

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA,
MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA**



**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE SISTEMA DE
ETIQUETADO DE ENVASES PET PARA PROCESO DE PRODUCCIÓN DE
BEBIDAS EN LA EMPRESA YOGUIS S.R.L**

Tesis presentada por el bachiller:

OJEDA SOSA, FERNANDO RODRIGO

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECATRÓNICO

Asesor: Ing. Mestas Ramos, Sergio

AREQUIPA – PERÚ

2017

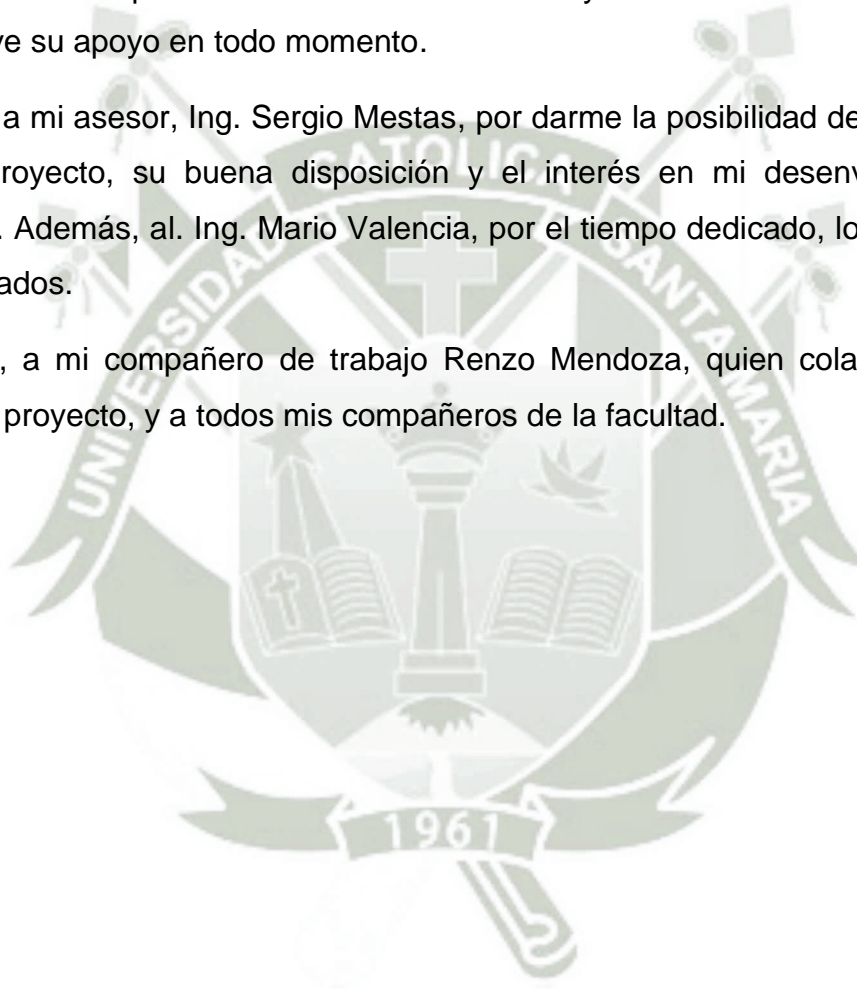
AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por haberme guiado durante toda mi vida y, especialmente, por hacerlo durante la realización del presente trabajo y de toda la carrera.

Asimismo, a mis padres Lourdes y Fernando, quienes me dieron la oportunidad de estudiar y ejercer esta profesión, y por la preocupación de mi crecimiento tanto profesional como espiritual. A mi hermana Daniela y abuelos Yolanda y Julio, de quienes tuve su apoyo en todo momento.

Agradezco a mi asesor, Ing. Sergio Mestas, por darme la posibilidad de realizar el presente proyecto, su buena disposición y el interés en mi desenvolvimiento académico. Además, al Ing. Mario Valencia, por el tiempo dedicado, los consejos y ánimos dados.

Finalmente, a mi compañero de trabajo Renzo Mendoza, quien colaboró en el avance del proyecto, y a todos mis compañeros de la facultad.



ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
CAPÍTULO 1	1
MARCO METODOLÓGICO	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3. JUSTIFICACIÓN	3
1.4. OBJETIVOS	4
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	4
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.5. ANTECEDENTES	5
1.6. ALCANCES Y LIMITACIONES	6
CAPÍTULO 2	7
MARCO TEÓRICO	7
2.1. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BEBIDAS NATURALES	7
2.1.1. ELABORACIÓN DEL CONCENTRADO	7
2.1.2. ENVASADO DEL PRODUCTO	8
2.1.2.1. FILTRACIÓN DEL AGUA.	8
2.1.2.2. ENVASADO	9
2.2. ETIQUETADO DE ENVASES EN LA INDUSTRIA.....	13
2.2.1. MÁQUINAS ETIQUETADORAS	13
2.2.1.1. MÁQUINA ETIQUETADORA MODULAR	13
2.2.1.2. MÁQUINA ETIQUETADORA ROTATIVA	15
2.2.1.3. MÁQUINA ETIQUETADORA LINEAL.....	16
2.2.2. ETIQUETAS	17
2.2.2.1. TIPOS DE ETIQUETAS.....	17
2.3. AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL.....	20
2.3.1. DEFINICIÓN.....	20
2.3.2. OBJETIVOS DE LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL.....	20
2.3.3. ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL	21
2.3.3.1. PARTE OPERATIVA	21
2.3.3.2. PARTE DE MANDO	23
2.3.4. SISTEMAS DE CONTROL	24
2.3.4.1. DEFINICIÓN.....	24

