítico alcanzará un máximo cuando  $k$  sea grande y  $h$  sea pequeño. El valor de radio crítico que más probablemente se encuentra entre la gran mayoría de materiales es tres centímetros (3 cm).

#### 4.7.1.7 Aislación complementaria de bridas y válvulas

La protección aislante de las bridas y válvulas debe ser considerada paralelamente a la de las cañerías.

Aunque el cálculo exacto de las pérdidas antes y después del aislamiento resulta más complejo para bridas y válvulas que para cañerías, es indispensable formularlo si se desea una aislación cuidadosa.

A continuación se presentan dos tablas con las diferentes pérdidas, la primera para bridas y la segunda para válvulas, ambas no aisladas:

Diámetro del conducto en mm.	Pérdidas en Kcal/hora para 100 °C
47,5	105
59	120
76	160
89	180
103	213
121	245
140	310
159	360
191	390

Diámetro del conducto en mm.	Pérdidas en Kcal/hora para 100 °C
47,5	160
59	175
76	240
89	265
103	320
121	350
140	490
159	520
191	575

En base a los valores tabulados en las dos tablas presentadas anteriormente podemos observar que las pérdidas pueden alcanzar valores elevados de acuerdo al diámetro del conducto.

---

#### **4.7.1.8 Corrosión de cañerías**

---

Es necesario tener en cuenta que el acero, en general, y una tubería de acero, en particular, se encuentra en un ambiente hostil que tratará de llevarle al estado de máxima estabilidad, es decir, a su estado primitivo de óxido, por lo que su durabilidad será tanto mayor cuanto mejor esté protegido contra la acción de este medio hostil, por medio de tratamientos superficiales, pinturas, aislamientos, etc., y cuanto más libre se encuentre de perturbaciones (tensiones mecánicas, térmicas, eléctricas, etc.).

Los agentes principalmente responsables de la corrosión del acero son el oxígeno y el agua, actuando conjuntamente; ninguno de los dos (oxígeno seco o humedad exenta de oxígeno) es capaz, por separado, de producir corrosión.

En general, una tubería sufre el efecto de la corrosión si es grande la humedad y pequeño el contenido de sales capaces de atacar la tubería (sulfatos, cloruros y nitratos preferentemente) existentes en el material en contacto con la tubería, en mayor grado que el caso contrario; es decir, cuando el contenido de dichas sales es elevado y el ambiente es seco.

Otras causas de corrosión son las heterogeneidades o desequilibrios que pueden afectar de alguna manera a las tuberías.

Estas heterogeneidades pueden ser por ejemplo en la composición o constitución intrínseca (química, estructural o mecánica) de dos tramos de una tubería. Esta heterogeneidad aparece, por ejemplo, entre un tramo de tubería doblada en frío, en relación con el resto de la tubería que no ha sufrido deformación alguna. O también puede aparecer entre la tubería y una zona de unión de la misma (manguito, codo, te, etc., de composición o tratamiento térmico distintos a los de la tubería).

En estas condiciones, una zona de la tubería actúa como cátodo y la opuesta como ánodo, con la consiguiente destrucción, más o menos rápida, de la zona anódica, que coincide en general, en los dos casos anteriormente citados, con la tubería y no con los accesorios, y precisamente con el tramo de tubería doblado.

Para el caso de cañerías sujetas a corrosión o erosión por el transporte de fluidos corrosivos, puede optarse por utilizar cañerías de acero revestidas en resinas antierosivas o anticorrosivas.

---

#### 4.7.1.9 Influencia de la temperatura en el diseño de cañerías

---

Cuando un caño es sometido a una variación de temperatura sufrirá una variación en su longitud, si el caño estuviese libre y no se generaran tensiones internas ni reacciones. Pero, si el caño estuviese fijado de alguna forma, aparecerán tensiones internas en él y reacciones en los puntos de fijación como consecuencia de las restricciones impuestas a la libre dilatación del mismo.

Para un conducto recto anclado en dos extremos, la fuerza ejercida por la dilatación puede calcularse a partir de la siguiente fórmula:

$$F = \frac{A * E * \Delta l}{l} \quad 4.7.16$$

En la ecuación anterior tenemos:

- F = fuerza o empuje ejercido sobre los puntos de fijación.
- A = área de la sección transversal del conducto.
- E = módulo de elasticidad del material (módulo de Young).
- l = longitud del conducto.
- $\Delta l$  = dilatación del conducto.

Los valores de los empujes suelen ser considerables, de modo que debe evitarse la existencia de puntos fijos en un tramo recto, pues en el mejor de los casos, los empujes son absorbidos por el fenómeno de pandeo que se produce en el caño. Si por el contrario tuviésemos una configuración geométrica no rectilínea, la dilatación del mismo producirá no solo empujes sino también momentos de reacción en los puntos fijos.

Para controlar los efectos de la dilatación térmica se aplican algunos métodos, tales como:

- 1) Uso de elementos deformables en la línea, de modo que absorben la dilatación.
- 2) Geometría de la línea de manera de evitar tramos rectos por medio de ángulos en un plano o en el espacio, de modo que el propio caño pueda absorber las dilataciones gracias a su flexibilidad.
- 3) Pretensionado, que consiste en introducir tensiones iniciales en el montaje, de signo opuesto a las previstas durante la operación.
- 4) Implementación de juntas de expansión, que es la solución más implementada en la actualidad.

La flexibilidad en una cañería puede definirse como la capacidad de absorber las dilataciones térmicas por medio de simples deformaciones en los tramos de la línea.

La utilización de las juntas de expansión se restringe en cambio a casos especiales, del mismo modo que los pretensados, ya que requieren un estricto control en el montaje.

Para una misma dilatación total, se dice que el sistema es tanto más flexible cuanto menor son las tensiones internas y las reacciones sobre los puntos fijos. Esta flexibilidad

es considerada apropiada cuando las tensiones provocadas no son mayores comparativamente a las tensiones admisibles.

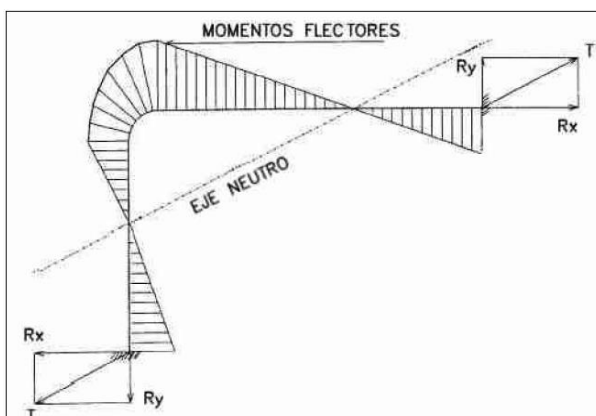


Fig. 4.7.7: Momentos flectores respecto al eje neutro en un trazado de cañerías.

En toda la línea de cañerías (figura 4.7.7), la contribución de cada tramo a la flexibilidad total será proporcional a la distancia media de ese tramo al eje neutro del sistema. El eje neutro es la línea recta paralela a la dirección de las resultantes de las reacciones ejercidas por el sistema sobre los puntos extremos de fijación.

Una cañería tridimensional es generalmente más flexible que una plana de la misma longitud, pues el efecto de torsión es aproximadamente un 30% más eficiente para la flexibilidad que el de flexión. Por otro lado, para un mismo diámetro las tensiones son independientes del espesor del caño ya que, al aumentar el espesor (se supone un mayor esfuerzo) también aumenta el área (para soportar dicho esfuerzo).

#### 4.7.1.10 Soportes para cañerías

Son los dispositivos destinados a soportar los pesos y demás esfuerzos ejercidos por los caños o sobre ellos transmitiendo al suelo, estructuras adyacentes, equipos o en algunos casos a otros caños.

Existe una gran variedad de soportes, y pueden clasificarse en tres grandes grupos, ellos son:

- 1) Soportes destinados a sostener pesos:
  - a. Rígidos (apoyados y colgantes).
  - b. Semirrígidos (a resorte y a contrapeso).
  - c. No rígidos.
- 2) Soportes destinados a limitar los movimientos de los caños:
  - a. Dispositivos de fijación total (anclajes).
  - b. Dispositivos que permiten sólo movimientos axiales (guías).
  - c. Dispositivos que impiden el movimiento en un sentido.
  - d. Dispositivos que impiden los movimientos laterales.
- 3) Dispositivos que absorben las vibraciones:
  - a. Amortiguadores.

Esta clasificación es no muy rigurosa, ya que la mayor parte cumple más de una de las funciones que anteceden. Casi todos los soportes que limitan movimientos también sustentan pesos y recíprocamente todos los que se diseñan para soportar pesos ejercen alguna limitación en los movimientos de la cañería.

**Soportes rígidos:** son soportes fijos, es decir que no permiten ningún grado de libertad para la cañería, y son los más comunes. Pueden ser de apoyo o colgantes, según sea la forma en que se transmitan las cargas.

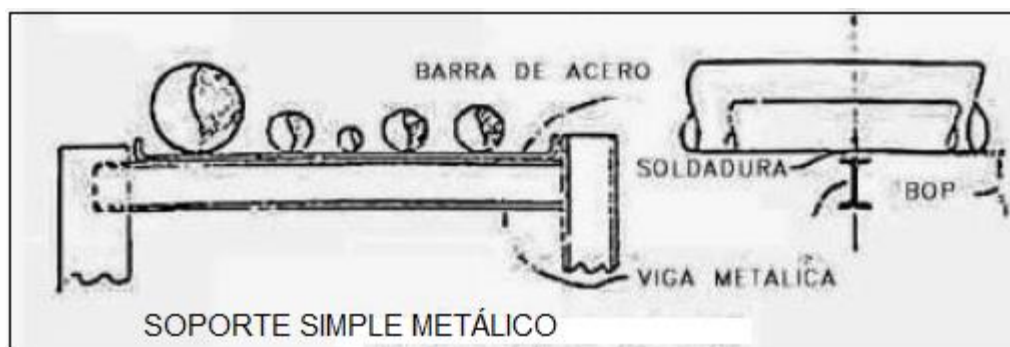


Fig. 4.7.8: Soporte simple metálico para cañerías.

En la figura 4.7.8 podemos observar un soporte simple metálico destinado a caños situados a poca altura y que transmiten los pesos directamente a algún piso o estructura.



Fig. 4.7.9: Soporte tipo ménsula.

El soporte es una viga metálica apoyada en bloques de hormigón o en estructuras metálicas.

En la figura 4.7.9 podemos observar un soporte tipo ménsula o voladizo destinado a soportar los caños. Los esfuerzos se transmiten a lo largo de la ménsula hasta la columna o estructura. Las ménsulas utilizadas comúnmente son metálicas, con resultados satisfactorios.

En la figura 4.7.10 se ilustra un soporte tipo pedestal. Este soporte se utiliza comúnmente para apoyar los codos situados en el plano vertical, y también descarga los esfuerzos directamente a la estructura o suelo. El perfil metálico soldado al caño deberá estar perfectamente alineado con el eje vertical del caño.

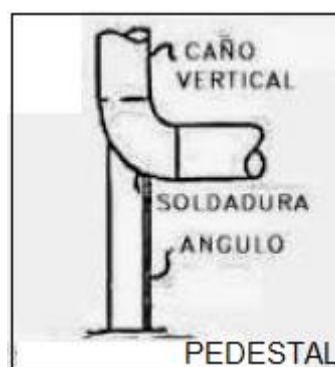


Fig. 4.7.10: Soporte tipo ménsula.

Cuando se tienen caños de diámetros muy diferentes, se acostumbra apoyar los caños de menor diámetro sobre los de mayor diámetro, a través de soportes intermedios soldados a los mismos. Ese sistema permite espaciar más los apoyos hasta la luz o separación admisible para los caños mayores.

Los caños soportantes han de tener como mínimo cuatro veces el diámetro del mayor caño de los soportados.

**Contacto entre caños y soportes:** generalmente se trata de evitar el contacto entre los caños y las superficies de apoyo a efectos de permitir la pintura de la cara inferior de los caños y la superficie de los soportes. Uno de los recursos más usados para evitar el contacto es colocar una barra fina de acero, transversal a los caños. Por otro lado, el rozamiento puede reducirse utilizando placas deslizantes de grafito lubricado entre la chapa del soporte y la superficie donde se apoya. En ningún caso puede permitirse el apoyo directo de las cañerías ya que sus movimientos dañan la aislación.



En la figuras 4.7.11 y 4.7.12 podemos observar los distintos métodos recomendados para evitar el contacto directo entre las cañerías y los soportes. El método más común para evitar el contacto es el empleo de patines o cunas.

**Soportes semirrígidos:** son empleados en caños livianos, dentro de edificios o en áreas de proceso. Estos soportes colgantes dan gran libertad de movimientos y en ellos no hay rozamiento. No deben ser usados para caños sujetos a vibraciones, choques dinámicos, golpes de ariete, etc.

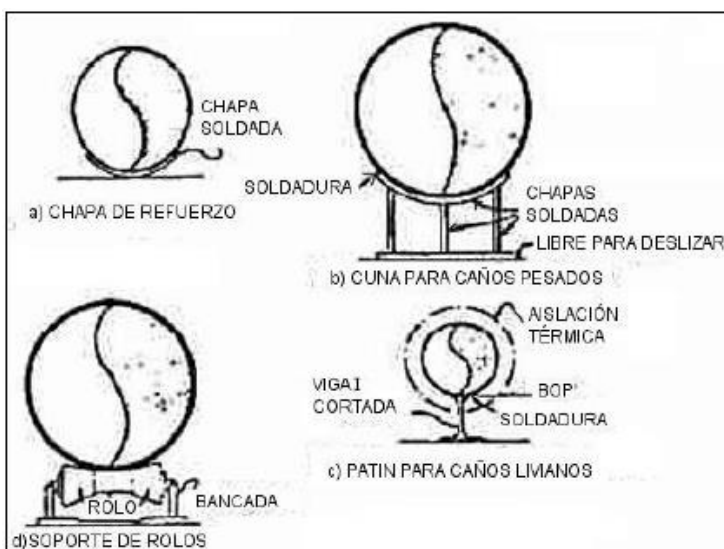


Fig. 4.7.11: Suplementos para evitar el contacto directo entre cañerías y soportes.

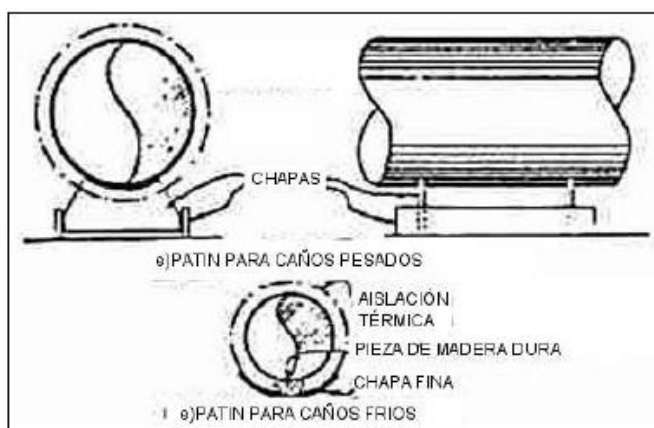


Fig. 4.7.12: Suplementos para evitar el contacto directo entre cañerías y soportes.

Los soportes colgantes se acostumbra hacerlos de barras de acero y son vinculados a una estructura o algún otro caño, con algún sistema de ajuste, tensores o simplemente un trozo de barra soldada. Se emplean también abrazaderas para sujetar la cañería.

Los soportes para caños verticales suelen ser orejas soldadas al caño, vinculadas a vigas de igual modo.

En la figura 4.7.13 podemos observar distintos tipos de soportes semirrígidos, y cómo se componen.

**Soportes especiales para caños livianos:** para cañerías de 1 ½" o menores diámetros, horizontales o verticales, es muy común utilizar accesorios ya fabricados, como los mostrados en la figura 4.7.14, que pueden obtenerse en el comercio, por lo que resultan más económicos.

Existe gran variedad de ellos y la mayoría se construye en hierro maleable, casi siempre galvanizado, también de hierro fundido y aún de plástico. Algunos vienen provistos con pernos de expansión que pueden fijarse directamente a la estructura.

**Soportes no rígidos:** son dispositivos colgantes o soportes flexibles, capaces de permitir movimientos verticales en los puntos de apoyo de la cañería, provenientes de la misma o de recipientes.

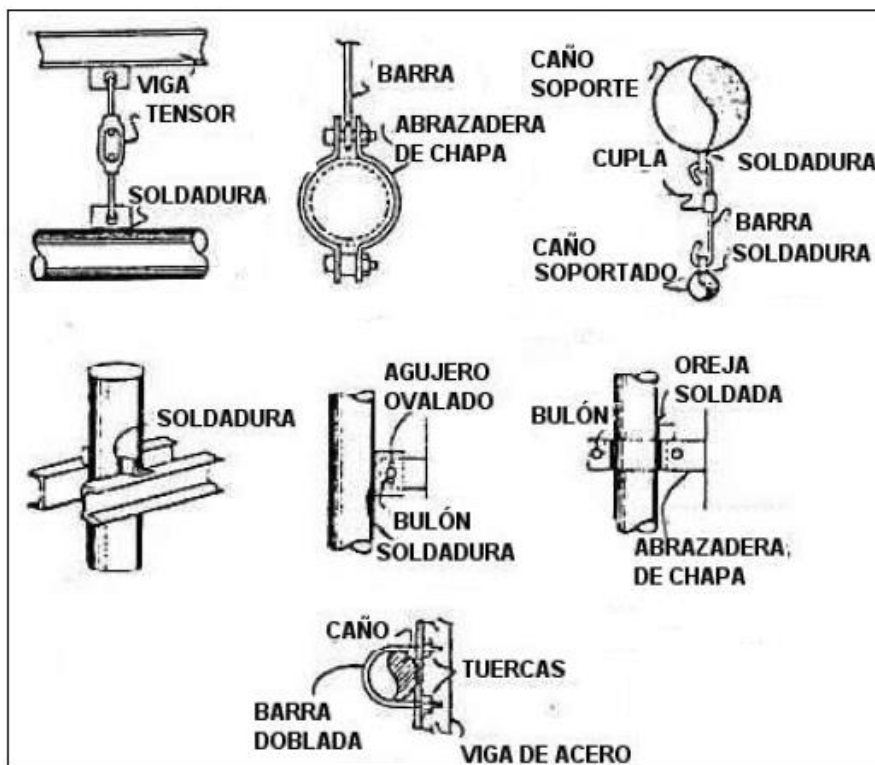


Fig. 4.7.13: Soportes semirrígidos para calerías.

Los colgantes flexibles se dividen en dos grupos:

- 1) Resorte variable: son usados para sostener cañerías sujetas a movimientos verticales donde no se requieran soportes constantes.
- 2) Resorte constante: proveen una fuerza constante en todo el intervalo de contracción o dilatación de la cañería.

Los soportes para cañerías deben localizarse preferentemente en:

- Tramos rectos de cañerías.
- Próximos a cargas concentradas importantes, como válvulas, equipos, etc.
- Las cañerías que corren paralelas a recipientes. Deben estar sujetas al mismo recipiente para evitar tensiones provenientes de dilataciones diferenciales entre el caño y el recipiente.
- Curvas de expansión, liras, etc.

Por otro lado, en tramos rectos de cañerías de diámetro pequeño deben colocarse guías cada tres o cuatro soportes a fin de mantener el alineamiento. También deben colocarse guías en todos los extremos libres, cerrados con bridas, tapas, etc.

Todas las cañerías vinculadas a juntas de expansión deben tener guías o dispositivos equivalentes para evitar desplazamientos laterales si éstos no son admitidos por la junta.

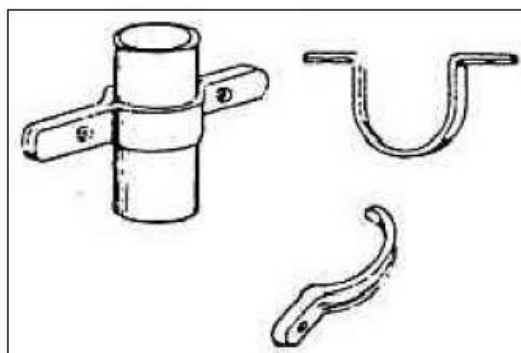


Fig. 4.7.14: Soportes especiales.

---

#### **4.7.1.11 Esfuerzos que actúan sobre los soportes**

---

Los esfuerzos que actúan sobre los soportes de las cañerías son los siguientes:

- 1) Pesos:
  - a. Peso de los caños, accesorios, válvulas y equipos que estén vinculados a la cañería, y que no tengan soportes o fundaciones propias.
  - b. Peso del fluido contenido.
  - c. Peso de la aislación térmica, si hubiera.
  - d. Sobrecargas diversas ejercidas sobre la cañería, tales como el peso de otros, personas, plataformas, etc., apoyados sobre la cañería.
- 2) Fuerzas de rozamiento provenientes de los movimientos relativos entre los caños y los soportes.
- 3) Esfuerzos provenientes de las dilataciones de los caños.
- 4) Esfuerzos dinámicos diversos, tales como golpes de ariete, aceleraciones del fluido circulante, vibraciones, acción del viento, etc.

Todos estos esfuerzos deben ser evaluados para poder calcular las cargas ejercidas sobre los soportes, que serán transmitidas al suelo o a las estructuras y fundaciones.

---

#### **4.7.1.12 Limitación del movimiento de las cañerías**

---

Desde el punto de vista de la flexibilidad, sería ideal que la cañería no tuviese ninguna restricción, o sea, que estuviera totalmente libre, cuando por efecto de la temperatura sufre dilataciones. Si así fuera no se producirían tensiones en las cañerías, pero en la realidad, es imposible ya que los equipos se encuentran fijos, y por otro lado se originarían grandes rozamientos entre los conductos y los soportes.

Las restricciones a los movimientos en las cañerías son necesarios por las siguientes razones:

- Limitan y dirigen los movimientos causados por dilatación térmica.
- Protegen los tanques o recipientes y equipos vinculados a la cañería y los puntos más débiles de la misma de los esfuerzos provocados por la dilatación térmica.
- Aumentan la capacidad de auto soporte de la línea, permitiendo mayores separaciones entre soportes.
- Aíslan las vibraciones o aumentan la frecuencia natural de la línea para disminuir la amplitud y evitar resonancias.

Por otro lado, la limitación y orientación de los movimientos en los caños son necesarios por las siguientes razones:

- Evitar interferencias, de modo de evitar que los caños, al dilatar se toquen unos con otros y contra paredes, estructuras o equipos.
- Evitar flexiones o pandeos y flechas exageradas del propio caño.
- Evitar movimientos laterales o angulares y torsiones en juntas de expansión que solo admiten desplazamientos axiales.

Las reacciones sobre los soportes deberán disminuirse lo máximo que sea posible por las siguientes razones:

- Evitar pérdida de bridas y roscas.

- Evitar la transmisión de grandes esfuerzos a los cuerpos de válvulas y equipos, generalmente fabricados en fundición de hierro y por ello incapaces de absorber grandes esfuerzos.
- Evitar desalineamientos en los ejes de vástagos de válvulas, bombas, compresores, turbinas y otras máquinas.

#### 4.7.1.13 Juntas de expansión

Son elementos no rígidos que se intercalan en las cañerías con el objeto de absorber total o parcialmente las dilataciones provenientes de las variaciones de temperatura o la propagación de vibraciones.

Las juntas de expansión no son de uso frecuente por su alto costo y por constituir un punto vulnerable en la cañería. De modo que es preferible absorber los desplazamientos por medio de un trazado adecuado y por la propia capacidad de la cañería de soportar las tensiones producidas.

La justificación de utilizar juntas de expansión se da en los siguientes casos:

- Cuando es innecesario el espacio requerido para lograr una cañería que absorba las dilataciones.
- En cañerías de diámetro muy grande, superior a 20" o material muy caro, donde el interés económico radica en lograr un trazado lo más corto posible.
- Por las exigencias del proceso.
- En cañerías vinculadas a equipos delicados o de alta sensibilidad, para evitar que se transmitan los esfuerzos a ellos.

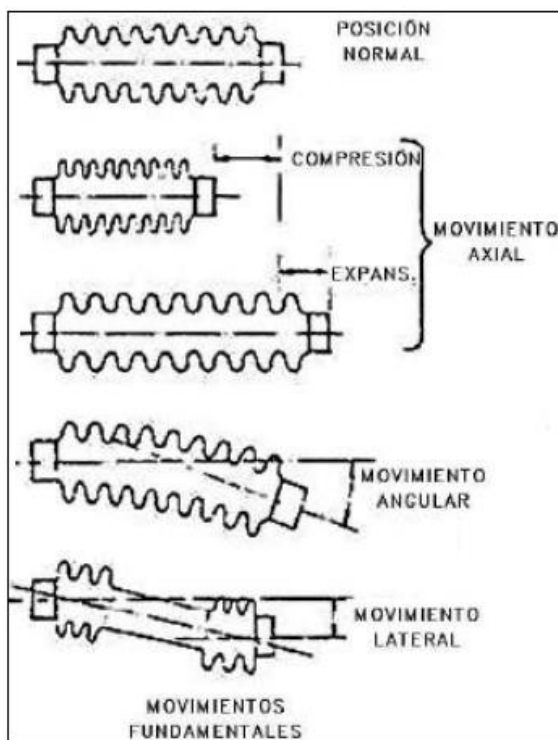


Fig. 4.7.15: Tipos de movimientos fundamentales en una junta de expansión.

En la figura 4.7.15 podemos observar el detalle de los movimientos fundamentales de una junta de expansión y las posiciones que toma.

#### 4.7.1.14 Cañerías no metálicas

Dentro de las consideraciones principales que deben observarse en el diseño de este tipo de cañerías, tenemos:

- Tensiones de tracción, compresión, flexión y corte, módulo de elasticidad para la temperatura de diseño, a corto y largo plazo.
- Tensiones de diseño.
- Ductilidad y plasticidad.
- Propiedades de choque térmico e impacto.
- Límites de temperatura.

- Temperaturas de fusión y vaporización.
- Porosidad y permeabilidad.
- Métodos para efectuar uniones y su eficiencia.
- Posibilidad de deterioro en servicio.

---

#### 4.7.1.15 Materiales para cañerías no metálicas

---

Las cañerías no metálicas pueden ser de los siguientes tipos de materiales:

- 1) Polietilenos de alta densidad (HDPE):
  - a. Polipropileno (PP).
  - b. Polifluoruro de vinilideno (PVDF).
  - c. Policloruro de vinilideno (PVDC).
- 2) Cloruro de polivinilo (PVC) y Policloruro de vinilo clorado (CPVC).
- 3) Poliéster reforzado (RTR).
- 4) Resinas termo endurecibles.

**Polietilenos de alta densidad (HDPE):** son polietilenos de alto peso molecular. Tienen muy buenas propiedades de resistencia al ataque químico. Son insolubles a todos los solventes orgánicos e inorgánicos, y sólo son atacados a temperatura ambiente y en el transcurso del tiempo por los ácidos cítrico y nítrico, ambos concentrados.

La temperatura de trabajo oscila entre un mínimo de  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  y un máximo de  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ , en algunos casos hasta  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Las cañerías de polietileno reforzado se sueldan sin material de aporte por medio de aparatos diseñados para tal fin. Se rectifican los extremos del caño utilizando cuchillos rectificadores, luego se enfrentan los extremos tomados por mordazas que se presionan por medio de un sistema hidráulico. La desviación máxima admisible entre las porciones a unir es de  $0,5\text{ mm}$ . Luego se coloca un elemento calefactor hasta lograr una temperatura de  $220\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Al fusionarse los extremos se produce la unión, luego de un tiempo que es función del espesor y que varía de 30 a 40 segundos para espesores de 2 a  $3,9\text{ mm}$ , hasta llegar a tiempos de 210 a 250 segundos para espesores de  $28,3$  a  $32,3\text{ mm}$ . La presión se aplica en forma lenta y gradual hasta alcanzar  $1,5$  a  $2\text{ Kg/cm}^2$  y se mantiene durante un tiempo de 4 a 40 segundos según el espesor a unir.

**Cloruro de polivinilo (PVC) y Policloruro de vinilo clorado (CPVC):** existen cuatro tipos de PVC, y a su vez tienen diferentes grados. El tipo I (más apropiado) tiene excelente resistencia a la tracción y buena resistencia química aunque su resistencia al impacto es menor que la del tipo II.

Las ventajas económicas y técnicas del PVC son:

- Gran resistencia a la corrosión.
- Alta resistencia química.
- Alta resistencia al envejecimiento.
- Bajo coeficiente de elasticidad.
- Bajo coeficiente de fricción.
- Bajo peso.
- Facilidad de instalación.
- Gran resistencia al golpe de ariete.

Por otro lado, las limitaciones del PVC son:

- A temperaturas cercanas o inferiores a 0 °C su resistencia al impacto se reduce.
- Para conducción de fluidos a presión y a temperaturas mayores a 25 °C debe aplicarse un factor para reducir la presión máxima de trabajo o aumentar el espesor de la pared del caño.
- La cañería de PVC tipo I grado I no debe quedar expuesta a los rayos solares por periodos prolongados.

Las propiedades del CPVC son similares a las del PVC, con la diferencia en que las temperaturas máximas de trabajo son diferentes. Las temperaturas máximas de trabajo para el PVC y el CPVC son 70 °C y 90 °C, respectivamente.

Los acoplamientos entre cañerías de PVC empleados para la conducción de agua son por unión espiga campana con anillo elastómero y unión pegada con cemento solvente.

**Poliéster reforzado (RTR):** son resinas termo endurecibles reforzadas con fibra de vidrio.

Los caños de RTR tienen las siguientes características:

- Alta resistencia, incluso superior al acero.
- Resistencia a la corrosión. Las cañerías de RTR son resistentes a la corrosión externa e interna para la mayoría de las aplicaciones de transporte de fluidos. La resina se selecciona según el tipo de agente químico.
- Costo nulo de mantenimiento. Siempre que se proteja de la acción de agentes ambientales (rayos ultravioleta).
- Bajo peso. A iguales dimensiones, constituyen un 15% del peso del acero, 5% del peso del hormigón y 35% del peso del polietileno.
- Mayor temperatura de trabajo. Soporta hasta 130 °C.

Hay distintos tipos de refuerzos de fibra de vidrio según deban ser utilizados, tales como:

- De resistencia eléctrica (E).
- Para ambiente ácido (E-CR).
- De resistencia química (C).
- De alta resistencia mecánica (S).
- De resistencia alcalina (AR).

**Resinas termo endurecibles:** las más usadas son del tipo poliéster o epóxicas. Las resinas de poliéster se usan para grandes diámetros y las epóxicas para diámetros pequeños.

Estas resinas son curadas por calor o por aditivos químicos y una vez logrado esto, no pueden volver a fundirse y además son insolubles.

El exterior de la cañería de RTR se protege con una capa de resina de 0,1 a 0,2 mm de espesor, que contiene filtro de rayos ultravioleta y una solución de cera parafinada. Ese último elemento asegura un curado adecuado de la superficie exterior, evitando a la vez que la misma quede pegajosa.

#### 4.7.2 Canalización de abastecimiento del tanque de calentamiento de agua

En la presente sección nos dedicaremos a la determinación de la cañería o conducto que alimentará el tanque de calentamiento de agua diseñado en la sección 4.1.

Para iniciar el análisis y establecimiento de la solución, haremos las siguientes afirmaciones:

- 1) El agua de alimentación (agua corriente) se encuentra a una temperatura similar a la del ambiente. Dicha temperatura ambiente es aproximadamente igual a 25 °C.
- 2) Habiendo afirmado que la temperatura del agua de alimentación es igual a la temperatura ambiente, no consideraremos fenómenos de transferencia de calor hacia el ambiente.
- 3) La ausencia de transferencia de calor hace innecesaria la implementación de un aislante térmico tanto en el conducto como en las válvulas, bridas y accesorios que vayan a colocarse en el trazado. En consecuencia, los cálculos para el diseño de la canalización se simplifican considerablemente.
- 4) Considerando que la diferencia de alturas entre el tanque de calentamiento de agua y la red de agua corriente (punto donde debe efectuarse la conexión del conducto) no será demasiada, se hace innecesaria la colocación de una bomba centrífuga para impulsar el líquido. En consecuencia, el desplazamiento del agua dentro del conducto se hará por medio de la presión interna existente en la red de agua corriente.
- 5) Al prescindir de una bomba centrífuga, se vuelve innecesario calcular la pérdida de presión dentro de la canalización, también llamada pérdida de carga por frotamiento.

Teniendo en cuenta las ventajas de las cañerías no metálicas respecto a las metálicas, expresadas en la sección 4.7.1.14, hemos de seleccionar como material para la canalización un polímero.

Dentro de los tipos de polímeros estudiados en la sección 4.7.1.15, seleccionamos el cloruro de polivinilo (PVC).

Debido a que la temperatura del agua de alimentación es aproximadamente 25 °C y la temperatura máxima que soporta el PVC es 70 °C, podemos utilizar este material para el conducto sin que ocurra ningún problema. Por otro lado, el potencial corrosivo del agua corriente es prácticamente nulo, lo cual hace innecesaria la aplicación de materiales especiales resistentes a la oxidación.



Fig. 4.7.16: Caño de PVC de 2" de diámetro exterior.

El conducto seleccionado (figura 4.7.16) será provisto por el comercio **Casa Sbiroli**, con ubicación en la ciudad de La Rioja.

##### Dimensiones del conducto:

- Diámetro interior,  $\text{Ø1} = 47,8 \text{ mm}$ ,
- Diámetro exterior,  $\text{Ø2} = 50,8 \text{ mm}$  (2").

- Espesor: 1,5 mm.
- Longitud: 6 metros.

#### 4.7.3 Canalización de abastecimiento del recipiente de mezclado de agua y componentes excipientes.

En la presente sección nos dedicaremos a la determinación de la cañería o conducto que alimentará el recipiente de mezclado de agua y componentes excipientes diseñado en la sección 4.5.

Para iniciar el análisis y establecimiento de la solución, haremos las siguientes afirmaciones:

- 1) El agua que circulará por el conducto se encuentra a la temperatura de ebullición, la cual es aproximadamente 100 °C.
- 2) Teniendo en cuenta que la temperatura del ambiente es aproximadamente 25 °C y la temperatura del agua en el interior del conducto es 100 °C, habrá transferencia de calor hacia el ambiente. Dicha transferencia de calor se traduce en pérdidas de energía y en consecuencia el proceso se vuelve menos eficiente.
- 3) La presencia de transferencia de calor hace necesaria la implementación de aislación térmica tanto en el conducto como en las válvulas, bridas y accesorios que vayan a colocarse en el trazado.
- 4) Considerando que existirá una leve diferencia de alturas entre el recipiente de mezclado de agua y componentes excipientes, y el tanque de calentamiento de agua (el segundo estará a mayor altura que el primero), se hace innecesaria la colocación de una bomba centrífuga para impulsar el líquido. En consecuencia, el desplazamiento del agua hervida a través del conducto se hará por gravedad.
- 5) Al prescindir de una bomba centrífuga, se vuelve innecesario calcular la pérdida de presión dentro de la canalización, también llamada pérdida de carga por frotamiento.

##### 4.7.3.1 Selección del material del conducto y el aislante térmico

La temperatura del agua que circulará por el conducto (100 °C) imposibilita la selección de un material polimérico, de modo que tomamos en consideración un conducto de acero inoxidable AISI 304 (figura 4.7.17) provisto por la empresa nacional **LARinox**. Este tipo de acero es el implementado para la construcción del tanque de calentamiento de agua diseñado en la sección 4.1.2. Los datos característicos del conducto son:

- Diámetro interior,  $\varnothing 1 = 47,8 \text{ mm} = 0,0478 \text{ m}$ .
- Diámetro exterior,  $\varnothing 2 = 50,8 \text{ mm} (2") = 0,0508 \text{ m}$ .
- Espesor: 1,5 mm.
- Longitud: 3 metros.
- Coeficiente de conductividad térmica promedio,  $k_1 = 14,9 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$  (tabla 11.2.4).



Fig. 4.7.17: Conducto de Acero Inoxidable AISI 304, diámetro exterior 2".

El aislante térmico seleccionado es la lana de vidrio, que da resultados muy favorables en instalaciones de conservación de calor. Los datos característicos del aislante térmico son:



- Espesor: 20 mm (2 cm, valor general del radio crítico de aislamiento, expresado en la sección 4.7.1.6).
- Diámetro exterior,  $\varnothing_3 = 72,3$  cm.
- Coeficiente de conductividad térmica promedio,  $k_2 = 0,05$  W/m °C (tabla 11.2.5).

#### 4.7.3.2 Cálculo de la transferencia de calor

Para calcular la transferencia de calor desde el interior del conducto hacia el ambiente aplicaremos las ecuaciones 4.7.9, 4.7.10 y posteriormente la 4.7.6.

$$R_{total} = R_{conv.1} + R_{cond} + R_{aisl} + R_{conv.2} \quad 4.7.9$$

$$R_{total} = \frac{1}{A_1 * h_1} + \frac{\ln(r_2/r_1)}{2 * \pi * L * k_1} + \frac{\ln(r_3/r_2)}{2 * \pi * L * k_2} + \frac{1}{A_2 * h_2} \quad 4.7.10$$

Los coeficientes de convección a utilizar son:

- $h_1$ : 18,75 W/m<sup>2</sup> °C.
- $h_2$ : 90 W/m<sup>2</sup> °C.

El cálculo de la transferencia de calor se hará por metro de conducto, de modo que  $L=1$ m.

Calculamos las áreas  $A_1$  y  $A_2$ :

$$A_1 = 2 * \pi * r_1 * L = 2 * \pi * \frac{\varnothing_1}{2} * L = \pi * 0,0478 \text{ m} * 1 \text{ m} = 0,1502 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 2 * \pi * r_2 * L = 2 * \pi * \frac{\varnothing_2}{2} * L = \pi * 0,0508 \text{ m} * 1 \text{ m} = 0,1596 \text{ m}^2$$

Ahora, combinando las ecuaciones 4.7.9 y 4.7.10 calcularemos las resistencias térmicas.

- Resistencia por convección interna:

$$R_{conv.1} = \frac{1}{A_1 * h_1} = \frac{1}{0,1502 \text{ m}^2 * 18,75 \frac{W}{m^2 * ^\circ C}} = 0,3551 \frac{^\circ C}{W}$$

- Resistencia por conducción del conducto:

$$R_{cond} = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2 * \pi * L * k_1} = \frac{\ln\left(\frac{50,8}{47,8}\right)}{2 * \pi * 1 \text{ m} * 14,9 \frac{W}{m * ^\circ C}} = 0,0006 \frac{^\circ C}{W}$$

- Resistencia por conducción del aislante:

$$R_{aisl} = \frac{\ln(r_3/r_2)}{2 * \pi * L * k_2} = \frac{\ln\left(\frac{70,8}{50,8}\right)}{2 * \pi * 1 \text{ m} * 0,05 \frac{W}{m * ^\circ C}} = 1,0567 \frac{^\circ C}{W}$$

- Resistencia por convección exterior:

$$R_{conv.2} = \frac{1}{A_2 * h_2} = \frac{1}{0,1596 \text{ m}^2 * 90 \frac{W}{\text{m}^2 * ^\circ C}} = 0,0696 \frac{^\circ C}{W}$$

Ahora, aplicando la ecuación 4.7.9 y reemplazando los valores de resistencias individuales determinados anteriormente, calculamos la resistencia térmica total:

$$R_{total} = R_{conv.1} + R_{cond} + R_{aisl} + R_{conv.2} \quad 4.7.9$$

$$R_{total} = 0,3551 \frac{^\circ C}{W} + 0,0006 \frac{^\circ C}{W} + 1,0567 \frac{^\circ C}{W} + 0,0696 \frac{^\circ C}{W}$$

$$R_{total} = 1,482 \frac{^\circ C}{W}$$

Una vez calculada la resistencia térmica total, aplicamos la ecuación 4.7.6 para calcular la transferencia de calor, sabiendo que las temperaturas interior ( $T_{01}$ ) y exterior ( $T_{02}$ ) son 100 °C y 25 °C, respectivamente.

$$Q \cdot = \frac{(T_{01} - T_{02})}{R_{total}} \quad 4.7.6$$

Reemplazamos los valores de temperatura y la resistencia térmica total:

$$Q \cdot = \frac{100 \text{ } ^\circ C - 25 \text{ } ^\circ C}{1,482 \frac{^\circ C}{W}} \quad Q \cdot = 50,61 \text{ W}$$

Una vez obtenida la tasa de transferencia de calor, calculamos las caídas de temperatura en el conducto y el aislante, aplicando las ecuaciones 4.7.11 y 4.7.12, respectivamente:

$$\Delta T_{tubo} = 50,61 \text{ W} * 0,0006 \frac{^\circ C}{W} \quad \Delta T_{tubo} = 0,0304 \text{ } ^\circ C$$

$$\Delta T_{aisl} = 50,61 \text{ W} * 1,0567 \frac{^\circ C}{W} \quad \Delta T_{aisl} = 53,48 \text{ } ^\circ C$$

Como podemos observar, la caída de temperatura en el conducto es prácticamente despreciable, y la caída significativa se produce en la capa del aislante térmico.

Del mismo modo que se efectúa la aislación térmica del conducto, también es necesario efectuar la aislación de las válvulas que estén presentes en la canalización, ya que las

pérdidas de calor pueden alcanzar valores de entre 105 Kcal/hora (122 W) y 120 Kcal/hora (139,5 W), en base a lo expresado en la primera tabla de la sección 4.7.1.7.

---

#### **4.7.4 Canalizaciones de abastecimiento del recipiente de mezclado de vaselina y glicerina**

---

En la presente sección nos dedicaremos a la determinación de las cañerías o conductos que alimentarán el recipiente de mezclado de vaselina y glicerina diseñado en la sección 4.4.

Para iniciar el análisis y establecimiento de la solución, haremos las siguientes afirmaciones:

- 1) Tanto la vaselina como la glicerina, ambas almacenadas, se encuentran a una temperatura similar a la del ambiente. Dicha temperatura ambiente es aproximadamente igual a 25 °C.
- 2) Habiendo afirmado que la temperatura de la vaselina y glicerina es igual a la temperatura ambiente, no consideraremos fenómenos de transferencia de calor hacia el ambiente.
- 3) La ausencia de transferencia de calor hace innecesaria la implementación de un aislante térmico tanto en el conducto como en las válvulas, bridas y accesorios que vayan a colocarse en el trazado. En consecuencia, los cálculos para el diseño de la canalización se simplifican considerablemente.
- 4) Considerando que habrá una diferencia de alturas entre los tanques de almacenamiento y el recipiente de mezclado (este último a menor altura), se hace innecesaria la colocación de bombas centrífugas para impulsar los fluidos. En consecuencia, el desplazamiento de la vaselina y glicerina dentro de los conductos se hará por gravedad.
- 5) Al prescindir de bombas centrífugas, se vuelve innecesario calcular la pérdida de presión dentro de las canalizaciones.
- 6) Al tratarse de fluidos de naturaleza no corrosiva, se vuelve innecesario considerar la implementación de materiales de tipo inoxidable.
- 7) Tanto la vaselina como la glicerina tienen viscosidades relativamente mayores que el agua corriente, es por ello que el material a seleccionarse para utilizar como conducto, debe tener una superficie interior lo suficientemente lisa para evitar posibles inconvenientes en la circulación de los fluidos.

Teniendo en cuenta las ventajas de las cañerías no metálicas respecto a las metálicas, expresadas en la sección 4.7.1.14, hemos de seleccionar como material para la canalización un polímero.

Dentro de los tipos de polímeros estudiados en la sección 4.7.1.15, seleccionamos el cloruro de polivinilo (PVC), como el mostrado en la figura 4.7.16.

Debido a que la temperatura de la vaselina y glicerina es aproximadamente 25 °C y la temperatura máxima que soporta el PVC es 70 °C, podemos utilizar este material para el conducto sin que ocurra ningún problema. Por otro lado, el potencial corrosivo de la vaselina y glicerina es nulo, lo cual hace innecesaria la aplicación de materiales especiales resistentes a la oxidación.

Los conductos de PVC serán provistos por el comercio **Casa Sbiroli**, con ubicación en la ciudad de La Rioja.

#### **Dimensiones del conducto:**

- Diámetro interior,  $\text{Ø1} = 47,8 \text{ mm}$ .
- Diámetro exterior,  $\text{Ø2} = 50,8 \text{ mm}$  (2").
- Espesor: 1,5 mm.
- Longitud: 7 metros (3,5 metros por conducto).

---

#### **4.7.5 Canalizaciones de abastecimiento de la amasadora**

---

En las secciones 4.4 y 4.5 hemos diseñado los recipientes de mezclado de vaselina y glicerina, y agua y componentes excipientes, respectivamente. En la presente sección nos dedicaremos a la determinación de las cañerías o conductos que alimentarán la amasadora, provenientes de dichos recipientes de mezclado.

---

##### **4.7.5.1 Selección del material de los conductos y el aislante térmico**

---

Como dijimos anteriormente, la amasadora se alimentará a través de dos conductos: un conducto ha de transportar la mezcla de vaselina y glicerina, y el otro conducto ha de transportar la mezcla de agua y componentes excipientes.

Para iniciar el análisis y establecimiento de la solución respecto a la canalización que comunica el recipiente de mezclado de agua y componentes excipientes con la amasadora, haremos las siguientes afirmaciones:

- 1) La mezcla de agua y componentes excipientes que circulará por el conducto se encuentra a una temperatura levemente menor a la de ebullición debido a las pérdidas de calor en el recipiente de mezclado.
- 2) Teniendo en cuenta que la temperatura del ambiente es aproximadamente 25 °C y la temperatura de la mezcla en el interior del conducto es 100 °C, habrá transferencia de calor hacia el ambiente. Dicha transferencia de calor se traduce en pérdidas de energía y en consecuencia el proceso se vuelve menos eficiente.
- 3) La presencia de transferencia de calor hace necesaria la implementación de aislación térmica tanto en el conducto como en las válvulas, bridas y accesorios que vayan a colocarse en el trazado.
- 4) Considerando que existirá una leve diferencia de alturas entre el recipiente de mezclado de agua y componentes excipientes, y la amasadora (esta última estará a menor altura) se hace innecesaria la colocación de una bomba centrífuga para impulsar el líquido. En consecuencia, el desplazamiento del agua hervida a través del conducto se hará por gravedad.
- 5) Al prescindir de una bomba centrífuga, se vuelve innecesario calcular la pérdida de presión dentro de la canalización, también llamada pérdida de carga por frotamiento.
- 6) Al tratarse de una mezcla de agua y componentes excipientes donde hay presencia de ácido cítrico (acidificante), es necesario considerar la implementación de un material capaz de soportar la corrosión.

En base a lo expresado en la sección 4.7.1.2, seleccionaremos como material para el conducto el acero inoxidable 316, que tiene excelente resistencia a la corrosión.

### Dimensiones del conducto:

- Diámetro interior: 47,8 mm = 0,0508 m.
- Diámetro exterior: 50,8 mm (2") = 0,0508 m.
- Espesor: 1,5 mm.
- Longitud: 2 metros.

Ahora, para iniciar el análisis y establecimiento de la solución respecto a la canalización que comunica el recipiente de mezclado de vaselina y glicerina con la amasadora, haremos las siguientes afirmaciones:

- 1) La mezcla de vaselina y glicerina que circulará por el conducto se encuentra a una temperatura de 60 °C.
- 2) Teniendo en cuenta que la temperatura del ambiente es aproximadamente 25 °C y la temperatura de la mezcla en el interior del conducto es 60 °C, habrá transferencia de calor hacia el ambiente. Dicha transferencia de calor se traduce en pérdidas de energía y en consecuencia el proceso se vuelve menos eficiente.
- 3) La presencia de transferencia de calor hace necesaria la implementación de aislación térmica tanto en el conducto como en las válvulas, bridas y accesorios que vayan a colocarse en el trazado.
- 4) Considerando que existirá una leve diferencia de alturas entre el recipiente de mezclado de vaselina y glicerina y la amasadora (esta última estará a menor altura) se hace innecesaria la colocación de una bomba centrífuga para impulsar el líquido. En consecuencia, el desplazamiento del agua hervida a través del conducto se hará por gravedad.
- 5) Al prescindir de una bomba centrífuga, se vuelve innecesario calcular la pérdida de presión dentro de la canalización, también llamada pérdida de carga por frotamiento.
- 6) Al tratarse de una mezcla de vaselina y glicerina, no es necesario considerar materiales anti corrosivos. Por el contrario, la mezcla tiene propiedades lubricantes para el conducto.