2.3.4.2. TIPOS DE SISTEMAS DE CONTROL:.....	25
2.3.4.3. ACCIONES DE CONTROL.....	26
2.3.5. CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES: PLC.....	28
2.3.5.1. PRINCIPIOS BÁSICOS:.....	28
2.3.5.2. FUNCIONES DE UN PLC.....	29
2.3.5.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN PLC.....	29
2.3.5.4. CLASIFICACIÓN DE UN PLC.....	30
2.3.5.5. UNIDADES FUNCIONALES DE UN PLC.....	31
2.3.6. SENSORES, DETECTORES.....	34
2.3.6.1. DETECTORES DE POSICIÓN:.....	34
2.3.7. MOTORES ELÉCTRICOS EN LA INDUSTRIA.....	35
2.3.7.1. DEFINICIÓN.....	35
2.3.7.2. TIPOS DE MOTORES ELÉCTRICOS.....	35
2.3.8. SISTEMAS DE TRANSPORTE DE ALIMENTOS Y BEBIDAS.....	45
2.3.8.1. GENERALIDADES.....	45
2.3.8.2. BANDAS TRANSPORTADORAS EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA.....	45
2.3.9. VARIADORES DE FRECUENCIA.....	47
2.3.9.1. GENERALIDADES.....	47
2.3.9.2. ARQUITECTURA DEL VARIADOR DE FRECUENCIA.....	47
2.3.9.3. PRINCIPIO DE OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO.....	48
2.3.9.4. COMUNICACIÓN.....	49
CAPÍTULO 3.....	51
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.....	51
3.1. DISEÑO DEL SISTEMA.....	51
3.1.1. ESTADO DEL ARTE.....	53
3.1.2. ESQUEMA DE FUNCIONES.....	58
3.1.3. DESCRIPCIÓN DE PROCESOS.....	60
3.1.4. AGRUPACIÓN DE FUNCIONES.....	61
3.1.5. ESTRUCTURA DE FUNCIONES.....	62
3.1.6. MATRIZ MORFOLÓGICA.....	63
3.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE ENVASES PET.....	65
3.2.1. SELECCIÓN DEL TIPO DE TRANSPORTE REQUERIDO.....	65
3.2.2. PARÁMETROS DE DISEÑO.....	66
3.2.2.1. VELOCIDAD DE TRANSPORTE PRELIMINAR.....	66
3.2.2.2. DISTANCIA ENTRE EJES.....	67
3.2.2.3. ANCHURA DE TRANSPORTE.....	67
3.2.2.4. CONDICIONES DE TRABAJO.....	67

3.2.2.5. MATERIAL A TRANSPORTAR	67
3.2.3. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE TRANSPORTE POR CADENA	68
3.2.4. SELECCIÓN Y CÁLCULO DE COMPONENTES	71
3.2.4.1. SELECCIÓN DE FABRICANTE.....	71
3.2.4.2. TIPOS DE SISTEMA DE TRANSPORTE DISPONIBLES.....	72
3.2.4.3. SELECCIÓN DE CADENA	73
3.2.4.4. SELECCIÓN DE RUEDA DENTADA Y RUEDA GUÍA	79
3.2.4.5. SELECCIÓN DE GUÍAS DE DESGASTE (WEARSTRIP).....	81
3.2.4.6. DISEÑO DE RETORNO DE CADENA.....	83
3.2.4.7. CONSIDERACIONES DE MONTAJE:.....	88
3.2.4.8. SELECCIÓN DE COMPLEMENTOS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE.....	90
3.2.4.9. LUBRICACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE.....	93
3.2.5. CÁLCULO DE POTENCIA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE	93
3.2.5.1. PARÁMETROS DE DISEÑO	93
3.2.5.2. CÁLCULO DE POTENCIA DE ACCIONAMIENTO	95
3.3. DISEÑO DE CABEZAL DE ETIQUETADO Y SISTEMA ENVOLVENTE	100
3.3.1. SISTEMAS QUE COMPONEN EL CABEZAL DE ETIQUETADO	100
3.3.2. CÁLCULOS MECÁNICOS DE CABEZAL DE ETIQUETADO	100
3.3.2.1. CÁLCULO DE INERCIAS	101
3.3.2.2. CÁLCULO DE VELOCIDADES ANGULARES.....	117
3.3.2.3. CÁLCULO DE ACELERACIONES ANGULARES.....	118
3.3.2.4. CÁLCULO DE TORQUES	120
3.3.2.5. CÁLCULO DE POTENCIA.....	120
3.3.2.6. POTENCIA FINAL REQUERIDA	121
3.4. DISEÑO DE COMPONENTES COMPLEMENTARIOS DEL SISTEMA	122
3.4.1. DISEÑO DE PLACA ENVOLVENTE	122
3.5. SELECCIÓN DE EQUIPOS DE CONTROL DEL PROYECTO	126
3.5.1. SELECCIÓN DE MOTORREDUCTOR DEL SISTEMA DE TRANSPORTE ...	126
3.5.1.1. CRITERIOS PRELIMINARES DE SELECCIÓN	126
3.5.1.2. SELECCIÓN DEL TIPO DE MOTORREDUCTOR.....	127
3.5.1.3. LUBRICACION Y PUESTA EN MARCHA	127
3.5.1.4. ELECCIÓN DE MOTORREDUCTOR	128
3.5.1.5. DIÁMETRO DE CONDUCTOR DEL MOTORREDUCTOR.....	130
3.5.2. SELECCIÓN DE VARIADOR DE FRECUENCIA.....	131
3.5.3. SELECCIÓN DE PLC	134
3.5.3.1. ENTRADAS Y SALIDAS DEL PLC	134
3.5.3.2. PUERTOS DE COMUNICACIÓN	135

3.5.3.3. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN	137
3.5.3.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL PLC.....	137
3.5.4. SELECCIÓN DE MOTOR PASO A PASO	138
3.5.5. SELECCIÓN DE DRIVER DE CONTROL	140
3.5.6. SELECCIÓN DE SENSOR DE PROXIMIDAD CAPACITIVO	141
3.5.7. SELECCIÓN DE SENSOR DE ETIQUETA	143
3.5.8. SELECCIÓN DE MOTOR DE SISTEMA ENVOLVENTE.....	146
CAPÍTULO 4	151
DISEÑO DE SISTEMA DE CONTROL Y PROGRAMACIÓN	151
4.1. INTRODUCCIÓN.....	151
4.2. CONTROL DEL MOTOR PASO A PASO	152
4.2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	152
4.2.2. CONEXIONADO DEL MOTOR PASO A PASO NEMA 34.....	152
4.2.2.1. CONEXIÓN ENTRE PLC M221 Y DRIVER DMA860H.....	152
4.2.2.2. CONEXIÓN ENTRE DRIVER DMA860H Y MOTOR PASO A PASO	155
4.2.2.3. CONEXIÓN FINAL DE CONTROL DEL MOTOR PASO A PASO	158
4.2.3. PROGRAMACIÓN DE MOTOR PASO A PASO EN SO MACHINE BASIC	159
4.3. CONTROL DE SISTEMA DE TRANSPORTE.....	167
4.3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	167
4.3.2. CONEXIONADO DEL SISTEMA	168
4.3.2.1. CONEXIÓN ENTRE ATV12 Y MOTORREDUCTOR TRIFÁSICO	168
4.3.2.2. CONEXIÓN ENTRE PLC Y ATV12	172
4.3.3. PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE	173
4.4. CONTROL DE SISTEMA ENVOLVENTE.....	180
4.4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	180
4.4.2. CONEXIONADO GENERAL.....	181
4.4.2.1. RELÉ INTERFASE	181
4.4.2.2. CONTACTOR.....	182
4.4.3. PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA ENVOLVENTE.....	184
4.5. INTEGRACIÓN DE SISTEMAS DE CONTROL.....	185
4.5.1. ESQUEMA ELÉCTRICO FINAL	186
4.5.2. PROGRAMACIÓN INTEGRAL DEL PROCESO DE ETIQUETADO	188
4.5.3. PROGRAMACIÓN DE CONTEO DE ETIQUETAS Y BOTELLAS	191
4.6. PANEL DE OPERACIÓN - HMI.....	192
CAPÍTULO 5	196
PRUEBAS Y RESULTADOS.....	196
5.1. PRUEBAS DE ETIQUETADO DE ENVASES PET DE 500ML	196

5.1.1.	PRUEBAS DE ETIQUETADO MANUAL.....	196
5.1.2.	PRUEBAS DE ETIQUETADO AUTOMATIZADO	198
5.2.	ELEMENTOS Y COSTOS DEL PROYECTO	198
5.2.1.	COSTO DE FABRICACIÓN DE SISTEMA DE TRANSPORTE	199
5.2.2.	COSTO DE FABRICACIÓN DE CABEZAL DE ETIQUETADO.....	200
5.2.3.	COSTO DE FABRICACIÓN DE SISTEMA ENVOLVENTE.....	201
5.2.4.	COSTO DE ELEMENTOS DE CONTROL.....	201
5.2.5.	COSTO DE MONTAJE Y CABLEADO DE TABLERO ELÉCTRICO.....	202
5.2.6.	COSTOS DE MAQUINARIA UTILIZADA.....	202
5.2.7.	COSTOS VARIOS.....	203
5.2.8.	COSTO TOTAL.....	203
5.3.	INTERPRETACION DE RESULTADOS Y VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS ...	205
	CONCLUSIONES.....	207
	RECOMENDACIONES	209
	BIBLIOGRAFÍA.....	211
	DIRECCIONES WEB.....	213
	ANEXOS.....	214



ÍNDICE DE FIGURAS

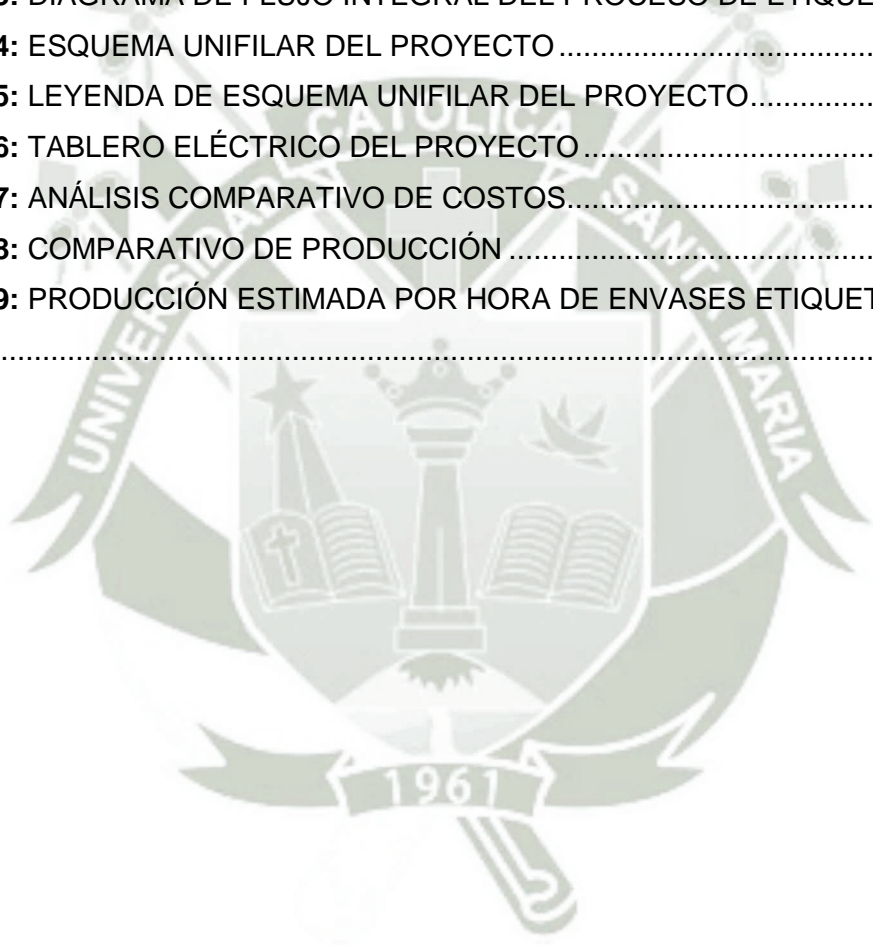
FIGURA 1: PROCESO DE FABRICACIÓN DE ENVASES PET	9
FIGURA 2: ELEMENTOS DE UN ENVASE PET	10
FIGURA 3: LÍNEA DE LAVADO/ENJUAGADO DE ENVASES PET INDUSTRIAL.....	11
FIGURA 4: LÍNEA DE LLENADO DE ENVASES PET AUTOMATIZADO	11
FIGURA 5: MÁQUINA TAPADORA SEMIAUTOMÁTICA DE ENVASES	12
FIGURA 6: LÍNEA DE ETIQUETADO DE ENVASES CILÍNDRICOS AUTOMATIZADO .	13
FIGURA 7: MÁQUINA ETIQUETADORA MODULAR	14
FIGURA 8: PARTES DE UNA ETIQUETADORA MODULAR.	14
FIGURA 9: MÁQUINA ROTATIVA	15
FIGURA 10: PARTES DE UNA MÁQUINA ETIQUETADORA ROTATIVA	16
FIGURA 11: MÁQUINA ETIQUETADORA LINEAL.....	17
FIGURA 12: ETIQUETAS AUTOADHESIVAS	18
FIGURA 13: ETIQUETAS CILÍNDRICAS	18
FIGURA 14: ETIQUETAS DE MANGAS	19
FIGURA 15: ETIQUETAS TERMOENCOGIBLES.....	19
FIGURA 16: PROCESO A CONTROLAR	24
FIGURA 17: SISTEMA DE CONTROL EN LAZO ABIERTO	25
FIGURA 18: SISTEMA DE CONTROL EN LAZO CERRADO	26
FIGURA 19: CONTROL MEDIANTE PLC.....	28
FIGURA 20: PLC COMPACTO SCHNEIDER ELECTRIC.....	30
FIGURA 21: PLC MODULAR MODICON M340 SCHNEIDER ELECTRIC.....	31
FIGURA 22: ESTRUCTURA FUNCIONAL DE UN PLC.....	31
FIGURA 23: UNIDAD DE ENTRADAS DE UN PLC.....	32
FIGURA 24: UNIDAD DE SALIDAS DE UN PLC	33
FIGURA 25: MOTOR PASO A PASO UNIPOLAR	39
FIGURA 26: MOTOR PASO A PASO BIPOLAR	39
FIGURA 27: SECUENCIA NORMAL.....	40
FIGURA 28: SECUENCIA WAVE DRIVE.....	41
FIGURA 29: SECUENCIA DE MEDIO PASO	42
FIGURA 30: MOTOR ASÍNCRONO TRIFÁSICO	43
FIGURA 31: ESQUEMA DE ROTOR DE JAULA DE ARDILLA.....	44
FIGURA 32: ESQUEMA DE ROTOR DE JAULA DE ARDILLA.....	44
FIGURA 33: SISTEMA DE TRANSPORTE MODULAR	46
FIGURA 34: FAMILIA DE VARIADORES DE FRECUENCIA ALTIVAR - SCHNEIDER ..	47