En base a lo expresado en la sección 4.7.1.2, seleccionaremos como material para el conducto el acero inoxidable 316.

Los datos característicos del conducto son:

- Diámetro interior: 47,8 mm = 0,0478 m.
- Diámetro exterior: 50,8 mm (2") = 0,0508 m.
- Espesor: 1,5 mm.
- Longitud: 2 metros.
- Coeficiente de conductividad térmica promedio,  $k_1 = 13,4 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$  (tabla 11.2.4)

---

#### 4.7.5.2 Cálculo de las transferencias de calor

---

El cálculo de la transferencia de calor para el conducto que transporta la mezcla de agua y componentes excipientes no se efectuará, ya que las condiciones son exactamente las mismas que para el conducto que transporta el agua caliente hacia el recipiente de mezclado (sección 4.7.3). No obstante, es necesario calcular la transferencia de calor para el conducto que transporta la mezcla de vaselina y glicerina a 60 °C.

Para calcular la transferencia de calor desde el interior del conducto hacia el ambiente aplicaremos las ecuaciones 4.7.9, 4.7.10 y posteriormente la 4.7.6.

$$R_{total} = R_{conv.1} + R_{cond} + R_{aisl} + R_{conv.2} \quad 4.7.9$$

$$R_{total} = \frac{1}{A_1 * h_1} + \frac{\ln(r_2/r_1)}{2 * \pi * L * k_1} + \frac{\ln(r_3/r_2)}{2 * \pi * L * k_2} + \frac{1}{A_2 * h_2} \quad 4.7.10$$

Los coeficientes de convección a utilizar son:

- h1: 11,25 W/m<sup>2</sup>°C.
- h2: 90 W/m<sup>2</sup> °C.

El cálculo de la transferencia de calor se hará por metro de conducto, de modo que L=1m.

Calculamos las áreas A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub>:

$$A_1 = 2 * \pi * r_1 * L = 2 * \pi * \frac{\varnothing_1}{2} * L = \pi * 0,0478 \text{ m} * 1 \text{ m} = 0,1502 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 2 * \pi * r_2 * L = 2 * \pi * \frac{\varnothing_2}{2} * L = \pi * 0,0508 \text{ m} * 1 \text{ m} = 0,1596 \text{ m}^2$$

Ahora, combinando las ecuaciones 4.7.9 y 4.7.10 calcularemos las resistencias térmicas.

- Resistencia por convección interna:

$$R_{conv.1} = \frac{1}{A_1 * h_1} = \frac{1}{0,1502 \text{ m}^2 * 11,25 \frac{W}{\text{m}^2 * \text{°C}}} = 0,5918 \frac{\text{°C}}{W}$$

- Resistencia por conducción del conducto:

$$R_{cond} = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2 * \pi * L * k_1} = \frac{\ln\left(\frac{50,8}{47,8}\right)}{2 * \pi * 1 \text{ m} * 13,4 \frac{W}{\text{m} * \text{°C}}} = 0,0007 \frac{\text{°C}}{W}$$

- Resistencia por conducción del aislante:

$$R_{aisl} = \frac{\ln(r_3/r_2)}{2 * \pi * L * k_2} = \frac{\ln\left(\frac{70,8}{50,8}\right)}{2 * \pi * 1 \text{ m} * 0,05 \frac{W}{\text{m} * \text{°C}}} = 1,0567 \frac{\text{°C}}{W}$$

- Resistencia por convección exterior:

$$R_{conv.2} = \frac{1}{A_2 * h_2} = \frac{1}{0,1596 \text{ m}^2 * 90 \frac{W}{\text{m}^2 * \text{°C}}} = 0,0696 \frac{\text{°C}}{W}$$

Ahora, aplicando la ecuación 4.7.9 y reemplazando los valores de resistencias individuales determinados anteriormente, calculamos la resistencia térmica total:

$$R_{total} = R_{conv.1} + R_{cond} + R_{aisl} + R_{conv.2} \quad 4.7.9$$

$$R_{total} = 0,5918 \frac{^{\circ}C}{W} + 0,0007 \frac{^{\circ}C}{W} + 1,0567 \frac{^{\circ}C}{W} + 0,0696 \frac{^{\circ}C}{W}$$

$$R_{total} = 1,7188 \frac{^{\circ}C}{W}$$

Una vez calculada la resistencia térmica total, aplicamos la ecuación 4.7.6 para calcular la transferencia de calor, sabiendo que las temperaturas interior ( $T_{01}$ ) y exterior ( $T_{02}$ ) son 60 °C y 25 °C, respectivamente.

$$Q = \frac{(T_{01} - T_{02})}{R_{total}} \quad 4.7.6$$

Reemplazamos los valores de temperatura y la resistencia térmica total:

$$Q = \frac{60 \text{ }^{\circ}C - 25 \text{ }^{\circ}C}{1,7188 \frac{^{\circ}C}{W}}$$

$$Q = 20,36 \text{ W}$$

Una vez obtenida la tasa de transferencia de calor, calculamos las caídas de temperatura en el conducto y el aislante, aplicando las ecuaciones 4.7.11 y 4.7.12, respectivamente:

$$\Delta T_{tubo} = 20,36 \text{ W} * 0,0007 \frac{^{\circ}C}{W}$$

$$\Delta T_{tubo} = 0,0142 \text{ }^{\circ}C$$

$$\Delta T_{aisl} = 20,36 \text{ W} * 1,0567 \frac{^{\circ}C}{W}$$

$$\Delta T_{aisl} = 21,52 \text{ }^{\circ}C$$

Como podemos observar, la caída de temperatura en el conducto es prácticamente despreciable, y la caída significativa se produce en la capa del aislante térmico.

Del mismo modo que se efectúa la aislación térmica del conducto, también es necesario efectuar la aislación de las válvulas que estén presentes en la canalización, ya que las pérdidas de calor pueden alcanzar valores de entre 52,5 Kcal/hora (61 W) y 60 Kcal/hora (69,75 W), en base a lo expresado en la primera tabla de la sección 4.7.1.7.

---

## 4.8 BLOQUES FUNCIONALES Y OPERACIONES DE LAS INSTALACIONES

---

Cualquier proceso que se pueda diseñar consta de una serie de operaciones físicas y químicas que en algunos casos son específicas del proceso considerado, pero en otros, son operaciones comunes e iguales para varios procesos. Generalmente un proceso puede descomponerse en la siguiente secuencia:

1. Materias Primas.
2. Operaciones físicas de acondicionamiento.
3. Reacciones químicas.
4. Operaciones físicas de separación.
5. Productos.

Cada una de estas operaciones es una operación unitaria, la cual tiene como objetivo modificar las condiciones de una determinada cantidad de materia en una forma más útil a nuestros fines. Este cambio puede hacerse principalmente por tres caminos:

- Modificando su masa o composición (separación de fases, mezcla, etc.).
- Modificando el nivel o calidad de la energía que posee (enfriamiento, vaporización, aumento de presión, etc.).
- Modificando sus condiciones de movimiento (aumentando o disminuyendo su velocidad o su dirección).

De acuerdo a la manera de introducir una alimentación a un proceso y de extraer el producto, los procesos industriales pueden clasificarse en:

- 1) Proceso batch o por lotes.
- 2) Proceso continuo.
- 3) Proceso semicontinuo o semibatch.

**Proceso batch o por lotes:** la alimentación es cargada al comienzo de la operación en un recipiente y luego de un cierto tiempo el contenido del recipiente es removido o descargado. En este modo de operación, no hay transferencia de materia a través de las fronteras sistema (entendiendo por sistema cualquier porción arbitraria o completa de un proceso establecido para el análisis). Esta operación también es llamada cerrada, aunque no debe asociarse este término a que esté en contacto con la atmósfera, simplemente se los llama cerrados porque no hay ingreso de materia a ser procesada ni egreso de productos durante el tiempo en que ocurre la transformación.

**Proceso continuo:** hay un flujo permanente de entrada y de salida durante todo el tiempo que dura el proceso, esto es, siempre hay un flujo de materia que ingresa por las fronteras del sistema y otro que egresa por ellas mientras se lleva a cabo la transformación.

**Proceso semicontinuo o semibatch:** cualquier forma de operar un proceso que no sea continuo ni batch.

---

### 4.8.1 Bloques funcionales de procesos industriales

---

El hecho de que el diseño de procesos tenga como finalidad conseguir la optimización de todas las actividades integradas en los procedimientos elementales, no significa



precisamente que esto se logra por la sola idea de planificar las operaciones. Por tal motivo, resulta oportuno remarcar la preponderancia que tiene la supervisión de las actividades si se pretende generar la mejora procesos y disminuir al máximo las insuficiencias. Consecuentemente, de esto surge la necesidad de estudiar la implicancia del diseño proceso desde una perspectiva global, que incluya todas las funciones relacionadas con el proyecto específico.

A la hora de automatizar un proceso productivo es necesario conocer bien de cerca los diferentes sistemas de control.

La teoría nos indica que para analizar un sistema es necesario representarlo por medio de bloques funcionales, donde cada bloque funcional tiene propiedades y características bien definidas.

Un bloque funcional está formado por distintos elementos que responden a las diferentes leyes físicas.

#### 4.8.2 Instalación de calentamiento de agua

En la sección 4.1 hemos diseñado la instalación destinada al calentamiento de agua. Ahora bien, lo que haremos es representar el bloque funcional de dicha instalación, agregando los elementos destinados al comando y control automático.

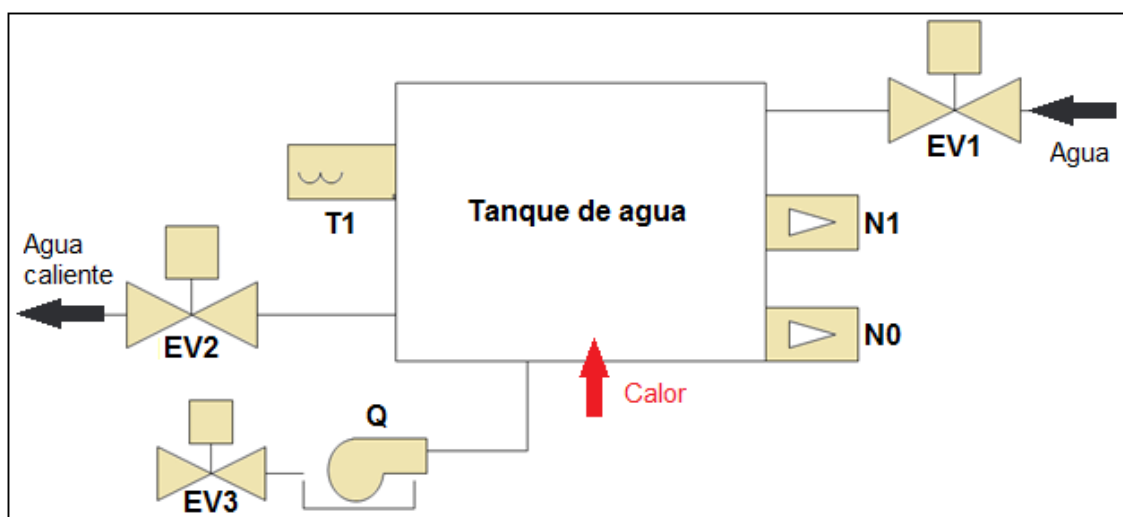


Fig. 4.8.1: Bloque funcional de la instalación de calentamiento de agua.

En la figura 4.8.1 se muestra la representación del bloque funcional de la instalación de calentamiento de agua. En dicha figura se distinguen los siguientes elementos:

- EV1: electroválvula de entrada de agua.
- EV2: electroválvula de salida de agua caliente.
- EV3: electroválvula del quemador.
- Q: quemador.
- T1: termostato, indicador de temperatura del agua.
- N0: Sensor de nivel en cero.
- N1: Sensor de nivel en 39,6 cm.

Las electroválvulas EV1, EV2 y EV3 se colocan con la finalidad de comandar a distancia la entrada de agua corriente al tanque, la salida de agua caliente de éste y la entrada de gas natural al quemador atmosférico Q, respectivamente.

El termostato T1 se implementa para medir la temperatura del agua.

Los sensores de nivel N0 y N1 se colocan para detectar falta de agua en el tanque y nivel en 112 litros, respectivamente. Cabe aclarar que el sensor de nivel N1 se monta lateralmente a una altura de 39,6 cm. Dicha altura es la que determina el volumen de 112 litros.

#### 4.8.3 Instalación de almacenamiento de componentes excipientes

En la sección 4.2 hemos diseñado la instalación destinada al almacenamiento y la alimentación de los componentes excipientes. Ahora bien, lo que haremos es representar el bloque funcional de dicha instalación, agregando los elementos destinados al comando y control automático. En este caso sólo basta con analizar un silo de almacenamiento, ya que su funcionamiento es igual al de los silos restantes.

En la figura 4.8.2 se muestra la representación del bloque funcional de la instalación de almacenamiento de componentes excipientes.

En dicha figura se distinguen los siguientes elementos:

- V1: válvula de cuchilla deslizante.
- S1: solenoide actuador.

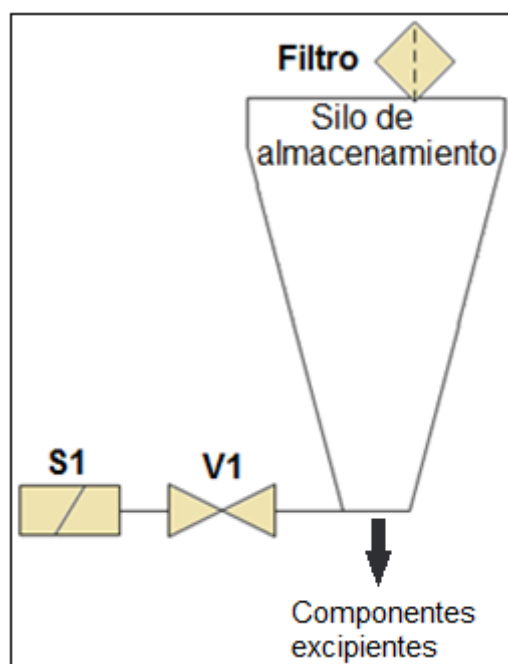


Fig. 4.8.2: Bloque funcional de la instalación de almacenamiento de componentes excipientes.

La **secuencia de operaciones** de apertura y cierre de la válvula V1 es llevada a cabo por el dosificador EOB Alfa (sección 4.2.4.3).

La válvula de cuchilla deslizante V1 es comandada por el solenoide actuador S1. Recordemos que la instalación de almacenamiento y alimentación de componentes excipientes consta de nueve silos de almacenamiento, por ende habrá nueve válvulas V1 y nueve solenoides S1.

El bloque funcional representado en la figura 4.8.2 es una simplificación de la instalación de almacenamiento y alimentación. Por otro lado, el dosificador se tratará como un elemento que cumple una serie de funciones (pesado).

#### 4.8.4 Instalación de mezclado de agua y componentes excipientes

En la sección 4.1 hemos diseñado la instalación destinada al calentamiento de agua, y en la sección 4.2 el almacenamiento y alimentación de los componentes excipientes.

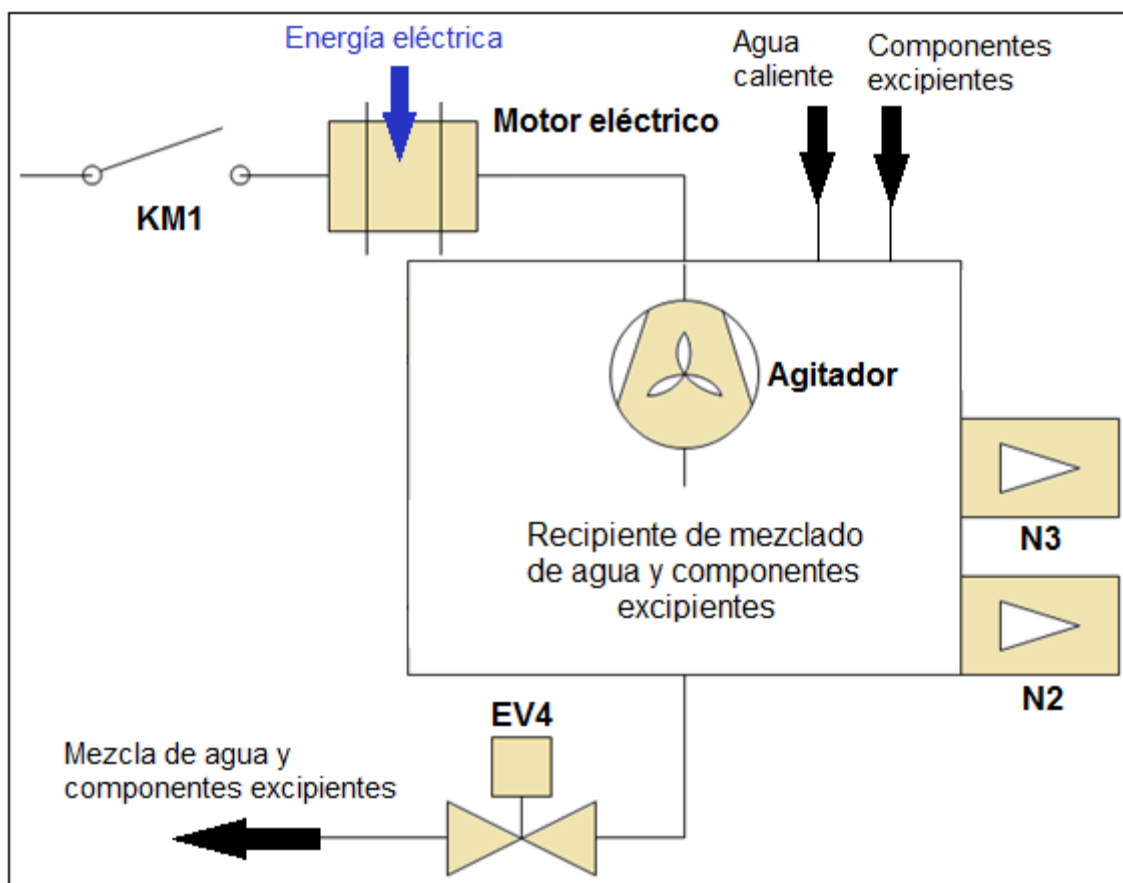


Fig. 4.8.3: Bloque funcional de la instalación de mezclado de agua y componentes excipientes.

Ahora bien, lo que haremos es representar el bloque funcional de la instalación de mezclado de agua y componentes excipientes, que ha sido diseñada en la sección 4.5.

En la figura 4.8.3 se muestra la representación del bloque funcional de la instalación de mezclado de agua y componentes excipientes. En dicha figura se distinguen los siguientes elementos:

- EV4: electroválvula de descarga de la mezcla.
- N2: nivel en cero del recipiente de mezcla.
- N3: nivel en 17,67 cm.
- KM1: contactor del motor eléctrico del agitador.

El contactor KM1 es quien comanda la energización del motor eléctrico del agitador.

Los sensores de nivel N2 y N3 indican que el recipiente está vacío, y que el nivel de agua se encuentra a un tercio de la altura del líquido, es decir a 17,67 cm, respectivamente. Dicha altura de montaje del sensor de nivel N3 es tal que el nivel de agua cubra el agitador.

#### 4.8.5 Instalación de mezclado de vaselina y glicerina

En la sección 4.4 hemos diseñado la instalación destinada al mezclado de vaselina y glicerina. Ahora bien, lo que haremos es representar el bloque funcional de la instalación.

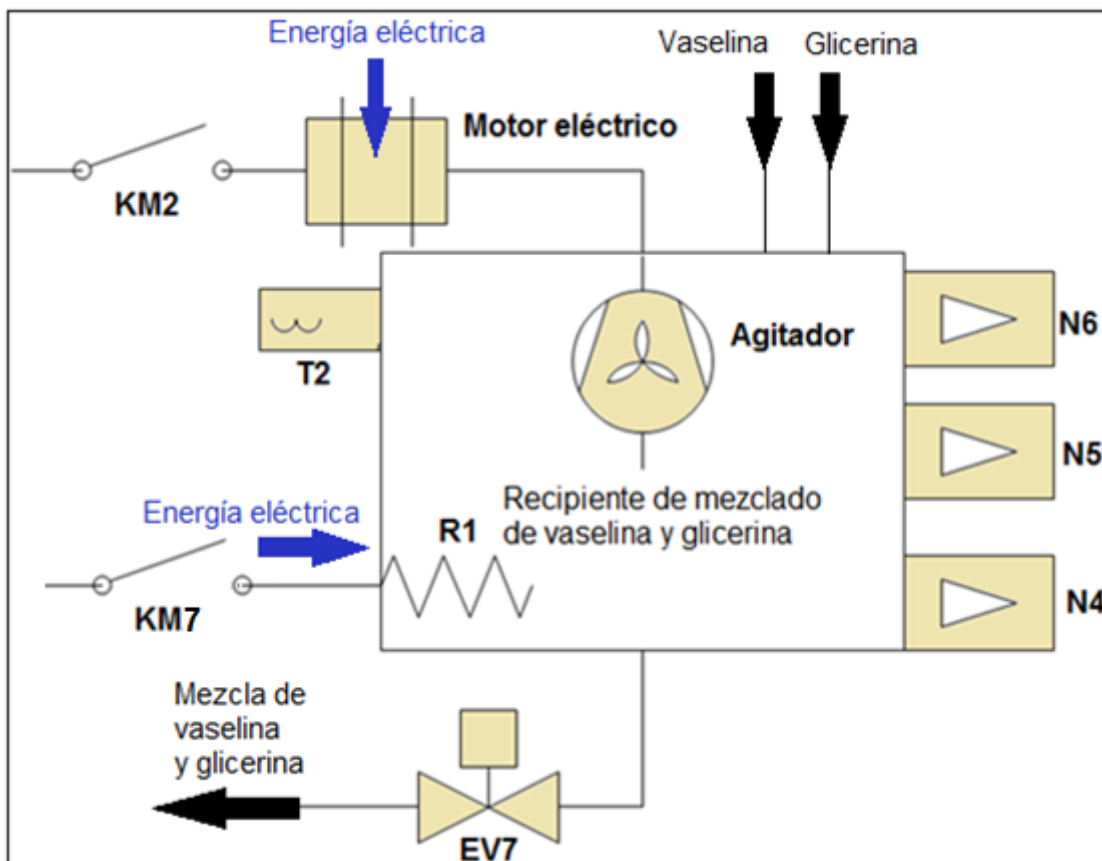


Fig. 4.8.4: Bloque funcional de la instalación de mezclado de vaselina y glicerina.

En la figura 4.8.4 se muestra la representación del bloque funcional de la instalación de mezclado de vaselina y glicerina. En dicha figura se distinguen los siguientes elementos:

- EV7: electroválvula de descarga de la mezcla.
- N4: nivel cero del recipiente de mezcla.
- N5: nivel a 9,67 cm de altura.
- N6: nivel a 29 cm de altura.
- KM2: contactor del motor eléctrico del agitador.
- R1: resistencia de calentamiento.
- KM7: Contactor de la resistencia de calentamiento.
- T2: termostato para la medición de la temperatura de la mezcla.

La resistencia R1 es quien entrega calor a la mezcla de vaselina y glicerina, para que ésta se mantenga a una temperatura de 60 °C, y el termostato T2 es quien censa dicha temperatura a fin de comandar la resistencia eléctrica de calentamiento.

#### 4.8.6 Instalación de almacenamiento de vaselina y glicerina

En la sección 4.3 hemos diseñado la instalación destinada al almacenamiento de la vaselina y glicerina. Ahora bien, lo que haremos es representar el bloque funcional de dicha instalación, agregando los elementos destinados al comando y control automático.

En la figura 4.8.5 se muestra la representación del bloque funcional de la instalación de almacenamiento de glicerina. En dicha figura se distingue el siguiente elemento:

- EV5: electroválvula de descarga de glicerina

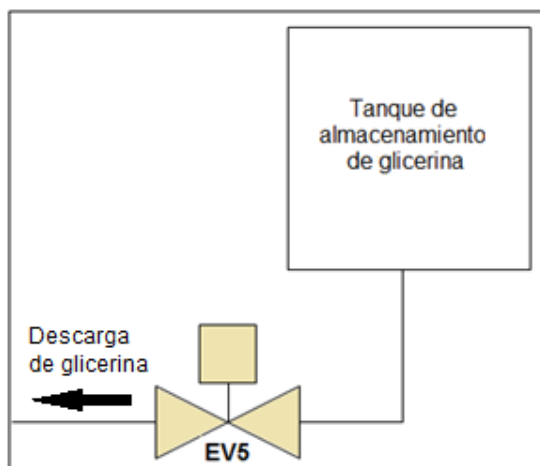


Fig. 4.8.5: Bloque funcional del tanque de almacenamiento de glicerina.

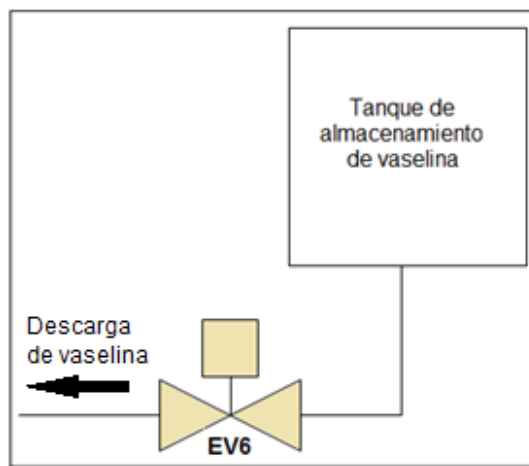


Fig. 4.8.6: Bloque funcional del tanque de almacenamiento de vaselina.

En la figura 4.8.6 se muestra la representación del bloque funcional de la instalación de almacenamiento de vaselina. En dicha figura se distingue el siguiente elemento:

- EV6: electroválvula de descarga de vaselina.

#### 4.8.7 Instalación de amasado

Siguiendo con el estudio de los bloques funcionales de las instalaciones, presentamos el bloque correspondiente a la amasadora y sus elementos complementarios descritos en la sección 2.5.1.

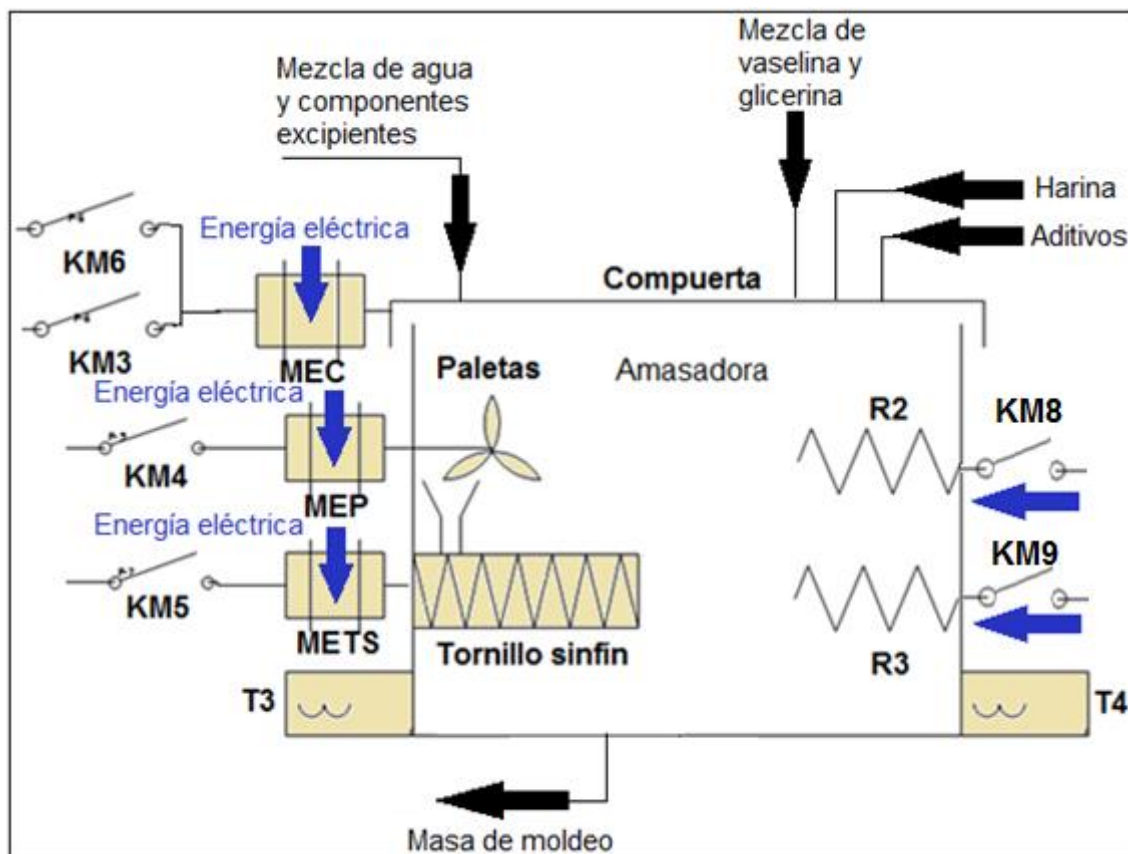


Fig. 4.8.7: Bloque funcional de la instalación de amasado.

En la figura 4.8.7 se muestra la representación del bloque funcional de la instalación de amasado. En dicha figura se distinguen los siguientes elementos:

- KM3: contactor del motor eléctrico de la bomba hidráulica de apertura de la compuerta de la amasadora.
- KM4: contactor del motor eléctrico de las paletas de la amasadora.
- KM5: contactor del motor eléctrico del tornillo sinfín.
- KM6: contactor del motor eléctrico de la bomba hidráulica de cierre de la compuerta de la amasadora.
- KM8: contactor de la resistencia R2.
- KM9: contactor de la resistencia R3.
- R2: resistencia de calentamiento del cubil de la amasadora.
- R3: resistencia de calentamiento del tornillo sinfín.
- T3: termostato del cubil de la amasadora.
- T4: termostato del tornillo sinfín.
- MEC: motor eléctrico de la compuerta de la amasadora.
- MEP: motor eléctrico de las paletas de la amasadora.
- METS: motor eléctrico del tornillo sinfín de la amasadora.

---

#### **4.8.8 Secuencia de operaciones de la planta**

---

En las secciones anteriores se mostraron los bloques funcionales individuales de cada instalación, ahora lo que haremos es unificar dichos bloques funcionales para obtener el diagrama de la planta. Posteriormente, se establecerá la secuencia de operaciones de todas las instalaciones en conjunto. Ésta secuencia mencionada será la base para elaborar la programación lógica en la sección 4.10.

En la figura 4.8.8 se muestra un diagrama de la planta, donde se distinguen los siguientes tipos de elementos:

- Electroválvulas.
- Termostatos.
- Resistencias.
- Contactores.
- Sensores de nivel.
- Otros.

Las flechas en color negro representan los flujos de materiales, las azules representan las entradas de energía eléctrica y las rojas las entradas de calor. Cabe aclarar que en las resistencias eléctricas se produce disipación de potencia eléctrica, por lo tanto hay transferencias de calor, pero en esencia, hay una entrada de energía eléctrica.

#### **Electroválvulas:**

- EV1: entrada de agua.
- EV2: salida de agua caliente.
- EV3: entrada de gas natural al quemador Q.
- EV4: descarga de la mezcla de agua y componentes excipientes.
- EV5: descarga de glicerina.
- EV6: descarga de vaselina.
- EV7: descarga de la mezcla de vaselina y glicerina.

### **Termostatos:**

- T1: tanque de calentamiento de agua.
- T2: recipiente de mezclado de vaselina y glicerina.
- T3: cubil de la amasadora.
- T4: tornillo sinfín de la amasadora.

### **Resistencias:**

- R1: del recipiente de mezclado de vaselina y glicerina.
- R2: del cubil de la amasadora.
- R3: del tornillo sinfín de la amasadora.

### **Contactores:**

- KM1: motor eléctrico del agitador del recipiente de mezclado de agua y componentes excipientes.
- KM2: motor eléctrico del agitador del recipiente de mezclado de vaselina y glicerina.
- KM3: motor eléctrico de la bomba hidráulica de apertura de la compuerta de la amasadora.
- KM4: motor eléctrico de las paletas de la amasadora.
- KM5: motor eléctrico del tornillo sinfín de la amasadora.
- KM6: motor eléctrico de la bomba hidráulica de cierre de la compuerta de la amasadora.
- KM7: resistencia R1.
- KM8: resistencia R2.
- KM9: resistencia R3.

### **Sensores de nivel:**

- N0: a cero del tanque de calentamiento de agua.
- N1: a 39,6 cm del tanque de calentamiento de agua (a 112 litros).
- N2: a cero del recipiente de mezclado de agua y componentes excipientes.
- N3: a 17,67 cm del recipiente de mezclado de agua y componentes excipientes.
- N4: a cero del recipiente de mezclado de vaselina y glicerina.
- N5: a 9,67 cm del recipiente de mezclado de vaselina y glicerina.
- N6: a 29 cm del recipiente de mezclado de vaselina y glicerina.

### **Otros:**

- Q: Quemador atmosférico.
- S1: solenoide actuador.
- V1: válvula deslizante TPV.
- MEC: motor eléctrico de la compuerta de la amasadora.
- MEP: motor eléctrico de las paletas de la amasadora.
- METS: motor eléctrico del tornillo sinfín de la amasadora.

La secuencia de operaciones de la planta se detalla a continuación.

### **Amasadora, primera etapa (preparación):**

- Inicio del proceso, mediante el accionamiento de un pulsador PM.

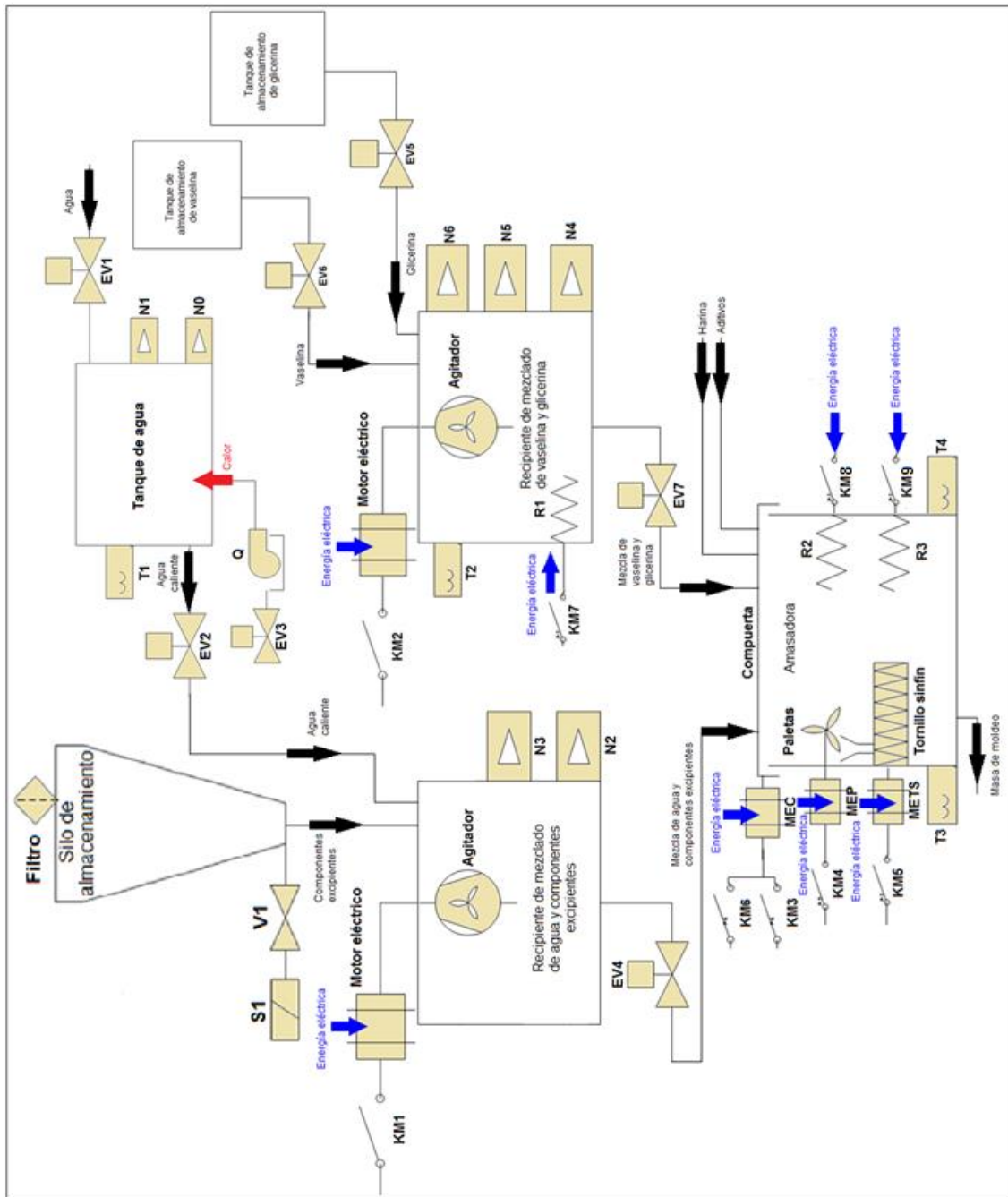


Fig. 4.8.8: Diagrama de la planta.

- Al dar inicio al proceso, se cierra la compuerta de carga de la amasadora, mediante el accionamiento del contactor KM3.
- Se energiza la resistencia del cubil de la amasadora R2 mediante el contactor KM8.
- Se energiza la resistencia del tornillo sinfín de la amasadora R3 mediante el contactor KM9.
- Cuando el termostato del cubil de la amasadora T3 detecta la temperatura de 80 °C, desenergiza la resistencia del cubil R2.
- Cuando el termostato del tornillo sinfín de la amasadora T4 detecta la temperatura de 65 °C, desenergiza la resistencia del tornillo sinfín R3.



### **Calentamiento del agua:**

- Ingresar el agua al tanque de calentamiento a través de la electroválvula EV1.
- Cuando el sensor de nivel N1 detecta que se alcanzó el nivel requerido de agua, se cierra la electroválvula EV1 y se abre la electroválvula EV3 para dar inicio a la combustión en el quemador. Al abrirse la electroválvula EV3, el sistema independiente del quemador detecta la presencia de gas y envía al piloto chispa para el encendido y posterior combustión.
- Cuando el termostato T1 ubicado en el tanque de calentamiento detecta que el agua alcanzó el punto de ebullición, se produce el cierre de la electroválvula EV3 con el consecuente apagado del quemador.
- Se abre la electroválvula EV2 para la descarga del agua caliente.

### **Mezclado de vaselina y glicerina:**

- Se abre la electroválvula de descarga de glicerina EV5. Se produce la descarga de glicerina en el recipiente de mezclado de vaselina y glicerina.
- Cuando el nivel de glicerina alcanzó la posición del sensor de nivel N5, se produce el cierre de la electroválvula EV5.
- Se abre la electroválvula de descarga de vaselina EV6. Se produce la descarga de vaselina en el recipiente de mezclado de vaselina y glicerina.
- Cuando el nivel de vaselina alcanzó la posición del sensor de nivel N6, se produce el cierre de la electroválvula EV6.
- Se da inicio al agitador mediante la energización del motor eléctrico, a través de KM2.
- Se produce el encendido de la resistencia calefactora R1 mediante el contactor KM7. Se produce el calentamiento de la mezcla de vaselina y glicerina.
- Cuando el termostato T2 detecta la temperatura de 60 °C, se produce el apagado de la resistencia R1.
- Una vez apagada la resistencia R1, asigna un tiempo de mezclado de 6 minutos.
- Transcurridos los 6 minutos de mezclado, se desenergiza el contactor KM2 de alimentación del motor eléctrico del agitador.

### **Mezclado de agua y componentes excipientes:**

- El agua caliente ingresa al recipiente de mezclado de agua y componentes excipientes a través de la electroválvula EV2.
- Cuando el agua caliente alcanzó un tercio de la altura del tanque, es decir la altura a la cual se encuentra ubicado el sensor de nivel N2, se enciende el agitador a través del contactor KM1.
- Comienza el agitado mientras sigue ingresando el agua caliente.
- Mientras se efectúa el agitado y continúa ingresando el agua caliente, se da inicio a la etapa de dosificación de los componentes excipientes.
- Cuando finaliza la dosificación y posterior descarga de los componentes excipientes en el recipiente de mezclado, se asigna un tiempo de mezclado de 3 minutos.
- Transcurridos los 3 minutos de mezclado, se desenergiza el contactor KM1 del agitador. Finaliza el mezclado.

### **Amasadora, segunda etapa (amasado):**

- Una vez detenidos los agitadores de ambos recipientes de mezclado, se abre la compuerta de la amasadora y se produce la descarga de las dos mezclas.
- Al abrirse la compuerta de carga, se enciende una luz indicadora. Dicha luz informa al operario que debe colocar la harina y los componentes aditivos en el cubil de la amasadora.
- Una vez que el operario introdujo la harina y los componentes aditivos, se cierra la compuerta.
- Al cerrarse la compuerta se da inicio al amasado mediante la energización del motor eléctrico de las paletas MEP, a través del contactor KM4.
- Habiendo cumplido un tiempo de amasado de 15 minutos, se produce la detención de las paletas. Se desenergiza el contactor KM4.
- Inmediatamente se energiza el contactor KM5. Se enciende el motor eléctrico del tornillo sinfín METS y comienza a salir la masa de moldeo de la amasadora a través de la boquilla de descarga.
- Una vez extraída la totalidad de la masa de moldeo de la amasadora, se detiene el tornillo sinfín y finaliza el proceso.

La secuencia de operaciones descrita, como dijimos al inicio de esta sección, será la base para la elaboración de la programación lógica del autómeta.

## 4.9 SENSORES, VÁLVULAS Y ACTUADORES

Para efectuar el estudio, determinación y posterior selección de los elementos destinados al comando y control de la planta, es necesario tomar como base los bloques funcionales de las instalaciones, tratados en la sección 4.8.

Es necesario tener en cuenta que en cada instalación se presentan situaciones en particular, lo cual dificulta la utilización de uno u otro elemento.

### 4.9.1 Fundamentación teórica

Antes de abordar el dimensionamiento, diseño y selección de los elementos de comando y control de la planta es necesario llevar a cabo un breve estudio teórico de los diferentes elementos que se utilizarán.

Los elementos son:

- Actuadores electromagnéticos (solenoides).
- Válvulas.
- Electroválvulas.
- Termostatos.
- Termostatos para líquidos.
- Sensores de nivel.
- Medidores de pH (acidez).
- Contactores.

#### 4.9.1.1 Actuadores electromagnéticos (solenoides)

Un solenoide (figura 4.9.1) es un dispositivo electromagnético utilizado para aplicar una fuerza mecánica lineal  $F$  en respuesta al paso de una corriente  $I$  a través de un bobinado. Dicha corriente  $I$  debe mantenerse para mantener la fuerza en el émbolo. El solenoide está conformado por una bobina hueca que se encuentra dentro de un contenedor rectangular o cilíndrico, cuyos costados suelen estar abiertos. En uno de los costados tiene un orificio en donde el émbolo es empujado hacia dentro. Cuando deja de alimentarse de corriente la bobina, el émbolo regresa a su posición original gracias a un resorte (restitución automática por resorte).

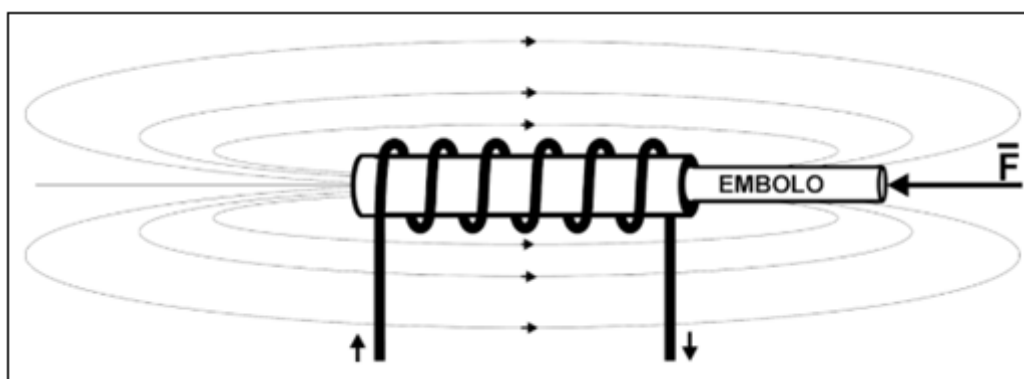


Fig. 4.9.1: Principio de funcionamiento de un solenoide.

Cuando una corriente eléctrica  $I$  fluye a través de un alambre conductor, éste genera un campo magnético cuyos polos están determinados por la dirección del flujo de la corriente  $I$  en la bobina. Si émbolo está fabricado de un material ferromagnético, el

campo magnético creado por el paso de la corriente en la bobina atraerá el émbolo hacia el centro de la bobina. Por otra parte, se coloca un resorte para que aplique una fuerza de resistencia proporcional mientras el émbolo entra en la cavidad rodeada por la bobina, de acuerdo a lo mostrado en la figura 4.9.2.

El contenedor del solenoide incrementa el campo magnético que la bobina puede ejercer al proporcionar un circuito magnético de baja reluctancia (resistencia magnética), es decir la oposición al paso del flujo magnético. Si la corriente que circula por la bobina se incrementa a tal grado que el contenedor queda completamente saturado, la fuerza de empuje del solenoide caerá abruptamente, incrementando a su vez la temperatura de la bobina.

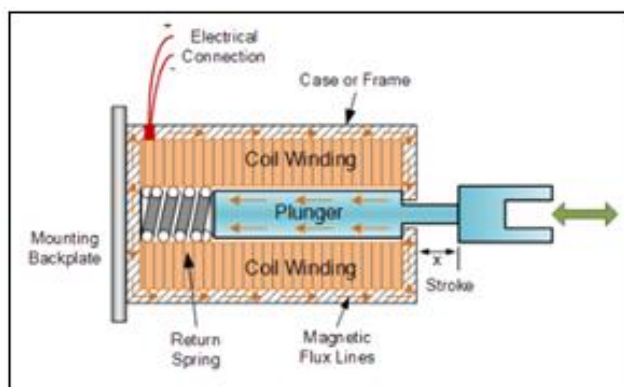


Fig. 4.9.2: Válvula solenoide.

Existen las siguientes configuraciones de solenoides:

**De tiro o disparo:** estos solenoides son los más comunes en los cuales un émbolo se desplaza mientras se energice la bobina. Cuando esto no ocurre, el émbolo vuelve a su posición inicial.

**De cierre:** en estos solenoides los émbolos contienen un imán permanente. Cuando se energiza la bobina el émbolo se mueve y cuando llega hasta el final de su carrera el imán lo mantiene ahí, incluso cuando deja de pasar corriente a través de la bobina. Para regresar el émbolo a la posición original, hay que energizar nuevamente la bobina inversamente, invirtiendo la polaridad de las conexiones.

**Rotatorios:** su funcionamiento es muy similar a un motor brushless de CD y hace que el émbolo gire un ángulo fijo (comúnmente entre los 25° y 90°) en vez de moverse linealmente. Estos solenoides pueden apreciarse en los indicadores mecánicos de los paneles de control como los de los automóviles.

Los parámetros más importantes de un solenoide son:

**Carrera del émbolo:** es la distancia que recorre el émbolo desde su posición inicial hasta su posición final.

**Ciclo de trabajo:** es el tiempo en el cual el solenoide puede estar energizado a su voltaje nominal sin sufrir sobrecalentamiento, esto es, hay un lapso en el cual puede estar energizado y después de ese lapso hay un tiempo en el cual el solenoide está apagado para disipar parte del calor generado para posteriormente volver a energizarse nuevamente. El ciclo de trabajo se determina por medio de porcentajes con la siguiente expresión:

$$\text{Ciclo de trabajo (\%)} = \frac{T_e}{T_e + T_a} * 100 \quad 4.9.1$$

Donde  $T_e$  representa el tiempo de encendido y  $T_a$  es el tiempo de apagado.

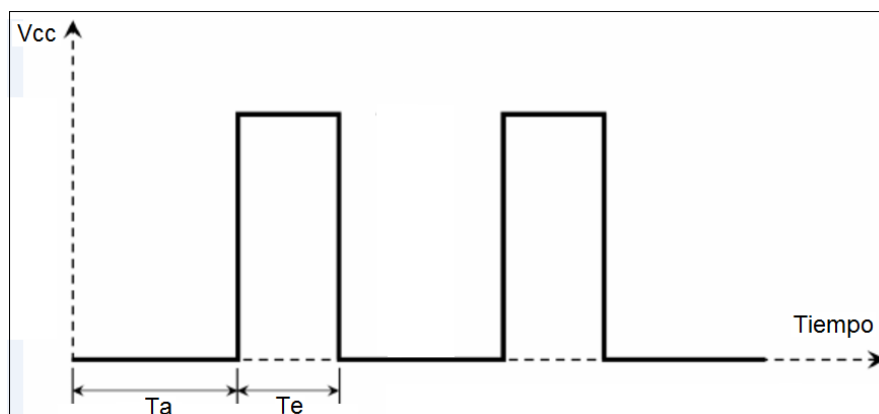


Fig. 4.9.3: Ciclo de trabajo de un solenoide.

En la figura 4.9.3 se muestra el ciclo de funcionamiento de una válvula solenoide, similar a una onda cuadrada.

Cabe mencionar que los fabricantes de los solenoides proporcionan los tiempos de encendido y apagado para su óptimo funcionamiento.

Siguiendo con el análisis del solenoide, podemos observar en la figura 4.9.1 que éste está formado por espiras. Cuando la corriente circula a través de las espiras, éstas generan una fuerza de atracción sobre el émbolo y sobre ellas mismas debido a que las corrientes circulan en el mismo sentido. Esta fuerza  $F$ , que es con la que actúa el solenoide al ser energizado, depende entonces de la cantidad de espiras que contenga la bobina, y mientras más espiras tenga mayor será la fuerza inducida. Dicha fuerza puede obtenerse de forma indirecta partiendo del estudio del circuito eléctrico de la figura 4.9.4.

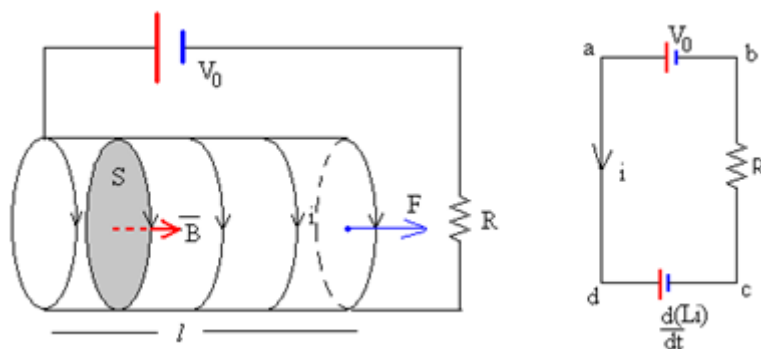


Fig. 4.9.4: Solenoide (izquierda); Circuito equivalente (derecha).

Cuando se conecta una batería  $V_0$  a una resistencia  $R$  y una autoinducción  $L$ , la corriente se incrementa, y la autoinducción se comporta como una batería  $V_L$  que se opone al incremento de corriente. La expresión para  $V_L$  se da a continuación:

$$V_L = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d(L * i)}{dt} \quad 4.9.2$$

Donde la autoinducción  $L$  ahora no es constante.

La ecuación de tensiones asociada al circuito de la figura 4.9.4 es:

$$V_o - i * R - \frac{d(L * i)}{dt} = 0 \quad 4.9.3$$

Multiplicando la expresión 4.9.3 por la corriente  $i$  y reordenando, nos queda:

$$i \frac{d(Li)}{dt} = i^2 \frac{dL}{dt} + \frac{d}{dt} \left( \frac{1}{2} Li^2 \right) - \frac{1}{2} i^2 \frac{dL}{dt} = \frac{d}{dt} \left( \frac{1}{2} Li^2 \right) + \frac{1}{2} i^2 \frac{dL}{dt} \quad 4.9.4$$

La ecuación de energía del circuito será:

$$V_o * i = i^2 * R + \frac{d}{dt} \left( \frac{1}{2} * L * i^2 \right) + \frac{1}{2} i^2 \frac{dL}{dt} \quad 4.9.5$$

En la ecuación 4.9.5 podemos distinguir:

- Primer término: es la energía por unidad de tiempo suministrada por la batería.
- Segundo término: es la energía por unidad de tiempo, que se pierde por la resistencia.
- Tercer término: es la energía por unidad de tiempo que se acumula en la autoinducción en forma de campo magnético.
- Cuarto término: es la energía por unidad de tiempo suministrada por la fuerza externa  $F$  aplicada (potencia).

De modo que, nuestro interés se centra en el análisis del cuarto término, el cual es quién determinará la magnitud de la fuerza ejercida, de modo que la expresión será:

$$-\frac{1}{2} * i^2 * \frac{dL}{dt} = F * v \quad 4.9.6$$

En la expresión 4.9.6,  $F$  es la fuerza y  $v$  es la velocidad lineal.

La batería y el trabajo de la fuerza externa contribuyen por una parte, a incrementar la energía del campo magnético en el interior del solenoide y por otra a calentar la resistencia.

En caso de un solenoide de longitud  $l$ , formado por  $N$  espiras de sección  $S$ , y permeabilidad magnética en el vacío  $\mu_o$ , la inductancia del mismo será:

$$L = \frac{\mu_o * N^2 * S}{l} \quad 4.9.7$$

Derivando la expresión 4.9.7 y combinándola con la expresión 4.9.6 despejamos la fuerza  $F$  ejercida por el solenoide, que será:

$$F = \frac{1}{2\mu_o} * \left( \mu_o * \frac{N * i}{l} \right)^2 * S \quad 4.9.8$$

O bien:

$$F = \frac{1}{2\mu_o} * (B)^2 * S \quad 4.9.9$$

#### 4.9.1.2 Válvulas

Se denomina válvula al dispositivo que permite la regulación o el control de un determinado flujo de gases, líquidos u otras sustancias.

Las válvulas industriales pueden clasificarse según varios criterios tales como principio de funcionamiento, constitución, función, etc. A continuación se propone una clasificación general (figura 4.9.5) en los siguientes tipos:

- Mariposa.
- Diafragma.
- Bola.
- Cono.
- Compuerta.
- Cuchilla.
- Retención.
- Globo.
- Aguja.
- Pistón, etc.



Fig. 4.9.5: Tipos de válvulas.

**Válvulas de cuchilla:** son consideradas como tipo compuerta ya que tienen una lámina en su interior que sube y baja con un vástago y que permite realizar un corte al fluido de manera sencilla.

La forma en la que funcionan las válvulas de cuchilla es permitiendo el paso del fluido a través de su paso circular. Una vez que se determine que no se necesita que el fluido continúe pasando se desliza la cuchilla hacia abajo, de manera que el caudal se “corta”. La cuchilla es empujada contra el asiento permaneciendo fija y asegurando que no pase más fluido a través de la válvula y evitando atascos.

Las válvulas de cuchillas son fabricadas de hierro, de acero al carbono, acero inoxidable y por sus características son válvulas con poco peso. Pueden ser automatizadas con actuadores neumáticos, hidráulicos y electromagnéticos.

#### Aplicaciones:

- Industria química.
- Pinturas y polímeros.
- Drenajes.
- Industria petroquímica.
- Plantas potabilizadoras de agua.
- Terminales marítimas.
- Industria textil.
- Minería.
- Plantas para el tratamiento de aguas negras y residuales.
- Industria cementera.
- Producción de papel y celulosa.

### Ventajas de las válvulas de cuchilla:

- Soportan trabajo pesado.
- Por su diseño compacto ocupan poco espacio en la tubería.
- Se adaptan a todos los tipos de actuadores.
- Cuentan con dispositivos de limpieza en su parte inferior.
- Ofrecen un alto rendimiento
- Permiten un flujo total cuando están completamente abiertas y se sellan evitando el paso de cualquier fluido cuando están completamente cerradas.
- Suelen tener un limitador de carrera, lo que evita que se esfuercen de más.
- Sus asientos son intercambiables.
- Mantenimiento sencillo.
- Sello hermético.

### 4.9.1.3 Electroválvulas

Las electroválvulas son dispositivos que responden a pulsos eléctricos. Gracias a la corriente que circula a través de un solenoide como el descrito en la sección 4.9.1.1, es posible abrir o cerrar una válvula controlando, de esta forma, el flujo de fluidos. Al circular la corriente por el solenoide genera un campo magnético que atrae el núcleo móvil y al finalizar el efecto del campo magnético, el núcleo vuelve a su posición, en la mayoría de los casos por efecto de un resorte. Este principio de funcionamiento es similar al de los actuadores electromagnéticos ya mencionados en la sección 4.9.1.1.

Las electroválvulas son más fáciles de controlar mediante programas de software, y son ideales para automatizaciones industriales.

Las electroválvulas se utilizan en gran número de sistemas y rubros industriales que manejan fluidos como el agua, el aire, el vapor, aceites livianos, gases neutros y otros. En particular, las electroválvulas suelen implementarse en lugares de difícil acceso ya que pueden ser accionadas por medio de señales eléctricas. También son utilizadas en vacío o hasta en altas presiones y altas temperaturas.

Las electroválvulas pueden ser de dos hasta cinco vías. Pueden estar fabricadas de latón, acero inoxidable o PVC. Dependiendo del fluido en el que se vayan a utilizar es el material de la válvula.

En las válvulas de 2 vías, normalmente se utilizan las que funcionan con tres modalidades diferentes, dependiendo del uso que están destinadas a operar, pueden ser de acción directa, acción indirecta y acción mixta o combinada, además cada una de estas categorías puede ser normalmente cerrado (NC) o normalmente abierto (NA), esto depende de la función que se va a realizar, ya

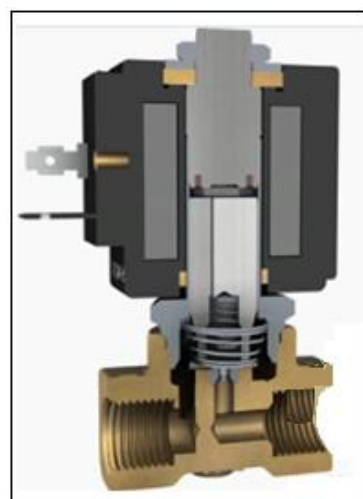


Fig. 4.9.6: Electroválvula de acción directa NC.

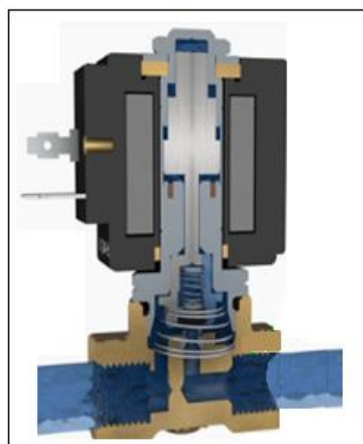


Fig. 4.9.7: Electroválvula de acción directa NA.



sea que esté cerrada y cuando reciba la señal el solenoide abre durante unos segundos, o que esté abierta y cuando reciba la señal el solenoide corte el flujo de fluido.

**Electroválvulas de acción directa:** el comando eléctrico acciona directamente la apertura o cierre de la válvula, por medio de un émbolo.

La diferencia entre las válvulas NC y las NA de acción directa es que, cuando la válvula NC (figura 4.9.6) no está energizada el émbolo permanece en una posición que bloquea el orificio de tal manera que impide el flujo del fluido, y cuando se energiza la bobina el émbolo es magnetizado de tal manera que se desbloquea el orificio y de esta manera fluye el fluido. Respecto a la NA (figura 4.9.7), cuando la bobina no está energizada, mediante la acción de un resorte el émbolo se mantiene en tal posición que siempre está abierta, y cuando se energiza la bobina la acción es hacia abajo empujando el resorte haciendo que cierre el orificio e impida que fluya el fluido.

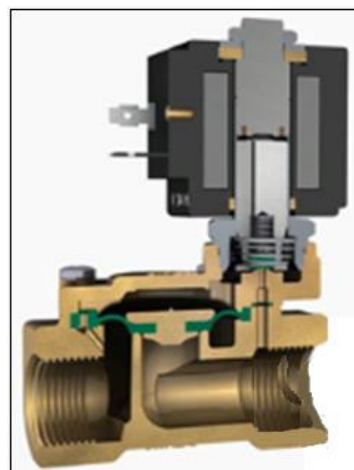


Fig. 4.9.8: Electroválvula de acción indirecta NC.

**Electroválvulas de acción indirecta:** la característica principal de la válvula del tipo acción indirecta (figura 4.9.8) es que cuando recibe el comando eléctrico se acciona el émbolo el cuál permite a su vez como segunda acción, o acción indirecta, que el diafragma principal se abra o se cierre. Esta serie de válvulas necesita una presión mínima para poder funcionar correctamente. También en esta serie de comando indirecto existen válvulas normalmente cerradas (NC) y normalmente abiertas (NA).

**Electroválvulas de acción mixta:** en las válvulas mixtas o combinadas una característica es que no requieren una presión mínima como las de acción indirecta. En estas válvulas, al igual que en las de acción indirecta, el comando de apertura se hace en 2 tiempos, primero se vacía la presión superior del diafragma grande y después, segunda acción, la presión de abajo del diafragma lo empuja para que se abra. Además el émbolo está sujeto por medio de un resorte al diafragma grande y este resorte acelera la acción de la presión de abajo hacia arriba para abrir el mismo diafragma, esta es la segunda etapa de apertura. Estas válvulas también pueden ser NC o NA.

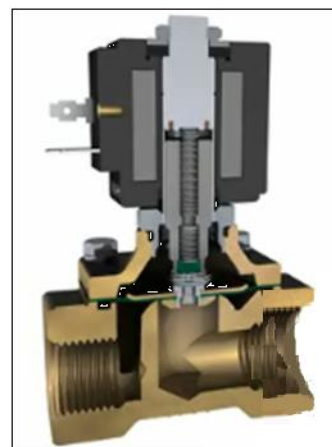


Fig. 4.9.9: Electroválvula de acción mixta NC.

---

#### 4.9.1.4 Criterios para la selección de una electroválvula

---

Para seleccionar una electroválvula se deben considerar los siguientes datos:

**Material del cuerpo de la válvula:**



Fig. 4.9.10: Electroválvulas de latón, PVC y acero inoxidable.

Existen varios tipos de material en el que están fabricadas las electroválvulas. Por ejemplo: latón, de acero inoxidable, PVC, cobre, aluminio, etc. El material que va a ocupar la electroválvula dependerá de varios factores como el ambiente al que

estará expuesta así como del material que se esté manejando, la temperatura de operación, la presión, el proceso para cual es requerida, etc. En la figura 4.9.10 se muestran a modo de ejemplo tres electroválvulas de materiales diferentes, latón, PVC y acero inoxidable.

### Producto a transportar:

Este es un punto muy importante ya que dependiendo de esta incógnita se tiene el punto de partida para seleccionar el cuerpo de la válvula, el material del diafragma interno y el tipo de accionamiento. Lo que se elija tiene que soportar el material que se va a utilizar en ella.

### Tamaño del puerto:

El tamaño del puerto dependerá de las conexiones que tenga en su aplicación ya que existen electroválvulas roscadas, bridadas, de conexión Namur, de conexión rápida, entre otras. Éstas se encuentran a medidas estándar como por ejemplo de 1/8", 1/4", 1/2", 3/8", 3/4", 1" hasta máximo 2", dependiendo del modelo.

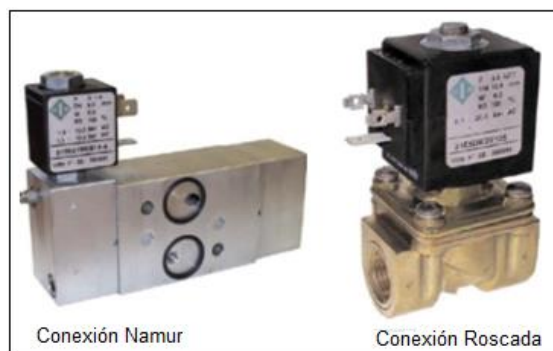


Fig. 4.9.11: Conexiones Namur y Roscada.

### Normalmente cerrado (NC) o normalmente abierto (NA):

Esta característica de la electroválvula es seleccionada dependiendo para la aplicación en la cual se empleara.

### Numero de vías:

Existen válvulas de 2, 3, 4 y 5 vías en 2 posiciones. Esto quiere decir que el número de vías es el número de conductos de entrada y salida que tendrá la válvula y el número de posiciones son las posiciones que tomará la válvula respecto al actuador, en este caso el solenoide. Ejemplo: válvula 3/2 = 3 vías y 2 posiciones; válvula 5/2 = 5 vías y 2 posiciones.



Fig. 4.9.12: Válvula de 2 vías y válvula de 5 vías.

### Presión:

Es otro de los puntos importantes a la hora de seleccionar una electroválvula. En este caso existe la presión mínima y la presión máxima, por lo cual ambas son importantes para elegir correctamente la válvula adecuada ya que existen válvulas que requieren de una presión mínima para poder trabajar correctamente y a su vez también cuentan con una presión máxima de operación diferencial la cual no debe de ser sobrepasada ya que al suceder esto puede ocasionar que la válvula no funcione correctamente hasta el punto de reventarse, dependiendo las presiones que se manejen.

Existen varias unidades de presión. En las válvulas las unidades más comunes son: bar, pascal, psi, kilos, etc.

#### **Caudal:**

El caudal requerido es basado en la cantidad de volumen que se requiere, Es indispensable solicitar el valor requerido por cuestiones de llenado. Suponiendo que en un sistema de llenado de envases el caudal es más grande que el requerido y el tiempo de apertura de la válvula es el adecuado para la aplicación, esto ocasionará un derrame de líquido al momento del llenado del envase. Técnicamente el caudal es la cantidad de fluido que pasa en una cantidad de tiempo, también llamado flujo volumétrico.

El caudal se denomina en KV o en CV, este coeficiente es determinado dependiendo del tipo de unidad a manejar. KV= litros/minutos y CV= KV x 0,26= galones/minuto.

#### **Temperatura:**

Para la elección del material del diafragma utilizado en una válvula es necesario considerar la temperatura máxima y mínima a utilizar en el fluido que pasara por la misma. De esto depende el tipo de material utilizado ya que por ejemplo el material de diafragma buna tiene una resistencia a temperaturas desde -10°C hasta +90°C. otro ejemplo es si fuéramos a usar vapor de 140°C recomendaríamos usar el material de teflon que cuenta con una resistencia desde -40°C hasta 180°C. De esta manera podemos estar seguros de nuestra válvula funcionara correctamente.

#### **Tensión:**

La tensión para la bobina solenoide que lleva la válvula se elige en base al diseño del proyecto o aplicación. Existen diversos voltajes en los cuales se puede utilizar una válvula solenoide, ya sea en corriente directa (Vdc) o en corriente alterna (Vac), entre los cuales estan las siguientes: 48, 127 y 220 volts de alterna (Vac), y 12, 24 y 48 volts de continua (Vdc).

#### **Tipo de bobina:**

El tipo de bobina que se utilizará se elige en base a condiciones ambientales en las cuales estará trabajando la válvula, ya que existen bobinas a prueba de exposición así como bobinas con grado de seguridad. Es importante considerar manejar una bobina a prueba de explosión al manejar productos altamente inflamables para evitar riesgos de explosiones.

---

#### **4.9.1.5 Termostatos**

---

Un termostato es un aparato que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de temperatura de un ambiente. El termostato también es conocido como

interruptor de temperatura, y puede cumplir una función de seguridad o de automatización.

Definiéndolo de otra manera, es un aparato o dispositivo que, conectado a una fuente de calor, sirve para regular la temperatura de manera automática, impidiendo que suba o baje del grado adecuado, es decir, controlan la temperatura en un determinado punto accionando un control eléctrico (todo o nada), que a veces conmutará para realizar un determinado control sobre un elemento de accionamiento eléctrico.

El más sencillo es el termómetro de contactos que utiliza el mercurio como conductor. Es sensible y preciso, pero su capacidad de ruptura es débil. Se utiliza de todos modos en instalaciones especiales que trabajan bajo diferencias de temperaturas muy reducidas (de menos de 1°C).

Los termostatos se clasifican en tres categorías principales:

1. Los termostatos de ambiente.
2. Los termostatos de evaporadores.
3. Los termostatos para líquidos.

La construcción de cada tipo de termostato se diferencia por el sistema del elemento motor. Los sistemas pueden ser:

- Deformación de un elemento bimetálico.
- Tensión de vapor de un fluido.
- Dilatación de un líquido.
- Presión de un gas liberado por un adsorbente.

El mecanismo que sirve de interruptor permite el cierre o la apertura brusca de los contactos, que es condición esencial de su duración, variando en relación con cada fabricante. Puede estar concebido bajo los sistemas siguientes:

- Empleo de un imán permanente que actúa sobre un contacto móvil.
- Empleo de un dispositivo de rótulas o levas.
- Empleo de una ampolla de mercurio basculante bajo el peso de este metal desplazado ante la acción de un mecanismo mandado por el elemento motor.
- Equilibrio inestable de un resorte entre dos posiciones de equilibrio estable.

---

#### **4.9.1.6 Termostatos para líquidos**

---

Los termostatos empleados para la regulación de la temperatura en baños de líquidos son de concepción similar a los termostatos de ambiente del tipo con bulbo y capilar. Puede también regularse la temperatura de los baños de líquido con termostatos cuyo elemento sensible tiene la forma de tubo sumergido en el baño que funciona por dilatación de un líquido en su interior (generalmente, alcohol).

Determinados modelos concebidos especialmente para pasar el bulbo a través de la pared de la cuba o depósito, por debajo del nivel del líquido, van equipados con una vaina o prensaestopas estanco. En los termostatos del tipo de bulbo (figura 4.9.13) encontramos el conjunto termostático bulbo, tubo capilar y fuelle.

El principio de funcionamiento es el mismo; cuando la temperatura del bulbo termostático se eleva, la presión existente dentro del elemento termostático hace

extender el fuelle y, por medio de los elementos de enlace, provoca el cierre de los contactos del termostato a una determinada temperatura. Cuando la temperatura baja,

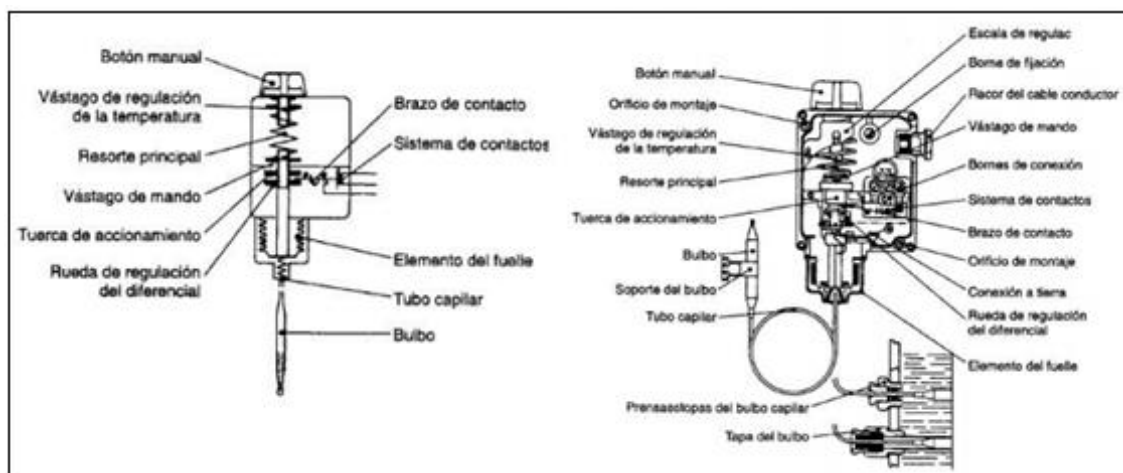


Fig. 4.9.13: Termostato con bulbo y tubo capilar.

de nuevo la reacción del bulbo termostática provoca entonces la apertura de los contactos.

**Gama de funcionamiento:** indica el intervalo de temperaturas que es posible ajustar en el set point o punto de consigna. Cuanto mayor es este intervalo menor es la sensibilidad del termostato.

**Rearme:** el rearme de un termostato puede ser manual o automático e indica cómo retornan a la posición inicial, después de un cambio, los contactos del aparato. Si el rearme es manual debemos accionar un botón para devolver los contactos a la posición original, cuando la temperatura haya superado el valor correspondiente. Si por el contrario el rearme es automático los contactos retornan automáticamente a su posición original cuando la temperatura supere dicho valor. Los termostatos con rearme manual no deben emplearse para funciones de automatización.

**Carga de los contactos:** este parámetro indica la intensidad máxima que puede pasar por los contactos de forma permanente sin que sufran deterioro. Generalmente se indica para una categoría de empleo dada, en corriente alterna o corriente continua (AC1, AC3,...) o bien señalando directamente el régimen de carga del motor.

#### 4.9.1.7 Sensores de nivel

Los sensores de nivel de líquidos pueden trabajar en base a lecturas directas tales como la sonda, cinta y plomada, instrumentos con flotador, nivel de cristal, o en base a medidas indirectas o inductivas como los de membrana y de presión; también se pueden utilizar las características conductivas de los líquidos para realizar mediciones, entonces se tendrán los capacitivos, los conductivos, los resistivos, de radiación, y otros.

Los servidores de nivel pueden variar según la característica de medición, el tipo de material censado y el tipo de medición.

Tipos de sensores según la característica de la medición:

- Sensores de medida directa.

- Instrumentos basados en la Presión Hidrostática.
- Instrumentos basados en el desplazamiento.
- Instrumentos basados en la emisión de rayos Gamma.
- Sensores de ionización Química.
- Transductores Conductor - Electrolítico.
- Transductores Potencial – Electrolítico.

Tipos de sensores según el material censado:

- Sensores de nivel para líquidos.
- Sensores de nivel para sólidos.

Tipos de sensores según el tipo de medición:

- Sensores de punto fijo.
- Sensores de nivel Continuo.

#### 4.9.1.8 Descripción de los tipos de sensores

**Medidor de sonda:** consiste en una varilla o regla graduada (figura 4.9.14) de longitud conveniente para introducirla en el depósito. La determinación del nivel se efectúa por lectura directa de la longitud mojada por el líquido. Otro sistema parecido es el medidor de cinta graduada y plomada siendo usada cuando la regla graduada tenga un difícil acceso al fondo del tanque.

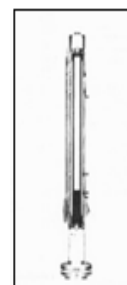


Fig. 4.9.14: Medidor de sonda.

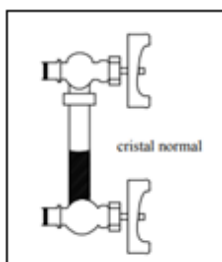


Fig. 4.9.15: Nivel de cristal.

**Medidor de nivel de tubo de vidrio:** el nivel de cristal (figura 4.9.15) consiste en un tubo de vidrio con sus extremos conectados a bloques metálicos y cerrados con prensaestopas unidas al tanque por tres válvulas, dos de cierre de seguridad en los extremos para impedir el escape de líquidos en caso de rotura del cristal y una de purga.

**Medidor de flotador:** estos tipos instrumentos tienen un flotador para experimentar la fuerza de la gravedad y la fuerza opositora del líquido. Un sistema flotante simple como el de la figura 4.9.16, usa un brazo rígido indicando el nivel del líquido a través de ángulo, el cuál puede ser medido por un transductor de posición (potenciómetro). Para objetos flotantes verticales presenta un error debido a los cables suspensores y para minimizarlo se utilizan flotadores de mayor área de la sección transversal.

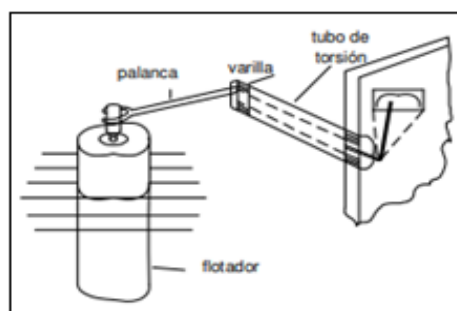


Fig. 4.9.16: Sensor tipo flotador.

**Medidor basado en el desplazamiento:** consiste en un flotador parcialmente sumergido en el líquido y conectado mediante un brazo a un tubo de torsión unido rígidamente al tanque. El tubo de torsión se caracteriza fundamentalmente porque el ángulo de rotación de su extremo libre es directamente proporcional a la fuerza aplicada, es decir el momento ejercido por el flotador según el Principio de Arquímedes, sufre un empuje (E) hacia arriba, cuya expresión es:

$$E = g * S * H$$

4.9.10

Donde  $g$  es el peso específico del líquido,  $S$  es la sección del flotador y  $H$  es la altura sumergida del flotador.

En la figura 4.9.17 podemos observar una vista frontal (a) y una vista lateral (b) de un tanque con un sensor de flotador.

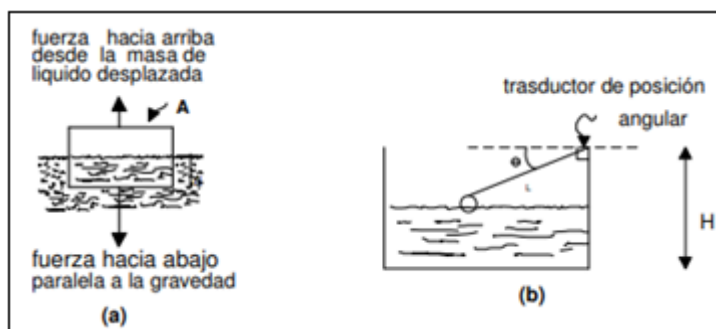


Fig. 4.9.17: Sensor basado en el desplazamiento de un flotador.

#### 4.9.1.9 Medidores de pH

El medidor de pH es un instrumento utilizado para medir la acidez o la alcalinidad de una solución, también llamado de pH. El pH es la unidad de medida que describe el grado de acidez o alcalinidad y es medido en una escala que va de 0 a 14.

Un medidor de pH consta por lo general de un panel indicador y un electrodo que va sumergido en la sustancia.

Las informaciones cuantitativas dadas por el valor del pH expresan el grado de acidez de un ácido o de una base en términos de la actividad de los iones de hidrógeno. El valor del pH de determinada sustancia está directamente relacionado a la proporción de las concentraciones de los iones de hidrógeno  $[H^+]$  e hidroxilo  $[OH^-]$ . Si la concentración de  $H^+$  es mayor que la de  $OH^-$ , el material es ácido y el valor del pH es menor que 7. Si la concentración de  $OH^-$  es mayor que la de  $H^+$ , el material es básico, con un pH con valor mayor que 7. Si las cantidades de  $H^+$  y de  $OH^-$  son las mismas, el material es neutral y su pH es 7. Ácidos y bases tienen, respectivamente, iones de hidrógeno y de hidroxilo libres. La relación entre los iones de hidrógeno y de hidroxilo en determinada solución es constante para un dado conjunto de condiciones y cada uno puede ser determinado desde que se conozca el valor del otro.

Una indicación aproximada del pH puede ser obtenida usando indicadores o cintas de pH, que cambian de color en función de la variación del nivel de pH. Esos indicadores presentan limitaciones en términos de exactitud y pueden ser difíciles de interpretar correctamente en muestras oscuras o coloridas.

**Compensación de la temperatura:** la compensación de temperatura es contenida dentro del instrumento, pues los electrodos de pH y las mediciones son sensibles a la temperatura. La compensación puede ser manual o automática. En la compensación manual, es necesaria una medición de temperatura separada y el control de compensación manual del medidor de pH puede ser ajustado con el valor aproximado de la temperatura. En la compensación automática (ATC), la señal de una sonda de temperatura separada es transmitida para el medidor, de modo que sea posible determinar con precisión el valor del pH de la muestra en aquella temperatura.

En la figura 4.9.18 se puede observar una gráfica que da la variación de la medición del pH dada por el error introducido en el electrodo de medición debido a la variación de la temperatura.

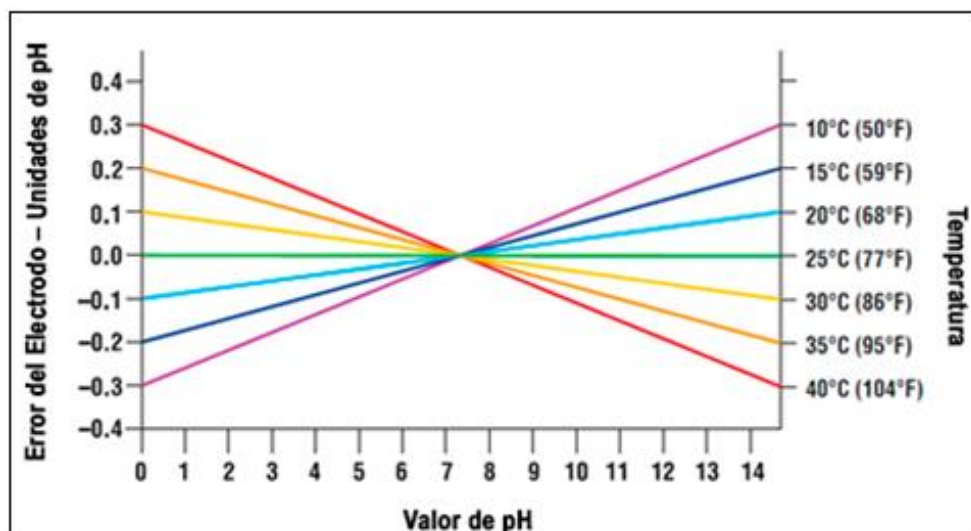


Fig. 4.9.18: Gráfica de la variación del pH en función de la temperatura.

#### 4.9.1.10 Contactores

Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada".

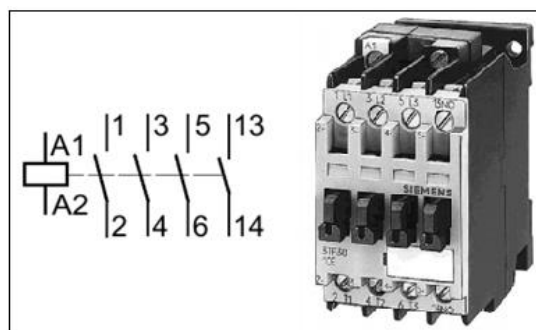


Fig. 4.9.19: Contactador (derecha) y símbolo eléctrico (izquierda).

En la figura 4.9.19 puede visualizarse el aspecto exterior de un contactor y el símbolo que se utiliza en planos eléctricos.

Los contactores se clasifican en:

- Electromagnéticos: su accionamiento se realiza a través de un electroimán.
- Electromecánicos: se accionan con ayuda de medios mecánicos.
- Neumáticos: se accionan mediante la presión de un gas.
- Hidráulicos: se accionan por la presión de un líquido.

#### 4.9.1.11 Contactador electromagnético

Las partes de un contactador electromagnético son:

**1. Contactos principales:** son los destinados a abrir y cerrar el circuito de potencia. Están abiertos en reposo.

**2. Contactos auxiliares:** son los encargados de abrir y cerrar el circuito de mando. Están acoplados mecánicamente a los contactos principales y pueden ser abiertos o cerrados.



**3. Bobina:** es el elemento que produce una fuerza de atracción (FA) al ser atravesado por una corriente eléctrica. Su tensión de alimentación puede ser de 12, 24 y 220V de corriente alterna, siendo la de 220V la más usual.

**4. Armadura:** es la parte móvil del contactor. Desplaza los contactos principales y auxiliares por la acción (FA) de la bobina.

**5. Núcleo:** es la parte fija por la que se cierra el flujo magnético producido por la bobina.

**6. Resorte:** es un muelle encargado de devolver los contactos a su posición de reposo una vez cesa la fuerza FA.

**Funcionamiento del contactor:** Los contactos principales se conectan al circuito que se quiere gobernar. Asegurando el establecimiento y corte de las corrientes principales y según el número de vías de paso de corriente, será bipolar, tripolar, tetrapolar, etc. realizándose las maniobras simultáneamente en todas las vías.

Los contactos auxiliares son de dos clases, abiertos y cerrados. Estos forman parte del circuito auxiliar del contactor y aseguran las auto alimentaciones, los mandos, enclavamientos de contactos y señalizaciones en los equipos de automatismo.

Cuando la bobina del contactor queda excitada por la circulación de la corriente, mueve el núcleo en su interior y arrastra los contactor principales y auxiliares, estableciendo a través de los polos el circuito entre la red y el receptor. Este arrastre o desplazamiento puede ser:

- Por rotación, pivote sobre su eje.
- Por traslación, deslizándose paralelamente a las partes fijas.
- Combinación de movimientos, rotación y traslación.

Cuando la bobina deja de ser alimentada, abre los contactos por efecto del resorte de presión de los polos y del resorte de retorno de la armadura móvil.

La bobina está concebida para resistir los choques mecánicos provocados por el cierre y la apertura de los contactos y los choques electromagnéticos debidos al paso de la corriente por sus espiras. Con el fin de reducir los choques mecánicos la bobina o circuito magnético, a veces los dos se montan sobre amortiguadores.

Si se debe efectuar el comando desde diferentes puntos, los pulsadores de marcha se conectan en paralelo y los de parada en serie.

**Simbología y referenciado de bornes:** los bornes de conexión de los contactores se nombran mediante cifras o códigos de cifras y letras que permiten identificarlos, facilitando la realización de esquemas y las labores de cableado.

- Los contactos principales se referencian con una sola cifra, del 1 al 16.
- Los contactos auxiliares están referenciados con dos cifras. Las cifras de unidades o cifras de función indican la función del contacto:
  - 1 y 2, contacto normalmente cerrados (NC).
  - 3 y 4, contacto normalmente abiertos (NA).
  - 5 y 6, contacto de apertura temporizada.
  - 7 y 8, contacto de cierre temporizado.

- La cifra de las decenas indica el número de orden de cada contacto en el contactor. En un lado se indica a qué contactor pertenece.
- Las bobinas de un contactor se referencian con las letras A1 y A2. En su parte inferior se indica a qué contactor pertenece.
- El contactor se denomina con las letras KM seguidas de un número de orden.

**Elección de un contactor electromagnético:** es necesario conocer las siguientes características del receptor:

- La tensión nominal de funcionamiento, en voltios (V) y la corriente de servicio o nominal ( $I_n$ ) que consume, en amperios (A). Empleando la tabla A puede conocerse la corriente nominal o de servicio que circulará a través del contactor, teniendo en cuenta la potencia mecánica y la tensión de alimentación.
- La naturaleza y utilización del receptor, o sea, su categoría de servicio. Utilizando la tabla B se determina la categoría de servicio del contactor.

Tabla A

Potencia mecánica Pm (KW)	Corriente nominal o de servicio $I_n$ (A)	
	220 V	380 V
0,75	3	2
1,1	4	2,5
1,5	6	3,5
2,2	8,5	5
3	11	6,5
4	14,5	8,5
5,5	18	11,5
7,5	25	15,5
10	35	21
11	39	23

Tabla B

Categoría de servicio	Relación $I/I_n$	Factor de potencia
AC1	1	0,95
AC2	2,5	0,65
AC3	1	0,35
AC4	6	0,35

**Aplicaciones de los contactores:** las aplicaciones de los contactores, en función de la categoría de servicio, son:

- AC1: cargas puramente resistivas, para calefacción eléctrica.
- AC2: motores asíncronos para mezcladores, bombas centrífugas, etc.
- AC3: motores asíncronos para aparatos de aire acondicionado tales como compresores, ventiladores, etc.
- AC4: motores asíncronos para máquinas tales como gruas, ascensores, etc.

### Pasos para la elección de un contactor:

1. Obtener la corriente de servicio ( $I_n$ ) que consume el receptor.
2. A partir del tipo de receptor, obtener la categoría de servicio.
3. A partir de la categoría de servicio elegida, obtener la corriente cortada ( $I_c$ ) con la que se obtendrá el calibre del contador.

---

### 4.9.2 Diseño del sistema de apertura y cierre de los silos de almacenamiento

---

En la sección 4.2 hicimos el diseño de la instalación destinada al almacenamiento y aprovisionamiento de los componentes excipientes. Cada silo de almacenamiento ha de tener un sistema automático para la apertura y el cierre de la boquilla de descarga de material.

Dada la complejidad de la situación (manejo de polvos químicos granulados altamente aglutinantes) no es posible encontrar en el mercado válvulas eléctricas capaces de proporcionar un método eficiente para el control de la descarga de los silos de almacenamiento. Es por ello que debemos efectuar un diseño independiente de, por un lado las válvulas, y por otro lado los actuadores electromagnéticos (solenoides) que comandarán a dichas válvulas.

---

#### 4.9.2.1 Selección de la válvula

---

La válvula que se ha seleccionado es tipo de cuchilla como la descrita en la sección 4.9.1.2. Consultando catálogos de la empresa **Vortex**, encontramos la válvula deslizante TPV, mostrada en la figura 4.9.20.

La válvula deslizante TPV está diseñada para aplicaciones altamente abrasivas, altas presiones y temperaturas, y requiere un mantenimiento mínimo durante su vida útil. La tecnología de su cuchilla asegura un óptimo sellado y un cierre de material positivo mediante las orejetas de elevación.



Fig. 4.9.20: Válvula deslizante TPV producida por la empresa Vortex.

Esto evita que la cuchilla se atasque con el material cuando se cierra, lo que puede implicar un tiempo de inactividad importante. A diferencia de la mayoría de las compuertas estilo cuchilla, la válvula deslizante TPV incluye un asiento reemplazable que puede prolongar significativamente la vida útil de la válvula.

Esta compuerta deslizante totalmente protegida por una tapa tiene bridas de hierro dúctil fundido con un asiento y una chuchilla de acero inoxidable 304 endurecido. Las bridas

corresponden al patrón de montaje #25/150 ANSI con orificios pasantes y orificios ciegos roscados.

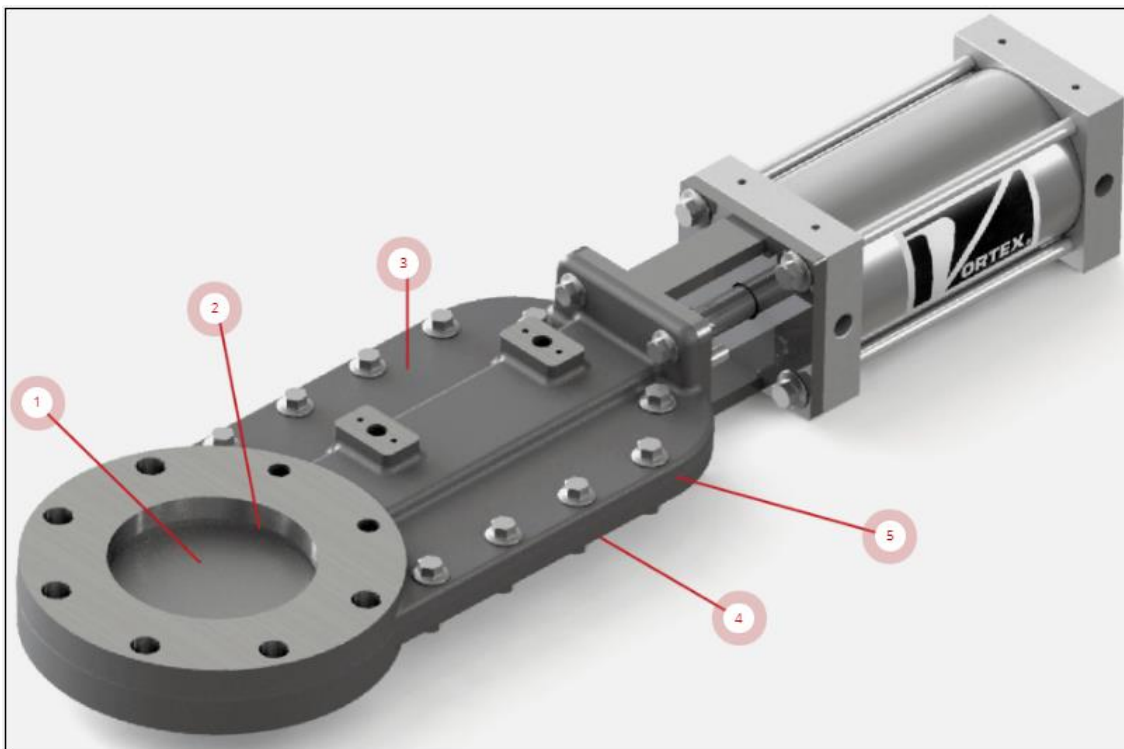


Fig. 4.9.21: Válvula deslizante TPV. 1-Cuchilla ascendente, 2-Asiento de acero inoxidable, 3-Guías de la cuchilla, 4-Puerto de purga de aire, 5-Carcasa de hierro dúctil.

Las aplicaciones de este modelo de válvula son:

- Transporte neumático de fase diluida y densa.
- Transporte de flujo por gravedad.
- Admite materiales abrasivos, como minerales, arena de fracturamiento y cenizas volantes.
- Tamaños estándar: de 2 pulgadas a 10 pulgadas / 50 mm a 250 mm.

#### Descripción general de la válvula:

En la figura 4.9.21 se muestra un esquema de la válvula deslizante TPV con las siguientes características:

- El diseño de cuchilla ascendente (1) y orejetas de elevación garantiza el sellado óptimo al mantener la cuchilla en contacto con el asiento, que reduce el atascamiento.
- El asiento de acero inoxidable (2) y la cuchilla pueden reemplazarse, lo que permite prolongar la vida útil de la válvula.
- Las guías de la cuchilla (3) accionadas por resorte mantienen la cuchilla y el

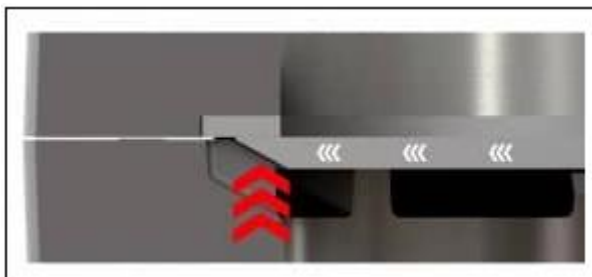


Fig. 4.9.22: detalle de la cuchilla y el asiento.

- asiento en contacto creando un sello positivo en todo momento.
- El puerto de purga de aire (4) se utiliza para presurizar la tapa y mantener el material en la corriente de flujo, donde la purga de aire es esencial para aplicaciones de alta presión.
- La carcasa de hierro dúctil (5) permite que la válvula sea más segura cuando se la utiliza en aplicaciones de mayor seguridad.