FIGURA 35: ARQUITECTURA DE UN VARIADOR DE FRECUENCIA	48
FIGURA 36: ESQUEMA DE COMUNICACIÓN MODBUS ENTRE PLC Y VFD	50
FIGURA 37: MODELO DE PROCESO DE DISEÑO SEGÚN VDI 2221	52
FIGURA 38: DIFERENTES TIPOS DE MÁQUINAS DE ETIQUETADO MANUAL.	54
FIGURA 39: SISTEMA AUTOMATIZADO DE ETIQUETADO ORIENTADO A UNA MYPE	55
FIGURA 40: CONTROL DE CALIDAD DE ENVASES EN SISTEMA DE TRANSPORTE	56
FIGURA 41: ESQUEMA DE SISTEMA DE ETIQUETADO AUTOMATIZADO DE ENVASES PET.	59
FIGURA 42: FUNCIONES SECUENCIALES DEL PROCESO.....	61
FIGURA 43: FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.....	62
FIGURA 44: TRANSPORTE HORIZONTAL EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA	65
FIGURA 45: PROGRAMA DE CÁLCULO DE CADENAS – REXNORD.....	69
FIGURA 46: PLANITUD EN SISTEMAS DE TRANSPORTE POR TABLILLAS	70
FIGURA 47: CADENA PARA SISTEMA DE TRANSPORTE TABLETOP	72
FIGURA 48: CADENA PARA SISTEMA DE TRANSPORTE MATTOP.....	73
FIGURA 49: CADENA RECTA DE BISAGRA SIMPLE	78
FIGURA 50: RUEDA DENTADA (SPROCKET)	81
FIGURA 51: RUEDA DENTADA (SPROCKET) Y RUEDA GUÍA (IDLER WHEEL).....	81
FIGURA 52: CINTA DE DESGASTE (WEARSTRIP)	82
FIGURA 53: DISTRIBUCIÓN DE RODILLOS DE RETORNO.....	83
FIGURA 54: RODILLOS DE RETORNO.....	83
FIGURA 55: SELECCIÓN DE RODILLOS DE RETORNO.....	84
FIGURA 56: CONFIGURACIÓN DE MONTAJE DE RODILLOS DE RETORNO	84
FIGURA 57: MODELO 3D DE RETORNO DE CADENA (AUTODESK INVENTOR)	85
FIGURA 58: UBICACIÓN DE LA RUEDA DENTADA Y GUÍA DE DESGASTE	85
FIGURA 59: UBICACIÓN DE TAMBOR O POLEA LOCA (IDLER WHEEL)	87
FIGURA 60: ESQUEMA DE CHAVETA	87
FIGURA 61: DISTANCIA ENTRE GUÍAS DE DESGASTE PARA UN RECORRIDO RECTO	88
FIGURA 62: 3D DISTANCIA DE SEPARACIÓN ENTRE GUÍAS DE DESGASTE.	89
FIGURA 63: ANILLO DE FIJACIÓN.....	90
FIGURA 64: ESQUEMA DE MONTAJE DE SOPORTES LATERALES Y PORTA-GUÍAS	91
FIGURA 65: CONFIGURACIÓN DE MONTAJE DE BARANDILLAS Y PORTA-GUÍAS..	91
FIGURA 66: NIVELADOR DE PIE	92

FIGURA 67: CHUMACERA DE PARED DE 25MM.....	92
FIGURA 68: CADENA SERIE 820 – PARKER IPS	95
FIGURA 69: INICIO DE SOFTWARE MCC.....	97
FIGURA 70: SOFTWARE MCC – CÁLCULO DE CADENAS REXNORD	97
FIGURA 71: INGRESO DE DATOS EN SOFTWARE MCC – REXNORD.....	98
FIGURA 72: RESULTADOS DEL CÁLCULO DE CADENA MCC - REXNORD	98
FIGURA 73: SISTEMA DESBOBINADOR DE ETIQUETAS.....	101
FIGURA 74: EJE DESBOBINADOR	101
FIGURA 75: CÁLCULO DE INERCIA DE EJE DE DESBOBINADOR.....	103
FIGURA 76: DISCO SOPORTE DE ETIQUETAS	104
FIGURA 77: CÁLCULO DE INERCIA DE DISCO SOPORTE	105
FIGURA 78: BASE DE DESBOBINADOR.....	105
FIGURA 79: CÁLCULO DE INERCIA DE BASE DE DESBOBINADOR	106
FIGURA 80: ROLLO DE ETIQUETAS	106
FIGURA 81: CÁLCULO DE INERCIA DE ROLLO DE ETIQUETAS.....	107
FIGURA 82: SISTEMA REBOBINADOR DE ETIQUETAS.....	108
FIGURA 83: EJE BOBINADOR.....	108
FIGURA 84: CÁLCULO DE INERCIA DE EJE REBOBINADOR	109
FIGURA 85: PLATO BOBINADOR.....	109
FIGURA 86: CÁLCULO DE INERCIA DE PLATO REBOBINADOR	110
FIGURA 87: RODILLO BOBINADOR.....	110
FIGURA 88: CÁLCULO DE INERCIA DE RODILLO BOBINADOR.....	111
FIGURA 89: ROLLO DE DESPERDICIO	111
FIGURA 90: CÁLCULO DE INERCIA DE ROLLO DE DESPERDICIO	112
FIGURA 91: SISTEMA ENVOLVENTE	113
FIGURA 92: EJE MOTRIZ DE SISTEMA ENVOLVENTE	113
FIGURA 93: CÁLCULO DE INERCIA DE EJE MOTRIZ.....	114
FIGURA 94: RODILLO MOTRIZ DE SISTEMA ENVOLVENTE	114
FIGURA 95: CÁLCULO DE INERCIA DE RODILLO MOTRIZ.....	115
FIGURA 96: RODILLO LIBRE DE SISTEMA ENVOLVENTE.....	115
FIGURA 97: CÁLCULO DE INERCIA DE RODILLO MOTRIZ.....	116
FIGURA 98: PLACA ENVOLVENTE	122
FIGURA 99: PLACA DE MOTOR TRIFÁSICO DE SISTEMA DE TRANSPORTE.....	128
FIGURA 100: VARIADOR DE FRECUENCIA ATV 12 SCHNEIDER ELECTRIC.	132
FIGURA 101: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ATV12H075M2.....	133
FIGURA 102: DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL VARIADOR SCHNEIDER ATV12H075M2.....	134