#### Descripción de la válvula:

El borde delantero de la cuchilla se cierra en una brida biselada para forzar a la cuchilla contra el asiento. Un bisel que coincide en la horquilla oprime a la cuchilla contra el asiento en el extremo opuesto de la hoja. El bisel en el borde delantero de la cuchilla termina antes de que llegue a la guía de la cuchilla. Esto causa que el material continúe hacia la línea de transporte y no hacia dentro de la válvula (figura 4.9.22).



Fig. 4.9.23: detalle de la guía de la cuchilla.

La cuchilla se mantiene en contacto con el asiento a lo largo del recorrido del vástago con la ayuda de guías que aplican una presión ascendente a ambos lados de la guillotina y de manera constante, para ayudar a sellar la válvula (figuras 4.9.23 y 4.9.24). Estas guías están soportadas por resortes de hélices múltiples.

El asiento reemplazable, la guillotina y las guías de guillotina reemplazables prolongan significativamente la vida útil de la válvula.

Las dimensiones de la válvula son:

- Espesor: 1,5 mm.
- Diámetro estándar: 50 mm.
- Longitud: 50 mm.

El diámetro estándar seleccionado es coincidente con el diámetro de las boquillas de descarga de los silos de almacenamiento.



Fig. 4.9.24: Desmonte de la válvula.

Las dimensiones seleccionadas son las que se encuentran recuadradas ( 1,5 / 50 / 50 ) y como se observa el diámetro estandar coinciden con el diámetro seleccionado para la boquilla de salida de los silos de almacenamiento.

#### 4.9.2.2 Selección del actuador electromagnético

Lo primero que se debe tener en cuenta a la hora de seleccionar el actuador o solenoide es la masa externa, y en base a ésta poder seleccionar la fuerza que produce el dispositivo que sea capaz de moverla. Para ello aplicaremos los conceptos desarrollados en la sección 4.9.1.1.

Para comenzar, necesitamos conocer la densidad del material con el que está fabricada la masa externa, es decir, la cuchilla de la válvula deslizante. El material en cuestión, es el acero inoxidable 304, cuya densidad es 7,9 gr/cm<sup>3</sup>.

Luego, necesitamos conocer el volumen de la masa externa a mover y para ello necesitamos conocer las dimensiones de la cuchilla.

Las dimensiones de la cuchilla son:

Estos datos son brindados por el fabricante y según la válvula seleccionada, la cuchilla tiene las siguientes dimensiones:

- Espesor: 1,5 mm (0,15 cm).
- Diámetro estándar: 50 mm (5 cm).
- Longitud: 50 mm (5 cm).

En base a las medidas de la cuchilla, calculamos su volumen con la siguiente expresión:

$$Volumen = espesor * diámetro * longitud \quad 4.9.11$$

Reemplazando las medidas de la cuchilla en la ecuación 4.9.11, tenemos:

$$Volumen = 0,15 \text{ cm} * 5 \text{ cm} * 5 \text{ cm} \quad \boxed{Vol = 3,75 \text{ cm}^3}$$

Ahora, teniendo en cuenta que la densidad  $\rho$  es el cociente entre la masa y el volumen, calculamos la masa de la cuchilla:

$$\begin{aligned} masa &= \rho * volumen \\ masa &= 7,9 \frac{gr}{cm^3} * 3,75 \text{ cm}^3 \end{aligned} \quad \boxed{Masa = 29,625 \text{ gr}}$$

La masa, en kilogramos, será:

$$\boxed{Masa = 0,029625 \text{ Kg}}$$

Este valor es lógico debido a que el acero inoxidable es un material ligero, respecto a otros metales con similares propiedades.

Lo próximo a tener en cuenta para la selección del actuador o solenoide es la carrera que debe recorrer el émbolo, que en este caso se debe escoger un actuador donde su émbolo sea capaz de recorrer una longitud de 50 mm, es decir 5 cm que es el diámetro estándar de la válvula deslizante para que esta se abra por completo y exista la mayor eficiencia a la hora de producirse la descarga del material.

Lo tercero y último a tener en cuenta para la selección del actuador o solenoide es el ciclo de trabajo, también conocido por los fabricantes como factor de uso.

En este caso el factor de uso es del 100%, esto quiere decir que la bobina del actuador está energizada el tiempo que sea necesario para poder descargar los elementos que se encuentran en los silos de almacenamiento.

Esta decisión de utilizar un factor de uso del 100% es debido a que se ha hecho muy complicado encontrar los caudales que saldrían de cada silo ya que es muy difícil hallar las velocidades con las que fluye cada componente, de modo que esto imposibilita conocer los distintos tiempos de apertura a los cuales se encontrarán sujetas las válvulas deslizantes.

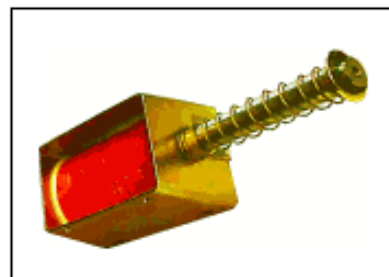


Fig. 4.9.25: Actuator electromagnético marca PYSEL.

Consultando los catálogos de la empresa nacional **PYSEL Productos Eléctricos**, encontramos un actuator electromagnético (figura 4.9.25).

Dichos actuadores o solenoides se fabrican bajo pedido, provistos con una placa de control instalada en caja plástica con aisladores para montar sobre bandejas.

Las características del actuator son:

- Código: 54-S50-30.
- Potencia: 20 W.
- Distancia: 50 mm.
- Factor de uso: 100%.
- Fuerza: 0,5 Kg.
- Aplicación: cerraduras eléctricas, destrabar y liberar mecanismos.
- Tiempo de actuación: 0,25 segundos.

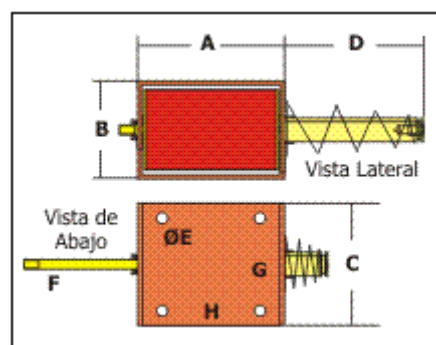


Fig. 4.9.26: Medidas del actuator.

Las dimensiones del actuator electromagnético (figura 4.9.26) son:

A	50 mm	Recorrido máximo	30 mm
B	30 mm	ØE	4,5 mm
C	45 mm	G	34 mm
D	42 mm / 12 mm	H	34 mm
Peso	1,2 Kg	F	12 mm / 42 mm

Cada solenoide se provee con una placa de control instalada en caja plástica o con aisladores para montar sobre bandeja.

#### 4.9.2.3 Unificación del sistema de apertura y cierre

En las secciones 4.9.2.1 y 4.9.2.2 hemos seleccionado las válvulas y los actuadores electromagnéticos, respectivamente. Ahora, lo que debemos hacer es vincular ambos elementos para obtener el sistema unificado.

El sistema integral de apertura y cierre se muestra en la figura 4.9.27, arriba se muestra la posición de apertura y abajo la posición de cierre. Es importante destacar que en posición de reposo, la válvula deslizante se encuentra cerrada impidiendo el paso de material a través de ella.

Se elige esta configuración debido a que el tiempo que la válvula se encontrará abierta es muchísimo menor al tiempo que estará cerrada, de esta forma el consumo energético y en consecuencia el desgaste del mecanismo será menor.

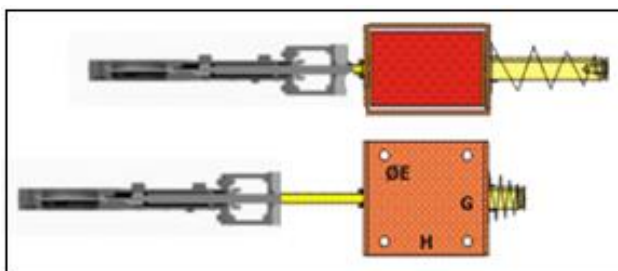


Fig. 4.9.27: Posiciones del sistema de apertura y cierre.

La válvula deslizante y el actuador electromagnético se vincularán a través de una horquilla con casquillo (figura 4.9.28), provista por el negocio **Shuk Industrial**, con sede en Buenos Aires.



Fig. 4.9.28: Horquilla (izquierda) y casquillo (derecha).

Es posible efectuar este tipo de unión debido a que tanto la válvula como el actuador poseen extremidades roscadas. La ventaja de ésta unión móvil es que no se requieren equipos especiales para el montaje y desmontaje, y por ende se reducen sus tiempos.

#### 4.9.3 Selección de electroválvulas

Teniendo en cuenta los diagramas de los bloques funcionales mostrados en la sección 4.8, determinaremos las electroválvulas a utilizarse.

En la siguiente tabla se muestran los principales datos de las electroválvulas:

Sistema	Nº de elemento	Tipo	Diámetro	Función	Marca	Modelo
Calentador de agua	EV1	Válvula de diafragma de 2/2 (NC)	2"	Alimentar el calentador de agua	FESTO	VZWF
	EV2	Válvula de diafragma de 2/2 (NC)	2"	Alimentar el mezclador de agua y componentes excipientes	FESTO	VZWF
Quemador	EV3			Alimentar el quemador de gas		



Recipiente de mezclado de agua y componentes excipientes	EV4	Válvula de diafragma de 2/2 (NC)	2"	Alimentar la amasadora	FESTO	VZWF
Depósito de glicerina	EV5	Válvula de diafragma de 2/2 (NC)	2"	Alimentar el recipiente de mezclado de vaselina y glicerina	FESTO	VZWF
Depósito de vaselina	EV6	Válvula de diafragma de 2/2 (NC)	2"		FESTO	VZWF
Recipiente de mezclado de vaselina y glicerina	EV7	Válvula de diafragma de 2/2 (NC)	2"	Alimentar la amasadora con la mezcla de vaselina y glicerina	FESTO	VZWF

Como podemos observar en la tabla anterior, para todos los puntos de control de los fluidos, las electroválvulas son de la misma marca y modelo.

La electroválvula modelo VZWF (figura 4.9.29) tiene las siguientes características:

- Conexión 1/4", 3/8", 1/2", 3/4", 1", 1 1/4", 1 1/2" y 2".
- Rosca G.
- Presión de funcionamiento de 0 a 10 bar.
- Activación eléctrica.
- Tensión 24 Vdc, 110 Vac, 230 Vac.
- Válvula de diafragma de 2/2 vías (NC).
- Accionamiento forzado.
- Apropiada para aplicaciones con circuitos cerrados.
- Apta para vacío.
- Junta de caucho nitrílico, caucho de etileno propileno dieno o caucho fluorado.



Fig. 4.9.29: Electroválvula modelo VZWF, marca FESTO.

**Funcionamiento de la válvula:** aplicando corriente en el electroimán se produce una diferencia de presión en el lado secundario de la membrana a través del taladro de servo pilotaje. La membrana se separa del asiento de la válvula debido a la diferencia de presión. Sin diferencia de presión, la membrana se eleva por efecto del electroimán, con lo que la válvula abre y cierra el paso entre la entrada y la salida.

A Continuación se presenta mayor información sobre las válvulas seleccionadas.

Datos técnicos generales	
Conexión de la válvula	G2 (rosca de 2")
Diámetro nominal DN	50 mm
Función de la válvula	2/2 monoestable de NC
Construcción	De membrana con de accionamiento forzado
Tipo de fijación	Montaje en línea
Accionamiento manual auxiliar	No
Posición de montaje	Electroimán, posición vertical
Tipo de junta	De material sintético
Sentido del flujo	Irreversible
Viscosidad máxima	22 mm <sup>2</sup> /s
Grado de protección	IP65
Peso	6,5 Kg
Condiciones de funcionamiento y del entorno	
Tiempo de respuesta para la conexión	1220 ms
Tiempo de respesta para la desconexión	2140 ms
Caudal nominal	29900 l/min
Caudal	28 m <sup>3</sup> /h
Presión nominal PN en la válvula	40
Diferencia de presión	0 bar
Diferencia del fluido	0 a 10 bar
Temperatura ambiente	-10 a 35 °C
Temperatura del fluido	-10 a 80 °C
Coeficiente de fuga según EN 12266-1	A
Resistencia a la corrosión.	Alta
Materiales	
Cuerpo	Fundición de acero inoxidable
Tornillos	Acero de aleación fina, inoxidable
Datos eléctricos	
Conexión eléctrica	Conector cuadrado tipo clavija, según EN 175301-803, forma A
Tensión continua	24 V
Tensión alterna	-
Potencia	30 W
Potencia de arranque	-
Potencia de retención	-
Frecuencia de retención	-
Oscilaciones admisibles de la tensión	± 10 %

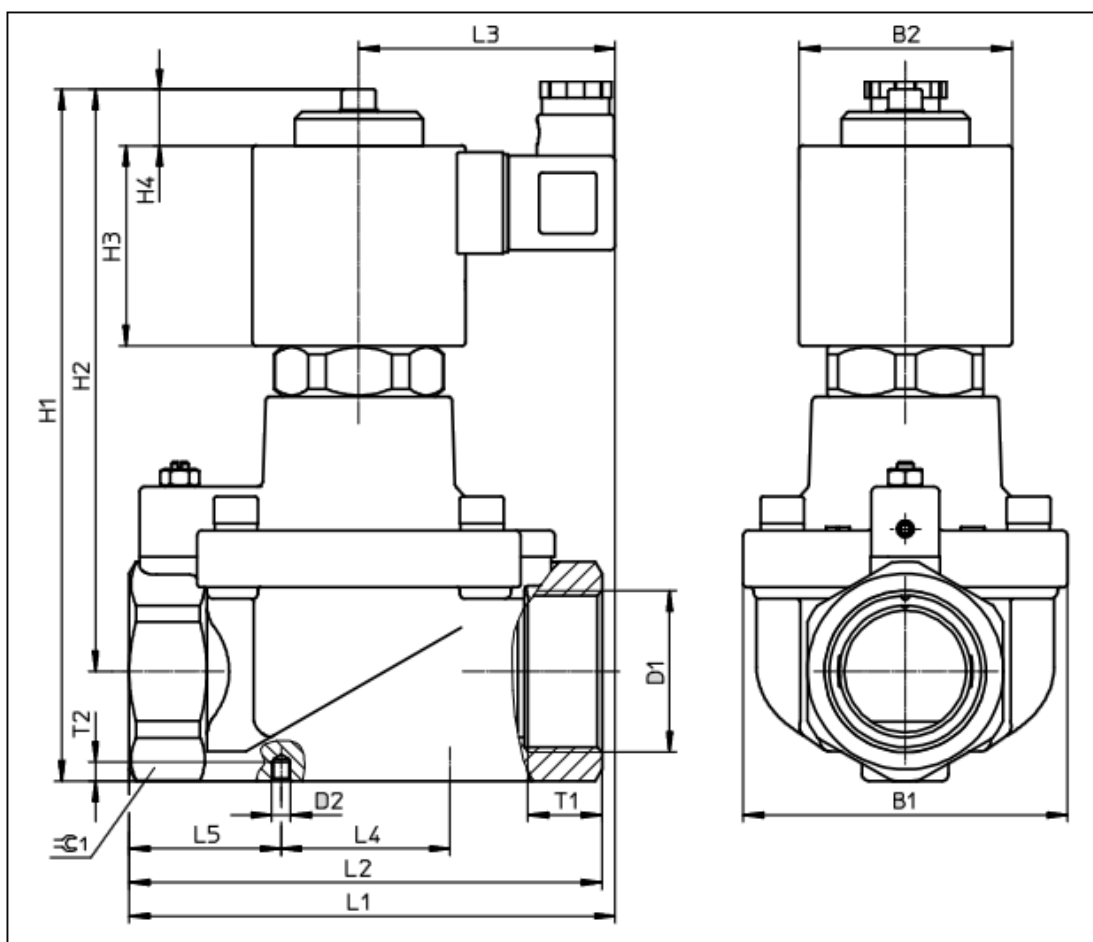


Fig. 4.9.30: Plano de la válvula VZWF.

En la figura 4.9.30 se muestran una vista frontal y lateral de la válvula VZWF, con sus respectivos parámetros dimensionales.

En la siguiente tabla se detallan las dimensiones de la válvula acotadas en la figura 4.9.30:

Dimensiones en mm			
B1	112	L1	159
B2	63	L2	168
D1	G2	L3	76
D2	M6	L4	60
H1	218	L5	55
H2	179	T1	25
H3	59	T2	6
H4	17	Ajuste	70

Los modelos de válvulas seleccionados son:

- EV1: N° de art: 1492117. TIPO: VZWF-L-M22C-G2-500-1P4-6
- EV2: N° de art: 1492149. TIPO: VZWF-L-M22C-G2-500-V-1P4-6
- EV4: N° de art: 1492157. TIPO: VZWF-L-M22C-G2-500-V-1P4-6-R1
- EV5: N° de art: 1492117. TIPO: VZWF-L-M22C-G2-500-1P4-6

- EV6: N° de art: 1492125. TIPO: VZWF-L-M22C-G2-500-1P4-6-R1
- EV7: N° de art: 1492125. TIPO: VZWF-L-M22C-G2-500-1P4-6-R1

En los tipos de las válvulas seleccionadas, las designaciones representan:

- VZWF: Electroválvula de accionamiento forzado.
- L: conexión roscada.
- M22C: válvula de 2/2 vías NC.
- G2: Conexión de la válvula, rosca G2.
- 500: Diámetro nominal DN 50 mm.
- V: junta de FPM (caucho fluorado).
- 1P4: Conexión tipo zócalo de 3 contactos.
- 6: presión máxima del fluido de 6 bar.
- R1: Protección contra corrosión de acero inoxidable.

#### 4.9.4 Selección de termostatos

Teniendo en cuenta los diagramas de los bloques funcionales mostrados en la sección 4.8, determinaremos los termostatos a utilizarse. En la siguiente tabla se muestran los principales datos de los termostatos:

Sistema	N° de elemento	Tipo	Rango de ajuste	Función	Marca	Modelo
Calentador de agua	T1	Para líquidos	70 a 120 °C	Detectar la temperatura de ebullición del agua y emitir la señal de cierre de la EV3	WIKA	TCA B
Recipiente de mezclado de vaselina y glicerina	T2	Para líquidos	10 a 70 °C	Detectar los 60 °C de la mezcla de vaselina y glicerina, y emitir la señal de apagado de la resistencia	WIKA	TCA B
Amasadora	T3					
Amasadora	T4					

Los termostatos modelo TCA B (figura 4.9.31), producidos por la empresa **WIKA Argentina S.A.**, se ajustan a los requerimientos del proceso productivo.

Las aplicaciones del termostato TCA B son:

- Monitorización de temperatura y conmutación directa de cargas eléctricas.
- Aplicaciones críticas de seguridad en el ámbito de la instrumentación de procesos.
- Para puntos de medición con espacios reducidos, por ejemplo paneles de mando.

- Adecuado para maquinaria, instalaciones, depósitos, construcción de aparatos e industria alimentaria, química y petroquímica.
- Para puntos de medición en espacio limitado.

**Descripción:** la excelente calidad y la fabricación de los productos según ISO 9001 garantizan una monitorización fiable de sus instalaciones. Los presostatos se someten a rigurosas pruebas de calidad en cada paso de la producción y a una comprobación al 100 % del producto final.

Para garantizar un uso de máxima flexibilidad, los termostatos están dotados de microinterruptores que facilitan la conmutación directa de una carga eléctrica de hasta CA 250 V, 15 A. Para potencias de ruptura inferiores, como por ejemplo en aplicaciones PLC, pueden seleccionarse opcionalmente los microinterruptores con contactos dorados.

Todos los materiales en contacto con el medio son, por defecto, de acero inoxidable. Los componentes del sistema de medición y la manguera flexible en espiral están fabricados en acero inoxidable.

El interruptor de temperatura tipo TCA B es extremadamente resistente y garantiza las mejores condiciones de operación en un espacio limitado y una repetibilidad de menos del 1 % del span.

**Descripción de los contactos:** de plata, herméticamente sellado, relleno de gas de argón. La carga eléctrica (resistiva) es:

- 250 V / 15 A en alterna.
- 24 V / 2 A en continua.
- 220 V / 0,5 A en continua.

**Rangos de ajuste de los termostatos:** en la siguiente tabla se muestra la información correspondiente.

Rango de ajuste	Rango de funcionamiento	Sobrettemperatura de prueba	Zona muerta fija para versión de contacto SPDT C	Clase SAMA
10 a 70 °C	-40 a 70 °C	90 °C	≤ 1,5 °C	IIC
70 a 120 °C	-40 a 170 °C	180 °C	≤ 1,5 °C	IIA

**Dimensiones del sensor:** en la figura 4.9.32 se muestran las dimensiones del sensor en montaje directo.

Las dimensiones del sensor, medidas en milímetros (mm) están determinadas en base a la clase SAMA del sensor. Dicha clase está dada por el rango de ajuste.

Las medidas del sensor son:



Fig. 4.9.31: Termostato, modelo TCA B.

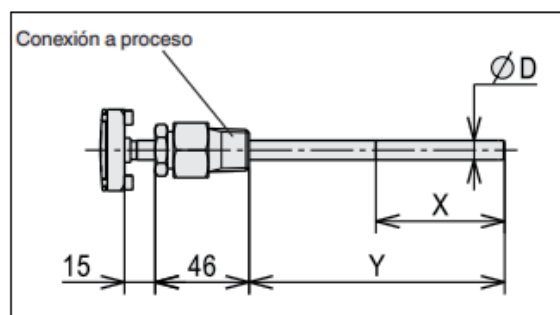


Fig. 4.9.32: Dimensiones del sensor.

Clase SAMA	Diámetro del bulbo Ø	Longitud activa X	Longitud de montaje X
IIC	9,5	65	125
IIA	9,5	55	125

**Vaina:** en principio es posible utilizar un termostato mecánico sin vaina cuando las cargas de proceso son mínimas (presión, viscosidad y velocidad de flujo bajas). No obstante, se recomienda seleccionar una vaina de la amplia gama de WIKA tanto para permitir la sustitución del termostato durante el funcionamiento (por ejemplo, cambio de instrumentos o calibración), como para asegurar una mayor protección del instrumento de medición, de la instalación y del medio ambiente.

Las dimensiones del termostato se detallan en la figura 4.9.33.

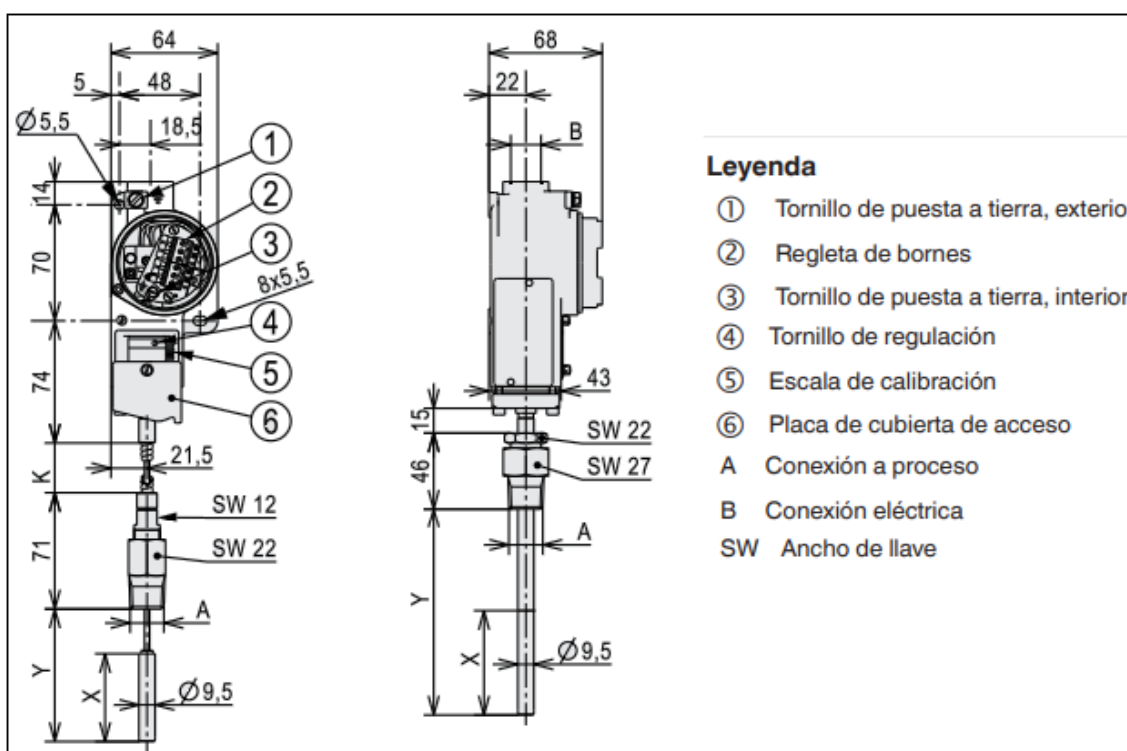


Fig. 4.9.33: Plano con medidas del termostato WIKA, modelo TCA B.

En la figura 4.9.34 se muestran las posiciones admisibles.

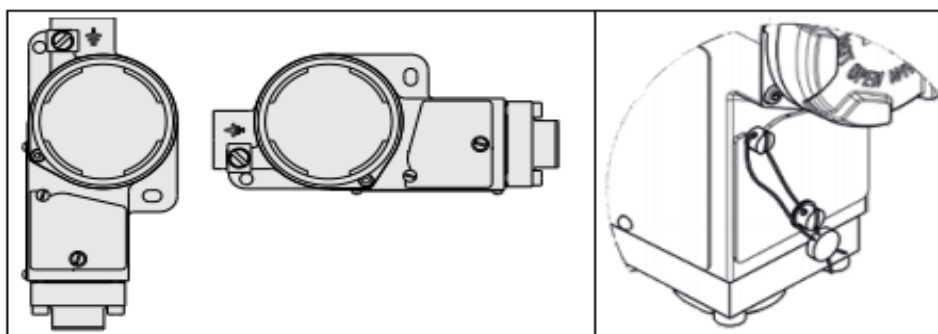


Fig. 4.9.34: Posiciones de conexión admisibles (izquierda). Fijación con precinto (derecha).

#### 4.9.5 Selección de sensores de nivel

Teniendo en cuenta los diagramas de los bloques funcionales mostrados en la sección 4.8, determinaremos los sensores de nivel a utilizarse.

En la siguiente tabla se muestran los principales datos de los sensores de nivel:

Sistema	Nº de elem.	Tipo	Temp. de operación	Función	Marca	Modelo
Calentador de agua	N0	Flotante	-25 a 120 °C	Indicar el nivel de cero.	Monarca Electrónica	4510
	N1	Flotante	-25 a 120 °C	Indicar el nivel en 112 litros	Monarca Electrónica	4510
Recipiente de mezclado de agua y componentes excipientes	N2	Flotante	-25 a 120 °C	Indicar el nivel en cero	Monarca Electrónica	4510
	N3	Flotante	-25 a 120 °C	Indicar el nivel en 17,67 cm	Monarca Electrónica	4510
Recipiente de mezclado de vaselina y glicerina	N4	Flotante	-25 a 120 °C	Indicar el nivel en cero	Monarca Electrónica	4510
	N5	Flotante	-25 a 120 °C	Indicar el nivel en 9,67 cm	Monarca Electrónica	4510
	N7	Flotante	-25 a 120 °C	Indicar el nivel en 40 cm	Monarca Electrónica	4510

El sensor de nivel de tipo flotante (figura 4.9.35), provisto por la industria nacional **Monarca Electrónica**, tiene las siguientes características:

- Tensión de alimentación: 5 V.
- Máxima capacidad del contacto: 10 W.
- Tensión de conmutación máxima: 100 Vdc.
- Corriente de conmutación máxima: 0,5 A.
- Tensión de ruptura máxima: 220 Vdc.
- Corriente de transporte máxima: 1 A.
- Resistencia de contacto máxima: 100 mΩ.
- Rango de temperatura: -25 a 120 °C.
- Material de la bola flotante: acero inoxidable AISI 304.
- Material del cuerpo del flotante: acero inoxidable AISI 304.



Fig. 4.9.35: Sensor de flotante.



Fig. 4.9.36: Vista lateral del sensor de nivel

En la figura 4.9.36 se muestra una vista lateral del sensor de nivel seleccionado, con sus respectivas medidas en milímetros (mm).

En la figura 4.9.37 se muestran las dos posiciones posibles de montaje del sensor, y puede trabajar como normalmente abierto (NA) o normalmente cerrado (NC). Esto se consigue invirtiendo la posición del flotante.

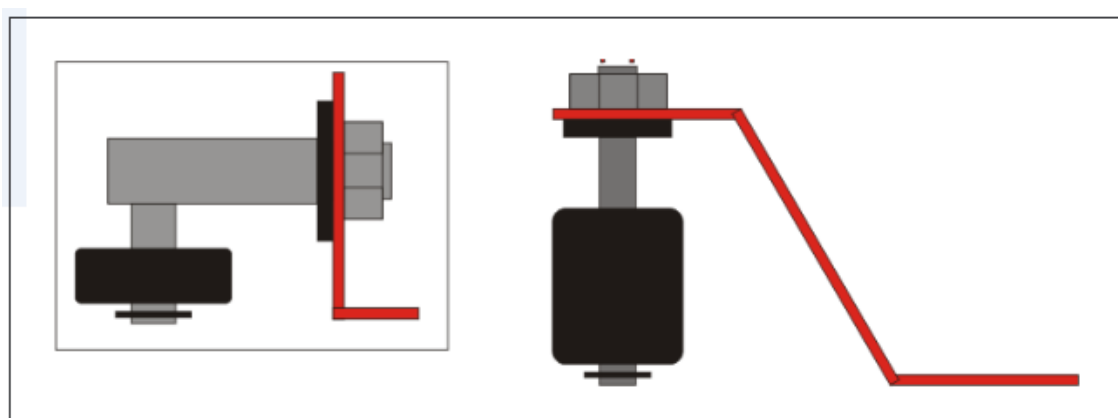


Fig. 4.9.37: Posiciones que puede tomar el sensor de nivel. Izquierda, horizontal; Derecha, vertical.

#### 4.9.6 Selección del medidor de pH.

El medidor de pH, ubicado en el recipiente de mezcla de agua y componentes excipientes, ha de seleccionarse teniendo en cuenta individualmente el elemento visor, y por otro lado el elemento medidor propiamente dicho.

##### 4.9.6.1 Selección del elemento visor

El visor seleccionado es el modelo DP24-PH (figura 4.9.38), producido por la empresa OMEGA.

**Descripción:** el visor DP24-PH es un medidor con panel económico y fácil de usar para medir el pH. Su tamaño compacto permite una fácil instalación y se adapta a cualquier electrodo de pH con conector BNC. La compensación de la temperatura puede hacerse de forma manual o automática



Figura 4.9.38: Visor OMEGA, modelo DP24-PH.



mediante cualquier RTD de platino de 1000  $\Omega$ .

El DP24-PH presenta una profundidad compacta de 104 mm (4,10"), por lo que permite montarlo en áreas con una profundidad limitada para el panel.

#### Características generales del visor:

- Precisión:  $\pm 0,02$  pH.
- Resolución: 0,01 pH.
- Entrada: Impedancia  $> 1012 \Omega$ .
- Temperatura de funcionamiento: De 0 a 50 °C (de 32 a 122 °F).
- Temperatura de almacenamiento: De -40 a 85 °C (de -40 a 185 °F).
- Humedad relativa: 95% @ 40 °C, sin condensado.
- Compensación de temperatura: Resistencias fijas manuales; automáticas de 1000  $\Omega$  Pt.
- Pantalla: de 4 dígitos, LED rojo, 14,2 mm (0,56") de alto.
- Rango de la pantalla: De 0 a 14 pH.
- Conexiones: Conector BNC.
- Dimensiones: 96 de ancho x 48 de alto x 104 mm de profundidad (3,78 x 1,89 x 4,10").
- Corte del panel: 92 de ancho X 45 mm de alto (1/8 DIN, 3,622 x 1,772").
- Profundidad detrás del panel: 100 mm (3,94").
- Peso: 312 gr.

#### Requisitos de alimentación del visor:

- Voltaje: 115 Vca  $\pm 15\%$  estándar (230 Vca o de 10 a 32 Vcc opcional).
- Frecuencia: 50 Hz.
- Consumo de energía: Máximo de 6 vatios.

---

#### 4.9.6.2 Selección del electrodo de pH

---

Consultando los catálogos de la empresa **Aliaxis S.A.**, encontramos el electrodo modelo FLS pH/ORP 200, mostrado en la figura 4.9.39.

Esta línea de electrodos FLS se ha diseñado para ofrecer una solución versátil y rentable para la medición en línea o sumergida de pH y ORP en una amplia variedad de aplicaciones. Existen versiones de unión única y doble, además de modelos con o sin tapa superior de desconexión rápida.

Además, para la función de compensación automática de temperatura (ATC), está disponible una opción de pH con sensor de temperatura integrado. Estos electrodos de cuerpo epóxico pueden adaptarse a varias aplicaciones gracias a la elevada resistencia química del material. Se puede utilizar un prensaestopas sencillo y reutilizable para un montaje económico del electrodo en línea, mientras que un acople de  $\frac{1}{2}$ " o  $\frac{3}{4}$ " con una extensión de tubería basta para el montaje



Fig. 4.9.39: Electrodo FLS pH/ORP 200.

en inmersión. Una versión especial se destina a la instalación en el accesorio en T de FLS, además del collarín FLS simplemente mediante la incorporación de una tuerca.

#### **Aplicaciones:**

- Tratamiento de aguas.
- Sistemas de neutralización.
- Supervisión de la calidad del agua.
- Piscinas y SPA.
- Acuicultura.
- Sistemas agrícolas y de fertilización.
- Control de procesos.

#### **Características principales:**

- Cuerpo epóxico.
- Tecnología de unión simple o doble.
- Gran volumen de gel de referencia.
- Sistema de instalación sencillo y rápido.
- Cable fuera de línea o conexión BNC.
- Versión con sensor de temperatura combinada.
- Versiones especiales por encargo.
- Accesorios de bajo coste.

#### **Datos técnicos generales:**

- Rango de funcionamiento:
  - Electrodo de pH: 0 - 14 pH (pH 0 - 12,3 sin error de Na+).
  - Electrodo de ORP:  $\pm 2000$  mV
- Dispositivo de compensación de la temp. (para modelo TC): PT1000.
- Rango de tamaños de tuberías: DN15 a DN100 (0,5" a 4").
- Rendimientos de electrodo nuevo en punto de tensión cero: 7,00 pH  $\pm$  0,2 pH.
- Rendimientos en eficacia de electrodo nuevo: > 97 % @ 25 °C (77 °F).
- Rendimientos en tiempo de respuesta de electrodo nuevo:
  - pH: 2 seg para 95 % de cambio de señal.
  - ORP: depende de la aplicación.
- Referencia:
  - Electrolito: gel solidificado de 3.5M KCl para versiones de unión única y KCl-KNO3 para versiones de doble unión.
- Conexión de procesos:
  - Instalación en línea con: boquilla roscada 1/2", 3/4" o PG13,5.

#### **Accesorios de instalación FLS:**

- Instalación sumergible.
- Presión/temperatura de funcionamiento máx.:
  - 7 bar (100 psi) @ 25°C (77°F).
  - 1 bar (14,5 psi) @ 65°C (149°F).
- Materiales húmedos:
  - Cuerpo: epóxico.
  - Junta tórica: silicona.

- Unión: Pellon®.
- Superficie de detección: membrana de cristal (pH), platino (ORP).
- Junta tórica: NBR (PH222 CD, PH223 CD, ORP222 CD, ORP223 CD).

#### Datos específicos:

- Modelo: ORP223CD.
- Cuerpo: epóxico.
- Material: Nylon.
- Tipo de unión: D.J.
- Junta tórica: silicona.
- Presión máxima de funcionamiento: 7 a 1 bar.
- Temperatura de funcionamiento: 25 a 65 °C.
- Solución de referencia: 3,5 M KCl.
- Superficie de detección: platino.
- Rango de funcionamiento:  $\pm 2000$  mV.
- Cable: CN 653.
- Conexión: BNC.
- Peso: 100 gr.

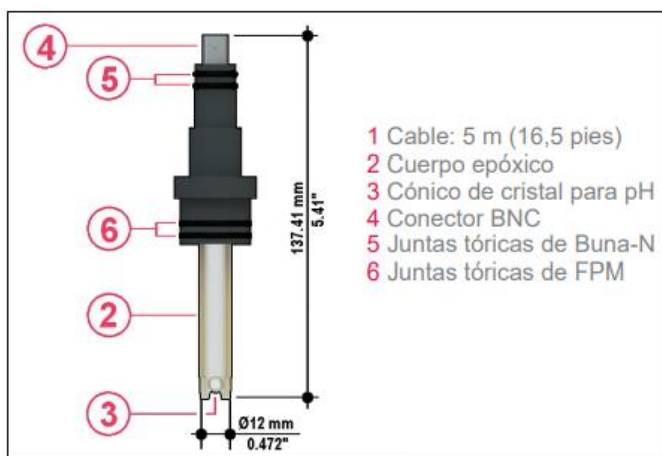


Fig. 4.9.40: Electrodo FLS pH/ORP 200, Plano constructivo.

En la figura 4.9.40 se muestra el plano constructivo del electrodo seleccionado, con sus respectivas partes.

#### 4.9.7 Selección de contactores

La selección de los contactores se basa en la corriente nominal y en la categoría de servicio de cada uno de los motores, siendo estos valores los siguientes:

1) Motor del agitador de vaselina y glicerina (determinado en sección 4.4.3.3):

- Corriente nominal: 1,3 A.
- Categoría de servicio: AC2.

2) Motor del agitador de agua y componentes excipientes (determinado en sección 4.5.2.3):

- Corriente nominal: 0,53 A.
- Categoría de servicio: AC2.

Como se observa, en ambos casos la categoría de servicio es la misma, ya que se trata de mezcladores. Cabe recordar que las categorías de servicio están presentadas en la sección 4.9.1.11.

En cuanto a la corriente no es posible encontrar contactores trifásicos para estos valores; por ello se seleccionan en base al valor próximo a estas corrientes según el fabricante.

Seleccionamos para ambos casos un contactor de marca **Siemens**, modelo SIRIUS 3RT20 (figura 4.9.41), con accionamiento en DC capaz de interrumpir una corriente nominal de 7 A.



Fig. 4.9.41: Contactor SIRIUS 3RT20.

**Datos característicos:**

- Temperatura máxima: 60 °C.
- Corriente máxima hasta 400 V: 7 A.
- Corriente máxima hasta 690 V: 18 A.
- Potencia para motores trifásicos: 3 KW.
- Número de caracteres de contactos auxiliares: 10.
- Contactos auxiliares: Un par de contactos normalmente abiertos (NA).
- Tensión de mando de bobina: 24 Vdc.
- Referencia de bornes de tornillo: 3RT20 15-1AB01.

3) Resistencia R1:

- Corriente nominal: 17,1 A.
- Categoría de servicio: AC1.

Seleccionamos un contactor modular bipolar monofásico marca **BAW**, modelo CM4020M (figura 4.9.42).

Datos característicos:

- Cantidad de polos principales: 2.
- Cantidad de polos auxiliares: 2.
- Corriente nominal: 40 A.
- Potencia nominal: 6 KW.



Fig. 4.9.42: Contactor BAW, modelo CM4020M.

---

## **4.10 AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

---

Durante el desarrollo de la sección 4 destinada a la solución de la situación problemática, hemos efectuado diseño elementos y accesorios para cada instalación de la planta de producción, posteriormente hemos establecido las bases para la automatización y el control planteando los bloques funcionales de las instalaciones. Dichos bloques han sido el punto de partida para determinar los elementos de mando y control, como sensores de nivel, termostatos, electroválvulas, etc.

Ahora, es necesario evaluar un método para coordinar todos los elementos de mando y control de las instalaciones.

---

### **4.10.1 Fundamentación teórica**

---

Un método muy común de automatización aplicado en la actualidad es implementar los llamados PLC (controlador lógico programable). Mediante estos dispositivos de naturaleza electrónica, analizados como unidad central de la planta, es posible comandar automáticamente las operaciones.

---

#### **4.10.1.1 Controlador Lógico Programable (PLC)**

---

Un controlador lógico programable (PLC) es un dispositivo electrónico digital que usa una memoria programable para guardar instrucciones y llevar a cabo funciones lógicas, de secuencia, de sincronización, de conteo y aritméticas para controlar máquinas y procesos y diseñado específicamente para programarse con facilidad. Este tipo de procesadores se denomina lógico debido a que la programación tiene que ver principalmente con la ejecución de operaciones lógicas y de conmutación. Los dispositivos de entrada (como interruptores) y los dispositivos de salida (como motores) que están bajo control se conectan al PLC, y después el controlador monitorea las entradas y salidas de acuerdo con el programa almacenado por el operador en el PLC con el que controla máquinas o procesos.

Los PLC tienen la gran ventaja de que permiten modificar un sistema de control sin tener que volver a alambrear las conexiones de los dispositivos de entrada y salida; basta con que el operador digite en un teclado las instrucciones correspondientes. También estos controladores son más rápidos que los sistemas a base de relevadores. El resultado es un sistema flexible que se puede usar para controlar sistemas muy diversos en su naturaleza y su complejidad. Tales sistemas se usan ampliamente para la implementación de funciones lógicas de control debido a que son fáciles de usar y programar.

Los PLC son similares a las computadoras, pero tienen características específicas que permiten su empleo como controladores. Estas características son:

1. Son robustos y están diseñados para resistir vibraciones, temperatura, humedad y ruido.
2. La interfaz para las entradas y las salidas está dentro del controlador.
3. Es muy fácil programarlos.

Las ventajas de la implementación de un PLC son:

- Mayor nivel de automatismo, control y simplicidad en los procesos en los que interviene.
- Facilitar a los operarios de las máquinas las operaciones de maniobra.
- Mejorar el control de los procesos.
- Permite introducir cambios rápidos en las maniobras y procesos que controla.
- Controla y protege los aparatos eléctricos.
- Ayuda con mensajes al control de las averías. Ayuda al mantenimiento.
- Puede estar unido a ordenadores que controlen los procesos.
- Tener salidas de información a impresoras y pantallas en TV.
- Reducir el volumen de los automatismos.
- Aumentar el grado de seguridad de las instalaciones que controla.
- Obtener mayor productividad de las máquinas o instalaciones.

La Figura 4.10.1 muestra la estructura interna básica de un PLC que, en esencia, consiste en una unidad central de procesamiento (CPU), memoria y circuitos de

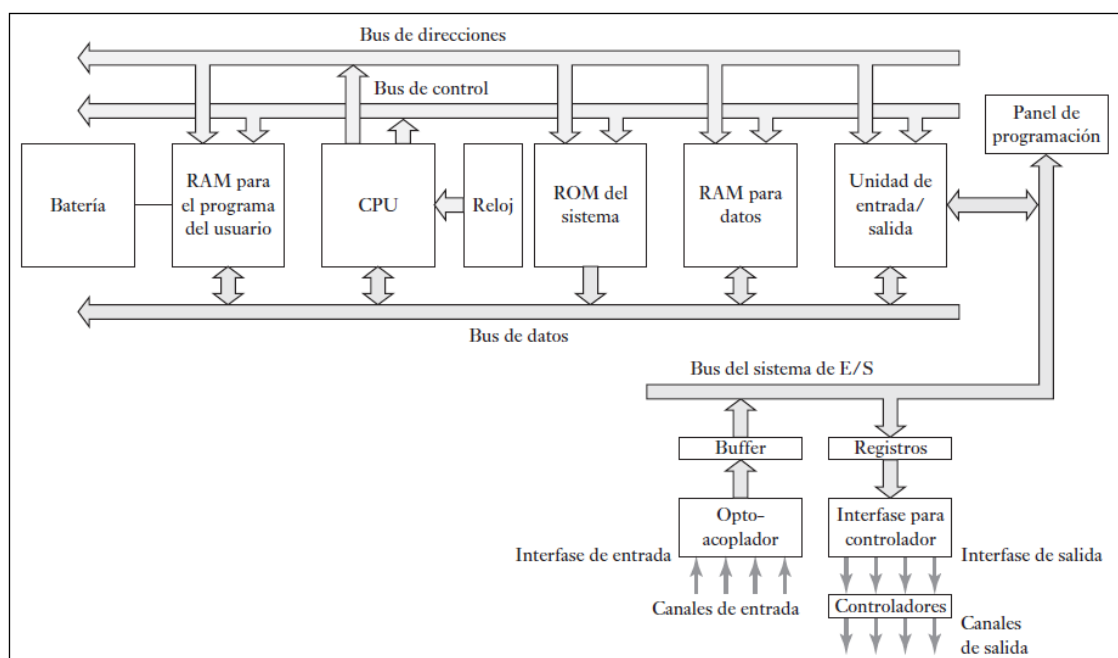


Fig. 4.10.1: Arquitectura de un PLC.

entrada/salida. La CPU controla y procesa todas las operaciones dentro del PLC. Cuenta con un temporizador cuya frecuencia típica es entre 1 y 8 MHz. Esta frecuencia determina la velocidad de operación del PLC y es la fuente de temporización y sincronización de todos los elementos del sistema.

Un sistema de buses lleva información y datos desde y hacia la CPU, la memoria y las unidades de entrada/salida. Los elementos de la memoria son: una ROM para guardar en forma permanente la información del sistema operativo y datos corregidos; una RAM para el programa del usuario y memoria buffer temporal para los canales de entrada/salida.

#### 4.10.1.2 Entrada/Salida de un PLC

La unidad de entrada/salida es la interfaz entre el sistema y el mundo externo y donde el procesador recibe información desde dispositivos externos y comunica información a

dispositivos externos. Las interfaces de entrada/salida ofrecen aislamiento y funciones de acondicionamiento de señal de manera que esos sensores y actuadores a menudo pueden conectarse directamente a ellos sin necesitar otro circuito. Las entradas pueden estar desde interruptores límite que se activan al presentarse algún evento, u otros sensores como sensores de temperatura o sensores de flujo. Las salidas pueden servir para activar las bobinas de arranque, válvulas solenoides, etc., de un motor. El aislamiento eléctrico del mundo externo por lo general es por medio de optoaisladores.

La Figura 4.10.2 muestra la forma básica de un canal de entrada. La señal digital que por lo general es compatible con el microprocesador en el PLC es de 5 V de CD (corriente continua). Sin embargo, el acondicionamiento de señal en el canal de entrada, con aislamiento, permite un rango amplio de señales de entrada para suministrarlo. Por lo tanto, con un PLC más grande se podrían tener voltajes de entrada posibles de 5 V, 24 V, 110 V y 240 V. Un PLC pequeño es probable que tenga sólo una forma de entrada, por ejemplo, 24 V.

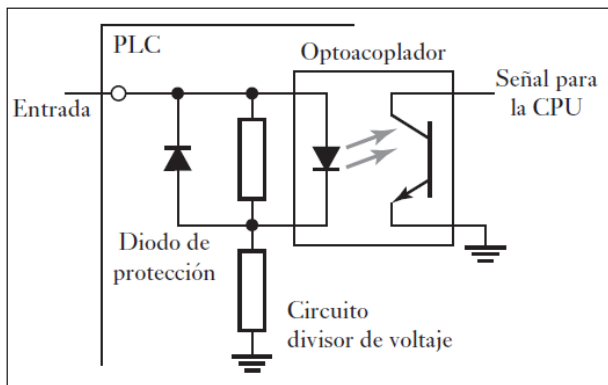


Fig. 4.10.2: Canal de entrada de un PLC.

La salida para la salida de la unidad será digital con un nivel de 5 V. Las salidas se especifican como tipo de relevador, tipo transistor o tipo triac. Con el tipo de relevador, la señal desde la salida del PLC se usa internamente para operar un relevador y así poder cambiar las corrientes a unos pocos amperes en un circuito externo.

El relevador aísla el PLC del circuito externo y se puede utilizar para conmutar corriente CD (continua) a CA (alterna). Sin embargo, los relevadores son relativamente lentos de operar.

El tipo transistor de salida utiliza un transistor para cambiar la corriente en el circuito externo. Esto provoca una acción de cambio más rápido. Los optoaisladores se usan con interruptores de transistor para provocar un aislamiento entre el circuito externo y el PLC. La salida del transistor es sólo para cambio de CD. Las salidas triac se pueden utilizar para controlar cargas externas conectadas al suministro de poder de CA. Los optoaisladores otra vez se utilizan para proveer aislamiento. Así que se pueden tener salidas desde el canal de salida que puede ser una señal de cambio de 24 V, 100 mA, un voltaje de CD de 110 V, 1 A o tal vez 240 V, 1 A de CA, o 240 V, 2 A de CA, desde un canal de salida triac. Con un PLC pequeño, todas las salidas serían de un tipo, 240 V CA, 1 A. Sin embargo, con los PLC modulares, un rango de salidas pueden acomodarse al seleccionar los módulos a usar.

#### 4.10.1.3 Programación en escalera o ladder

La forma más común de programación que se usa con los PLC es la programación en escalera o ladder, en la que cada tarea de programa se especifica como un escalón de escalera. Este escalón podría especificar que los estados de los interruptores A y B, las

entradas, sea examinado y si A y B se cierran entonces un solenoide, la salida, es energizada. La Figura 4.10.3 muestra la idea al compararla con un circuito eléctrico.

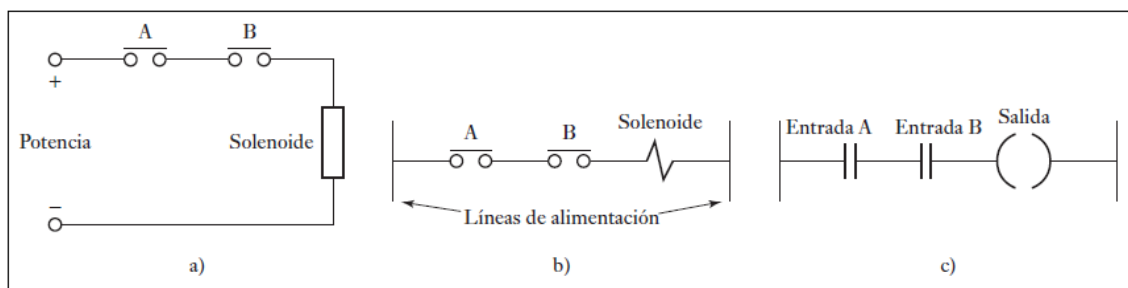


Fig. 4.10.3: a; b- formas alternativas de programar un circuito; b-Escalón en un programa en escalera.

La secuencia seguida por un PLC cuando lleva a cabo un programa puede resumirse como:

1. Escanear las entradas asociadas con un escalón del programa en escalera.
2. Resolver las operaciones lógicas abarcando esas entradas.
3. Configurar/reiniciar las entradas para el escalón.
4. Moverse al siguiente escalón y repetir las operaciones 1, 2, 3.
5. Moverse en el siguiente escalón y repetir operaciones 1, 2, 3.
6. Moverse en el siguiente escalón y repetir operaciones 1, 2, 3.
7. Y así hasta el fin del programa con cada escalón del programa en escalera escaneada en turno. El PLC luego regresa al principio del programa y comienza otra vez.

La programación de un PLC basada en diagramas de escalera consiste en elaborar un programa de forma similar a como se dibuja un circuito de contactos eléctricos. El diagrama de escalera tiene dos líneas verticales que representan las líneas de alimentación. Los circuitos están conectados como líneas horizontales, es decir, los escalones de la escalera, entre estos dos verticales.

La Figura 4.10.4 muestra los símbolos estándar básicos que se usan en un diagrama de escalera. En el diseño de la línea del circuito para un escalón, las entradas siempre deben preceder a las salidas y debe haber al menos una salida en cada línea. Cada escalón debe empezar con una entrada o una serie de entradas y terminar con una salida.

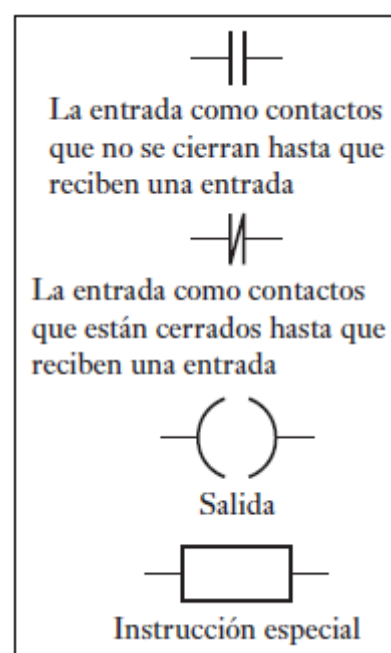


Fig. 4.10.4: Simbología de un diagrama escalera.

#### 4.10.2 Programación lógica

Para la elaboración de la programación lógica (ladder o escalera) tomaremos como punto de partida la secuencia de operaciones de la planta, expresada en la sección 4.8.8.



Por otro lado, hay que tener en cuenta las entradas y salidas del PLC, identificarlas perfectamente y asignarles una nomenclatura de fácil interpretación.

---

#### 4.10.2.1 Asignación de entradas

---

Las entradas al PLC se designarán con la letra *I*, seguida de un número o una letra que indiquen el orden correlativo.

Entradas:

- **I1:** PP. Pulsador de parada del proceso.
- **I2:** PM. Pulsador de marcha del proceso.
- **I3:** T3. Termostato del cubil de la amasadora.
- **I4:** T4. Termostato del tornillo sinfín de la amasadora.
- **I5:** N0. Sensor de nivel a cero del tanque de calentamiento de agua.
- **I6:** N1. Sensor de nivel a 39,6 cm del tanque de calentamiento de agua (a 112 litros).
- **I7:** T1. Termostato del tanque de calentamiento de agua.
- **I8:** N4. Sensor de nivel a cero del recipiente de mezclado de vaselina y glicerina.
- **I9:** N5. Sensor de nivel a 15,13 cm del recipiente de mezclado de vaselina y glicerina.
- **IA:** N6. Sensor de nivel a 40 cm del recipiente de mezclado de vaselina y glicerina.
- **IB:** T2. Termostato del recipiente de mezclado de vaselina y glicerina.
- **IC:** N2. Sensor de nivel a cero del recipiente de mezclado de agua y componentes excipientes.
- **ID:** N3. Sensor de nivel a 17,67 cm del recipiente de mezclado de agua y componentes excipientes.
- **IE:** Fin dosificado.
- **IF:** PCP. Pulsador de continuación de proceso.

---

#### 4.10.2.2 Asignación de salidas

---

Las salidas del PLC se designarán con la letra *Q*, seguida de un número o una letra que indiquen el orden correlativo.

Salidas:

- **Q1:** KM3. Contactor del motor eléctrico de la bomba hidráulica de apertura de la compuerta de la amasadora.
- **Q2:** KM8. Contactor de la resistencia del cubil de la amasadora.
- **Q3:** KM9. Contactor de la resistencia del tornillo sinfín de la amasadora.
- **Q4:** EV1. Electroválvula de entrada de agua.
- **Q5:** EV2. Electroválvula de salida de agua caliente.
- **Q6:** EV3. Electroválvula de entrada de gas natural al quemador.
- **Q7:** EV5. Electroválvula de descarga de glicerina.
- **Q8:** EV6. Electroválvula de descarga de vaselina.
- **Q9:** EV7. Electroválvula de descarga de la mezcla de vaselina y glicerina.
- **QA:** KM2. Contactor del motor eléctrico del agitador del recipiente de mezclado de vaselina y glicerina.

- **QB:** KM7 Contactor de la resistencia del recipiente de mezclado de vaselina y glicerina.
- **QC:** Dosificador.
- **QD:** KM1. Contactor del motor eléctrico del agitador del recipiente de mezclado de agua y componentes excipientes.
- **QE:** EV4. Electroválvula de descarga de la mezcla de agua y componentes excipientes.
- **QF:** KM6. Contactor del motor eléctrico de la bomba hidráulica de cierre de la compuerta de la amasadora.
- **QG:** Luz.
- **QH:** KM4. Contactor del motor eléctrico de las paletas de la amasadora.
- **QI:** KM5. Contactor del motor eléctrico del tornillo sinfín de la amasadora.
- **QJ:** Luz.

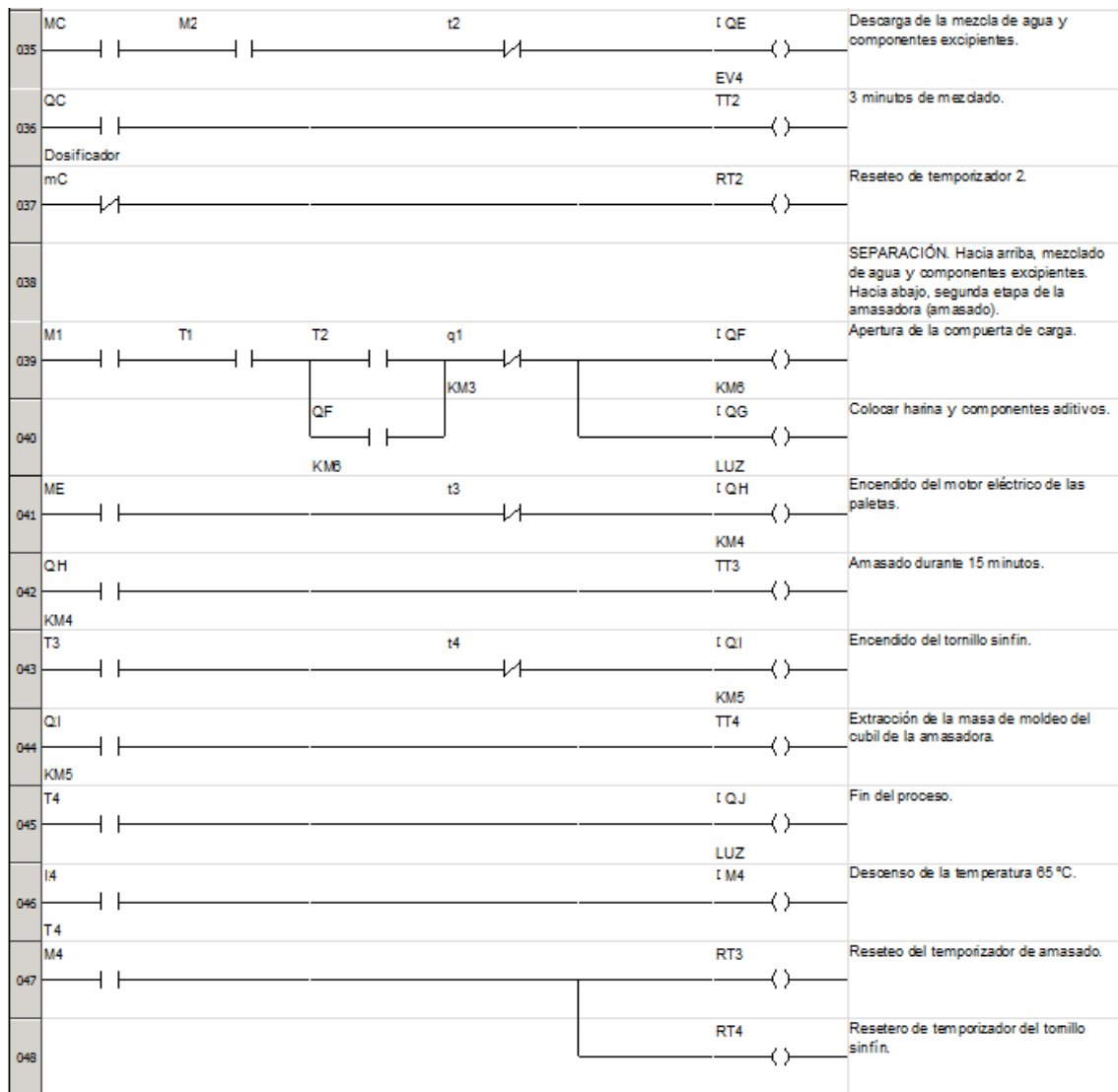
#### 4.10.2.3 Programación lógica

A continuación se muestra la programación escalera o ladder del proceso automatizado de producción de masa de moldeo.

No	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Contacto 4	Contacto 5	Bobina	Comentario
001		I1				t M1	Paro General
002	M1	PP I2			t4	t M2	Marcha
003	KM8	PM M2				t MF	1º Cierre de compuerta de carga de la amasadora.
004	M1	IF			m4	t ME	2º Cierre de compuerta de carga de la amasadora.
005		PCP ME					
006	MF		qF		t2	t Q1	Cierre de compuerta de carga de la amasadora.
007	ME		KM6			KM3	
008	M2				m3	t Q2	Encendido y apagado de la resistencia del cubil R2.
009					m4	t Q3	Encendido y apagado de la resistencia del tornillo sinfín R2.
010	I3					t M3	Temostato del cubil de la amasadora T3. Censado de la temperatura del cubil.
011	T3 I4					t M4	Temostato del tornillo sinfín de la amasadora T4. Censado de la temperatura del tornillo sinfín.
012	T4						SEPARACIÓN. Hacia arriba, etapa de preparación de la amasadora. Hacia abajo, calentamiento de agua.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL - FACULTAD REGIONAL LA RIOJA  
 PROYECTO FINAL: DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE PLANTA DE PRODUCCIÓN DE MASA DE MOLDEO

013	M2	q7	m6	q5	t Q4	Entrada de agua al tanque de calentamiento.
		EV5		EV2	EV1	
014	I5				t M5	Medición de nivel de agua en cero.
015	M5	M2	M7		t Q5	Descarga de agua caliente.
016	I6				EV2 t M6	Medición del nivel de agua en 112 litros.
017	N1	M2	m7		t Q6	Calentamiento del agua.
018	I7				EV3 t M7	Censado de la temperatura del agua mediante T1.
019	T1					Separación. Hacia arriba, calentamiento de agua. Hacia abajo, mezclado de vaselina y glicerina.
020	M7		m9	q9	t Q7	Entrada de glicerina al recipiente de mezclado de vaselina y glicerina.
021	M9	M2	mA	EV7 q9	EV5 t Q8	Entrada de vaselina al recipiente de mezclado de vaselina y glicerina.
022	M8	M2	T1		EV6 t Q9	Descarga de la mezcla de vaselina y glicerina.
023	I8				EV7 t M8	Medición del nivel de líquido en cero.
024	N4				t M9	Medición del nivel de glicerina en 10 litros.
025	I4				t MA	Medición del nivel de glicerina + vaselina en 18 litros.
026	M9	M2	t1		t QA	Inicio del agitado.
027	MA	M2	mB		KM2 t QB	Calentamiento de la mezcla de vaselina y glicerina.
028	I8				KM7 t MB	Censado de la temperatura de la mezcla. Cuando la misma alcanza 60 °C se apaga la resistencia R1.
029	T2				TT1	6 minutos de mezclado.
030						SEPARACIÓN. Hacia arriba, mezclado de vaselina y glicerina. Hacia abajo, mezclado de agua y componentes excipientes.
031	I3				t MC	Medición del nivel en cero.
032	N2				t MD	Medición del nivel en un tercio de la altura del recipiente.
033	I3	M2	MC		t QC	Dosificación de componentes excipientes.
034	FIN dosificación	MD	T2		Dosificador t QD	Inicio del agitado.
					KM1	



Los elementos designados como **[M]** se llaman memorias. Estas memorias son relevadores internos del PLC para efectuar tareas múltiples. Debido a que en una línea de comando no puede haber más de una salida Q, si es necesario comandar más de una salida para una entrada I, lo correcto es hacer que la entrada actúa sobre una de estas memorias, y dicha memoria comanda las múltiples salidas que se requieren cambiar de estado.

Por otro lado, los elementos designados como **TT** son temporizadores internos del PLC, y pueden aplicarse ya sea con retardo a la conexión como retardo a la desconexión. En este caso los temporizadores se configuran con retardo a la desconexión, esto significa que al producirse un cambio de estado de una entrada, el temporizador deja transcurrir un

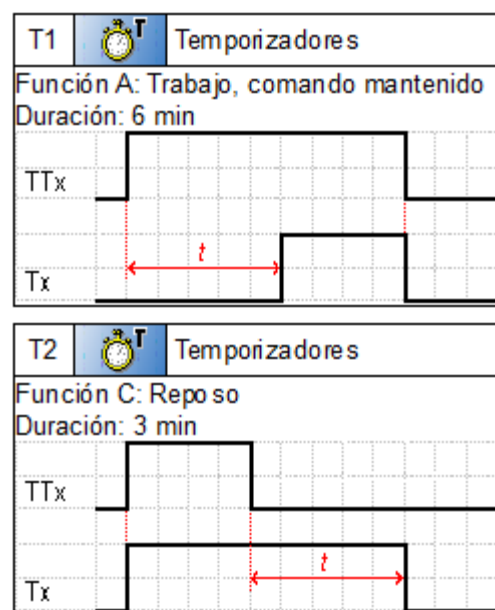


Fig. 4.10.5: Temporizadores TT1 y TT2.

determinado tiempo (calibrado previamente) para luego desconectar una salida.

En la programación se utilizan cuatro temporizadores (figuras 4.10.5 y 4.10.6), ellos son:

- **TT1:** temporizador del agitador de vaselina y glicerina.
- **TT2:** temporizador del agitador de agua y componentes excipientes.
- **TT3:** temporizador del amasado.
- **TT4:** temporizador de la extracción de masa de moldeo.

Los tiempos de los temporizadores son:

- **TT1:** 6 minutos.
- **TT2:** 3 minutos.
- **TT3:** 15 minutos.
- **TT4:** 4 minutos.

Cabe aclarar que el tiempo de extracción de masa es estimativo, ya que el mismo será determinado de manera experimental durante el desarrollo del proceso productivo.

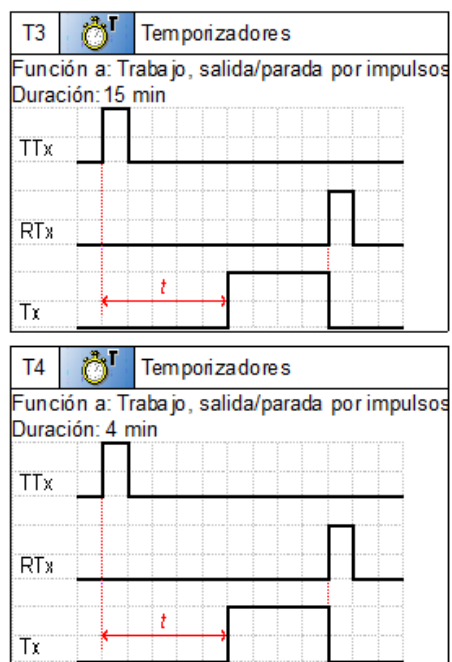


Fig. 4.10.6: Temporizadores TT3 y TT4.

### 4.10.3 Selección del autómatas programable

Para seleccionar el PLC a utilizar, hay que tener en cuenta fundamentalmente la cantidad de entradas y salidas requeridas.

- Cantidad de entradas: 15.
- Cantidad de salidas: 19.

Consultando los catálogos de la empresa **Schneider Electric**, observamos que la gran mayoría de los autómatas que se comercializan en la actualidad no poseen más de 16 salidas, es por ello que deberemos considerar la implementación de un módulo de expansión de la cantidad de salidas.

#### 4.10.3.1 Módulo base

El módulo base seleccionado (figura 4.10.7) pertenece a la serie Modicon TM221, producido por la empresa **Schneider Electric**, y el modelo es TM221C40R.

Las **características principales** del módulo son:

Rango de producto	Modicon M221
Tipo de producto o componente	Controlador lógico
Tensión de alimentación nominal	100 a 240 Vac
Cantidad de entradas digital	16 a relé
Tensión de salida digital	5 a 125 Vdc
	5 a 240 Vac
Corriente de salida digital	2 A

Las **características complementarias** del módulo son:

Cantidad de entradas/salidas digitales	40
Cantidad de módulos de expansión admisibles	7 para salida del relé.
Límites de tensión de alimentación	85 a 264 V
Frecuencia asignada de empleo	50/60 Hz
Corriente de entrada	40 A
Máximo consumo de potencia en VA	67 VA con el máximo de módulos de ampliación
	37 VA sin módulos de ampliación
Corriente de salida fuente de alimentación	0.52 A para 5 V
	0,24 A para 24 V
Lógica de entrada digital	Receptor o suministro (positivo/negativo)
Tensión de entrada digital	24 V
Tipo de voltaje de entrada discreto	CC
Resolución de entrada analógica	10 bits
Valor LSB	10 mV
Tiempo de conversión	1 ms por canal + 1 tiempo de ciclo del controlador para entrada analógica
Sobrecarga permitida en entradas	30 Vdc para 5 minutos (máximo) para entrada analógica
	13 Vdc (permanente) para entrada analógica
Estado de tensión 1 garantizado	Mayor o igual a 15 V para entrada
Estado de tensión 0 garantizado	Menor o igual a 5 V para entrada
Corriente de entrada digital	7 mA para entrada digital
	5 mA para entrada rápida
Impedancia de entrada	3,4 K $\Omega$ para entrada digital
	100 K $\Omega$ para entrada analógica
	4,9 K $\Omega$ para entrada rápida
Tiempo de filtrado configurable	0, 3 y 12 ms para entrada
Límites de tensión de salida	125 Vdc y 277 Vac
Conexión - terminales	7 A
Error de precisión absoluto	$\pm$ 1% de la escala completa para entrada analógica
Frecuencia de conmutación	20 operaciones por minuto con carga máxima
Endurancia mecánica	20.000.000 ciclos para salida del relé
Carga mínima	1 mA a 5 Vdc para salida del relé
Tipo de protección	Sin protección a 5 A
Capacidad de memoria	256 KB para aplicación de usuario y datos RAM con 10.000 instrucciones
	256 KB para variables internas RAM
Tipo de batería	BR2032 litio no recargable, vida de 4 años

Tipo de conexión integrada	Puerto USB 2.0 mini B con conector
	Enlace serie sin aislar serie 1 con RJ45 conector y RS485 interfaz
	Enlace serie sin aislar serie 2 con RJ45 conector y RS232/RS485 interfaz
Alimentación	Fuente de alimentación de enlace 5 V, < 200 mA
Aislamiento	Entre entrada y lógica interna 500 Vac
	Sin aislamiento entre entrada analógica y lógica interna
	Sin aislamiento entre las entradas analógicas
	Entre el suministro y el suelo 1500 Vac
	Entre la fuente de alimentación y el sensor y la tierra 500 Vac
	Entre salida y tierra a 1500 Vac
Alto	90 mm
Profundidad	70 mm
Ancho	160 mm
Peso del producto	456 gr
Resistencia a descargas electrostáticas	8 KV en aire
	4 KV en contacto
Resistencia a campos electromagnéticos	10 V/m 80 MHz a 1 GHz
	3 V/m 1,4 GHz a 2 GHz
Temperatura ambiente de funcionamiento	-10 a 55 °C instalación horizontal
	-10 a 35 °C instalación vertical
Temperatura ambiente de almacenamiento	-25 a 70 °C
Humedad relativa	10 a 95% sin condensación (en operación)
	10 a 95% sin condensación (en almacenamiento)
Grado de protección IP	IP20
Altitud máxima de funcionamiento	2000 m
Altitud máxima de almacenamiento	3000 m
Resistencia a los choques	98 m/s <sup>2</sup> para 11 ms

En la figura 4.10.7 se muestra la parte frontal del PLC seleccionado. La bornera superior corresponde a los puntos de conexión de las entradas, y la bornera inferior corresponde a los puntos de conexión de las salidas.

Dicho módulo base se monta sobre riel DIN en el interior de un tablero.



Fig. 4.10.7: Módulo base Modicon TM221C40R.

#### 4.10.3.2 Módulo de expansión

El módulo de expansión seleccionado (figura 4.10.8) corresponde a la serie Modicon TM3, y el modelo es TM3DQ8R.

Dicho módulo posee ocho salidas de relé, de manera que acoplado el módulo de expansión al módulo base, el PLC tendrá la siguiente cantidad de entradas/salidas:

- Cantidad de entradas: 24 (todas del módulo base).
- Cantidad de salidas: 24 (16 del módulo base y 8 del módulo de expansión).

Como podemos observar, la cantidad de entradas/salidas disponibles ahora es mayor a la cantidad requerida, de modo que el autómata tendrá disponibilidad ante futuras necesidades de ampliación de las instalaciones.



Fig. 4.10.8: Módulo de expansión Modicon TM3DQ8R.



---

## 4.11 CIRCUITOS ELECTRICOS

---

Los automatismos electricos son circuitos preparados principalmente para efectuar procesos repetitivos, complejos y monótonos.

Para instalaciones que sean muy simples en un mismo plano podrían dibujarse todos los elementos que intervienen en dicha instalación, así como las conexiones correspondientes.

Claro está que para instalaciones un poco más complejas, poner sobre un mismo plano todos los circuitos implica dibujos inmensamente grandes y de muy difícil interpretación. Además, la cantidad de cableado que se debería que utilizar sería tan importante que para seguir las diferentes conexiones se requeriría demasiado tiempo.

Hay que tener en cuenta que en la mayoría de las ocasiones las tensiones de suministro de energía eléctrica son totalmente diferentes para unas partes y otras del circuito.

Por ello, los circuitos de automatismos se separan de dos grandes bloques:

- 1) Circuitos de potencia.
- 2) Circuitos de mando.

---

### 4.11.1 Circuitos de potencia

---

Los circuitos de potencia están conformados por aquellos elementos que hacen de alguna manera el trabajo duro, es decir son los elementos de fuerza, puesto que son los encargados de ejecutar las órdenes dictaminadas por el circuito de mando.

Este tipo de circuito se caracteriza sobre todo por trabajar a tensiones superiores 230 V, 400 V y mas, en corriente alterna principalmente.

Los circuitos de potencia se representan en los esquemas de potencia, donde se incluyen una serie de elementos. Entre los mas representativos se encuentran:

- Fusibles.
- Interruptores tripolares.
- Contactores.
- Relé térmico.
- Motores.

---

### 4.11.2 Circuitos de mando

---

En el circuito de mando se representa la lógica cableada del atomatismo y en el se incluirán los equipos que por un lado reciben la información de los distintos elementos de captación.

Los mandos manuales deben proporcionar un control sobre la maquinaria que se desea controlar, pero siempre teniendo en cuenta que lo primordial es mantener garantizada la seguridad de los operarios que la controlan.

Como los circuitos de mando realmente son un manejo de los circuitos de potencia pero a distancia, esta circunstancia evitará que los operarios que controlan un proceso tengan que efectuar desplazamientos innecesarios.

El circuito de mando es como una CPU de un ordenador. Esta última, una vez encendida, espera a que le llegue información del exterior, por ejemplo a través del teclado o el ratón. Una vez analizada la información que dichos elementos le han dado la procesará de forma que ordenará a los elementos correspondientes que ejecuten sus órdenes, por ejemplo, que la impresora imprima un determinado documento.

La característica del circuito de mando es la alimentación a la que está sometido, pudiendo ir desde los 230 V en alterna a bajas tensiones o tensiones de seguridad (12 V o 24 V) sobre todo como seguridad para los operadores de los equipos.

Los elementos de mando se representan en los circuitos de mando, donde se puede incluir gran cantidad de elementos. Entre los mas representativos tendremos:

- Fusibles.
- Protecciones térmicas.
- Pulsadores de marcha y paro.
- Relés.
- Temporizadores.
- Señalizaciones.
- Sensores.
- Termostatos, etc.

---

#### **4.11.3 Circuitos de potencia de los mecanismos de fuerza de la planta**

---

A continuación presentaremos los circuitos de potencia de los distintos elementos o mecanismos de fuerza (motores eléctricos) de la planta.

En la planta, los motores cumplen las siguientes funciones:

- Un motor impulsa el agitador de mezclado de agua y componentes excipientes.
- Un motor impulsa el agitador de mezclado de vaselina y glicerina.
- Un motor impulsa la bomba hidráulica para abrir y cerrar la compuerta de la amasadora.
- Un motor impulsa las paletas de la amasadora.
- Un motor impulsa el tornillo sinfín de la amasadora.

---

##### **4.11.3.1 Motor eléctrico de la bomba hidráulica de la compuerta de la amasadora**

---

Los elementos destinados al encendido y protección del motor eléctrico se encuentran instalados actualmente en la planta y son parte del equipamiento de la amasadora, de modo que no será necesario efectuar el diseño y selección de dichos elementos. No obstante, en la figura 4.11.1 se muestra el circuito de potencia del motor eléctrico. En dicha figura se distinguen los siguientes elementos:

- F: protección fusible.
- KM3: contactor para el cierre de la compuerta.
- KM6: contactor para la apertura de la compuerta.
- RT: relé térmico.
- MEC: motor eléctrico de la compuerta.

Analizando la figura 4.11.1 podemos ver que el mismo motor eléctrico posee dos sentidos de giro, es decir utilizando el mismo motor pero invirtiendo las fases de alimentación se giro. Es por lo mencionado que se utilizan dos contactores.

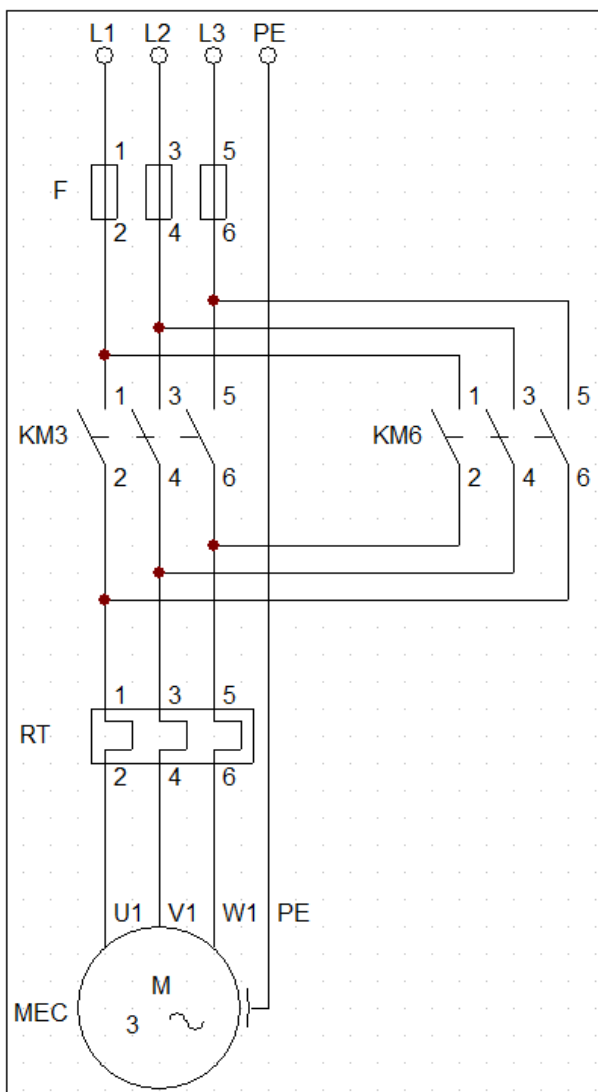


Fig. 4.11.1: Circuito de potencia del motor eléctrico de la bomba hidráulica de la compuerta.

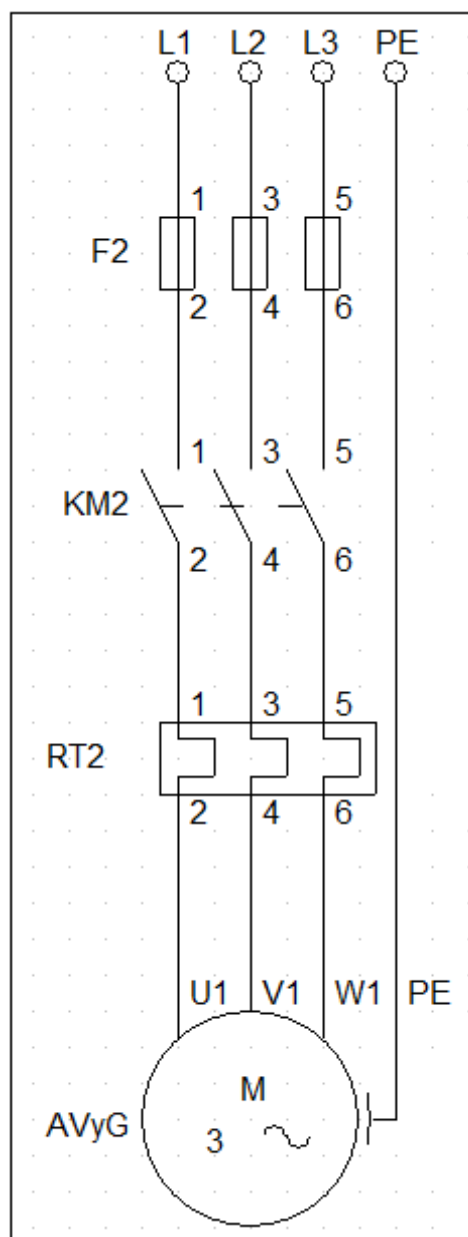


Fig. 4.11.2: Circuito de potencia del motor del agitador de vaselina y glicerina.

#### 4.11.3.2 Motor eléctrico del agitador del recipiente de vaselina y glicerina.

En la figura 4.11.2 se muestra el circuito de potencia del motor del agitador de vaselina y glicerina. El comando del motor eléctrico se efectúa a través del contactor KM2.

Considerando que los elementos pertenecientes a este circuito no se encuentran actualmente en la planta, es necesario efectuar la selección de las protecciones F2 y RT2.

Considerando que la corriente nominal consumida por el motor eléctrico (seleccionado en la sección 4.4.3.3) es 1,3 A, seleccionamos un relé térmico de la serie SIRIUS, provisto por la empresa **SIEMENS**.

Las características del relé térmico RT2 (figura 4.11.3) son:

- Serie: SIRIUS.
- Modelo: RU1116-1BB0.
- Rango de regulación de corriente: 1,4 a 2 A.
- Clase 10.
- Contactos: 1 NA y 1 NC.



Fig. 4.11.3: Relé térmico SIEMENS.

Considerando que la corriente nominal del motor es 1,3 A, lo ideal es calibrar la protección térmica en 1,6 A, valor de corriente 23 % mayor al nominal.

#### 4.11.3.3 Motor eléctrico del agitador de agua y componentes excipientes

En la figura 4.11.4 se muestra el circuito de potencia del motor del agitador de agua y componentes excipientes. El comando del motor eléctrico se efectúa a través del contactor KM1.

Considerando que los elementos pertenecientes a este circuito no se encuentran actualmente en la planta, es necesario efectuar la selección de las protecciones F1 y RT1.

Considerando que la corriente nominal consumida por el motor eléctrico (seleccionado en la sección 4.5.2.3) es 0,53 A, seleccionamos un relé térmico de la serie SIRIUS, provisto por la empresa **SIEMENS**.

Las características del relé térmico RT1 (figura 4.11.3) son:

- Serie: SIRIUS.
- Modelo: 3RU1116-0JB0.
- Rango de regulación de corriente: 0,7 a 1 A.
- Clase 10.
- Contactos: 1 NA y 1 NC.

Considerando que la corriente nominal del motor es 0,53 A, lo ideal es calibrar la protección térmica en 0,7 A, valor de corriente 30 % mayor al nominal.

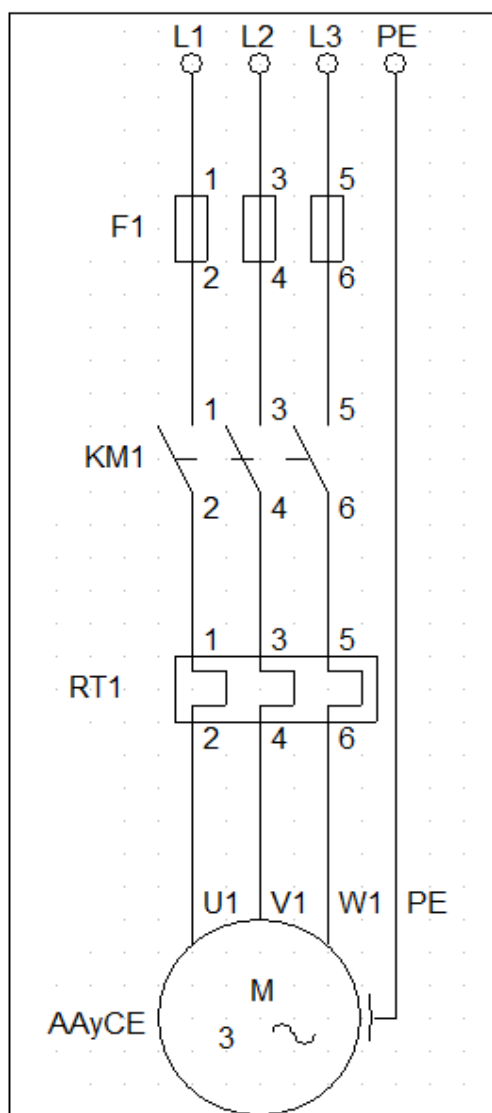


Fig. 4.11.4: Circuito de potencia del motor del agitador de agua y componentes excipientes.

#### 4.11.3.4 Motor eléctrico de las paletas

Los elementos destinados al encendido y protección del motor eléctrico de las paletas (MEP) se encuentran instalados actualmente en la planta y son parte del equipamiento de la amasadora, de modo que no será necesario efectuar el diseño y selección de dichos elementos. No obstante, en la figura 4.11.5 se muestra el circuito de potencia del motor eléctrico.

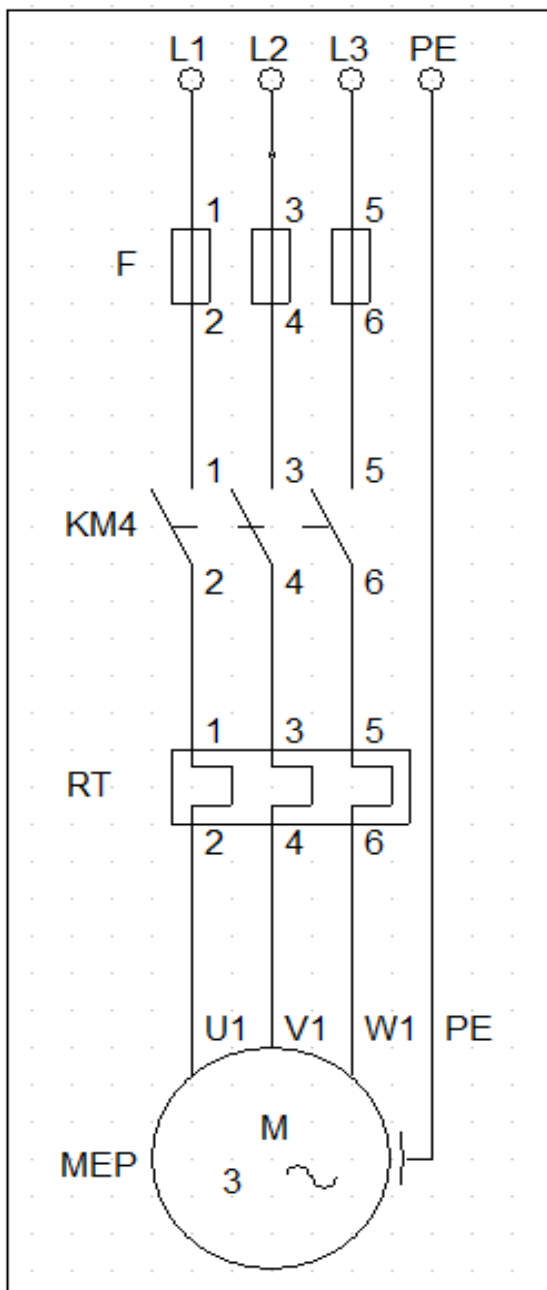


Fig. 4.11.5: Circuito de potencia del motor eléctrico de las paletas de la amasadora.

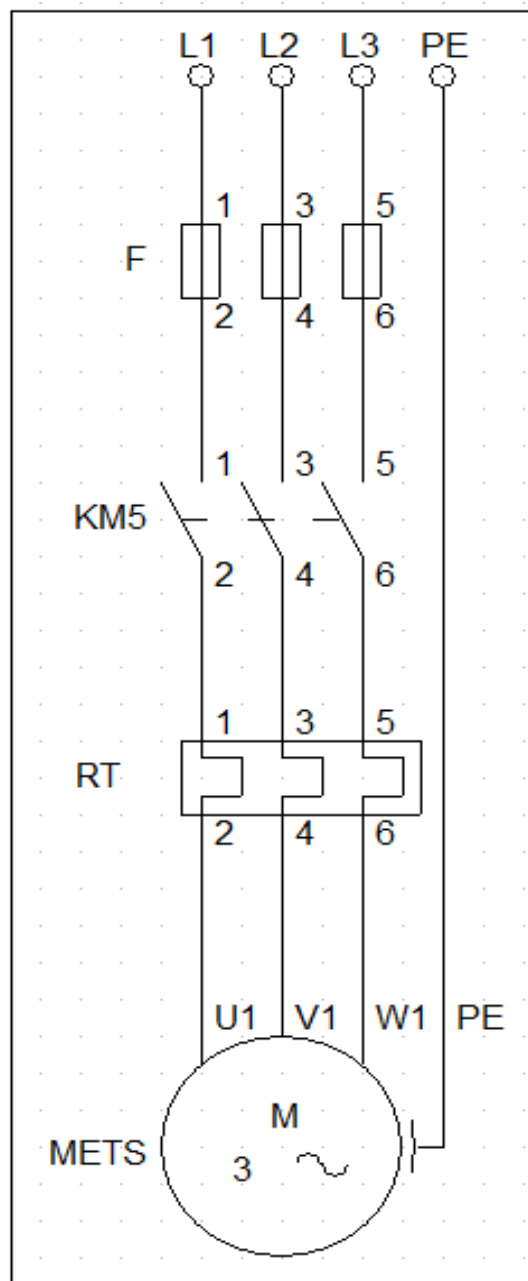


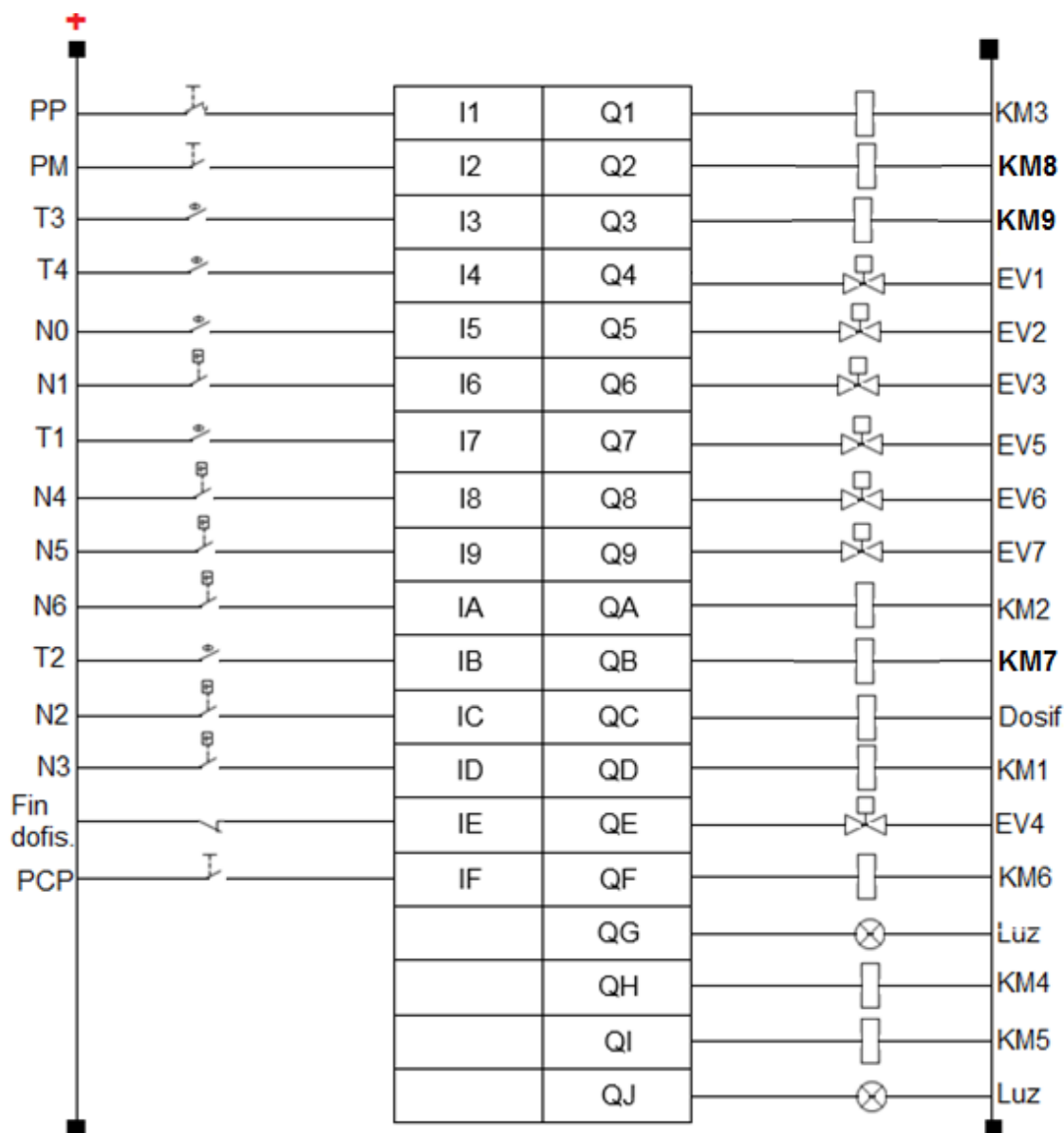
Fig. 4.11.6: Circuito de potencia del motor eléctrico del tornillo sinfín de la amasadora.

#### 4.11.3.5 Motor eléctrico del tornillo sinfín

Los elementos destinados al encendido y protección del motor eléctrico de las paletas (METS) se encuentran instalados actualmente en la planta y son parte del equipamiento de la amasadora, de modo que no será necesario efectuar el diseño y selección de dichos elementos. No obstante, en la figura 4.11.6 se muestra el circuito de potencia del motor eléctrico.

#### 4.11.4 Circuito de mando de la planta

En la figura 4.11.7 se muestra el circuito de mando de toda la planta. La unidad central corresponde al PLC (tratado en la sección 4.10), donde I es la nomenclatura para las entradas, Q es la nomenclatura para las salidas y las nomenclaturas de cada entrada y salida son las desarrolladas en la sección 4.8.8.



Circuito de mando de la planta.

El contacto mencionado como fin de dosificado es una entrada conectada al dosificador EOB Alfa, y la salida Dosificador corresponde a la operación del mismo. Al aparato se

lo trata como una unidad que cumple las tareas de pesado, y posterior descarga en el recipiente de mezclado de agua y componentes excipientes.

Para iniciar el dosificado el PLC envía una señal a la salida **Dosif**. Cuando se efectúa la descarga de los componentes, se envía una señal al PLC mediante la entrada **Fin dosif**.

#### 4.12 TIEMPOS DEL PROCESO DE PRODUCCION AUTOMATIZADO

La lista de tareas para la producción automática de masa de moldeo se muestra en la siguiente tabla:

Actividad	Duración (minutos)	Inicio	Fin
Calentar agua	30	0	30
Calentar amasadora	20	0	20
Mezclar vaselina y glicerina	6	30	36
Colocar harina en amasadora	1	20	21
Mezclar agua y componentes excipientes	3	30	33
Colocar mezclas y aditivos en amasadora	1	36	37
Amasado	15	37	51

En la figura 4.12.1 se muestra el diagrama con el tiempo requerido para elaborar una tanda de masa de moldeo. Los valores representados en el eje vertical corresponden al número correlativo de tarea, y los valores representados en el eje horizontal corresponden a la duración en minutos.