FIGURA 103: SELECCIÓN DE PLC MODICON M221 SALIDA A TRANSISTOR.....	136
FIGURA 104: PLC MODICON M221CE24T SCHNEIDER ELECTRIC.	136
FIGURA 105: PARTES DEL PLC MODICON M221CE24T	137
FIGURA 106: DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL PLC MODICON M221CE24T	138
FIGURA 107: CONEXIÓN ELÉCTRICA DEL MOTOR NEMA 34 - BIPOLAR SERIE....	140
FIGURA 108: DIAGRAMA DE OPERACIÓN DE UN MOTOR PAP, DRIVER Y PLC....	140
FIGURA 109: DRIVER LEADSHINE DMA860H Y MOTOR PAP NEMA34	141
FIGURA 110: SENSOR DE PROXIMIDAD CAPACITIVO TIPO NPN.	142
FIGURA 111: SENSOR DE ETIQUETAS LBX-50 – EMX	143
FIGURA 112: CONECTOR M8 DE SENSOR DE ETIQUETAS LBX-50 EMX	145
FIGURA 113: CONFIGURACIÓN DE CONECTOR M8.	146
FIGURA 114: SISTEMA ENVOLVENTE DE ENVASES PET.....	147
FIGURA 115: MOTOR, REDUCTOR Y CONTROLADOR DE VELOCIDAD GGM.....	148
FIGURA 116: CONTROLADOR DE VELOCIDAD GPA-C 220V. GGM.....	149
FIGURA 117: DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CONTROLADOR DE VELOCIDAD.	150
FIGURA 118: ESQUEMA GENERAL DE CONTROL.....	151
FIGURA 119: ESQUEMA DE ACCIONAMIENTO DE MOTOR PASO A PASO.	152
FIGURA 120: DRIVER LEADSHINE DMA860H.....	153
FIGURA 121: CONEXIONES DE SEÑALES DE CONTROL DEL DRIVER DMA860H. 154	
FIGURA 122: CONEXIONES DE SEÑALES DE CONTROL DEL DRIVER DMA860H. 154	
FIGURA 123: CONEXIÓN DE DRIVER DMA860H CON EL PLC M221	155
FIGURA 124: CONEXIÓN DE MOTOR DE 8 CABLES EN MODO SERIE.	156
FIGURA 125: DIAGRAMA DE TIEMPOS DE OPERACIÓN DE DRIVER DMA860H. ...	157
FIGURA 126: PRUEBA DE CONEXIÓN ENTRE DRIVER Y MOTOR PAP CON ARDUINO UNO.....	158
FIGURA 127: ESQUEMA ELÉCTRICO DE CONTROL DE MOTOR PASO A PASO NEMA 34.....	159
FIGURA 128: FUNCIONES AVANZADAS DEL PLC M221 SCHNEIDER ELECTRIC... 159	
FIGURA 129: CARACTERÍSTICAS DE LA FUNCIÓN PTO EN EL PLC M221.	160
FIGURA 130: SALIDA DE FUNCIÓN PTO MEDIANTE PULSO/DIRECCIÓN.....	160
FIGURA 131: ESQUEMA DE ACCIONAMIENTO DE MOTORREDUCTOR TRIFÁSICO	168
FIGURA 132: ESQUEMA ELÉCTRICO DE CONEXIÓN DE VFD ATV12 Y MOTORREDUCTOR.....	171
FIGURA 133: PRUEBA DE CONEXIÓN ENTRE ATV 12 Y MOTORREDUCTOR TRIFÁSICO.....	172
FIGURA 134: COMUNICACIÓN MODBUS ENTRE VFD ATV12 Y PLC M221	172

FIGURA 135: CAPA FÍSICA ENTRE ATV12 Y PLC M221.....	173
FIGURA 136: TABLA DE ESTADOS DE VARIADOR ATV12 SCHNEIDER ELECTRIC	176
FIGURA 137: ESQUEMA DE ACCIONAMIENTO DE MOTORREDUCTOR MONOFÁSICO.....	180
FIGURA 138: RELÉ INTERFASE SCHNEIDER RSL.....	181
FIGURA 139: SOCKET RSLZVA1 PARA RELÉ INTERFASE SCHENIDER ELECTRIC.	182
FIGURA 140: BORNES DE CONEXIÓN DE RELÉ INTERFASE SCHNEIDER RSL	182
FIGURA 141: CARACTERÍSTICAS DE CONTACTOR AC-3 NC1-09.....	183
FIGURA 142: ESQUEMA ELÉCTRICO DE CONEXIÓN MOTORREDUCTOR GGM. ..	184
FIGURA 143: DIAGRAMA DE FLUJO INTEGRAL DEL PROCESO DE ETIQUETADO	185
FIGURA 144: ESQUEMA UNIFILAR DEL PROYECTO	186
FIGURA 145: LEYENDA DE ESQUEMA UNIFILAR DEL PROYECTO.....	187
FIGURA 146: TABLERO ELÉCTRICO DEL PROYECTO	187
FIGURA 147: ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS.....	204
FIGURA 148: COMPARATIVO DE PRODUCCIÓN	205
FIGURA 149: PRODUCCIÓN ESTIMADA POR HORA DE ENVASES ETIQUETADOS	206



ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: CARACTERÍSTICAS DE UN ENVASE PET DE 500ML	10
TABLA 2: LISTA DE EXIGENCIAS.....	57
TABLA 3: MATRIZ MORFOLÓGICA	63
TABLA 4: PUNTAJES DE CALIFICACIÓN DE CRITERIOS DE EVALUACIÓN	64
TABLA 5: EVALUACIÓN DE CONCEPTO DE SOLUCIÓN	64
TABLA 6: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE ENVASES PET A UTILIZAR.....	68
TABLA 7: FABRICANTES DE CADENAS PARA TRANSPORTE EN LA INDUSTRIA ..	71
TABLA 8: SERIES DE CADENA TIPO CHARNELA DE PLÁSTICO.....	74
TABLA 9: APLICACIÓN SEGÚN MATERIAL PARA CADENA TIPO CHARNELA.....	75
TABLA 10: CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL RESPECTO AL TIPO DE CADENA ..	76
TABLA 11: GUÍA D RESISTENCIA A LA CORROSIÓN.....	77
TABLA 12: SELECCIÓN FINAL DE CADENA SEGÚN TIPO DE BISAGRA.....	79
TABLA 13: TABLA DE SELECCIÓN DE RUEDAS DENTADAS (SPROCKET)	80
TABLA 14: DISTANCIAS DE MONTAJE ENTRE RUEDA DENTADA Y CADENA	86
TABLA 15: DIMENSIONES DE CHAVETA SEGÚN DIÁMETRO DE EJE	88
TABLA 16: DISTANCIA DE SEPARACIÓN ENTRE GUÍAS DE DESGASTE	89
TABLA 17: TABLA DE DATOS TÉCNICOS CABLE GPT-3 INDECO.....	131
TABLA 18: SELECCIÓN DE VARIADOR ATV12 SCHNEIDER ELECTRIC	132
TABLA 19: TIPOS DE CONEXIONES EN MOTOR PASO A PASO NEMA 34	139
TABLA 20: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL MOTOR K8IG25NC-SP GGM.....	148
TABLA 21: SELECCIÓN DE CONTROLADOR DE VELOCIDAD GGM.	149
TABLA 22: ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS DEL DRIVER DMA860H.....	153
TABLA 23: AJUSTE DE CORRIENTE DE DRIVER DMA860H LEADSHINE.	156
TABLA 24: SELECCIÓN DE RESOLUCIÓN DEL DRIVER DMA860H LEADSHINE....	157
TABLA 25: SELECCIÓN DE GUARDAMOTOR PARA ARRANQUE DIRECTO	170
TABLA 26: SELECCIÓN DE GUARDAMOTOR EATON PKZN0-2.5.....	171
TABLA 27: ANÁLISIS DE PROCESO DE ETIQUETADO MANUAL.	197
TABLA 28: DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO MANUAL	197
TABLA 29: PRUEBAS DE PRODUCCIÓN DE ETIQUETADO AUTOMATIZADO	198
TABLA 30: ENVASES ETIQUETADOS POR TIEMPO DE OPERACIÓN	205

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad diseñar, construir y automatizar uno de los procesos más importantes de la industria de envasado, como es el proceso de etiquetado de envases PET, lo cual permitirá mejorar la productividad de una empresa en crecimiento, de tal manera que los costos de inversión no afecten al normal desarrollo de la misma. Asimismo, con el desarrollo del proyecto se busca brindar nuevas alternativas de solución de procesos de automatización industrial utilizando nuevos equipos y plataformas presentes hoy en el mercado nacional.

El funcionamiento del proceso inicia con el transporte de envases PET, los cuales se moverán en masa continuamente a través de un sistema por tablillas. Para el funcionamiento del sistema de transporte se considera necesario el uso de un motorreductor y un variador de frecuencia el cual pueda tener enlace con un PLC (Controlador Lógico Programable) a través de protocolos de comunicación, a fin de poder controlar la velocidad de la producción a través de un HMI, PC o cualquier dispositivo Android (ya sea Tablets y/o smartphones) mediante diversas aplicaciones móviles disponibles en la actualidad.

Para el proceso de etiquetado, se considera el uso de un motor paso a paso, el cual será comandado por el PLC mediante funciones avanzadas (tren de pulsos) y a través de un driver de control. El motor irá montado sobre un cabezal de etiquetado nivelado, el cual estará compuesto de un sistema de bobinado y un sistema desbobinador el cual permitirá que las etiquetas autoadhesivas pasen a través de una serie de rodillos ordenadamente hasta que una placa realice la separación de las mismas del papel base para que las etiquetas sean colocadas en los envases.

Finalmente, es necesario que las etiquetas se adhieran en su totalidad al envase, por lo que se considera el diseño, montaje y puesta en marcha de un sistema envolvente, el cual es una faja vertical que gira continuamente a velocidad constante durante el desarrollo del proceso.

Para obtener las señales de entrada al proceso, se requiere el uso de un sensor de proximidad para la detección de los envases que circulan en el proceso, cuya salida deberá ser compatible con las entradas del PLC (tipo PNP). Por otro lado, para el control de alimentación de etiquetas se considera necesario el uso de un sensor fotoeléctrico, el cual brindará la señal al proceso cada vez que una etiqueta realice el recorrido requerido.

Entonces, tomando esta estrategia, se diseña, fabrica y desarrolla un sistema automatizado de etiquetado de envases PET orientado a una nueva empresa, mediante el uso y programación de un controlador lógico programable y la comunicación de éste, mediante protocolos, con los componentes necesarios para tal fin.

Por tal, se automatiza esta parte del proceso desde el inicio, en el cual se tiene como punto de referencia de partida, los tiempos de etiquetado manual, los cuales se optimizan de gran manera a través del sistema de control desarrollado, el cual trabaja en conjunto con los equipos y componentes mencionados, involucrando un desarrollo del proyecto desde diversas ramas de la ingeniería como la ingeniería mecánica, eléctrica, electrónica e informática, lo que en conjunto hoy en día conocemos como la ingeniería mecatrónica.

PALABRAS CLAVES: Máquina etiquetadora, motor paso a paso, transporte de envases PET, Modbus, PLC Modicon, Motor trifásico asíncrono, HMI, Etiquetas autoadhesivas.

ABSTRACT

The purpose of this research is to design, build and automate one of the most important processes in the packaging industry, such as the packaging labeling process, which will improve the productivity of the company, in such a way that the investment costs do not affect the normal development of the same. Also, with the development of the project seeks to provide new alternatives for industrial automation process solution using new equipment and platforms present in the national market today.

The operation of the process begins with the transport of PET containers, which will move in mass continuously through a system by slats. For the operation of the transport system, it is considered necessary to use a gearmotor and a variable frequency drive which can be linked to a PLC (Programmable Logic Controller) through communication protocols, in order to be able to control the speed of production through an HMI, PC or any Android device (Tablets and / or smartphones) through various mobile applications available today.

For the labeling process, the use of a stepper motor is considered, which will be controlled by the PLC through advanced functions (pulse train) and through a control driver. The motor will be mounted on a labeling head, which will be composed of a winding system and a rewinding system which will allow the self-adhesive labels to pass through rollers until a plate separates them from the base paper for Labels are placed on the containers.

Finally, it is necessary that the labels adhere completely to the packaging, so it needs the design, assembly and commissioning of a wraparound system, which is a vertical belt that rotates continuously at constant speed during the development of the process.