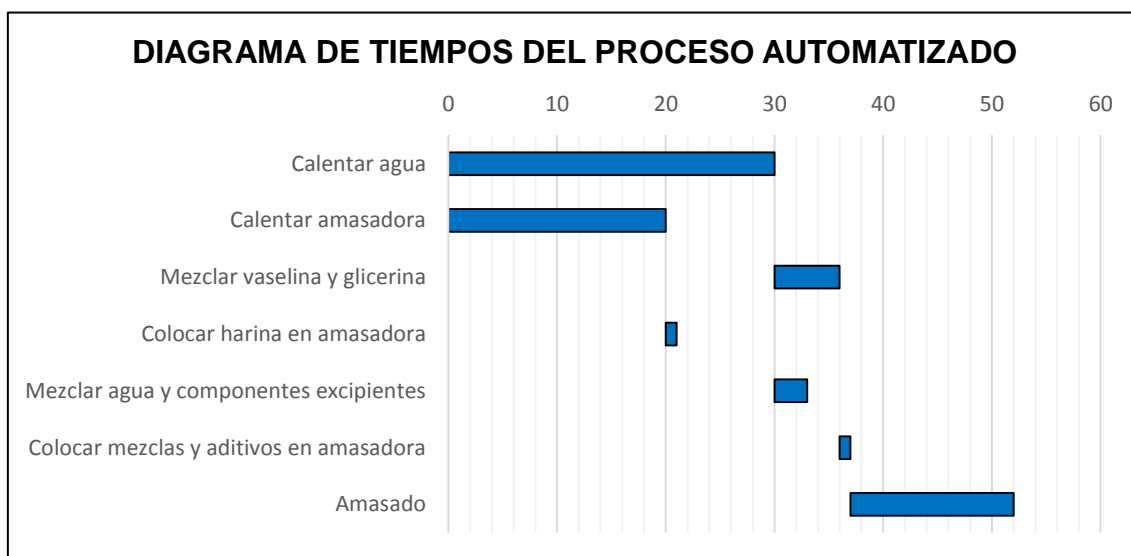


Fig. 4.12.1: Diagrama de tiempos del proceso automatizado.

Para la primera tanda de producción los tiempos son mayores, pero una vez que se repite el proceso, los tiempos disminuyen ya que mientras se introducen las mezclas en la amasadora, se reinicia el calentamiento del agua, y la amasadora ya se encuentra a la temperatura de trabajo.

Cabe aclarar que la colocación de la harina y los componentes aditivos no ha sido automatizada, de modo que estas tareas deben realizarse manualmente.

Por otro lado, la solución planteada para efectuar la carga de la harina es implementar un carro con plataforma, de modo que la harina se transporta sobre ésta. Para introducir la harina en la amasadora se levanta la plataforma mediante el sistema hidráulico.



---

#### **4.13 COMENTARIOS FINALES ACERCA DEL PROCESO AUTOMATIZADO**

---

Recapitulando sobre todos los temas tratados durante el estudio de la solución en la sección 4, hemos iniciado el análisis desde el diseño de los elementos pertenecientes a la planta, posteriormente confeccionamos los diagramas correspondientes a los bloques funcionales de cada instalación, lo cual nos sirvió de base para elaborar una secuencia de operaciones, que a su vez fue el punto de partida para establecer una programación lógica y seleccionar un autómata programable.

El estudio de todos los aspectos detallados en el párrafo anterior nos dan como resultado un proceso productivo parcialmente automatizado altamente eficiente.

Las ventajas de la implementación de la solución desarrollada salen a la luz rápidamente a la hora de evaluar el antes y después del proyecto.

---

##### **4.13.1 Reducción de los tiempos previos a la producción**

---

En el método manual aplicado actualmente, los operarios deben concurrir al depósito (ubicado en la parte trasera del predio) a cargar los bidones con vaselina y glicerina, también deben llevar a cabo la tediosa y minuciosa tarea de fraccionar los componentes excipientes en pequeñas bolsas con el peso necesario para una tanda de producción.

Implementando los tanques de almacenamiento de vaselina y glicerina y los silos de almacenamiento de componentes excipientes, los tiempos previos a la producción se reducen considerablemente.

---

##### **4.13.2 Reducción de los tiempos de preparación**

---

En el método actual aplicado actualmente, los operarios deben efectuar la mezcla de, por un lado la vaselina y glicerina, y por otro lado, la mezcla de agua y componentes excipientes. Posteriormente, deben verter éstas mezclas en el cubil de la amasadora.

Al aplicar la solución propuesta, estas tareas serán efectuadas por los agitadores acoplados a los motores eléctricos.

Por otro lado, se eliminan las tareas de transporte de fluidos para la preparación de la masa, ya que se implementa un conjunto de canalizaciones para que el transporte se lleve a cabo sin la intervención humana.

---

##### **4.13.3 Mejora de las condiciones laborales**

---

Al implementarse la solución propuesta, los obreros prescinden de efectuar tareas pesadas y riesgosas tales como:

- Transportar agua en estado de ebullición.
- Levantar ollas con líquidos a altas temperaturas.
- Respirar vapores emanados por la mezcla de agua y componentes excipientes.
- Fraccionar componentes excipientes con el riesgo de producirse inhalaciones.

---

##### **4.13.4 Mejor aprovechamiento del personal de la planta**

---

En el método manual aplicado actualmente, para producir masa de moldeo se requieren 7 personas que son desplazadas de una de las dos líneas de armado de juguetes.

Implementando la solución propuesta, la cantidad de operarios requeridos para el comando y control de la línea de producción de masa de moldeo se reduce a uno. Esto causa un impacto favorable ya que no se requerirá desplazar el 100% de los operarios de una línea de armado.

## **SECCIÓN Nº 5 - ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROYECTO**

---

### Contenido de la sección:

5.1 Introducción al análisis económico.....	276
5.2 Costo de las instalaciones.....	276

## 5.1 INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS ECONÓMICO

Es importante efectuar un estudio económico financiero de los recursos necesarios para ejecutar el proyecto.

Cabe aclarar que los costos a determinar en la sección 5 corresponden a los costos de los elementos, es decir, no están incluidos los siguientes:

- Costos de mano de obra de montaje, armado, programación, etc.
- Costos de envío del producto al destino, ya sea desde otras provincias o de la misma provincia.
- Impuestos al valor agregado (IVA).
- Costos asociados a la importación, para productos no disponibles en la industria nacional.

Los costos de mano de obra, montaje, armado, programación, etc. se analizarán durante la etapa de ejecución del proyecto (sección 6).

## 5.2 COSTOS DE LAS INSTALACIONES

Para efectuar el estudio dividiremos la planta en:

- 1) Instalación de calentamiento de agua.
- 2) Instalación de almacenamiento y alimentación de componentes excipientes.
- 3) Instalación de almacenamiento de vaselina y glicerina.
- 4) Instalación de mezclado de vaselina y glicerina.
- 5) Instalación de mezclado de agua y componentes excipientes.
- 6) Estructuras.
- 7) Canalizaciones.
- 8) Sensores, válvulas y actuadores.
- 9) Autómata programable (PLC).

En las siguientes secciones evaluaremos los costos para cada división de la planta.

### 5.2.1 Costo de la instalación de calentamiento de agua

En la sección 4.1 hemos diseñado la instalación destinada al calentamiento del agua. Ahora lo que haremos es detallar los costos asociados a cada elemento y posteriormente el costo total de la instalación.

A continuación se muestra una tabla con los costos correspondientes:

Elemento	Sección	Proveedor	Cant.	Precio Unitario (U\$S)	Subtotal (U\$S)
Tanque de acero inoxidable	4.1.2	LARinox	1	100,94	100,94
Quemador atmosférico QPL300C-Bd113/TM00	4.1.3	COFACO	1	722,31	722,31
					<b>823,25</b>

### 5.2.2 Costo de la instalación de almacenamiento y alimentación de componentes excipientes

En la sección 4.2 hemos diseñado la instalación destinada al almacenamiento y alimentación de los componentes excipientes o polvos químicos intervinientes en el proceso productivo. Ahora lo que haremos es detallar los costos asociados a cada elemento y posteriormente el costo total de la instalación.

A continuación se muestra una tabla con los costos correspondientes:

Elemento	Sección	Proveedor	Cant.	Precio Unitario (U\$S)	Subtotal (U\$S)
Silo 400MM 30 litros	4.2.2	Infinity Rotomolding	2	47,08	94,16
Silo 400MM 90 litros			1	81,18	81,18
Silo 400MM 110 litros			1	91,63	91,63
Silo 400MM 132 litros			1	102,42	102,42
Silo 500MM 160 litros			1	115,63	115,63
Silo 500MM 200 litros			2	138,06	276,12
Silo 600MM 300 litros			1	189,21	189,21
Gel de Sílice azul (1 Kg)	4.2.3	Sigev Solutions	1	23,32	23,32
Cartucho			9	2,83	25,47
Dosificador EOB Alfa	4.2.4	SIPEL	1	3364,74	3364,74
Tolva Pesadora y descargadora			1	5607,89	5607,89
					<b>9971,77</b>

### 5.2.3 Costo de la instalación de almacenamiento de vaselina y glicerina

En la sección 4.3 hemos diseñado la instalación destinada al almacenamiento de la vaselina y glicerina. Ahora lo que haremos es detallar los costos asociados a cada elemento y posteriormente el costo total de la instalación.

A continuación se muestra una tabla con los costos correspondientes:

Elemento	Sección	Proveedor	Cant.	Precio Unitario (U\$S)	Subtotal (U\$S)
Tanque cuadrado IBC	4.3.2	ITA	4	67,27	269,08
					<b>269,08</b>

### 5.2.4 Costo de la instalación de mezclado de vaselina y glicerina

En la sección 4.4 hemos diseñado la instalación destinada al mezclado de vaselina y glicerina. Dicha instalación contempla no solo el recipiente propiamente dicho, sino los elementos auxiliares (agitador y resistencia eléctrica calentadora). Ahora lo que haremos es detallar los costos asociados a cada elemento y posteriormente el costo total de la instalación.

A continuación se muestra una tabla con los costos correspondientes:

Elemento	Sección	Proveedor	Cant.	Precio Unitario (U\$S)	Subtotal (U\$S)
Recipiente de mezclado	4.4.2	LARinox	1	44,86	44,86
Agitador	4.4.3		1	16,83	16,83
Motor eléctrico Altium TE2A712P6			Rosario Transmisiones	1	94,21
Resistencia eléctrica	4.4.4	Casa Sbiroli	1	21,31	21,31
					<b>177,21</b>

### 5.2.5 Costo de la instalación de mezclado de agua y componentes excipientes

En la sección 4.5 hemos diseñado la instalación destinada al mezclado del agua caliente y los componentes excipientes o polvos químicos. Ahora lo que haremos es detallar los costos asociados a cada elemento y posteriormente el costo total de la instalación.

A continuación se muestra una tabla con los costos correspondientes:

Elemento	Sección	Proveedor	Cant.	Precio Unitario (U\$S)	Subtotal (U\$S)
Recipiente de mezclado	4.5.1	LARinox	1	60,57	60,57
Agitador	4.5.2		1	21,31	21,31
Motor eléctrico Altium TE2A631P2		Rosario Transmisiones	1	90,85	90,85
Reductor de velocidad NMRV-30			1	74,03	74,03
					<b>246,76</b>

### 5.2.6 Costo de las estructuras

En la sección 4.6 hemos diseñado las estructuras, tanto interior como exterior. Aquí cabe aclarar que el costo de las estructuras puede ser determinado una vez que hayan sido diseñadas, de modo que en el presente informe no podremos incluir éstos costos.

A continuación se muestra una tabla con los costos correspondientes:

Elemento	Sección	Proveedor	Cant.	Precio Unitario (U\$S)	Subtotal (U\$S)
Estructura interior	4.6.1	LARinox	1	-	-
Estructura exterior	4.6.2		1	-	-
					-

### 5.2.7 Costo de la instalación de transporte de fluidos

En la sección 4.7 hemos diseñado la instalación destinada al mezclado de vaselina y glicerina. Dicha instalación contempla no solo el recipiente propiamente dicho, sino los elementos auxiliares (agitador y resistencia eléctrica calentadora). Ahora lo que haremos es detallar los costos asociados a cada elemento y posteriormente el costo total de la instalación.

A continuación se muestra una tabla con los costos correspondientes:

Elemento	Sección	Proveedor	Cant.	Precio Unitario (U\$S)	Subtotal (U\$S)
Caño acero inox. 304 2"	4.7.3	LARinox	2 mts	20,82	41,63
Caño acero inox. 316 2"	4.7.5		2 mts	31,18	62,36
Caño acero inox. 304 2"	4.7.5		2 mts	20,82	41,63
Caño PVC 2"	4.7.2	Cas Sbiroli	6 mts	2,25	29,25
	4.7.4		7 mts		
Lana de vidrio	4.7.3	Isover	1	53,39	53,39
	4.7.5				
					<b>228,26</b>

### 5.2.8 Costo de los sensores, válvulas y actuadores

En la sección 4.9 hemos seleccionado todos los elementos destinados al comando y control automático de la planta. Dichos elementos son sensores de nivel, termostatos, actuadores electromagnéticos, válvulas, electroválvulas, contactores y medidores de pH. Estos elementos no conforman una instalación compacta por sí misma, sino que se encuentran distribuidos estratégicamente en distintos puntos de la planta. Ahora lo que haremos es detallar los costos asociados a cada elemento y posteriormente el costo total.

A continuación se muestra una tabla con los costos correspondientes:

Elemento	Secc.	Proveedor	Cant.	Precio Unitario (U\$S)	Subtotal (U\$S)
Actuador (Solenoides)	4.9.2	PYSEL	9	155	1395
Válvula Deslizante TPV		Vortex	9	220	1980
Horquilla y casquillo		Shuk Industrial	9	12,31	110,83
Electroválvula VZWF-L-M22C-G2-500-1P4-6	4.9.3	FESTO	2	79,92	159,84
Electroválvula VZWF-L-M22C-G2-500-V-1P4-6			1	90,11	90,11
Electroválvula VZWF-L-M22C-G2-500-V-1P4-6-R1			1	97,66	97,66

Electroválvula VZWF-L-M22C-G2-500-1P4-6-R1			2	93,65	187,3
Termostato TCA B	4.9.4	WIKA	2	163,54	327,08
Sensor de nivel	4.9.5	Monarca Electrónica	7	10,29	72,03
Visor de pH	4.9.6	OMEGA	1	334,58	334,58
Electrodo de pH		Aliaxis S.A.	1	164,87	164,87
Contactador SIRIUS 3RT20	4.9.7	SIEMENS	2	20,41	40,82
Contactador CM4020M		BAW	1	39,52	39,52
					<b>4999,64</b>

### 5.2.9 Costo del autómatas programable (PLC)

En la sección 4.10 hemos el módulo base y el módulo de expansión.

A continuación se muestra una tabla con los costos correspondientes:

Elemento	Sección	Proveedor	Cant.	Precio Unitario (U\$S)	Subtotal (U\$S)
Módulo base Modicon TM221C40R	4.10.3	Schneider Electric	1	788,78	788,78
Módulo de expansión Modicon TM3DQ8R			1	109,36	109,36
					<b>898,14</b>

### 5.2.10 Costos extra o adicionales

En el estudio de los costos adicionales se tienen en cuenta los costos de los elementos de protección.

A continuación se muestra una tabla con los costos correspondientes:

Elemento	Sección	Proveedor	Cant.	Precio Unitario (U\$S)	Subtotal (U\$S)
Relé térmico SIRIUS RU1116-1BB0	4.11.3.2	SIEMENS	1	56,21	56,21
Relé térmico SIRIUS 3RU1116-0JBJ	4.11.3.3		1	53,05	53,05
					<b>109,26</b>

### 5.2.11 Costo total del proyecto

Para determinar el costo total del proyecto, lo que haremos es considerar los costos asociados a cada instalación.

A continuación se muestra una tabla con los costos correspondientes:



Instalación, elemento o accesorio	Costo (U\$S)
Instalación de calentamiento de agua	823,25
Instalación de almacenamiento y alimentación de componentes excipientes	9971,77
Instalación de almacenamiento de vaselina y glicerina	269,08
Instalación de mezclado de vaselina y glicerina	177,21
Instalación de mezclado de agua y componentes excipientes	246,76
Estructuras	-
Instalación de transporte de fluidos	228,26
Sensores, válvulas y actuadores	4999,64
Autómata programable (PLC)	898,14
Costos adicionales	109,26
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>	<b>17723,37</b>

En el costo total determinado anteriormente, no se han incluido los costos asociados a las estructuras exterior e interior con sus respectivos cimientos.

Los costos asociados a los elementos consumibles y extras que puedan surgir durante la ejecución y los costos de mano de obra, se aproximan mediante un porcentaje del costo total del proyecto.

- Costos asociados a consumibles y extras: **U\$S 3544,67** (20 % del costo total del proyecto).
- Costos de mano de obra: **U\$S 14178,69** (80 % del costo total del proyecto).

## SECCIÓN Nº 6 - EJECUCIÓN DEL PROYECTO

---

### Contenido de la sección:

6.1 Introducción.....	283
6.2 Plan de trabajo.....	283
6.3 Descripción de las tareas.....	284
6.4 Requerimientos para la ejecución del proyecto.....	287
6.5 Erogaciones financieras.....	289
6.6 Tiempos de ejecución del proyecto.....	291
6.7 Puesta en servicio de la planta.....	291

---

## 6.1 INTRODUCCIÓN

---

Habiendo efectuado el desarrollo de la solución y el posterior análisis económico, ahora lo que haremos es abordar el estudio de los criterios para ejecutar el proyecto, es decir, ponerlo en práctica.

La ejecución del proyecto trae aparejadas tareas diversas tales como:

- Perforaciones en suelo y pared.
- Remociones de tierra del suelo.
- Soldadura.
- Ensamblado mediante órganos de unión removibles.
- Elevación de cargas.
- Ajuste de tuercas, tornillos, y otros accesorios de sujeción.
- Montaje de elementos como tanques, recipientes, etc.
- Montaje de motores eléctricos con o sin reductor.
- Montaje de cañerías.
- Aislamiento de cañerías.
- Colocación de válvulas, sensores, etc.
- Calibración de termostatos.
- Calibración de protecciones.
- Cableado.
- Armado de tableros eléctricos.
- Montaje de elementos de señalización tales como luces.
- Programación de autómatas mediante software, etc.

---

## 6.2 PLAN DE TRABAJO

---

Es importante elaborar una secuencia de tareas a fin de establecer la prioridad de ejecución, es decir, qué tarea se realizará primero. La justificación de priorizar las tareas es prácticamente innecesaria, ya que desde la lógica es evidente que, por ejemplo, es necesario construir en primera instancia un cimiento para posteriormente llevar a cabo el emplazamiento de una estructura.

La secuencia de tareas a realizar durante la ejecución del proyecto es:

- 1) Construcción de cimentaciones interior y exterior.
- 2) Armado de estructuras interior y exterior.
- 3) Armado de grilla de estructura interior y montaje de la misma.
- 4) Colocación de filtros en las tapas de los silos de almacenamiento.
- 5) Armado de los conjuntos Solenoide-Horquilla y casquillo-Válvula deslizante TPV.
- 6) Montaje de los silos de almacenamiento.
- 7) Montaje de los conjuntos Solenoide-Horquilla y casquillo-Válvula deslizante TPV en las boquillas de los silos de almacenamiento.
- 8) Montaje de recipientes de mezclado de agua y componentes excipientes y vaselina y glicerina.
- 9) Montaje de la tolva pesadora.
- 10) Colocación del tanque de calentamiento de agua.
- 11) Montaje del quemador atmosférico.
- 12) Colocación de los agitadores en los recipientes de mezclado.

- 13) Montaje de los motores eléctricos con reductor sobre los recipientes de mezclado y vinculación a los agitadores.
- 14) Montaje de tanques de almacenamiento de vaselina y glicerina en la estructura exterior.
- 15) Colocación de la resistencia R1 en el recipiente de mezclado de vaselina y glicerina.
- 16) Montaje de cañerías.
- 17) Aislamiento de cañerías.
- 18) Colocación de electroválvulas.
- 19) Colocación de termostatos, sensores de nivel y electrodo de pH, este último en el recipiente de mezclado de agua y componentes excipientes.
- 20) Montaje del dosificador contra la pared.
- 21) Conexión de la tolva pesadora con el dosificador.
- 22) Cableado de los elementos de comando y control.
- 23) Cableado de los elementos de fuerza.
- 24) Armado del tablero eléctrico con contactores, protecciones, pulsadores y luces de señalización.
- 25) Montaje del visor de pH.
- 26) Montaje del autómatas programable.
- 27) Conexión de entradas y salidas del autómatas programable.
- 28) Cableado de alimentación del autómatas programable.
- 29) Energización del autómatas y cargado de la programación lógica.

La realización de cada una de las tareas numeradas anteriormente puede implicar en mayor o menor medida:

- Mano de obra calificada.
- Herramientas y/o equipos especiales.
- Máquinas especiales.
- Capital extra, etc.

---

### 6.3 DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS

---

En base a las tareas numeradas en la sección 6.2, lo que haremos es describir brevemente en qué consiste cada una de las tareas.

**1) Construcción de las cimentaciones interior y exterior:** el paso previo a construir las cimentaciones es excavar para extraer tierra del lugar. Posteriormente se construyen las fundaciones sobre las cuales se sustentarán las estructuras metálicas.

**2) Armado de estructuras interior y exterior:** consiste en ensamblar las partes metálicas (barras) mediante bulones, pernos o uniones fijas (soldaduras). El tipo de unión a aplicar dependerá del diseño de la estructura.

**3) Armado de grilla de estructura interior y montaje de la misma:** ésta tarea consiste en construir la grilla metálica que será el sustento de los silos de almacenamiento. Esta tarea debe efectuarse con especial cuidado debido a que debe resguardarse la precisión, en caso contrario los silos podrían no caber correctamente en los aros.

**4) Colocación de filtros en las tapas de los silos de almacenamiento:** como primera medida hay que retirar las tapas de los silos para montar en ellas los cartuchos, y el

segundo paso es destapar los cartuchos y rellenarlos con el gel de sílice azul. Una vez rellenos se procede a colocar nuevamente las tapas de los cartuchos para posteriormente montarlos en las tapas de los silos, en la cara interna.

**5) Armado de los conjuntos Solenoide-Horquilla y casquillo-Válvula deslizante**

**TPV:** ésta tarea consiste en montar los elementos horquilla y casquillo, uno en el vástago roscado del solenoide y otro en el vástago roscado de la válvula deslizante TPV. Una vez montados, deben unirse la horquilla y el casquillo mediante el perno con chaveta.

**6) Montaje de los silos de almacenamiento:** ésta tarea consiste en montar los silos de almacenamiento en la grilla de la estructura interior de acuerdo al orden descrito en la sección 4.6.4. Deben encastrar perfectamente en los aros y no deben producirse movimientos de vaivén de las partes cilíndricas.

**7) Montaje de los conjuntos Solenoide-Horquilla y casquillo-Válvula deslizante**

**TPV en las boquillas de los silos de almacenamiento:** habiendo armado los conjuntos de acuerdo al quinto paso y montado los silos en la grilla de acuerdo al sexto paso, lo siguiente es acoplar los conjuntos solenoide-horquilla y casquillo-válvula deslizante TPV a las boquillas de descarga de los silos.

**8) Montaje de recipientes de mezclado de agua y componentes excipientes y**

**vaselina y glicerina:** hay que colocar los recipientes de mezclado en el primer nivel de la estructura interior y fijarlos a la misma. Prestar especial atención a que los mismos queden firmemente sujetos, caso contrario ocurrirían vibraciones que se transmitirían a los elementos adyacentes.

**9) Montaje de la tolva pesadora:**

una vez ensamblados los dispositivos de apertura y cierre de los silos de almacenamiento, se procede a montar la tolva pesadora. Ésta se coloca de tal forma que en su parte superior cubra las boquillas de descarga de los silos, y su parte inferior tome contacto con el recipiente de mezclado de agua y componentes excipientes.

**10) Colocación del tanque de calentamiento de agua:**

esta tarea consiste en colocar el tanque de calentamiento de agua a una distancia mínima de 80 cm entre él y los tanques de almacenamiento de vaselina y glicerina.

**11) Montaje del quemador atmosférico:**

el quemador se coloca en la base del tanque de calentamiento de agua, considerando las dimensiones de montaje mínimas a máximas expresadas por el fabricante.

**12) Colocación de los agitadores en los recipientes de mezclado:**

hay que introducir los ejes en las tapas de los recipientes de mezclado y posteriormente montar los rodets de los agitadores. Prestar especial atención a la altura de montaje, ya que los mismos deben ubicarse de la siguiente manera:

- Agitador de vaselina y glicerina: 9,67 cm, medidos desde el fondo del recipiente.
- Agitador de agua y componentes excipientes: 17,67 cm, medidos desde el fondo del recipiente.

**13) Montaje de los motores eléctricos con reductor sobre los recipientes de**

**mezclado y vinculación a los agitadores:** el agitador de vaselina y glicerina se acopla

directamente al motor eléctrico, mientras que el agitador de agua y componentes excipientes se acopla al motor eléctrico mediante el reductor de velocidad. No obstante, el acople motor eléctrico-reductor de velocidad se efectúa sin ningún elemento extra.

**14) Montaje de tanques de almacenamiento de vaselina y glicerina en la estructura exterior:** ésta tarea consiste en colocar los tanques cuadrados sobre la estructura exterior simple, prestando atención a que las boquillas de descarga queden orientadas hacia la pared de la planta.

**15) Colocación de la resistencia R1 en el recipiente de mezclado de vaselina y glicerina:** una vez montados los recipientes de mezclado de acuerdo a lo expresado en el ítem 8, se coloca la resistencia eléctrica en el recipiente de mezclado de vaselina y glicerina.

**16) Montaje de cañerías:** habiendo montado y sujetando correctamente los recipientes de mezclado y tanques de almacenamiento, es necesario montar las cañerías prestando especial atención a que se conserven las pendientes mínimas para que los fluidos se desplacen por gravedad.

**17) Aislamiento de cañerías:** una vez montadas y sujetas las cañerías, se procede a efectuar el aislamiento térmico. Esta tarea debe efectuarse con sumo cuidado para evitar daños en la superficie metálica de la lana de vidrio.

**18) Colocación de electroválvulas:** ésta actividad consiste en colocar todas las electroválvulas de la planta.

**19) Colocación de termostatos, sensores de nivel y electrodo de pH:** de la misma forma que se efectúa la tarea anterior, aquí se ubican todos los termostatos y sensores de nivel en los distintos puntos de la planta, y posteriormente se coloca el electrodo de pH en el recipiente de mezclado de agua y componentes excipientes, considerando que el mismo no quede ubicado cerca de boquillas de descarga ni corrientes de flujo que puedan dañarlo.

Respecto a los sensores de nivel, lo correcto es ubicarlos alejados de los lugares de posibles corrientes de flujo de líquidos, ya que éstas producen turbulencias en la zona y en consecuencia afectarían la estabilidad de los flotadores de los sensores, ocasionando mediciones erróneas.

Los termostatos deben ubicarse a una distancia media de las fuentes de calor para obtener una medición más o menos acertada de la temperatura. En caso de colocarse próximos a las fuentes de calor, los valores medidos serán mayores a los existentes en el resto del fluido, y si por el contrario se colocan muy alejados de las fuentes de calor, las mediciones serán de menor magnitud que la real.

**20) Montaje del dosificador contra la pared:** ésta actividad consiste en la sujeción del dosificador contra la pared de la planta, del lado de adentro. Para ello hay que hacer perforaciones, y prestar especial atención a la posición de montaje, ya que el dosificador debe ubicarse en posición horizontal a nivel.

**21) Conexión de la tolva pesadora con el dosificador:** ésta tarea consiste en vincular eléctricamente el dosificador montado en la pared con la tolva pesadora montada en la estructura interior.

**22) Cableado de los elementos de comando y control:** habiendo ubicado todos los elementos de comando y control de la planta (electroválvulas, sensores de nivel, termostatos), hay que efectuar el cableado para la alimentación eléctrica.

**23) Cableado de los elementos de fuerza:** ésta tarea consiste en efectuar el cableado desde los motores eléctricos hasta el tablero eléctrico donde posteriormente se colocarán los elementos de mando y protección.

**24) Armado del tablero eléctrico con contactores, protecciones, pulsadores y luces de señalización:** el tablero eléctrico debe instalarse al lado del dosificador, contra la pared de la planta. Aquí se colocan los contactores, protecciones térmicas y fusibles sobre rieles DIN.

Los pulsadores y luces de señalización se montan sobre la tapa con bisagra del tablero, de modo que durante el funcionamiento de la planta el mismo se encuentre cerrado a fin de evitar posibles electrocuciones por parte de los operarios, y los pulsadores puedan ser oprimidos desde la parte exterior del tablero.

**25) Montaje del visor de pH:** el visor de pH seleccionado se colocará en el tablero eléctrico, a una distancia segura de los bornes y conexiones de los elementos de fuerza.

**26) Montaje del autómatas programable:** tanto el módulo base como el módulo de extensión se montan sobre riel DIN, en el interior de una caja plástica adosada a la pared de la planta, al lado del dosificador.

**27) Conexión de entradas y salidas del autómatas programable:** habiendo montado el módulo base y el módulo de extensión, se conectan los cables de los elementos de comando y control. Aquí se conectan a los módulos los termostatos, sensores de nivel y pulsadores como entradas, mientras que las electroválvulas, contactores y resistencias se conectan como salidas.

**28) Cableado de alimentación del autómatas programable:** una vez conectadas las entradas y salidas del autómatas, lo siguiente es colocar el cable que alimentará eléctricamente al módulo base. No es necesario efectuar un cableado de alimentación para el módulo de extensión, ya que este se conecta en serie al módulo base.

**29) Energización del autómatas y cargado de la programación lógica:** ésta tarea consiste en encender el autómatas y cargar la programación lógica. La carga del programa puede efectuarse manualmente o través de elementos externos como ordenadores, vinculando los equipos mediante cables USB, RJ45 u otro medio de conexión físico.

---

#### **6.4 REQUERIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO**

---

En la sección anterior hicimos una descripción de las tareas a efectuarse para ejecutar correctamente el proyecto. Ahora bien, lo que haremos es analizar y mencionar los recursos necesarios, que pueden ser de distinto tipo, como por ejemplo:

- 1) Herramientas de mano.
- 2) Maquinaria especial.
- 3) Accesorios.
- 4) Personal calificado.

En la siguiente tabla se presentan los recursos necesarios para efectuar cada actividad.

Nº	Herramientas de mano y/o accesorios	Maquinaria especial	Accesorios consumibles	Personal especializado
1	Pala, Pico, Cincel	Rotomartillo	-	Albañil
2	Llaves de tuercas, Masa, Martillo, Sierra	Soldadora, Amoladora	Pernos, Bulones, Tuercas	Albañil
3	Masa, Martillo, Sierra	Soldadora, Amoladora	Pernos, Bulones, Tuercas	Albañil
4	Destornillador, Remachadora	Taladro	Tornillos, Remaches, Arandelas de goma	-
5	Remachadora, Llave de tuercas	-	Remaches, Pernos, Tuercas	-
6	Cuerdas	Auto elevador	-	Conductor de auto elevador
7	Llave de tuercas, Medidor de nivel	-	Pernos, Tuercas	Mecánico
8	Llave de tuercas	-	Pernos, Tuercas	Mecánico
9	Llave de tuercas, Medidor de nivel, Cuerdas	Auto elevador	-	Conductor de auto elevador, Personal idóneo
10	Llave de tuercas	Taladro	Pernos, Tacos Fisher	-
11	Llave de tuercas, Medidor de nivel	-	Pernos, Tuercas	Gasista
12	Destornillador, Medidor de nivel	Taladro	Tornillos, Arandelas de goma	Mecánico
13	Llave de tuercas, Medidor de nivel	-	Pernos, Tuercas	Mecánico
14	Cuerdas	Auto elevador	-	Conductor de auto elevador
15	Llave de tuercas	Taladro	-	-
16	Llave de tuercas, Medidor de nivel	-	Pernos, Tuercas, Grampas omega	Plomero
17	Tijera	-	Precintos	Plomero
18	Llave de tuercas	-	-	Electricista
19	Llave de tuercas, Pinza	Taladro	-	-
20	Destornillador, Martillo	Taladro	Tacos Fisher, Tornillos, Arandelas	Personal idóneo



21	Alicate, Pinza	-	-	Personal idóneo
22	Alicate, Pinza, Destornillador	-	Grampas omega, Precintos, Cable, Cinta aisladora	Electricista
23	Alicate, Pinza, Destornillador	-	Grampas omega, Precintos, Cable	Electricista
24	Alicate, Pinza, Destornillador	Taladro	Riel DIN, Precintos, Tornillos, Cinta aisladora	Electricista
25	Destornillador	Taladro	Tacos Fischer, Tornillos, Arandelas	Electricista
26	Pinza	-	Riel DIN	Electricista
27	Destornillador, Alicate	-	-	Electricista
28	Destornillador, Alicate, Pinza	-	Grampas, Precintos, Cinta Aisladora	Electricista
29	-	CPU, Cable de conexión (interfaz)	-	Programador

En la tabla anterior se mostraron los recursos requeridos para la ejecución de las tareas. Cabe aclarar que la cantidad de los accesorios consumibles tales como pernos, tornillos, cinta aisladora, etc. serán determinados durante la ejecución del proyecto.

Cabe aclarar que tanto las herramientas de mano como la maquinaria especial se encuentran actualmente disponibles en la fábrica Modelo.

## 6.5 EROGACIONES FINANCIERAS

A continuación se muestra una tabla con las diferentes tareas que corresponden a la ejecución del proyecto, y se detallan las distintas erogaciones en función de la actividad, es decir, qué elementos deben comprarse de acuerdo al orden correlativo de las tareas.

Nº de activ.	Elementos principales	Cantidad	Erogación (U\$S)
1	-	-	-
2	-	-	-
3	-	-	-
4	Cartucho	9	25,47
	Gel de sílice azul	1 kg	23,32
5	Actuador (Solenoides)	9	1395
	Válvula deslizante TPV	9	1980
	Horquilla y casquillo	9	110,83

6	Silo 400MM 30 litros	2	94,16
	Silo 400MM 90 litros	1	81,18
	Silo 400MM 110 litros	1	91,63
	Silo 400MM 132 litros	1	102,42
	Silo 500MM 160 litros	1	115,63
	Silo 500MM 200 litros	2	276,12
	Silo 600MM 300 litros	1	189,21
7	-	-	-
8	Recipiente de mezclado de vaselina y glicerina	1	44,86
	Recipiente de mezclado de agua y componentes excipientes	1	60,57
9	Tolva pesadora y descargadora	1	5607,89
10	Tanque de acero inoxidable	1	100,94
11	Quemador atmosférico QPL300C-Bd113/TM00	1	722,31
12	Agitador de vaselina y glicerina	1	16,83
	Agitador de agua y componentes excipientes	1	21,31
	Motor eléctrico Altium TE2A712P6	1	94,21
13	Motor eléctrico Altium TE2A631P2	1	90,85
	Reductor de velocidad NMRV-30	1	74,03
14	Tanque cuadrado IBC	2	269,08
15	Resistencia eléctrica	1	21,31
16	Caño acero inox. 304 2"	4 m	83,26
	Caño acero inox. 316 2"	2m	62,36
	Caño PVC 2"	13 m	29,25
17	Lana de vidrio	1	53,39
18	Electroválvula VZWF-LM22C-G2-500-1P4-6	2	159,84
	Electroválvula VZWF-LM22C-G2-500-V-1P4-6	1	90,11
	Electroválvula VZWF-LM22C-G2-500-V-1P4-6-R1	1	97,66
	Electroválvula VZWF-LM22C-G2-500-1P4-6-R1	2	187,3
19	Termostato TCA B	2	327,08
	Sensor de nivel	7	72,03
	Electrodo de pH	1	164,87
20	-	-	-
21	-	-	-
22	Cables	-	-
23	Cables	-	-
24	Contactador SIRIUS	2	40,82
	Relé térmico SIRIUS RU1116-1BB0	1	56,21
	Relé térmico SIRIUS 3RU1116-0JBJ	1	53,05
25	Visor de pH	1	334,58
26	Módulo base Modicon TM221C40R	1	788,78
	Módulo de expansión Modicon TM3DQ8R	1	109,36
27	-	-	-
28	Cables	-	-
29	-	-	-

## 6.6 TIEMPOS DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

En la figura 6.1 se muestra el diagrama de tiempos de ejecución del proyecto con la ruta crítica. Los valores representados en el eje vertical corresponden al número correlativo de tarea, y los valores representados en el eje horizontal corresponden a la cantidad de días.

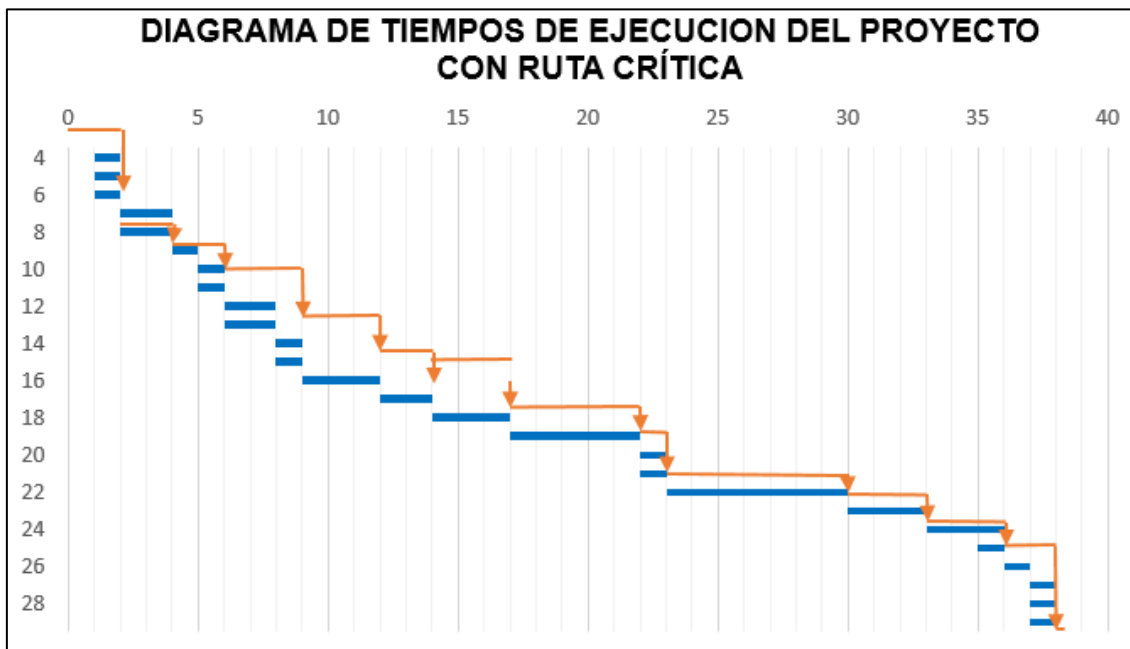


Fig. 6.1: Diagrama de tiempos de ejecución del proyecto.

Cabe aclarar que se desconocen los tiempos para la ejecución de las tareas de construcción de los cimientos y las estructuras metálicas, de modo que estos no se visualizan en el diagrama de tiempos de ejecución, y el tiempo que se contabiliza desde el inicio de la cuarta tarea hasta que se efectúa la última, es 37 días.

## 6.7 PUESTA EN SERVICIO DE LA PLANTA

En la sección 6.4 se mencionaron los recursos necesarios para efectuar las diversas tareas de montaje. Ahora, lo que haremos es establecer las tareas mínimas para poner en servicio la planta. Dichas tareas son:

- Calibrar los termostatos T1 y T2.
- Cargar los cartuchos con gel de sílice azul.
- Cargar los silos de almacenamiento con los componentes excipientes hasta alcanzar el máximo.
- Cargar los tanques de almacenamiento con vaselina y glicerina hasta alcanzar el máximo.
- Regular la altura del quemador atmosférico.
- Calibrar los relés térmicos.
- Ajustar los temporizadores del PLC en base al régimen de operación.

## SECCIÓN Nº 7 - MANTENIMIENTO DE LA PLANTA

---

### Contenido de la sección:

7.1 Objetivos del mantenimiento.....	293
7.2 Tipos de mantenimiento.....	293
7.3 Metodología para la diferenciación y categorización de las máquinas e instalaciones.....	295
7.4 Política de mantenimiento según la categoría de la máquina.....	297
7.5 Categorización de las instalaciones.....	297
7.6 Plan de mantenimiento.....	300

---

## 7.1 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO

---

Los objetivos perseguidos en la implementación de los planes de mantenimiento son:

- Reducir los costos.
- Mejorar la calidad.
- Elevar la competitividad.
- Promover la seguridad operacional.
- Proteger el medio ambiente.
- Elevar al límite el aprovechamiento de la vida útil de las máquinas.
- Realizar el mantenimiento en un tiempo mínimo.
- Diseñar controles más económicos.
- Sustituir elementos con la antelación necesaria.
- Implementar modificaciones para la mejora de las máquinas e instalaciones.

---

## 7.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO

---

Los sistemas que ha desarrollado el mantenimiento para organizar, ejecutar y controlar sus acciones y responder a las determinadas exigencias han sido:

- 1) Sistema correctivo.
- 2) Sistema preventivo.
- 3) Sistema predictivo

**Mantenimiento correctivo:** consiste en intervenir con una acción de reparación cuando el fallo se ha producido, restituyéndole la capacidad de trabajo a la máquina. Concibe también acciones de limpieza y lubricación con carácter preventivo y acorde en general con recomendaciones y exigencias de los fabricantes. Las acciones de reparación pueden clasificarse en pequeñas, medianas y grandes.

Las reparaciones pequeñas corresponden con trabajos que se efectúan sin desmontar la máquina, pudiendo ser ajustes, regulaciones, limpieza de circuitos hidráulicos obstruidos, cambio de piezas de fácil acceso, etc.

Las reparaciones medias exigen el desmontaje parcial de la máquina, reparando o cambiando las piezas deterioradas y ejecutando otras acciones parecidas a las mencionadas en el párrafo anterior, pero con laboriosidad media.

Durante las reparaciones generales se desmonta y desarma toda la máquina, reparando y recambiando las partes necesarias para devolver la capacidad de trabajo a un nivel más cercano al nominal.

Como aspectos positivos se señalan:

- No requiere de estudios e investigaciones que justifiquen su accionar ya que éste no es programado, sino eventual en correspondencia con la aparición de fallos o deterioros.
- Máximo aprovechamiento de la vida útil de los elementos.
- No necesidad de personal tan calificado.
- No necesidad de detener las máquinas con una frecuencia prevista.

Como aspectos negativos se señalan:

- Ocurrencia aleatoria del fallo y posterior detención de la máquina en momentos indeseados.
- Menor durabilidad de las máquinas.
- Menor disponibilidad, ya que al ocurrir el fallo los tiempos de paro son muy elevados debido a la posible ocurrencia de fallos catastróficos para la máquina.

**Mantenimiento preventivo:** consiste en la realización de intervenciones con carácter protector según una programación a fin de disminuir la cantidad de fallos aleatorios. No obstante, éstos no se eliminan totalmente. Con el accionar preventivo se introducen nuevos costos pero se reducen éstos en las reparaciones, las cuales disminuyen en cantidad y complejidad.

Son intervenciones típicas de este sistema la limpieza, los ajustes, las regulaciones, la lubricación, los cambios de elementos y hasta las propias reparaciones de cualquier tipo, siempre que sean previamente planificadas.

Como aspectos positivos se señalan:

- Se logra una mayor vida útil de las máquinas.
- Se incrementa la eficiencia y calidad en el trabajo realizado.
- Se incrementa la disponibilidad, la seguridad operacional y el cuidado al medio ambiente.
- Garantiza la planificación de los recursos para la ejecución de las operaciones.

Como aspectos negativos se señalan:

- El sistema preventivo requiere de un personal de mayor nivel para ejecutar las investigaciones y estudios que justifiquen las acciones que se programan, su periodicidad de cumplimiento y su propia realización.
- Se incrementan los costos del accionar obligatorio por plan.
- Se producen afectaciones en mecanismos y sistemas que se deterioran por los continuos desmontajes para garantizar las operaciones preventivas.
- Se limita la vida útil de los elementos, ya que se cambian con antelación a su estado límite.

**Mantenimiento predictivo:** se trata de un mantenimiento preventivo pero que no se descansa en el cumplimiento de una programación rígida de acciones como las mencionadas en el preventivo. Aquí lo que se programa y cumple con obligación son las inspecciones sobre la conveniencia o no de realización de alguna acción correctora.

Las inspecciones pueden estar programadas y ser cumplidas con cierta periodicidad (monitoreo discreto) o pueden ejecutarse de forma constante con dispositivos situados sobre la máquina (monitoreo continuo).

Como aspectos positivos se señalan:

- Este sistema es el que garantiza el mejor cumplimiento de los objetivos del mantenimiento establecidos en la sección 7.1.
- Se logra la menor cantidad de paradas.
- Mejora la calidad y eficiencia en las máquinas.
- Garantiza la seguridad operacional y la protección del medio ambiente.

- Reduce el tiempo de las acciones de mantenimiento al indicar las que son realmente necesarias.

Como aspectos negativos se señalan:

- Necesidad de un personal más calificado para las investigaciones y la propia ejecución de las inspecciones.
- Es elevado el costo de los equipos para el monitoreo de cualquier tipo.

---

### 7.3 METODOLOGÍA PARA LA DIFERENCIACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE LAS MÁQUINAS E INSTALACIONES

---

Actualmente, la acción del mantenimiento sobre las máquinas tiene que poseer un nivel de intensidad racional. Por intensidad se puede entender la cantidad de operaciones que se planifican y la periodicidad o frecuencia con que se ejecutan. No es tarea sencilla determinar la intensidad que debe tener el mantenimiento programado sobre una máquina o instalación, y hay tres líneas de trabajo:

- 1) **Aceptar las recomendaciones del fabricante para establecer las operaciones y sus frecuencias:** es la fórmula más fácil pero puede ser la más alejada de lo racional, ya que las sugerencias están en exceso con el objetivo de evitar problemas y conservar el prestigio, todo a costa de los costos del explotador. Por otro lado, el fabricante no posee conocimiento sobre las condiciones de explotación.
- 2) **Buscar puntos óptimos para detectar el nivel adecuado de la intensidad del mantenimiento:** ante incrementos del accionar preventivo, se elevan sus costos pero disminuyen los causados por las acciones correctivas. Existe cierto valor para el cual los costos totales son mínimos, dicho punto determina la intensidad óptima.
- 3) **Establecer una diferenciación y categorización de las máquinas:** esto se efectúa a fin de asignar la atención necesaria de mantenimiento acorde con sus características.

Para categorizar las máquinas se pueden emplear diversos parámetros, que se asignan con un conjunto de letras (A, B o C). Dichos parámetros son:

- 1) **Intercambiabilidad:** consiste en la posibilidad de ser sustituida la máquina por otros equipos.
  - A) Irreemplazable.
  - B) Reemplazable por una o dos máquinas de la sección.
  - C) La producción puede ejecutarse por cualquier otra máquina del lugar.
- 2) **Régimen de operación:** hace referencia a la forma en que la máquina toma parte en el proceso productivo.
  - A) Participa en una línea de producción continua.
  - B) Participa de producciones intermitentes o seriadas.
  - C) Participa poco en los procesos productivos trabajando días alternos.
- 3) **Nivel de utilización:** es la capacidad con que se utilizan las máquinas durante jornadas laborales (es el parámetro más importante).
  - A) Utilizadas al 100%. Hay un tiempo mínimo para ejecutar el mantenimiento preventivo y cualquier necesidad de acción correctiva afectaría gravemente la producción.

- B) Menos utilizadas. Requieren una parte de la jornada para cumplimentar su producción. Hay huelgos para efectuar acciones preventivas.
  - C) Poco utilizadas. Se emplean generalmente para trabajos complementarios y de apoyo a la producción principal.
- 4) **Parámetro principal:** hace referencia a un parámetro característico de la máquina que garantiza la cantidad y calidad de la producción.
- A) Valor más elevado del parámetro.
  - B) Valor medio del parámetro.
  - C) Valor bajo del parámetro.
- 5) **Mantenibilidad:** es la fiabilidad de la máquina y corresponde con la facilidad para ejecutarle el mantenimiento, la accesibilidad a sus sistemas y elementos, etc., según sus características constructivas.
- A) Poca mantenibilidad, difícil acceso a sus partes.
  - B) Complejidad media, acceso no tan difícil.
  - C) Poca complejidad y elevada mantenibilidad, acceso fácil a casi todos sus sistemas.
- 6) **Conservabilidad:** es otra propiedad de la fiabilidad de la máquina que refleja la sensibilidad de su resistencia al medio ambiente que la rodea, pero en este caso incluye los periodos de trabajo.
- A) Necesitan condiciones especiales de conservación y trabajo, como por ejemplo acondicionamiento de aire, local cerrado, iluminación, etc.
  - B) Necesitan protección normal tal como techo, pared, etc.
  - C) Pueden ser sometidas a condiciones severas, como lluvia, humedad, etc.
- 7) **Grado de automatización:** este parámetro evalúa los grados de libertad de la máquina para trabajar sin la acción humana.
- A) Automatizadas, con control numérico, robotizadas, computarizadas, etc.
  - B) Semiautomáticas.
  - C) Operan mecánicamente en constante intercambio con el hombre.
- 8) **Valor de la máquina:** es el valor en el momento de ejecutar el análisis.
- A) Alto valor.
  - B) Valor moderado.
  - C) Máquinas baratas.
- 9) **Factibilidad de aprovisionamiento:** hace referencia a la facilidad existente para garantizar los suministros de piezas de repuesto y materiales para el mantenimiento y trabajo de la máquina.
- A) Dificultad de aprovisionamiento.
  - B) Abastecimiento asegurado de algunos repuestos.
  - C) Grandes posibilidades de suministros de repuestos y materiales.
- 10) **Seguridad operacional:** consiste en evaluar la medida en que la máquina puede afectar a la seguridad del operario.
- A) Muy peligrosas.
  - B) Peligrosidad reducida a una menor cantidad de hombres o a lesiones menos graves en caso de accidentes.
  - C) Poco peligrosas y no ofrecen inseguridad salvo al propio operario ante su incumplimiento de alguna reglamentación de la protección personal.
- 11) **Condiciones de explotación:** tiene en cuenta las condiciones que caracterizan el trabajo de la máquina, tales como ambientales, geográficas, sobrecargas, calidad de los operarios, etc.



- A) Máquinas sometidas a severas condiciones de trabajo y que manipulan productos muy agresivos.
  - B) Máquinas sometidas a condiciones normales.
  - C) Máquinas que operen en condiciones más bien favorables.
- 12) **Protección del medio ambiente:** hace referencia a la posible afectación al medio que produce tanto el trabajo de la máquina como sus posibles fallos.
- A) Cran afectaciones severas al medio ambiente.
  - B) Afectan en alguna medida cuando ocurren fallos.
  - C) No afectan al medio ambiente en ningún momento.

---

#### 7.4 POLÍTICA DE MANTENIMIENTO SEGÚN LA CATEGORÍA DE LA MÁQUINA

---

**Máquinas de categoría A:** el objetivo del mantenimiento es lograr la mayor disponibilidad al costo que sea necesario al caso. Debe darse preferencia a la utilización del mantenimiento predictivo con todas las técnicas de diagnóstico posibles de aplicar racionalmente y profundizar en aquellas de avanzada, tales como análisis de vibraciones, análisis de lubricantes, ferrografía, etc. Se utilizan todas las operaciones posibles del mantenimiento preventivo.

El mantenimiento correctivo debe ser mínimo, pero de ocurrir, se le dará la máxima prioridad a su cumplimiento.

**Máquinas de categoría B:** la política es diferente y el objetivo consiste en lograr reducir los costos del mantenimiento a expensas de una menor disponibilidad que las máquinas de categoría A.

El mantenimiento predictivo se descarta, aunque pueden ejecutarse acciones baratas que por experiencia tengan buena efectividad en la detección de averías.

Se ejecuta una menor cantidad de operaciones preventivas, en este caso más justificadas y con una frecuencia más baja.

El mantenimiento correctivo existirá y es admitido en mayor medida pero en fallos que requieran correcciones que quepan en la capacidad ociosa de la máquina. La prioridad que se le da a la acción correctiva es variable ya que dependerá de la criticidad de la máquina en ese momento según el plan de producción.

**Máquinas de categoría C:** el objetivo del mantenimiento es reducir al mínimo sus costos. No se utiliza el mantenimiento predictivo, excepto algún control visual barato.

El mantenimiento preventivo se limita a actividades de lubricación, cambio de correas, etc., recomendaciones dadas por el fabricante en periodos de garantía o por conocimiento de su imperiosa necesidad. La frecuencia de las actividades ha de ser la más baja posible.

La actividad de mantenimiento correctivo abunda pero hay gran holgura o condiciones para ejecutarla sin afectar la producción.

---

#### 7.5 CATEGORIZACION DE LAS INSTALACIONES

---

En base a los criterios establecidos en la sección 7.3 para la categorización de las máquinas y/o instalaciones, se efectúa el análisis de las distintas instalaciones de la planta.

### 7.5.1 Instalación de calentamiento de agua

Para poder categorizar la instalación es necesario analizar cada parámetro como se muestra en la siguiente tabla:

Nº	Parámetro	Categoría A	Categoría B	Categoría C
1	Intercambiabilidad	X		
2	Régimen de operación	X		
3	Nivel de utilización	X		
4	Parámetro Principal		X	
5	Mantenibilidad			X
6	Conservabilidad		X	
7	Grado de automatización	X		
8	Valor del dispositivo		X	
9	Factibilidad de aprovisionamiento		X	
10	Seguridad operacional		X	
11	Condiciones de explotación			X
12	Protección del medio ambiente			X
<b>TOTALES</b>		4	5	3

En la tabla anterior se observa un predominio de los parámetros en la categoría "B".

De modo que siguiendo con las políticas de mantenimiento, el tipo de mantenimiento que se debe realizar en esta instalación es preventivo, descartando el predictivo y minimizando el correctivo. Cabe aclarar que la categorización efectuada corresponde específicamente al quemador atmosférico, ya que el resto de la instalación está conformada por el tanque de calentamiento de agua.

### 7.5.2 Instalación de almacenamiento y alimentación de componentes excipientes

Para poder categorizar la instalación es necesario analizar cada parámetro por medio de la siguiente tabla:

Nº	Parámetro	Categoría A	Categoría B	Categoría C
1	Intercambiabilidad	X		
2	Régimen de operación	X		
3	Nivel de utilización	X		
4	Parámetro Principal	X		
5	Mantenibilidad		X	
6	Conservabilidad		X	
7	Grado de automatización	X		
8	Valor del dispositivo	X		
9	Factibilidad de aprovisionamiento		X	
10	Seguridad operacional			X
11	Condiciones de explotación		X	
12	Protección del medio ambiente			X
<b>TOTALES</b>		6	4	2

En la tabla anterior se observa un predominio de los parámetros en la categoría “A”.

Para esta instalación se debe priorizar el mantenimiento predictivo, se utiliza todas las medidas necesarias para realizar un mantenimiento preventivo, con frecuencias elevadas en el accionar con el fin trabajar sin mínimos fallos admisibles, es decir, se descarta por completo el mantenimiento correctivo, pero si ocurre darle la máxima prioridad a su cumplimiento.

### 7.5.3 Instalación de almacenamiento de vaselina y glicerina

Para poder categorizar la instalación es necesario analizar cada parámetro por medio de la siguiente tabla:

Nº	Parámetro	Categoría A	Categoría B	Categoría C
1	Intercambiabilidad			X
2	Régimen de operación	X		
3	Nivel de utilización	X		
4	Parámetro Principal			X
5	Mantenibilidad			X
6	Conservabilidad		X	
7	Grado de automatización			X
8	Valor del dispositivo			X
9	Factibilidad de aprovisionamiento			X
10	Seguridad operacional			X
11	Condiciones de explotación		X	
12	Protección del medio ambiente			X
<b>TOTALES</b>		2	2	8

En la tabla anterior se observa un predominio de los parámetros en la categoría “C”.

Según las políticas de mantenimiento, para este tipo de sistemas el mantenimiento predictivo no es aconsejable, y el mantenimiento preventivo se limita a actividades que por lo general son recomendadas por el fabricante y con la frecuencia más baja posible; el correctivo existe, pero con holgura.

### 7.5.4 Instalación de mezclado de vaselina y glicerina

Para poder categorizar la instalación es necesario analizar cada parámetro por medio de la siguiente tabla:

Nº	Parámetro	Categoría A	Categoría B	Categoría C
1	Intercambiabilidad		X	
2	Régimen de operación	X		
3	Nivel de utilización	X		
4	Parámetro Principal		X	
5	Mantenibilidad		X	
6	Conservabilidad		X	
7	Grado de automatización		X	
8	Valor del dispositivo			X

9	Factibilidad de aprovisionamiento		X	
10	Seguridad operacional		X	
11	Condiciones de explotación		X	
12	Protección del medio ambiente			X
<b>TOTALES</b>		2	8	2

En la tabla anterior se observa un predominio de los parámetros en la categoría “B”.

El mantenimiento aplicado para esta instalación es ampliamente el preventivo con algunas consideraciones de aplicar predictivo; el mantenimiento correctivo existirá en mayor medida, pero en fallas que requieren correcciones rápidas.

### 7.5.5 Instalación de mezclado de agua y componentes excipientes

Para poder categorizar la instalación es necesario analizar cada parámetro por medio de la siguiente tabla:

Nº	Parámetro	Categoría A	Categoría B	Categoría C
1	Intercambiabilidad		X	
2	Régimen de operación	X		
3	Nivel de utilización	X		
4	Parámetro Principal		X	
5	Mantenibilidad		X	
6	Conservabilidad		X	
7	Grado de automatización		X	
8	Valor del dispositivo			X
9	Factibilidad de aprovisionamiento		X	
10	Seguridad operacional		X	
11	Condiciones de explotación		X	
12	Protección del medio ambiente			X
<b>TOTALES</b>		2	8	2

En la tabla anterior se observa un predominio de los parámetros en la categoría “B”.

Las políticas de mantenimiento indican que el de tipo preventivo es el mantenimiento por excelencia para este tipo de instalaciones, con posibilidad de futura de un mantenimiento predictivo y aumentando la probabilidad que exista un correctivo; en este caso poder contar con las herramientas necesarias para lograr eliminar fallas.

### 7.6 PLAN DE MANTENIMIENTO

Cada elemento de una instalación debe ser atendido con una acción preventiva la cual requiere entonces una frecuencia propia y en general diferente del resto de la planta.

Una instalación posee un grupo de elementos, que, al tener distintas frecuencias de mantenimiento, implicaría el paro constante de la planta, lo cual no es conveniente dado el alto valor de la hora de trabajo. Este problema se resuelve con la correcta elaboración de un plan de mantenimiento programado.

En este caso se tendrá en cuenta los diferentes elementos que componen las distintas instalaciones, tales como electroválvulas, termostatos, sensores de nivel, contactores y motores eléctricos.

Elementos	Actividad a efectuar	Cant. Mano de obra	Tiempo aprox. (horas)	Frec.
Electro- válvulas	1) Comprobación de posibles daños y desgastes. 2) Lubricación de guías. 3) Apriete de las piezas de conexiones mecánicas y eléctricas. 4) Limpieza con paño húmedo.	1	3 horas	Mensual
Termos- tatos	1) Control del grado de suciedad. 2) Verificar el juego de contactos. 3) Verificar los bulones de sujeción. 4) Verificar correcto funcionamiento. 5) Limpieza con paño húmedo.	1	½ hora	Trimestral
Sensores de nivel	1) Verificar la conexión eléctrica. 2) Inspección visual del flotador. 3) Limpieza con paño humedecido en alcohol. 4) Verificar funcionamiento.	1	4 horas	Mensual
Contacto- res	1) Verificación y ajuste de los contactos eléctricos. 2) Limpieza con ráfaga de aire comprimido. 3) Verificación de correcto funcionamiento.	1	2 y ½ horas	Semestral
Motores	1) Eliminación de polvos y aceites. 2) Verificación de la conexión eléctrica y mecánica. 3) Control de los rodamientos	2	5 horas	Mensual

## **SECCIÓN Nº 8 - ESTUDIO DE IMPACTO DEL PROYECTO**

---

### Contenido de la sección:

8.1 Introducción.....	303
8.2 Objetivos.....	303
8.3 Marco legal de referencia.....	303
8.4 Descripción del lugar de trabajo.....	304
8.5 Descripción del proyecto.....	304
8.6 Área de influencia.....	305
8.7 Descripción de los impactos.....	305
8.8 Matriz de impacto ambiental.....	307
8.9 Comentarios finales.....	309

---

## 8.1 INTRODUCCIÓN

---

La identificación y evaluación de los impactos ambientales en el área de influencia de la aplicación del desarrollo, requiere de la implementación de un proceso metódico, acorde a las características técnicas del proyecto y a las condiciones generales del área.

En tal sentido, la identificación de los impactos ambientales determinada por el conjunto de relaciones entre los componentes ambientales, físicos, socioeconómicos y culturales, toma preponderancia a la hora de evaluar la ejecución o no de un proyecto.

---

## 8.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

---

A grandes rasgos, los objetivos del estudio de impacto ambiental (EIA) pueden clasificarse en:

- Generales.
- Específicos.

**Objetivo general:** el objetivo del presente Estudio de Impacto Ambiental (EIA) es identificar, evaluar y valorar los impactos que podría producir el proyecto en cuestión en caso de ejecutarse, teniendo en cuenta las características ambientales del área de influencia directa e indirecta.

**Objetivos específicos:**

- Establecer el área de influencia ambiental del proyecto.
- Analizar el marco legal ambiental aplicable.
- Identificar y evaluar los impactos ambientales potenciales positivos y negativos, para las etapas de construcción, operación y abandono del proyecto.
- Proponer medidas preventivas, de mitigación y correctivas para los impactos ambientalmente significativos.

---

## 8.3 MARCO LEGAL DE REFERENCIA

---

A continuación se detallan las diversas normativas y aspectos legales, tanto nacionales como provinciales que rigen la actividad abordada.

*LEY Nº 7801. LEY PROVINCIAL DE MEDIO AMBIENTE DE LA RIOJA.*

La presente Ley tiene por objeto establecer los criterios y normas básicas destinados a conservar y mejorar el patrimonio ambiental, proteger la dinámica ecológica, la salud humana, propiciar el uso sustentable de los recursos naturales, recuperar o regenerar los ambientes desertificados y/o contaminados, asegurando a las generaciones presentes y futuras la conservación de la calidad ambiental y la diversidad biológica.

Los artículos de mayor preponderancia respecto al estudio de impacto ambiental son:

**Art. Nº 37:** la Autoridad de Aplicación elaborará, en coordinación con los demás organismos gubernamentales competentes, los criterios o normas de calidad de las distintas masas de aire tomando en consideración, entre otras variables, las siguientes:

- a) Los ecosistemas acuáticos y terrestres relacionados.
- b) Los caracteres físico-químicos y biológicos compatibles con la preservación de la salud humana y el funcionamiento normal de los ecosistemas.

- c) Las inversiones térmicas de superficie, ventilación lateral, topografía, emisión estimada de contaminantes y demás variables relacionadas.

**Art. Nº 57:** La Autoridad de Aplicación regulará de acuerdo a lo establecido en el Capítulo Segundo título IV de la presente Ley, las acciones, actividades u obras públicas y privadas, que por contaminar el ambiente con elementos sólidos, líquidos, gases y otros materiales residuales y/o ruido, calor y demás desechos energéticos, lo degraden y/o afecten la salud de la población directa o indirectamente.

**Art. Nº 64:** Queda prohibida la emisión o descarga de sustancias contaminantes a la atmósfera cuando tales sustancias alteren las normas de calidad establecidas. Esta prohibición también se aplicará cuando las sustancias contaminantes afecten negativamente a la flora, fauna, la salud humana y los bienes. En caso de producirse la infracción la Autoridad de Aplicación sancionará según lo establecido en el Capítulo Segundo del Título XII de la presente Ley.

**Art. Nº 72:** La recolección, transporte y tratamiento de los residuos y/o sustancias peligrosas, patológicas y radioactivas se regirán por leyes particulares.

Por otro lado, la *Ley provincial Nº 8735*, se adhiere en todos sus términos, a la *Ley Nacional Nº 24051*, de generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos.

---

#### **8.4 DESCRIPCION DEL LUGAR DE TRABAJO**

---

El establecimiento donde se ejecutará el proyecto es la fábrica Modelo, que se ubica en el Parque Industrial de la Ciudad de La Rioja.

---

#### **8.5 DESCRIPCION DEL PROYECTO**

---

Como se ha mencionado al inicio del presente informe, este proyecto está enfocado en automatizar el proceso de producción de masa de moldeo.

En la actualidad el proceso se realiza de manera prácticamente manual, representando un gran peligro para la salud de los operarios que realizan las tareas, ya que estos deben manejar grandes volúmenes de agua en estado de ebullición, levantar grandes cantidades de harina y hasta inclusive correr el riesgo de inhalar polvos con potencial tóxico (componentes excipientes).

Por ello la finalidad de este proyecto es diseñar una instalación que sea capaz de mejorar el ámbito y las condiciones laborales de los trabajadores que se encuentran en esta área.

Se presenta la necesidad del desarrollo de la automatización como tecnología viable y necesaria para el incremento de la producción en menores cantidades de tiempo y a la vez surge como alternativa para evitar daños directos sobre la salud de los operarios, la cual a largo plazo produce secuelas permanentes.

Además, cabe destacar que la aplicación del proyecto trae aparejada una mejor utilización de los recursos disponibles, tales como el agua potable, el gas natural y la energía eléctrica.



La ejecución, el funcionamiento y el mantenimiento de esta planta tienen como consecuencia la contratación de nuevos puestos de trabajo al contratar mano de obra especializada.

Dicho todo lo anterior se hace necesario el estudio de impacto socioeconómico y ambiental, ya que la instalación tiene incidencia directa sobre el medio con el cual interactúa.

---

## **8.6 AREA DE INFLUENCIA**

---

Se ha determinado como área de influencia directa la línea de producción de masa de moldeo, que es sobre la cual estará enfocada el proyecto, y se define como área de influencia indirecta al resto de las instalaciones de la planta, debido que a que la ejecución del proyecto da como resultado un reacomodamiento del personal y reordenamiento de materiales almacenados.

---

## **8.7 DESCRIPCION DE LOS IMPACTOS**

---

En los procesos de ejecución, funcionamiento y mantenimiento de la instalación se pueden ejercer impactos negativos si los mismos no se realizan de manera consciente y con los cuidados que ameritan, considerando por sobre cualquier factor la contaminación hacia la atmósfera.

---

### **8.7.1 Impacto sobre la atmósfera**

---

En el proceso de ejecución del proyecto los motores de combustión interna de los diferentes vehículos encargados del transporte de los distintos elementos que conforman a la instalación emiten varios tipos de gases y partículas que contaminan al medio ambiente, emitiendo en mayor cantidad dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Durante el funcionamiento de la instalación solo se producirá contaminación hacia la atmósfera en los casos de pérdidas de gas natural o combustión incompleta, emanación de gases y polvos producto de los distintos procesos propios de la instalación y también en el caso de derrame de algún lubricante o aceite hidráulico de los elementos mecánicos.

El mantenimiento de la instalación se debe realizar de manera cuidadosa a la hora de tomar la decisión acerca de donde se van a colocar los elementos que, por algún motivo, ya sea por rotura o fin de vida útil, se han cambiado; sobre todo cuando se trata de aparatos electrónicos los cuales no deben ser arrojados a la basura ya que contienen metales peligrosos y productos químicos tóxicos que pueden dañar el medio ambiente, es por ello que se deben buscar opciones de reciclamiento de los mismos.

#### **Características del impacto:**

- Tipo: Negativo.
- Grado: Leve.
- Duración: Temporario.

Se considera a este impacto como negativo porque de alguna manera produce un efecto desfavorable sobre la atmósfera, pero el mismo fue designado como ligero debido a que las cantidades de sustancias tóxicas que se manejan en los procesos de ejecución, funcionamiento y mantenimiento de la instalación son leves. Asimismo, cabe aclarar que

estos impactos son temporales, es decir, suceden durante el transcurso de la ejecución del proyecto, y cuando ésta finaliza, desaparecen.

---

### 8.7.2 Impacto socioeconómico

---

Cuando se realiza el estudio socioeconómico que produce la ejecución, funcionamiento y mantenimiento de la instalación nos arroja resultados muy positivos debido a que se generan nuevos puestos de trabajo y existe un reordenamiento del personal que trabaja en el proceso actual descrito.

La complejidad a la hora de automatizar el proceso lleva a la necesidad de contar con mano de obra calificada capaz de llevar a cabo las tareas de operación y mantenimiento de la instalación, surgiendo de esta manera nuevos puestos de trabajo o en caso contrario, la necesidad de capacitar a los operarios existentes.

Además es relevante destacar que a la hora del proceso de ejecución se producen nuevos puestos de trabajo, los cuales son contratados por la misma empresa o por medio de un servicio tercerizado capaz de realizar las tareas designadas de manera pertinente.

Una vez instalado el proyecto, al automatizar el proceso ya no es necesario contar con la misma cantidad de operarios que se requieren actualmente, por ello existe un reacondicionamiento del personal que da como resultado un incremento en la eficiencia de otros sectores de la fábrica.

#### Características del impacto:

- Tipo: Positivo.
- Grado: Ligero.
- Duración: Permanente.

Se considera a este impacto como positivo porque no se producen despidos, y mejor aún, se generan nuevos puestos de trabajo, pero es designado ligero por que no son muchas las vacantes para realizar el trabajo y además los puestos de trabajo requieren de mano de obra capacitada, siendo ésta una condición excluyente.

---

### 8.7.3 Impacto sobre el consumo de agua, aire, combustible y energía eléctrica

---

Es importante analizar el impacto que causa el proceso sobre los recursos. A continuación se analizan los impactos en lo referido al consumo de agua, aire, combustible y energía eléctrica.

**Consumo de agua:** el consumo del recurso natural agua disminuye levemente, ya que actualmente el calentamiento de la misma se efectúa en una olla o recipiente abierto a la atmósfera, de modo que cuando el agua alcanza la temperatura de ebullición, las moléculas de la misma pasan a la fase gaseosa, lo que da como resultado vaporización de líquido, que en consecuencia no puede ser utilizado para el proceso productivo.

Implementando el tanque de calentamiento de agua diseñado en la sección 4.1.2, ya no se produce vaporización, de modo que el consumo de agua potable se reduce levemente.

**Consumo de aire:** la planta diseñada no posee instalaciones que requieran aire, como por ejemplo compresores, cilindros neumáticos ni máquinas inyectoras. El único punto de consumo de aire es el quemador atmosférico seleccionado en la sección 4.1.3. Al tratarse de un dispositivo moderno, la calidad del mismo mejora la combustión reduciéndose el consumo de aire. Esta ventaja no es de gran importancia, ya que el aire es un recurso natural renovable.

**Consumo de combustible:** al implementarse el quemador atmosférico mencionado en el párrafo anterior, el consumo de gas natural se reduce, por la misma razón que se reduce el consumo de aire. Por lo tanto el impacto sobre el consumo de combustible es positivo.

**Consumo de energía eléctrica:** en la situación actual los motores que equipan a la amasadora tienen un determinado consumo acorde a la capacidad de producción completa, que son 200 Kg de producto. No obstante, el nivel de producción alcanzado es la mitad del nominal (100 Kg). Implementando la solución planteada en el presente informe, la planta se aprovechará al 100%, de modo que el consumo de energía eléctrica en la amasadora no se reduce, pero se efectiviza duplicando la producción al mismo nivel de gasto energético.

Por otro lado, aparecen nuevos puntos de consumo de energía, y ellos son:

- Motores eléctricos de los agitadores.
- Dosificador.
- PLC.

Los puntos de mayor consumo son los motores eléctricos, y los de menor consumo son el dosificador y el PLC. No obstante, los niveles de consumo son pequeños.

#### **Características del impacto:**

- Tipo: Positivo.
- Grado: Ligero.
- Duración: Permanente.

Se considera a este impacto como positivo por las razones ya expresadas, por otro lado, es ligero y permanente ya que si bien hay una mejora, no es significativa.

---

### **8.8 MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL**

---

La matriz de impacto ambiental, también llamada matriz de Leopold es un método cualitativo de evaluación de impacto ambiental que se utiliza para identificar el impacto inicial de un proyecto en un entorno natural.

El resultado de dicha matriz permite determinar los controles y las medidas necesarias para minimizar y prevenir las afectaciones que se generen al medio ambiente en una organización.

Los tres niveles de impacto que pueden encontrarse son:

- 1) Bajo.
- 2) Medio.
- 3) Alto.

Para un nivel de impacto bajo no se requieren prácticamente acciones correctivas o preventivas. No obstante, para un nivel medio comienza a vislumbrarse la necesidad de implementar acciones preventivas para evitar los daños ambientales, y en el caso de ocurrir deben sobrevenir inmediatamente las acciones de corrección y control.

En el caso extremo, cuando se trate de impactos de nivel alto, hay que plantear la necesidad de resolver la situación problemática por otra vía, y en caso de no ser posible, maximizar las acciones preventivas y correctivas.

Proceso	Actividad	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Nivel de impacto
Ejecución	Transporte	Consumo de combustible	Agotamiento de recursos naturales para la obtención de combustibles	MEDIO
	Montaje	Consumo de agua potable	Agotamiento del recurso agua	BAJO
		Consumo de energía eléctrica	Agotamiento de recursos naturales para la transformación en energía eléctrica	MEDIO
		Generación de residuos reciclables	Acumulación de residuos hasta su eventual reciclaje	BAJO
Funcionamiento	Elaboración del producto	Consumo de agua potable	Agotamiento del recurso agua	BAJO
		Consumo de gas natural	Agotamiento del recurso natural	BAJO
		Consumo de energía eléctrica	Agotamiento de recursos naturales para la transformación en energía eléctrica	MEDIO
		Generación de residuos reciclables	Acumulación de residuos hasta su eventual reciclaje	BAJO
		Generación de residuos peligrosos	Contaminación del suelo y el aire	BAJO
	Mantenimiento	Generación de residuos reciclables	Acumulación de residuos hasta su eventual reciclaje	BAJO
		Generación de residuos peligrosos	Contaminación del suelo y el aire	MEDIO

Analizando la matriz, podemos observar que la mayoría de impactos son de nivel bajo (7), y los restantes de nivel medio (4), no encontrándose ningún impacto de nivel alto.

## **8.9 COMENTARIOS FINALES**

---

Como se puede observar el estudio de impacto del proyecto nos arroja resultados totalmente favorables desde el punto de vista socioeconómico debido a que no existen los despidos, capacitación del personal y genera nuevos puestos de trabajo. Desde el punto de vista ambiental la contaminación al medio que rodea al área de aplicación, es mínimo. Inclusive, implementando la solución propuesta se reduce el consumo de algunos recursos naturales y se optimiza el consumo de otros.

## **SECCIÓN Nº 9 - CONCLUSIÓN**

---

Con la automatización parcial de la planta se ha logrado eficientizar, elevar la capacidad productiva y mejorar las condiciones laborales de los operarios, mediante la modificación de instalaciones existentes y diseño de nuevas instalaciones.

Asimismo, hemos efectuado el correspondiente análisis de costos con el fin de ejecutar el proyecto sin dejar de lado el estudio de posibles impactos ambientales y socioeconómicos que influyen en el entorno circundante a la planta.

Respondiendo al desarrollo sostenible, nuestro proyecto busca satisfacer necesidades presentes sin comprometer la calidad de vida de futuras generaciones, asegurando el equilibrio entre el crecimiento económico, el cuidado del ecosistema y el bienestar social.

Podemos concluir que la implementación del mismo es viable técnica y económicamente acorde a los recursos económicos de la empresa, si ésta lo requiera.

No es un proyecto acabado, está abierto al análisis crítico y metódico y se encuentra sujeto a mejoras que respondan a necesidades presentes y futuras específicas de la empresa.

## SECCIÓN Nº 10 - APÉNDICE

---

### Contenido de la sección:

10.1 Factor de potencia y triángulo de potencia.....	313
10.2 Grado de protección (IP).....	313



## 10.1 FACTOR DE POTENCIA Y TRIÁNGULO DE POTENCIA

**Factor de potencia:** es un indicador sobre el correcto aprovechamiento de la energía, de forma general es la cantidad de energía que se ha convertido en trabajo. El factor de potencia puede tomar valores entre 0 y 1, lo que significa que: el valor ideal del factor de potencia es 1, esto indica que toda la energía consumida por los aparatos ha sido transformada en trabajo. Por el contrario, un factor de potencia menor a la unidad significa mayor consumo de energía necesaria para producir un trabajo útil.

**Triángulo de potencia:** mostrado en la figura 10.1, es la mejor forma de ver y comprender de forma gráfica qué es el factor de potencia o coseno de "fi" ( $\cos\phi$ ) y su estrecha relación con los restantes tipos de potencia presentes en un circuito eléctrico de corriente alterna.

Los tres tipos de potencias que existen son:

- 1) Potencia activa  $P$ : es la potencia realmente consumida, medida en vatios  $W$ .
- 2) Potencia reactiva  $Q$ : esta potencia no tiene el carácter de realmente consumida y sólo aparecerá, cuando en un circuito existan bobinas y/o condensadores. Será negativa, en el caso de que el circuito tenga o predomine el carácter inductivo, y positiva cuando tenga o predomine el carácter capacitivo. La dimensión de  $Q$ , es la de una potencia, pero para tener en cuenta el matiz antes señalado, no se utilizan los vatios, sino que sus unidades son VAR (voltio-amperio reactivo).
- 3) Potencia aparente: esta potencia, tampoco tiene el carácter de realmente consumida y viene a señalarnos la misión que tiene la red de alimentación de un circuito, de no sólo satisfacer la energía consumida por los elementos resistivos, sino la de poner en juego la que van a entretener bobinas y condensadores. De ahí su nombre aparente ya que salvo que  $\cos\phi = 1$ , no será la realmente consumida. Sus unidades son VA (voltio-amperio).

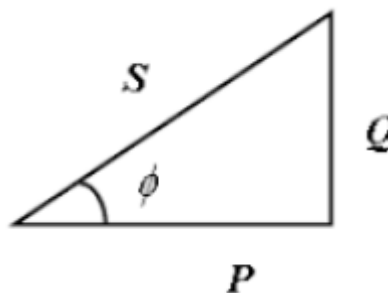


Fig. 10.1: Triángulo de Potencia

## 10.2 GRADO DE PROTECCIÓN (IP)

El grado de protección IP hace referencia a la norma internacional CEI 60529 utilizado en los datos técnicos de equipamiento eléctrico o electrónico, en general de uso industrial como sensores, medidores, controladores, etc. Especifica un efectivo sistema para clasificar los diferentes grados de protección aportados a los mismos por los contenedores que resguardan los componentes que constituyen el equipo.

Este estándar ha sido desarrollado para calificar de una manera alfa-numérica a equipamientos en función del nivel de protección que sus materiales contenedores le proporcionan contra la entrada de materiales extraños. Mediante la asignación de diferentes códigos numéricos, el grado de protección del equipamiento puede ser identificado de manera rápida y con facilidad.

Como regla general se puede establecer que cuando mayor es el grado de protección IP, más protegido está el equipamiento.

**Primer dígito:** La norma CEI 60529 establece para el primer dígito de que el equipo a ser certificado debe cumplir con alguna de las siguientes condiciones.

Nivel	Tamaño del objeto entrante	Efectivo contra
0	-	Sin protección
1	< 50 mm	El elemento que debe utilizarse para la prueba no debe llegar a entrar por completo
2	< 12,5 mm	El elemento que debe utilizarse para la prueba no debe llegar a entrar por completo
3	< 2,5 mm	El elemento que debe utilizarse para la prueba no debe entrar en lo más mínimo
4	< 1 mm	El elemento que debe utilizarse para la prueba no debe entrar en lo más mínimo
5	Protección contra polvo	La entrada de polvo no puede evitarse, pero el mismo no debe entrar en una cantidad tal que interfiera con el correcto funcionamiento del equipamiento
6	Protección completa contra polvo	El polvo no entra bajo ninguna circunstancia

**Segundo dígito:** a norma CEI 60529 establece para el segundo dígito que el equipo a ser certificado debe cumplir con alguna de las siguientes condiciones.

Nivel	Protección frente a	Método de prueba	Resultados
0	-	Ninguno	El agua entrará en poco tiempo
1	Goteo de agua	Se coloca el equipo en su lugar de trabajo habitual	No debe entrar el agua cuando se la deja caer, desde 200 mm de altura respecto del equipo, durante 10 minutos (a razón de 3-5 mm <sup>3</sup> por minuto)
2	Goteo de agua	Se coloca el equipo en su lugar de trabajo habitual	No debe entrar el agua cuando se la deje caer durante 10 minutos (a razón de 3-5 mm <sup>3</sup> por minuto). Dicha prueba se realizará cuatro veces a razón de una por cada giro de 15° tanto en sentido vertical como horizontal, partiendo cada vez de la posición normal de trabajo.
3	Agua nebulizada (spray)	Se coloca el equipo en su lugar de trabajo habitual	No debe entrar el agua nebulizada en un ángulo de hasta 60° a derecha e izquierda de la vertical a un promedio de 11 litros por minuto y a una presión de 80-100 kN/m <sup>2</sup> durante un tiempo que no sea menor a 5 minutos.
4	Chorros de agua	El elemento que debe utilizarse para la prueba no debe entrar en lo más mínimo	No debe entrar el agua arrojada desde cualquier ángulo a un promedio de 10 litros por minuto y a una presión de 80-100 kN/m <sup>2</sup> durante un tiempo que no sea menor a 5 minutos.

5	Chorros de agua	Se coloca el equipo en su lugar de trabajo habitual	No debe entrar el agua arrojada a chorro (desde cualquier ángulo) por medio de una boquilla de 6,3 mm de diámetro, a un promedio de 12,5 litros por minuto y a una presión de 30 kN/m <sup>2</sup> durante un tiempo que no sea menor a 3 minutos y a una distancia no menor de 3 metros.
6	Chorros muy potentes de agua	Se coloca el equipo en su lugar de trabajo habitual	No debe entrar el agua arrojada a chorros (desde cualquier ángulo) por medio de una boquilla de 12,5 mm de diámetro, a un promedio de 100 litros por minuto y a una presión de 100 kN/m <sup>2</sup> durante no menos de 3 minutos y a una distancia que no sea menor de 3 metros.
7	Inmersión completa en agua	El objeto debe soportar sin filtración alguna la inmersión completa a 1 metro durante 30 minutos.	No debe entrar agua
8	Inmersión completa y continua en agua	El equipo eléctrico/electrónico debe soportar (sin filtración alguna) la inmersión completa y continua a la profundidad y durante el tiempo que especifique el fabricante del producto con el acuerdo del cliente, pero siempre que resulten condiciones más severas que las especificadas para el valor 7.	No debe entrar agua
9K	Potentes chorros de agua a alta temperatura	Protegido contra chorros de corto alcance a alta presión y de alta temperatura	Volumen de agua: 14 a 16 litros por minuto. Presión: 80 a 100 bar. Distancia de 0,1 a 0,15 m. Temperatura del agua de 80 °C.

## SECCIÓN Nº 11 - ANEXO

---

### Contenido de la sección:

11.1 Hojas de seguridad.....	317
11.2 Tablas.....	327
11.3 Gráficas.....	333

## 11.1 HOJAS DE SEGURIDAD

### 11.1.1 Glicerina

Extraída de: GTM Industrial. Hojas de seguridad.



#### SECCIÓN 1 - IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DE LA COMPAÑÍA

##### 1.1 Identificador del producto

Nombre del producto: GLICERINA

##### 1.2 Usos pertinentes identificados y usos desaconsejados

Recomendaciones de Uso: Disolvente.

#### SECCIÓN 2 – IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

##### 2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

CLASIFICACIÓN según el Sistema Globalmente Armonizado

Toxicidad aguda, inhalación (Categoría 4)

##### 2.2 Elementos de la etiqueta

Pictograma:



Palabra de advertencia: ATENCIÓN

Indicaciones de peligro:

H332 - Nocivo si se inhala.

Consejos de prudencia:

P261 - Evitar respirar nieblas, vapores o aerosoles.

P271 - Utilizar sólo al aire libre o en un lugar bien ventilado.

P304 + P340 - EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración.

P312 - Llamar a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico si la persona se encuentra mal.

##### 2.3 Otros peligros

Ninguno.

#### SECCIÓN 3 - COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES

##### 3.1 Sustancia

Glicerina (CAS 56-81-5): 100% - Not Classified

##### 3.2 Mezcla

No aplica.

#### SECCIÓN 4 - PRIMEROS AUXILIOS

##### 4.1 Descripción de los primeros auxilios

Medidas generales: Evite la exposición al producto, tomando las medidas de protección adecuadas. Consulte al médico, llevando la ficha de seguridad.

Inhalación: Traslade a la víctima y procurele aire limpio. Manténgala en calma. Si no respira, suminístrele respiración artificial. Llame al médico.

Contacto con los ojos:	Enjuague inmediatamente los ojos con agua durante al menos 15 minutos, y mantenga abiertos los párpados para garantizar que se aclara todo el ojo y los tejidos del párpado. Enjuagar los ojos en cuestión de segundos es esencial para lograr la máxima eficacia. Si tiene lentes de contacto, quíteselas después de los primeros 5 minutos y luego continúe enjuagándose los ojos. Consultar al médico.
Ingestión:	NO INDUZCA EL VÓMITO. Enjuague la boca con agua. Nunca suministre nada oralmente a una persona inconsciente. Llame al médico. Si el vómito ocurre espontáneamente, coloque a la víctima de costado para reducir el riesgo de aspiración.

#### 4.2 Principales síntomas y efectos, tanto agudos como retardados

Inhalación: Puede ser irritante para las vías aéreas.

Contacto con la piel: El contacto frecuente o prolongado puede causar irritación de la piel y dermatitis.

Contacto con los ojos: Puede ser irritante para las vías oculares.

Ingestión: Puede provocar malestar, náuseas, vómitos, diarrea. Por ingestión masiva puede provocar cefaleas, deshidratación, perturbación del ritmo cardíaco, cambio en el hemograma, disminución de la función renal.

#### 4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente.

Nota al médico: Si se ingiere, el material puede ser aspirado por los pulmones y causar neumonía química. Tratar adecuadamente. Proveer tratamiento sintomático. Para más información, consulte a un Centro de Intoxicaciones.

## SECCIÓN 5 - MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

### 5.1 Medios de extinción

Usar polvo químico seco, espuma, arena o CO<sub>2</sub>. Utilizar el producto acorde a los materiales de los alrededores. NO USAR chorros de agua directos. El uso de agua puede causar frothing, o derrame del producto por ebullición violenta del agua agregada.

### 5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o mezcla

Combustible. El líquido puede arder, pero no encenderá fácilmente.

### 5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

#### 5.3.1 Instrucciones para extinción de incendio:

Rocíe con agua los recipientes para mantenerlos fríos. Enfríe los contenedores con chorros de agua hasta mucho después de que el fuego se haya extinguido.

Prevenga que el agua utilizada para el control de incendios o la dilución ingrese a cursos de agua, drenajes o manantiales.

El material caliente puede ocasionar erupciones violentas al entrar en contacto con el agua, pudiendo proyectarse material caliente y provocar serias quemaduras.

#### 5.3.2 Protección durante la extinción de incendios:

Utilice equipo autónomo de respiración. La ropa de protección estructural de bomberos provee protección limitada en situaciones de incendio ÚNICAMENTE; puede no ser efectiva en situaciones de derrames.

#### 5.3.3 Productos de descomposición peligrosos en caso de incendio:

En caso de incendio puede desprender humos y gases irritantes y/o tóxicos, como monóxido de carbono y otras sustancias derivadas de la combustión incompleta.

## SECCIÓN 6 - MEDIDAS EN CASO DE DERRAME ACCIDENTAL

### 6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

#### 6.1.1 Para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia

Evitar fuentes de ignición. Evacuar al personal hacia un área ventilada.

#### 6.1.2 Para el personal de emergencias

Evitar fuentes de ignición. Evacuar al personal hacia un área ventilada. Ventilar inmediatamente, especialmente en zonas bajas donde puedan acumularse los vapores. No permitir la reutilización del producto derramado.

## 6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

Contener el líquido con un dique o barrera. Prevenir la entrada hacia vías navegables, alcantarillas, sótanos o áreas confinadas no controladas. Peligro de contaminación física importante en caso de vertido (litorales costeros, suelos, etc.) debido a su flotabilidad y consistencia oleosa. Evitar la entrada de producto en alcantarillas y tomas de agua.

Los derrames forman una película sobre la superficie del agua impidiendo la transferencia de oxígeno.

## 6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Recoger el producto utilizando arena, vermiculita, tierra o material absorbente inerte y limpiar o lavar completamente la zona contaminada. Disponer el agua y el residuo recogido en envases señalizados para su eliminación como residuo químico.

# SECCIÓN 7 – MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

## 7.1 Precauciones para una manipulación segura

Prohibido comer, beber o fumar durante su manipulación. Evitar contacto con ojos, piel y ropa. Lavarse después de manejar este producto.

## 7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Condiciones de almacenamiento:	Almacenar en un área limpia, seca y bien ventilada. Proteger del sol. Mantener los recipientes cerrados.
Materiales de envasado:	El suministrado por el fabricante. Material apropiado: acero, aluminio, hierro, vidrio, materiales sintéticos.
Productos incompatibles:	Agentes oxidantes fuertes, ácidos y bases.

# SECCIÓN 8 – CONTROLES DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL

## 8.1 Parámetros de control

CMP (Res. MTESS 295/03):	10 mg/m <sup>3</sup> , niebla de glicerina
CMP-CPT (Res. MTESS 295/03):	N/D
CMP-C (Res. MTESS 295/03):	N/D
TLV-TWA (ACGIH):	10 mg/m <sup>3</sup> , niebla de glicerina
TLV-STEL (ACGIH):	N/D
PEL (OSHA 29 CFR 1910.1000):	10 mg/m <sup>3</sup> , niebla de glicerina
IDLH (NIOSH):	N/D
PNEC (agua):	N/D
PNEC (mar):	N/D
PNEC-STP:	N/D

## 8.2 Controles de exposición

### 8.2.1 Controles técnicos apropiados

Mantener ventilado el lugar de trabajo. La ventilación normal para operaciones habituales de manufacturas es generalmente adecuada. Campanas locales deben ser usadas durante operaciones que produzcan o liberen grandes cantidades de producto. En áreas bajas o confinadas debe proveerse ventilación mecánica. Disponer de duchas y estaciones lavaojos.

### 8.2.2 Equipos de protección personal

Protección de los ojos y la cara:	Se deben usar gafas de seguridad, a prueba de salpicaduras de productos químicos (que cumplan con la EN 166).
Protección de la piel:	Al manipular este producto se deben usar guantes protectores impermeables de PVC, nitrilo o butilo (que cumplan con las normas IRAM 3607-3608-3609 y EN 374), ropa de trabajo y zapatos de seguridad resistentes a productos químicos.
Protección respiratoria:	En los casos necesarios, utilizar protección respiratoria para vapores orgánicos (A). Debe prestarse especial atención a los niveles de oxígeno presentes en el aire. Si ocurren grandes liberaciones, utilizar equipo de respiración autónomo (SCBA).

## SECCIÓN 9 – PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

### 9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Estado físico:	Líquido aceitoso transparente.
Color:	incolore.
Olor:	inodoro.
Umbral olfativo:	N/D
pH:	N/D
Punto de fusión / de congelación:	18,17°C (65°F)
Punto / intervalo de ebullición:	290°C (554°F)
Tasa de evaporación:	N/D
Inflamabilidad:	El producto no es inflamable ni combustible.
Punto de inflamación:	199°C (390°F) - c.c. 177°C (351°F) - o.c.
Límites de inflamabilidad:	2,7 - 19 %
Presión de vapor (20°C):	< 0,001 mmHg
Presión de vapor (50°C):	0,2 mmHg
Densidad de vapor (aire=1):	3,17
Densidad (20°C):	1,26 g/cm <sup>3</sup>
Solubilidad (25°C):	Soluble en agua, etanol, acetona y acetato de etilo. Insoluble en aceites/grasas.
Coef. de reparto (logK <sub>ow</sub> ):	-1,75 - OCDE 107
Temperatura de autoignición:	370°C (698°F)
Temperatura de descomposición:	290°C (554°F)
Viscosidad cinemática (20°C):	1412 mPa.s
Viscosidad cinemática (30°C):	612 mPa.s
Viscosidad cinemática (100°C):	14,8 mPa.s
Constante de Henry (20°C):	N/D
Propiedades explosivas:	No explosivo. De acuerdo con la columna 2 del Anexo VII del REACH, este estudio no es necesario porque: en la molécula no hay grupos químicos asociados a propiedades explosivas.
Propiedades comburentes:	De acuerdo con la columna 2 del Anexo VII del REACH, este estudio no es necesario porque: la sustancia, por su estructura química, no puede reaccionar de forma exotérmica con materias combustibles.

### 9.2 Información adicional

Otras propiedades:	Peso molecular: 92,09 g/mol Tensión superficial: 0,0634 N/m Conductividad: 6,4 µS/m
--------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------

## SECCIÓN 10 – ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

### 10.1 Reactividad

No se espera que se produzcan reacciones o descomposiciones del producto en condiciones normales de almacenamiento. No contiene peróxidos orgánicos. No es corrosivo para los metales. No reacciona con el agua.

### 10.2 Estabilidad química

El producto es químicamente estable y no requiere estabilizantes.



### 10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

No se espera polimerización peligrosa.

### 10.4 Condiciones que deben evitarse

Evitar altas temperaturas.

### 10.5 Materiales incompatibles

Agentes oxidantes fuertes, ácidos y bases.

### 10.6 Productos de descomposición peligrosos

En caso de calentamiento puede desprender vapores irritantes y tóxicos. En caso de incendio, ver la Sección 5.

## SECCIÓN 13 – CONSIDERACIONES PARA DESECHO

Tanto el sobrante de producto como los envases vacíos deberán eliminarse según la legislación vigente en materia de Protección del Medio ambiente y en particular de Residuos Peligrosos (Ley Nacional N° 24.051 y sus reglamentaciones). Deberá clasificar el residuo y disponer del mismo mediante una empresa autorizada. Procedimiento de disposición: incineración o tratamiento de aguas residuales.

## SECCIÓN 14 – INFORMACIÓN PARA EL TRANSPORTE

### 14.1 TRANSPORTE TERRESTRE

Nombre Apropiado para el Transporte:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
N° UN/ID:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Clase de Peligro:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Grupo de Embalaje:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Código de Riesgo:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Cantidad limitada y exceptuada:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE

### 14.2 TRANSPORTE AÉREO (ICAO/IATA)

Nombre Apropiado para Embarque:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
N° UN/ID:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Clase de Peligro:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Grupo de Embalaje:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Instrucciones para aviones de pasajeros y carga:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Instrucciones para aviones de carga:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
CRE:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE

### 14.3 TRANSPORTE MARÍTIMO (IMO)

#### Transporte en embalajes de acuerdo al Código IMDG

Nombre Apropiado para el Transporte:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
UN/ID N°:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Clase de Peligro:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Grupo de Embalaje:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
EMS:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Estiba y Segregación:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Contaminante Marino:	NO
Nombre para la documentación de transporte:	NOT CLASSIFIED AS A DANGEROUS GOODS

## 11.1.2 Vaselina

Extraída de: GTM Industrial. Hojas de seguridad.