In order to obtain the input signals to the process, the use of a proximity sensor is required for the detection of the containers circulating in the process, its output must be compatible with the PLC (PNP type) inputs. On the other hand, for the control of label feeding it is considered necessary to use a photoelectric sensor, which will provide the signal to the process whenever a label makes the required route.

Then, by taking this strategy, we design, manufacture and develop an automated labeling system for PET packaging aimed at a new company, through the use and programming of a programmable logic controller and the communication of the PLC, through protocols, with the components.

For this, it is automated this part of the process from the beginning, which has as a starting point, manual labeling times, which are optimized greatly through the developed control system, which works with The equipment and components mentioned, involving a development of the project from various branches of engineering such as mechanical, electrical, electronics and computer engineering, which together today we know as mechatronics engineering.

KEYWORDS: Labeling machine, stepper motor, transport of PET containers, Modbus, Modicon PLC, Asynchronous three-phase motor, HMI, Self-adhesive labels.



CAPÍTULO 1

MARCO METODOLÓGICO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, una de las principales actividades económicas en el Perú es la industria de productos alimenticios, en la cual destaca la industria de bebidas, cuyo crecimiento ha sido sostenido en las últimas décadas.

Este crecimiento ha sido liderado por las bebidas gasificadas/carbonatadas desde un principio; pero en los últimos años éstas han ido perdiendo terreno en cuanto a las preferencias del consumidor se refiere. Si bien es cierto, dicho sector se ha mantenido con relativa estabilidad en los últimos años, éste se ha situado en un crecimiento del 3% anual, el cual es bajo comparado al crecimiento de consumo de otras alternativas como el agua, jugos y néctares, los cuales han tenido un incremento exponencial en cuanto a ventas, estableciendo un crecimiento en más del 10% anual en este sector producto de las nuevas tendencias de consumo en el mundo. Por tal, a consecuencia de éstos cambios en el mercado surgen nuevas empresas las cuales buscan ganar un espacio dentro de las preferencias del consumidor en este sector.

YOGUIS SRL, es una empresa peruana dedicada hace 10 años a la elaboración y venta de productos en la industria alimenticia en el sur del Perú. Hace 1 año, agregó a su línea de productos la venta de bebidas de origen natural en envases PET.

Al ser un producto nuevo en el mercado, la empresa planteó iniciar la producción de forma manual en todos sus procesos debido a que el primer objetivo fue captar de mercados y público consumidor. Ahora, a causa del crecimiento en cuanto a ventas por la gran aceptación de sus productos por parte del mercado local en su primer año (25,000 unidades por mes aproximadamente en la actualidad), surge la necesidad de realizar mejoras en el desarrollo del proceso productivo, insertando tecnologías que estén acorde a las necesidades y posibilidades de inversión de una empresa en crecimiento, cuya actividad se concentra en la

producción de diferentes bebidas naturales a base de frutos como materia prima industrial.

A pesar que la tecnología productiva con la que cuenta la empresa es escasa por tener un sistema desarrollado en base a conocimientos tradicionales, en la actualidad el uso de avances tecnológicos en el campo de automatización ya no son exclusividad de las grandes empresas, sino que medianas y pequeñas compañías también pueden aprovechar dichos avances de acuerdo a sus necesidades y posibilidades de inversión.

Como parte fundamental del proceso, las bebidas inicialmente son embotelladas para luego ser etiquetadas de forma manual. Al ser un trabajo manual, muchas veces la presentación de las etiquetas no es la adecuada por los problemas de alineación y uniformidad originados, lo que trae como consecuencia un proceso lento y de baja calidad, lo cual, a su vez, incrementa los costos de operación significativamente.

Por todo esto, en pro de la mejora continua de la empresa, se requiere establecer el diseño, construcción y automatización del proceso de etiquetado, el cual trabajará de manera independiente a las otras áreas de envasado en un principio, pero con la visión de lograr una plena automatización del proceso productivo en un futuro.

1.2 IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El proceso de envasado se inicia con la etapa de llenado, la cual actualmente se realiza mediante dispensadores, los cuales cuentan con refrigeración automática para mantener una temperatura constante del producto. Posteriormente se realiza el taponado del producto para culminar con el área de etiquetado.

Al realizarse el etiquetado del proceso en forma manual, se tiene un incremento de costos respecto al personal (horas/hombre) y asimismo, se dificulta la manera de establecer un estándar de calidad en la imagen del producto al no realizarse la labor en forma automatizada y precisa.

Por otro lado, muchas veces los tiempos requeridos de producción no son los adecuados debido a la creciente demanda, afectando el stock requerido. Asimismo, surge la necesidad de tener un control del stock diario por unidades producidas que facilite la elaboración de informes de producción/ventas mensuales, cuya labor hasta la fecha no se realiza de manera precisa.

Entonces, se requiere un sistema de transporte para los envases PET, el cual deberá trabajar por acción de un motor reductor, que a su vez debe estar controlado por un variador de frecuencia, el cual será el enlace para el control de la velocidad deseada a través de un PLC. Por otro lado, un cabezal de etiquetado deberá funcionar de acuerdo a la secuencia de comandos programada desde el PLC junto al sistema de control implementado, tomando en cuenta las velocidades de transporte antes definidos.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Si bien es cierto, existen empresas en el Perú que ofrecen diversas soluciones a los procesos de producción de una planta de envasado, éstas por lo general son muy costosas para una MYPE ya que plantean soluciones con equipos y software cuya robustez sobrepasa de manera excesiva los requerimientos necesarios para mejorar y automatizar un proceso de una empresa en crecimiento.

Ante ello, el presente proyecto se justifica desde el punto de vista de la productividad, costos, imagen y eficiencia para la empresa, obteniendo un diseño a medida el cual se adaptará a las necesidades básicas requeridas.

Al automatizar el proceso reducimos los costos de operación como son los costos en personal (horas/hombre) y material. Asimismo, se tendrá un mejor control de calidad del producto respecto a la imagen del mismo. Por otro lado, se podrá establecer un control de stock asegurando que la empresa pueda atender a las necesidades del mercado con la debida anticipación.

Asimismo, al realizar esta labor con precisión gracias a la automatización de procesos se fortalecerá la imagen del producto en el mercado con lo que se obtendrá una mayor diversificación en cuanto a mercados objetivos.

Esto permitirá elaborar, a corto y mediano plazo, proyectos para la mejora de las otras etapas de producción.