### SECCIÓN 1 - IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DE LA COMPAÑÍA

#### 1.1 Identificador del producto

Nombre del producto: VASELINA SÓLIDA

#### 1.2 Usos pertinentes identificados y usos desaconsejados

Recomendaciones de Uso: Según la hoja técnica del producto.

### SECCIÓN 2 – IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

#### 2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

**CLASIFICACIÓN según el Sistema Globalmente Armonizado**

Este producto no cumple los criterios para clasificarse en una clase de peligro con arreglo al Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de Productos Químicos. Sin embargo, se facilitará una ficha de datos de seguridad a pedido.

#### 2.2 Elementos de la etiqueta

**Pictograma:** SIN PICTOGRAMA

**Palabra de advertencia:** SIN PALABRA DE ADVERTENCIA

#### 2.3 Otros peligros

Ninguno.

### SECCIÓN 3 - COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES

#### 3.1 Sustancia

Vaselina (CAS 8009-03-8): 100% - Not classified

#### 3.2 Mezcla

No aplica.

### SECCIÓN 4 - PRIMEROS AUXILIOS

#### 4.1 Descripción de los primeros auxilios

Medidas generales:	Evite la exposición al producto, tomando las medidas de protección adecuadas. Consulte al médico, llevando la ficha de seguridad.
Inhalación:	En caso de inhalación de los vapores, traslade a la víctima y procurele aire limpio. Manténgala en calma. Si no respira, suminístrele respiración artificial. Llame al médico.
Contacto con la piel:	Lávese inmediatamente después del contacto con abundante agua y jabón, durante al menos 15 minutos. NO utilice kerosene, nafta o solventes orgánicos para retirar el producto. Utilice un papel embebido en aceite de cocina. Quítese la ropa contaminada y lávela antes de reusar. En caso de quemaduras por el producto caliente, enfríe la zona manteniéndola en agua corriente durante al menos 5 minutos. No use hielo. Evite la hipotermia. No remueva la ropa adherida a la piel, córtela alrededor de la zona.
Contacto con los ojos:	Enjuague inmediatamente los ojos con agua durante al menos 15 minutos, y mantenga abiertos los párpados para garantizar que se aclara todo el ojo y los tejidos del párpado. Enjuagar los ojos en cuestión de segundos es esencial para lograr la máxima eficacia. Si tiene lentes de contacto, quítelas después de los primeros 5 minutos y luego continúe enjuagándose los ojos. Consultar al médico.

Ingestión: NO INDUZCA EL VÓMITO. Enjuague la boca con agua. Nunca suministre nada oralmente a una persona inconsciente. Llame al médico. Si el vómito ocurre espontáneamente, coloque a la víctima de costado para reducir el riesgo de aspiración.

#### 4.2 Principales síntomas y efectos, tanto agudos como retardados

Inhalación: La inhalación de humos o vapores a altas temperaturas puede causar irritación severa de las vías aéreas.

Contacto con la piel: Puede provocar resequedad en la piel. La exposición prolongada o repetida puede producir irritación y dermatitis.

Contacto con los ojos: Causa leve irritación. Puede provocar quemaduras por contacto con el producto a altas temperaturas.

Ingestión: Puede provocar náuseas y diarrea.

#### 4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente.

Nota al médico: Proveer tratamiento sintomático. Para más información, consulte a un Centro de Intoxicaciones.

## SECCIÓN 5 - MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

### 5.1 Medios de extinción

Usar polvo químico seco, espuma, arena o CO<sub>2</sub>. Utilizar el producto acorde a los materiales de los alrededores. NO USAR chorros de agua directos.

### 5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o mezcla

Combustible. El producto en estado líquido puede arder, pero no encenderá fácilmente.

### 5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

#### 5.3.1 Instrucciones para extinción de incendio:

Rocíe con agua los recipientes para mantenerlos fríos. Enfríe los contenedores con chorros de agua hasta mucho después de que el fuego se haya extinguido.

Prevenga que el agua utilizada para el control de incendios o la dilución ingrese a cursos de agua, drenajes o manantiales.

El material caliente puede ocasionar erupciones violentas al entrar en contacto con el agua, pudiendo proyectarse material caliente y provocar serias quemaduras.

#### 5.3.2 Protección durante la extinción de incendios:

Utilice equipo autónomo de respiración. La ropa de protección estructural de bomberos provee protección limitada en situaciones de incendio ÚNICAMENTE; puede no ser efectiva en situaciones de derrames.

#### 5.3.3 Productos de descomposición peligrosos en caso de incendio:

En caso de incendio puede desprender humos y gases irritantes y/o tóxicos, como monóxido de carbono y otras sustancias derivadas de la combustión incompleta.

## SECCIÓN 6 - MEDIDAS EN CASO DE DERRAME ACCIDENTAL

### 6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

#### 6.1.1 Para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia

Evitar fuentes de ignición. Evacuar al personal hacia un área ventilada.

#### 6.1.2 Para el personal de emergencias

Evitar fuentes de ignición. Evacuar al personal hacia un área ventilada. Ventilar inmediatamente, especialmente en zonas bajas donde puedan acumularse los vapores. No permitir la reutilización del producto derramado.

### 6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

Contener el producto. Prevenir la entrada hacia vías navegables, alcantarillas, sótanos o áreas confinadas no controladas. Peligro de contaminación física importante en caso de vertido (litorales costeros, suelos, etc.) debido a la formación de una película oleosa. Evitar la entrada de producto en alcantarillas y tomas de agua. Los derrames forman una película sobre la superficie del agua impidiendo la transferencia de oxígeno.

### 6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Recoger el producto con pala y colocarlo en un recipiente apropiado. Limpiar o lavar completamente la zona contaminada. Evitar el uso de solventes. Disponer el agua y el residuo recogido en envases señalizados para su eliminación como residuo químico.

## SECCIÓN 7 – MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

### 7.1 Precauciones para una manipulación segura

Prohibido comer, beber o fumar durante su manipulación. Evitar contacto con ojos, piel y ropa. Lavarse después de manejar este producto.

### 7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Condiciones de almacenamiento:	Almacenar en un área limpia, seca y bien ventilada. Proteger del sol. Mantener los recipientes cerrados.
Materiales de envasado:	el suministrado por el fabricante.
Productos incompatibles:	Agentes oxidantes fuertes.

## 8.2 Controles de exposición

### 8.2.1 Controles técnicos apropiados

Mantener ventilado el lugar de trabajo. La ventilación normal para operaciones habituales de manufacturas es generalmente adecuada. Campanas locales deben ser usadas durante operaciones que produzcan o liberen grandes cantidades de producto. En áreas bajas o confinadas debe proveerse ventilación mecánica. Disponer de duchas y estaciones lavaojos.

### 8.2.2 Equipos de protección personal

Protección de los ojos y la cara:	Se deben usar gafas de seguridad, a prueba de salpicaduras de productos químicos (que cumplan con la EN 166).
Protección de la piel:	Al manipular este producto se deben usar guantes protectores impermeables de PVC, nitrilo o neopreno (que cumplan con las normas IRAM 3607-3608-3609 y EN 374), ropa de trabajo y zapatos de seguridad resistentes a productos químicos.
Protección respiratoria:	En los casos necesarios, utilizar protección respiratoria para nieblas de aceites. Debe prestarse especial atención a los niveles de oxígeno presentes en el aire. Si ocurren grandes liberaciones, utilizar equipo de respiración autónomo (SCBA).

## SECCIÓN 9 – PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

### 9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Estado físico:	Semisólido.
Color:	blanco.
Olor:	inodoro.
Umbral olfativo:	N/D
pH:	N/D
Punto de fusión / de congelación:	45°C (113°F) - DIN/ISO 2207
Punto / intervalo de ebullición:	> 300°C (572°F)
Tasa de evaporación:	N/D
Inflamabilidad:	El producto no es inflamable.
Punto de inflamación:	> 150°C (302°F) - DIN/ISO 2592
Límites de inflamabilidad:	N/D
Presión de vapor (20°C):	< 0,1 hPa - calc.
Densidad de vapor (aire=1):	N/D

Densidad (80°C):	0,820 g/cm <sup>3</sup> - DIN 51757
Solubilidad (20°C):	Insoluble en agua.
Coef. de reparto (logK <sub>ow</sub> ):	N/D
Temperatura de autoignición:	N/D
Temperatura de descomposición:	N/D
Viscosidad cinemática (cSt a 20°C):	6,4 - DIN 51562
Constante de Henry (20°C):	N/D
Log Koc:	N/D
Propiedades explosivas:	No explosivo. De acuerdo con la columna 2 del Anexo VII del REACH, este estudio no es necesario porque: en la molécula no hay grupos químicos asociados a propiedades explosivas.
Propiedades comburentes:	De acuerdo con la columna 2 del Anexo VII del REACH, este estudio no es necesario porque: la sustancia, por su estructura química, no puede reaccionar de forma exotérmica con materias combustibles.

## 9.2 Información adicional

Otras propiedades: Ninguna.

## SECCIÓN 10 – ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

### 10.1 Reactividad

No se espera que se produzcan reacciones o descomposiciones del producto en condiciones normales de almacenamiento. No contiene peróxidos orgánicos. No es corrosivo para los metales. No reacciona con el agua.

### 10.2 Estabilidad química

El producto es químicamente estable y no requiere estabilizantes.

### 10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

No se espera polimerización peligrosa.

### 10.4 Condiciones que deben evitarse

Altas temperaturas o calentamiento excesivo.

### 10.5 Materiales incompatibles

Agentes oxidantes fuertes.

### 10.6 Productos de descomposición peligrosos

En caso de calentamiento puede desprender vapores irritantes y tóxicos. En caso de incendio, ver la Sección 5.

## SECCIÓN 13 – CONSIDERACIONES PARA DESECHO

Tanto el sobrante de producto como los envases vacíos deberán eliminarse según la legislación vigente en materia de Protección del Medio ambiente y en particular de Residuos Peligrosos (Ley Nacional N° 24.051 y sus reglamentaciones). Deberá clasificar el residuo y disponer del mismo mediante una empresa autorizada. Procedimiento de eliminación: incineración.

## SECCIÓN 14 – INFORMACIÓN PARA EL TRANSPORTE

### 14.1 TRANSPORTE TERRESTRE

Nombre Apropiado para el Transporte:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
N° UNID:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Clase de Peligro:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Grupo de Embalaje:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Código de Riesgo:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE

Cantidad limitada y exceptuada: MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE

#### 14.2 TRANSPORTE AÉREO (ICAO/IATA)

Nombre Apropiado para Embarque: MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE  
N° UN/ID: MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE  
Clase de Peligro: MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE  
Grupo de Embalaje: MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE  
Instrucciones para aviones de pasajeros y carga: MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE  
Instrucciones para aviones de carga: MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE  
CRE: MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE  
Disposiciones especiales: MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE

#### 14.3 TRANSPORTE MARÍTIMO (IMO)

##### Transporte en embalajes de acuerdo al Código IMDG

Nombre Apropiado para el Transporte: MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE  
UN/ID N°: MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE  
Clase de Peligro: MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE  
Grupo de Embalaje: MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE  
EMS: MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE  
Estiba y Segregación: MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE  
Contaminante Marino: NO  
Nombre para la documentación de transporte: NOT CLASSIFIED AS A DANGEROUS GOODS

## 11.2 TABLAS

### 11.2.1 Propiedades de líquidos y sólidos

**Extraída de:** Yunus A. Çengel y Michael A. Boles (2012). Termodinámica. México. Editorial McGraw Hill. 7º edición. Página 913.

Propiedades de líquidos y sólidos

a) Líquidos

Sustancia	Datos de ebullición a 1 atm		Datos de congelación		Propiedades de líquidos		
	Punto de ebullición normal, °C	Calor latente de vaporización $h_{fg}$ , kJ/kg	Punto de congelación, °C	Calor latente de fusión $h_{if}$ , kJ/kg	Temperatura, °C	Densidad $\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	Calor específico $c_p$ , kJ/kg · K
Agua	100	2257	0.0	333.7	0	1000	4.22
					25	997	4.18
					50	988	4.18
					75	975	4.19
					100	958	4.22
Alcohol etílico	78.6	855	-156	108	20	789	2.84
					-33.3	682	4.43
Amoníaco	-33.3	1357	-77.7	322.4	-20	665	4.52
					0	639	4.60
					25	602	4.80
Argón	-185.9	161.6	-189.3	28	-185.6	1394	1.14
Benceno	80.2	394	5.5	126	20	879	1.72
n-Butano	-0.5	385.2	-138.5	80.3	-0.5	601	2.31
Dióxido de carbono	-78.4*	230.5 (a 0°C)	-56.6	—	0	298	0.59
Etanol	78.2	838.3	-114.2	109	25	783	2.46
Etilén glicol	198.1	800.1	-10.8	181.1	20	1109	2.84
Glicerina	179.9	974	18.9	200.6	20	1261	2.32
Helio	-268.9	22.8	—	—	-268.9	146.2	22.8
Hidrógeno	-252.8	445.7	-259.2	59.5	-252.8	70.7	10.0
Isobutano	-11.7	367.1	-160	105.7	-11.7	593.8	2.28
Mercurio	356.7	294.7	-38.9	11.4	25	13,560	0.139
Metano	-161.5	510.4	-182.2	58.4	-161.5	423	3.49
					-100	301	5.79
Metanol	64.5	1100	-97.7	99.2	25	787	2.55
Nitrógeno	-195.8	198.6	-210	25.3	-195.8	809	2.06
					-160	596	2.97
					20	703	2.10
Octano	124.8	306.3	-57.5	180.7	20	703	2.10
Oxígeno	-183	212.7	-218.8	13.7	-183	1141	1.71
Petróleo	—	230-384	—	—	20	640	2.0
					-42.1	581	2.25
Propano	-42.1	427.8	-187.7	80.0	-42.1	581	2.25
					0	529	2.53
					50	449	3.13
Queroseno	204-293	251	-24.9	—	20	820	2.00
Refrigerante 134a	-26.1	217.0	-96.6	—	-50	1443	1.23

\* Temperatura de sublimación. (A presiones por debajo de la presión de punto triple de 518 kPa, el dióxido de carbono existe como un sólido o un gas. También, la temperatura de punto de congelamiento del dióxido de carbono es la temperatura de punto triple de -56.5°C.)

### 11.2.2 Índices de corrosión

Extraída de: ROBERTO CORDES S.A. Índices de Corrosión. Página 5.

	AGENTE CORROSIVO	Acidos	Concentración	Temperatura	Aluminio	Alloy 20Cb-3	Cobre	Cuproníquel	Hastelloy® B	Hastelloy® C	Incoloy® 800	Incoloy® 825	Inconel® 600	Monel® 400	Níquel 200	Bronce-Silicio	Inoxidable 304	Inoxidable 316	Inoxidable 430	Tantalio	Titanio	Zirconio	
					Resistente a la corrosión	Ataque moderado	Insatisfactorio	1	2	3	4	5	6										
<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: green;">●</span> Resistente a la corrosión</li> <li><span style="color: orange;">●</span> Ataque moderado</li> <li><span style="color: red;">●</span> Insatisfactorio</li> <li>1 Posible corrosión por picadura en la interfase con aire o al secarse</li> <li>2 Mantener la alcalinidad de la solución</li> <li>3 Puede ser atacado si hay presencia de ácido sulfúrico</li> <li>4 Recubierta con estaño</li> <li>5 Uso no recomendable con bebidas</li> <li>6 Puede ser atacado si hay presencia de ácido clorhídrico</li> </ul>	Acido Acético	5%, sin airear	Ambiente	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Acido Acético	20%, sin airear	Ambiente	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Acido Acético	50%, sin airear	Ambiente	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Acido Acético	50%, sin airear	Ebullición	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Acido Acético	100%, sin airear	Ambiente	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Acido Acético	100%, sin airear	Ebullición	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Acido Acético, vapores	100%, sin airear	Caliente	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Acido Arsénico	90%	107°C	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Acido Benzoico	5%	Ambiente	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Acido Bórico	5%	Ebullición	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Acido Butírico	5%	Ambiente	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Acido Carbónico			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Acido Cianhídrico			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Acido Cítrico	5%, reposo	65°C	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Acido Cítrico	15%	Ambiente	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Acido Cítrico	15%	Ebullición	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Cítrico	Concentrado	Ebullición	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Clorhídrico		Ebullición	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Clorhídrico	5%, sin airear	Ambiente	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Clorhídrico	10%, sin airear	Ambiente	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Clorhídrico	20%, sin airear	Ambiente	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Clorhídrico	Todas	38°C	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Clorhídrico	Todas	50°C	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Clorhídrico	Todas	71°C	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Clorhídrico, gases	Concentrado	38°C	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Clórico		Ambiente	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Cloroacético		Ambiente	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Clorosulfónico	10%		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Crómico	5%	Ambiente	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Crómico	50%	Ebullición	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Crómico c.p.	10%	Ebullición	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Esteárico	Concentrado	93°C	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Fenólico c.p.		Ambiente	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Fluorhídrico	Todas	Todas	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Fluorhídrico, vapores		100°C	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Fórmico	5%, reposo	Ambiente a 65°C	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Fosfórico	1%	Ambiente	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Fosfórico	5%	Ambiente	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Fosfórico	10%, reposo	Ambiente	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Fosfórico	10%, agitado	Ambiente	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Fosfórico	10%, aireado	Ambiente	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Gálico	5%	Ambiente a Ebullición	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Hidrofluosilícico	5%	21°C	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Hidrofluosilícico, vapores		100°C	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Láctico	5%	Ambiente	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Láctico	5%	65°C	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Láctico	10%	65°C hasta Ebullición	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Máfico		Frio y Caliente	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Molibdico	5%	Ambiente	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Muriático		Ambiente	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Nítrico	5%	Ambiente	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Nítrico	20%	Ambiente	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Nítrico	50%	Ambiente	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Nítrico	50%	Ebullición	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Nítrico	65%	Ebullición	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Nítrico	95%	Ambiente	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Nítrico	Concentrado	Ambiente	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Acido Nítrico	Concentrado	Ebullición	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	





### 11.2.3 Agua saturada. Propiedades en función de la temperatura.

Extraída de: Yunus A. Çengel y Michael A. Boles (2012). Termodinámica. México. Editorial McGraw Hill. 7º edición. Página 914.

Temp., T °C	Pres. sat., P <sub>sat</sub> kPa	Volumen específico, m <sup>3</sup> /kg		Energía interna, kJ/kg			Entalpía, kJ/kg			Entropía, kJ/kg · K		
		Liq. sat., v <sub>f</sub>	Vapor sat., v <sub>g</sub>	Liq. sat., u <sub>f</sub>	Evap., u <sub>fg</sub>	Vapor sat., u <sub>g</sub>	Liq. sat., h <sub>f</sub>	Evap., h <sub>fg</sub>	Vapor sat., h <sub>g</sub>	Liq. sat., s <sub>f</sub>	Evap., s <sub>fg</sub>	Vapor sat., s <sub>g</sub>
0.01	0.6117	0.001000	206.00	0.000	2374.9	2374.9	0.001	2500.9	2500.9	0.0000	9.1556	9.1556
5	0.8725	0.001000	147.03	21.019	2360.8	2381.8	21.020	2489.1	2510.1	0.0763	8.9487	9.0249
10	1.2281	0.001000	106.32	42.020	2346.6	2388.7	42.022	2477.2	2519.2	0.1511	8.7488	8.8999
15	1.7057	0.001001	77.885	62.980	2332.5	2395.5	62.982	2465.4	2528.3	0.2245	8.5559	8.7803
20	2.3392	0.001002	57.762	83.913	2318.4	2402.3	83.915	2453.5	2537.4	0.2965	8.3696	8.6661
25	3.1698	0.001003	43.340	104.83	2304.3	2409.1	104.83	2441.7	2546.5	0.3672	8.1895	8.5567
30	4.2469	0.001004	32.879	125.73	2290.2	2415.9	125.74	2429.8	2555.6	0.4368	8.0152	8.4520
35	5.6291	0.001006	25.205	146.63	2276.0	2422.7	146.64	2417.9	2564.6	0.5051	7.8466	8.3517
40	7.3851	0.001008	19.515	167.53	2261.9	2429.4	167.53	2406.0	2573.5	0.5724	7.6832	8.2556
45	9.5953	0.001010	15.251	188.43	2247.7	2436.1	188.44	2394.0	2582.4	0.6386	7.5247	8.1633
50	12.352	0.001012	12.026	209.33	2233.4	2442.7	209.34	2382.0	2591.3	0.7038	7.3710	8.0748
55	15.763	0.001015	9.5639	230.24	2219.1	2449.3	230.26	2369.8	2600.1	0.7680	7.2218	7.9898
60	19.947	0.001017	7.6670	251.16	2204.7	2455.9	251.18	2357.7	2608.8	0.8313	7.0769	7.9082
65	25.043	0.001020	6.1935	272.09	2190.3	2462.4	272.12	2345.4	2617.5	0.8937	6.9360	7.8296
70	31.202	0.001023	5.0396	293.04	2175.8	2468.9	293.07	2333.0	2626.1	0.9551	6.7989	7.7540
75	38.597	0.001026	4.1291	313.99	2161.3	2475.3	314.03	2320.6	2634.6	1.0158	6.6655	7.6812
80	47.416	0.001029	3.4053	334.97	2146.6	2481.6	335.02	2308.0	2643.0	1.0756	6.5355	7.6111
85	57.868	0.001032	2.8261	355.96	2131.9	2487.8	356.02	2295.3	2651.4	1.1346	6.4089	7.5435
90	70.183	0.001036	2.3593	376.97	2117.0	2494.0	377.04	2282.5	2659.6	1.1929	6.2853	7.4782
95	84.609	0.001040	1.9808	398.00	2102.0	2500.1	398.09	2269.6	2667.6	1.2504	6.1647	7.4151
100	101.42	0.001043	1.6720	419.06	2087.0	2506.0	419.17	2256.4	2675.6	1.3072	6.0470	7.3542
105	120.90	0.001047	1.4186	440.15	2071.8	2511.9	440.28	2243.1	2683.4	1.3634	5.9319	7.2952
110	143.38	0.001052	1.2094	461.27	2056.4	2517.7	461.42	2229.7	2691.1	1.4188	5.8193	7.2382
115	169.18	0.001056	1.0360	482.42	2040.9	2523.3	482.59	2216.0	2698.6	1.4737	5.7092	7.1829
120	198.67	0.001060	0.89133	503.60	2025.3	2528.9	503.81	2202.1	2706.0	1.5279	5.6013	7.1292
125	232.23	0.001065	0.77012	524.83	2009.5	2534.3	525.07	2188.1	2713.1	1.5816	5.4956	7.0771
130	270.28	0.001070	0.66808	546.10	1993.4	2539.5	546.38	2173.7	2720.1	1.6346	5.3919	7.0265
135	313.22	0.001075	0.58179	567.41	1977.3	2544.7	567.75	2159.1	2726.9	1.6872	5.2901	6.9773
140	361.53	0.001080	0.50850	588.77	1960.9	2549.6	589.16	2144.3	2733.5	1.7392	5.1901	6.9294
145	415.68	0.001085	0.44600	610.19	1944.2	2554.4	610.64	2129.2	2739.8	1.7908	5.0919	6.8827
150	476.16	0.001091	0.39248	631.66	1927.4	2559.1	632.18	2113.8	2745.9	1.8418	4.9953	6.8371
155	543.49	0.001096	0.34648	653.19	1910.3	2563.5	653.79	2098.0	2751.8	1.8924	4.9002	6.7927
160	618.23	0.001102	0.30680	674.79	1893.0	2567.8	675.47	2082.0	2757.5	1.9426	4.8066	6.7492
165	700.93	0.001108	0.27244	696.46	1875.4	2571.9	697.24	2065.6	2762.8	1.9923	4.7143	6.7067
170	792.18	0.001114	0.24260	718.20	1857.5	2575.7	719.08	2048.8	2767.9	2.0417	4.6233	6.6650
175	892.60	0.001121	0.21659	740.02	1839.4	2579.4	741.02	2031.7	2772.7	2.0906	4.5335	6.6242
180	1002.8	0.001127	0.19384	761.92	1820.9	2582.8	763.05	2014.2	2777.2	2.1392	4.4448	6.5841
185	1123.5	0.001134	0.17390	783.91	1802.1	2586.0	785.19	1996.2	2781.4	2.1875	4.3572	6.5447
190	1255.2	0.001141	0.15636	806.00	1783.0	2589.0	807.43	1977.9	2785.3	2.2355	4.2705	6.5059
195	1398.8	0.001149	0.14089	828.18	1763.6	2591.7	829.78	1959.0	2788.8	2.2831	4.1847	6.4678
200	1554.9	0.001157	0.12721	850.46	1743.7	2594.2	852.26	1939.8	2792.0	2.3305	4.0997	6.4302
205	1724.3	0.001164	0.11508	872.86	1723.5	2596.4	874.87	1920.0	2794.8	2.3776	4.0154	6.3930
210	1907.7	0.001173	0.10429	895.38	1702.9	2598.3	897.61	1899.7	2797.3	2.4245	3.9318	6.3563
215	2105.9	0.001181	0.094680	918.02	1681.9	2599.9	920.50	1878.8	2799.3	2.4712	3.8489	6.3200
220	2319.6	0.001190	0.086094	940.79	1660.5	2601.3	943.55	1857.4	2801.0	2.5176	3.7664	6.2840
225	2549.7	0.001199	0.078405	963.70	1638.6	2602.3	966.76	1835.4	2802.2	2.5639	3.6844	6.2483
230	2797.1	0.001209	0.071505	986.76	1616.1	2602.9	990.14	1812.8	2802.9	2.6100	3.6028	6.2128
235	3062.6	0.001219	0.065300	1010.0	1593.2	2603.2	1013.7	1789.5	2803.2	2.6560	3.5216	6.1775
240	3347.0	0.001229	0.059707	1033.4	1569.8	2603.1	1037.5	1765.5	2803.0	2.7018	3.4405	6.1424
245	3651.2	0.001240	0.054656	1056.9	1545.7	2602.7	1061.5	1740.8	2802.2	2.7476	3.3596	6.1072
250	3976.2	0.001252	0.050085	1080.7	1521.1	2601.8	1085.7	1715.3	2801.0	2.7933	3.2788	6.0721
255	4322.9	0.001263	0.045941	1104.7	1495.8	2600.5	1110.1	1689.0	2799.1	2.8390	3.1979	6.0369
260	4692.3	0.001276	0.042175	1128.8	1469.9	2598.7	1134.8	1661.8	2796.6	2.8847	3.1169	6.0017
265	5085.3	0.001289	0.038748	1153.3	1443.2	2596.5	1159.8	1633.7	2793.5	2.9304	3.0358	5.9662
270	5503.0	0.001303	0.035622	1177.9	1415.7	2593.7	1185.1	1604.6	2789.7	2.9762	2.9542	5.9305
275	5946.4	0.001317	0.032767	1202.9	1387.4	2590.3	1210.7	1574.5	2785.2	3.0221	2.8723	5.8944
280	6416.6	0.001333	0.030153	1228.2	1358.2	2586.4	1236.7	1543.2	2779.9	3.0681	2.7898	5.8579
285	6914.6	0.001349	0.027756	1253.7	1328.1	2581.8	1263.1	1510.7	2773.7	3.1144	2.7066	5.8210
290	7441.8	0.001366	0.025554	1279.7	1296.9	2576.5	1289.8	1476.9	2766.7	3.1608	2.6225	5.7834
295	7999.0	0.001384	0.023528	1306.0	1264.5	2570.5	1317.1	1441.6	2758.7	3.2076	2.5374	5.7450
300	8587.9	0.001404	0.021659	1332.7	1230.9	2563.6	1344.8	1404.8	2749.6	3.2548	2.4511	5.7059

### 11.2.4 Propiedades de metales sólidos

**Extraída de:** Yunus A. Çengel y Afshin J. Ghajar (2011). Transferencia de calor y masa, fundamentos y aplicaciones. México. Editorial McGraw Hill. 4<sup>o</sup> edición. Página 869.

Composición	Punto de fusión, K	Propiedades a 300 K				Propiedades a varias temperaturas (K), $k(W/m \cdot K)/c_p(J/kg \cdot K)$					
		$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$c_p$ J/kg · K	$k$ W/m · K	$\alpha \times 10^6$ m <sup>2</sup> /s	100	200	400	600	800	1 000
Al carbono-manganeso-silicio (1% < Mn < 1.65% 0.1% < Si < 0.6%)	8 131	434	41.0	11.6				42.2 487	39.7 559	35.0 685	27.6 1 090
Aceros al cromo (bajo): $\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo-Si (0.18% C, 0.65% Cr, 0.23% Mo, 0.6% Si)	7 822	444	37.7	10.9				38.2 492	36.7 575	33.3 688	26.9 969
1Cr- $\frac{1}{2}$ Mo (0.16% C, 1% Cr, 0.54% Mo, 0.39% Si)	7 858	442	42.3	12.2				42.0 492	39.1 575	34.5 688	27.4 969
1Cr-V (0.2% C, 1.02% Cr, 0.15% V)	7 836	443	48.9	14.1				46.8 492	42.1 575	36.3 688	28.2 969
Aceros inoxidables:											
AISI 302		8 055	480	15.1	3.91			17.3 512	20.0 559	22.8 585	25.4 606
AISI 304	1 670	7 900	477	14.9	3.95	9.2 272	12.6 402	16.6 515	19.8 557	22.6 582	25.4 611
AISI 316		8 238	468	13.4	3.48			15.2 504	18.3 550	21.3 576	24.2 602
AISI 347		7 978	480	14.2	3.71			15.8 513	18.9 559	21.9 585	24.7 606
Plomo	601	11 340	129	35.3	24.1	39.7 118	36.7 125	34.0 132	31.4 142		
Magnesio	923	1 740	1 024	156	87.6	169 649	159 934	153 1 074	149 1 170	146 1 267	
Molibdeno	2 894	10 240	251	138	53.7	179 141	143 224	134 261	126 275	118 285	112 295
Níquel: Puro	1 728	8 900	444	90.7	23.0	164 232	107 383	80.2 485	65.6 592	67.6 530	71.8 562
Nicromo (80% Ni, 20% Cr)	1 672	8 400	420	12	3.4			14 480	16 525	21 545	
Inconel X-750 (73% Ni, 15% Cr, 6.7% Fe)	1 665	8 510	439	11.7	3.1	8.7 —	10.3 372	13.5 473	17.0 510	20.5 546	24.0 626
Niobio	2 741	8 570	265	53.7	23.6	55.2 188	52.6 249	55.2 274	58.2 283	61.3 292	64.4 301
Paladio	1 827	12 020	244	71.8	24.5	76.5 168	71.6 227	73.6 251	79.7 261	86.9 271	94.2 281
Platino: Puro	2 045	21 450	133	71.6	25.1	77.5 100	72.6 125	71.8 136	73.2 141	75.6 146	78.7 152
Aleación 60Pt-40Rh (60% Pt, 40% Rh)	1 800	16 630	162	47	17.4			52 —	59 —	65 —	69 —
Renio	3 453	21 100	136	47.9	16.7	58.9 97	51.0 127	46.1 139	44.2 145	44.1 151	44.6 156
Rodio	2 236	12 450	243	150	49.6	186 147	154 220	146 253	136 274	127 293	121 311

### 11.2.5 Propiedades de materiales aislantes

**Extraída de:** Yunus A. Çengel y Afshin J. Ghajar (2011). Transferencia de calor y masa, fundamentos y aplicaciones. México. Editorial McGraw Hill. 4<sup>o</sup> edición. Página 874.

Material	Espesor, $L$ mm	Densidad, $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Conductividad térmica, $k$ W/m · K	Calor específico, $c_p$ kJ/kg · K	Valor $R$ (para los espesores de la lista, $L/k$ ), K · m <sup>2</sup> /W
<b>Colcha y lámina</b>					
Fibra mineral (forma fibrosa)	50 a 70 mm	4.8-32	—	0.71-0.96	1.23
procesada a partir de roca,	75 a 90 mm	4.8-32	—	0.71-0.96	1.94
escoria o vidrio)	135 a 165 mm	4.8-32	—	0.71-0.96	3.32
<b>Tablero y losa</b>					
Vidrio celular		136	0.055	1.0	—
Fibra de vidrio (ligamento orgánico)		64-144	0.036	0.96	—
Poliestireno expandido (bolitas moldeadas)		16	0.040	1.2	—
Poliuretano expandido ( $R$ -11 expandido)		24	0.023	1.6	—
Perlita expandida (ligamento orgánico)		16	0.052	1.26	—
Caucho expandido (rígido)		72	0.032	1.68	—
Fibra mineral con aglomerante de resina		240	0.042	0.71	—
Corcho		120	0.039	1.80	—
<b>Rociado o formado en el sitio</b>					
Espuma de poliuretano		24-40	0.023-0.026	—	—
Fibra de vidrio		56-72	0.038-0.039	—	—
Uretano, mezcla de dos partes (espuma rígida)		70	0.026	1.045	—
Gránulos de lana mineral con aglomerantes de asbesto/inorgánico (rociado)		190	0.046	—	—
<b>Relleno flojo</b>					
Fibra mineral (de roca, escoria o vidrio)	~ 75 a 125 mm	9.6-32	—	0.71	1.94
	~165 a 222 mm	9.6-32	—	0.71	3.35
	~191 a 254 mm	—	—	0.71	3.87
	~185 mm	—	—	0.71	5.28
Aerogel de sílice		122	0.025	—	—
Vermiculita (expandida)		122	0.068	—	—
Perlita (expandida)		32-66	0.039-0.045	1.09	—
Aserrín o virutas		128-240	0.065	1.38	—
Aislamiento celulósico (papel molido o pulpa de madera)		37-51	0.039-0.046	—	—
<b>Aislamiento para techo</b>					
Vidrio celular	—	144	0.058	1.0	—
Preformado, para usarse arriba del tablero	13 mm	—	—	1.0	0.24
	25 mm	—	—	2.1	0.49
	50 mm	—	—	3.9	0.93
<b>Aislamiento reflector</b>					
Polvo sílice (al vacío)		160	0.0017	—	—
Hoja de aluminio separando colchones de vidrio esponjoso; 10 a 12 capas (al vacío); para aplicaciones criogénicas (150 K)		40	0.00016	—	—
Hoja de aluminio y laminado de vidrio y papel; 75 a 150 capas; para aplicaciones criogénicas (150 K)		120	0.000017	—	—

### 11.2.6 Peso específico y ángulo de rozamiento interno de diversas materias

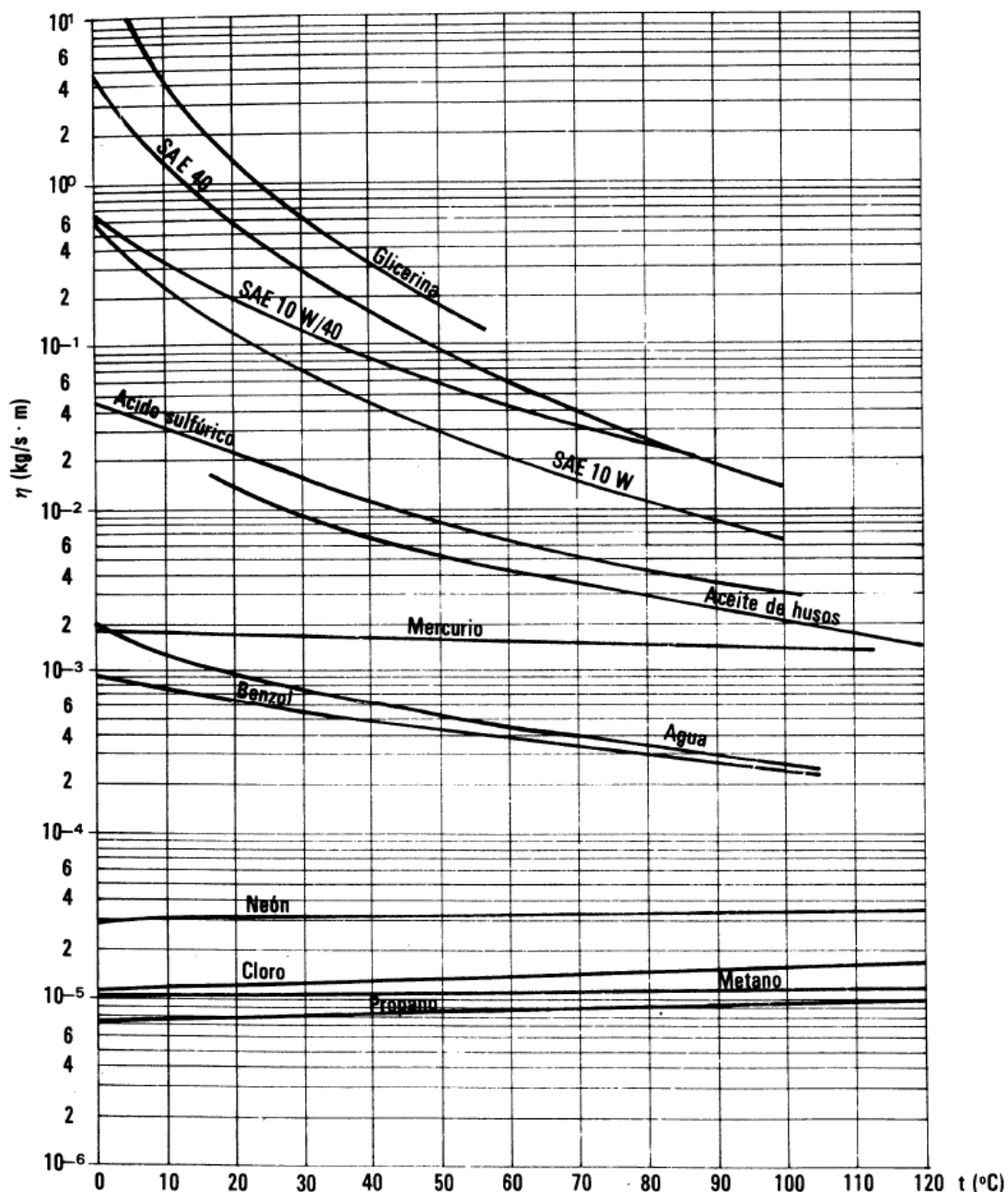
Extraída de: Olesa - Oleohidráulica Española (2016).

<b>PESO ESPECÍFICO Y ANGULO DE ROZAMIENTO INTERNO DE DIVERSAS MATERIAS</b>		
Material	Peso específico	Angulo de rozamiento interno
	aparente Kg/m <sup>3</sup>	
<b>A. Materiales de construcción</b>		
Arena	1.500	30°
Arena de pómez	700	35°
Cal en polvo	1.000	25°
Cal en terrón	1.000	45°
Cascote o polvo de ladrillo	1.300	35°
Cemento en sacos	1.600	---
Cemento en polvo	1.200	25°
Cenizas de coque	700	25°
Clínker de cemento	1.500	30°
Escoria de Altos Hornos (granulada)	1.100	25°
Escoria de Altos Hornos (troceada)	1.500	40°
Grava	1.700	40°
Yeso y escayola	1.250	25°
<b>B. Combustibles</b>		
Briquetas de lignito, amontonadas	800	30°
Briquetas de lignito, apiladas	1.300	---
Carbón de leña en trozos	400	45°
Coque de hulla	500	45°
Hulla en bruto, con humedad de mina	1.000	45°
Hulla pulverizada	700	25°
Hulla en residuos de lavadero	1.200	0°
Hulla en otras formas	850	30°
Leña en astillas	200	45°
Leña troceada	400	45°
Lignito	700	35°
Serrín de madera asentado	250	45°
Serrín de madera suelto	150	45°
<b>D. Otras materias</b>		
Abonos artificiales	1.200	40°
Carburo	900	30°
Estiércol apelmazado	1.800	45°
Estiércol suelto	1.200	45°
Harina de pescado	800	45°
Hielo	900	30°
Mineral de hierro	3.000	40°
Pirita	2.700	45°
Pirita tostada	1.400	45°
Sal común	1.200	40°

## 11.3 GRÁFICAS

### 11.3.1 Viscosidad dinámica de algunas sustancias en función de la temperatura

Extraída de: Claudio Mataix (1986). Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas. Madrid, España. Editorial Ediciones del Castillo S.A. 2º edición. Página 622.



## SECCIÓN Nº 12 BIBLIOGRAFÍA

---

### Contenido de la sección:

12.1 Bibliografía general.....	330
12.2 Bibliografía específica.....	332

---

## 12.1 BIBLIOGRAFÍA GENERAL

---

Alejandro Sánchez y Lucas Ruiz (2001). Causas y consecuencias de la corrosión de una tubería de acero galvanizado. Departamento de construcciones arquitectónicas. España.

Anthony Lawrence Kohan (2000). Manual de calderas. Madrid, España.

Auto-quem. Introducción a la combustión industrial. Buenos Aires, Argentina.

C. del Olmo (1970). Corrosión de tuberías. España.

Carlos Barrera (2018). Instalaciones térmicas, mecánicas y frigoríficas. UTN Facultad Regional Mendoza. Mendoza, Argentina.

Carroll Fink (1981). Manual práctico de electricidad para ingenieros. España. Editorial Reverté.

Charles K. Alexander y Matthew N.O. Sadiku (2006). Fundamentos de circuitos eléctricos. México. Editorial McGraw Hill. 3<sup>o</sup> edición.

Cistema - ARP SURA. Manipulación y almacenamiento de materiales inflamables y combustibles. Antioquia, Colombia.

Claudio Mataix (1986). Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas. Madrid, España. Editorial Ediciones del Castillo S.A. 2<sup>o</sup> edición.

Donald Q. Kern (1999). Procesos de transferencia de calor. México. Editorial McGraw Hill. 31<sup>o</sup> edición.

Enrique Ortega Rivas (2006). Manejo y procesamiento de polvos y granulados alimenticios. Universidad de Colima, México.

F.A. Holland (1980). Flujo de fluidos para ingenieros químicos. Buenos Aires, Argentina. Editorial Géminis.

Faires y Simmang (1982). Termodinámica. México. Editorial Hispano Americana. 6<sup>o</sup> edición.

Fernando Golzman (2003). Curso de tuberías industriales. Buenos Aires, Argentina.

Gerardo Rodríguez. Manual de diseño industrial. Naucalpán, México.

GTM Industrial. Hojas de seguridad. Recuperado de: <https://bit.ly/2RfcW4V>.

Iván José Turmero. Diseño de un modelo de gestión de mantenimiento para la planta de reciclado. Recuperado de: <https://bit.ly/2Kv18KE>.

J.A. Cutulini, N. Gazcon y otros (1985). Seguridad e higiene industrial. Instituto Argentino de Seguridad. Buenos Aires, Argentina.

Jorge Félix Fernández. Combustión industrial. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, Argentina.

José Luis Cortizo Rodríguez (2013). Diseño de maquinaria industrial. Universidad de Oviedo, España.

José Miguel Poli. Apuntes de la cátedra "Mantenimiento Electromecánico Industrial". UTN Facultad Regional La Rioja. La Rioja, Argentina.

José Roldán Viloria (2008). Automatismos Industriales. España. Editorial Paraninfo.

J.P. Holman (1999). Transferencia de calor. México. Editorial McGraw Hill. 10º edición.

Karla de Santis. Procesos Industriales. Recuperado de: <https://bit.ly/31znZug>.

Marcelo Rubio. Apuntes de la cátedra "Máquinas y Equipos Industriales". UTN Facultad Regional La Rioja. La Rioja, Argentina.

Mónica Alitta. Apuntes de la cátedra "Proyecto Final". UTN Facultad Regional La Rioja. La Rioja, Argentina.

National Fire Protection Association (2008). Norma 30: "Flammable and Combustible Liquid Code".

Omega. Medidores de pH. Recuperado de: <https://bit.ly/2MdQOJO>.

Ralph J. Fessender y Joan S. Fessender (1983). Química Orgánica. México. Editorial Iberoamericana. 2º edición.

Robert Perry (1992). Manual del Ingeniero Químico. México. Editorial McGraw Hill. 6º edición.

ROBERTO CORDES S.A. Índices de Corrosión.

Sears y Zemansky (2009). Física Universitaria, volumen 2. México. Editorial Pearson. 12º edición.

Sydney H. Avner (1988). Introducción a la metalurgia física. México. Editorial McGraw Hill. 2º edición.

Tecnología electrónica. Circuito de mando y circuito de potencia. Recuperado de: <https://bit.ly/2yYyB9r>.

Vladimir Castillo Uribe (2013). Título de la tesis: Diseño y cálculo de un agitador de fluidos. Universidad del Bío-Bío. Concepción, Chile.

William Bolton (2001). Ingeniería de control moderna. México. Editorial Alfaomega. 2º edición.

William Bolton (2013). Mecatrónica: Sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica. México. Editorial Alfaomega. 5º edición.

William F. Smith (1998). Fundamentos de la ciencia e ingeniería de los materiales. México. Editorial McGraw Hill. 3º edición.

Yamel Mattarollo (2014). Selección de una válvula solenoide. Recuperado de: <https://bit.ly/2ONxDrs>.

Yunus A. Çengel y Afshin J. Ghajar (2011). Transferencia de calor y masa, fundamentos y aplicaciones. México. Editorial McGraw Hill. 4º edición.

Yunus A. Çengel y Michael A. Boles (2012). Termodinámica. México. Editorial McGraw Hill. 7º edición.



---

## 12.2 BIBLIOGRAFÍA ESPECÍFICA.

---

- Aliaxis S.A. Hoja técnica Electrodo de pH FLS PH/ORP 200. Italia.
- Aliaxis S.A. (2014). Catálogo medición e instrumentación FLS. Italia.
- BAW. Catálogo de productos.
- COFACO. Catálogo de quemadores de plato a gas. Córdoba, Argentina.
- Festo (2019). Catálogo de productos. Alemania.
- Infinity Rotomolding. Información técnica de silos de almacenamiento. Recuperado de: <https://bit.ly/2McZO0P>.
- I.T.A. S.A. Hoja técnica Contenedor Ecobulk. Buenos Aire, Argentina.
- Monarca Electrónica. Sensores de flotador. Buenos Aires, Argentina.
- Omega. Hoja técnica visor de pH DP24 PH. Chile.
- Olesa - Oleohidráulica Española (2016). Pesos específicos y coeficientes de fricción interna.
- Rosario Transmisiones. Catálogo de reductores de velocidad. Santa Fe, Argentina.
- Pysel. Información técnica de Actuadores electromagnéticos (solenoides). Recuperado de: <https://bit.ly/2H3n90K>.
- Schneider Electric. Ficha técnica Módulo de expansión Modicon TM3DQ8R.
- Schneider Electric. Ficha técnica PLC Modicon TM221C40R.
- Siemens (2011). Catálogo de contactores SIRIUS.
- Siemens (2015). Catálogo general de productos.
- Siemens (2016). Catálogo control industrial.
- Sigev Solutions. Información técnica del Silicagel. Recuperado de: <https://bit.ly/2KrfDPo>.
- Sipel. Folleto Dosificador EOB Alfa. Santa Fe, Argentina.
- Sipel. Folleto Tolva pesadora. Santa Fe, Argentina.
- Sipel. Manual de programación Dosificador EOB Alfa. Santa Fe, Argentina.
- Vortex. Información técnica de Válvula Deslizante TPV. Recuperado de: <https://bit.ly/2YEYt9L>.
- Wika (2018). Hoja técnica Termostato TCA B.
- Wika (2018). Manual de instrucciones Termostato TCA B.
- Telemecanique. Catálogo Motores Altium. Santa Fe, Argentina.