Finalmente es importante destacar que permitirá mejorar las condiciones de ergonomía del personal encargado, cuyo punto es uno de los más tratados hoy en día en lo que respecta a las actividades laborales en la industria y en general.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar, construir y automatizar un sistema de etiquetado de envases PET para proceso de producción de bebidas a medida de las necesidades de la empresa YOGUIS SRL.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el diseño mecánico y de control del sistema en base a planos y cálculos requeridos.
- Implementar el sistema de control del proceso para realizar la automatización y programación del mismo utilizando plataformas adecuadas para la empresa, reduciendo los costos y fomentando de esta manera el desarrollo de soluciones de automatización a menor costo obteniendo mejores oportunidades de desarrollo tecnológico en la industria local.
- Realizar la puesta en marcha del sistema de etiquetado de envases PET.

1.5 ANTECEDENTES

Actualmente se cuenta con proyectos relacionados a la industria de bebidas, los cuales han sido plasmados tanto en tesis de grado como en artículos de revistas de ciencias tal cual se describe a continuación:

- a) *“Diseño de una máquina etiquetadora para botellas de agua mineral natural”*. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, vol. 23, núm. 4, octubre-diciembre, 2014, pp. 76-81. Realizado en la Universidad Autónoma Chapingo, Instituto de Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua, Chapingo, Texcoco, México, por: M.Sc. María Victoria Gómez Águila, Ing. José Orlando Jiménez, Ing. Ángel Ignacio Nava.

Es un artículo publicado el año 2014 el cual abarca la metodología para calcular los esfuerzos y desplazamientos que se generan en los ejes de carga y tensores de un cabezal de etiquetado siguiendo los principios de la ingeniería mecánica (comprobados por la simulación de elementos finitos).

- b) *“Automatización de Etiquetadora de Botellas Kronos bajo PLC SIEMENS”*. Universidad Simón Bolívar. Decanato de Estudios Profesionales, Coordinación de Ingeniería Electrónica. Proyecto de grado presentado por Domingo Alberto Díaz Esteva. Sartenejas, Febrero de 2006. Venezuela.

Proyecto de grado el cual realizó la automatización y restitución de las funcionalidades originales de una etiquetadora de marca Kronos (modelo StarMatic) utilizando un PLC Siemens S7-300.

- c) *“Diseño e implantación de un sistema SCADA para una planta de producción y envasado de líquidos”*. Proyecto de Ingeniería Informática realizado por Manel Redondo Sol, dirigido por Romualdo Moreno Ortiz Bellaterra, 16 de junio de 2008. Universidad autónoma de Barcelona. España.

Proyecto que lleva a cabo la implementación de un sistema SCADA en una planta piloto de fabricación y envasado de líquidos, en el cual se aprecia la información con respecto al nivel de campo, control y supervisión del proceso de una planta ya equipada.

1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES

Debido al número de etapas de una línea de envasado en la producción de bebidas, se plantea que el desarrollo del proyecto se enfoque en el proceso de etiquetado del producto.

Según los requerimientos de la empresa, el diseño del sistema de etiquetado será aplicado a envases cilíndricos mediante etiquetado envolvente autoadhesivo (wrap-around).

El proceso de llenado y taponado de la línea no será tomado en cuenta en este proyecto. La empresa plantea mejorar estos procesos a corto y mediano plazo una vez alcanzados los niveles de producción y ventas proyectados.



CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

El presente capítulo contiene las definiciones y conceptos desarrollados a lo largo de la investigación, desarrollando específicamente tres grandes temas:

- **Proceso de producción de bebidas naturales:** Proceso de producción del concentrado y posterior envasado del producto final.
- **Etiquetado de envases en la industria:** Maquinaria industrial presente en la industria y tipos de etiquetas disponibles en el mercado.
- **Automatización de procesos industriales:** Criterios de selección de un PLC, definiciones y usos de elementos que integran los sistemas de control de forma mecánica, eléctrica y electrónica como son los sensores, motores eléctricos, variadores de velocidad y sistemas de transporte especializados para la industria alimenticia.

2.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BEBIDAS NATURALES

A continuación, se muestra el escenario básico sobre las diversas formas de producción de bebidas o néctares de origen natural.

2.1.1 ELABORACIÓN DEL CONCENTRADO

La elaboración del concentrado es la primera etapa de la producción de bebidas naturales. Hoy en día, la elaboración del concentrado puede realizarse en las mismas instalaciones de la planta o puede ser adquirido por empresas especialistas en la producción de concentrado de determinados frutos; por tal, una planta de fabricación de concentrado puede vender su producto a varias empresas embotelladoras.

Las operaciones llevadas a cabo en una planta de concentrado se dividen en cinco procesos básicos:

- **Tratamiento del agua:** Cada planta de concentrado trata el agua hasta conseguir la calidad adecuada para el consumo humano.
- **Recepción de materias primas:** Una vez recibidos los ingredientes, se realiza una toma de muestras para hacer un análisis como control de calidad.
- **Fabricación de concentrado:** Los ingredientes sólidos y/o líquidos junto con el agua tratada son bombeados a tanques de acero inoxidable para su mezcla y homogeneización
- **Llenado de concentrado y de los aditivos:** Mediante tuberías, el producto es conducido hacia máquinas de llenado, sellado y etiquetado.
- **Transporte de productos terminados:** Una vez los productos finales se encuentran en almacén, éstos son enviados a distintas empresas embotelladoras

2.1.2 ENVASADO DEL PRODUCTO

El proceso de envasado de productos alimenticios como néctares o jugos cumplen las siguientes etapas:

2.1.2.1 FILTRACIÓN DEL AGUA.

- **Proceso de pre filtración:** Se remueven los sólidos suspendidos en el agua.
- **Proceso de acabado:** Llevado a cabo por ósmosis inversa o por intercambio iónico seguido de adsorción sobre carbón activado. El proceso más empleado en la actualidad es el de ósmosis inversa, el cual remueve las sales que se encuentran en el agua a través de membranas semi-permeables.
- **Desinfección final:** Llevado a cabo para garantizar la calidad del agua. Usualmente se utiliza una unidad de desbacterización por rayos ultravioleta (UV) o un tratamiento con ozono.

2.1.2.2. ENVASADO

a) Fabricación de envase de PET.

Las botellas utilizadas comúnmente hoy en día para el envasado de productos alimenticios como néctares, jugos, agua mineral y bebidas carbonatadas son los envases PET (Tereftalato de polietileno), los cuales han ido reemplazando a la mayoría de materiales del sector de envasado de productos de consumo masivo.

Para la fabricación de envases PET se realizan básicamente dos procesos: la inyección y soplado de preformas.

En el proceso de inyección, se moldean las preformas a partir de la materia prima granulada y en el proceso de soplado, estas preformas son moldeadas una vez más por medio de un proceso de soplado para conseguir la forma final, como se muestra en la siguiente figura:



FIGURA 1: Proceso de fabricación de envases PET

Fuente: www.cypet.eu/es/tecnologia/procesamiento-de-pet/

Los elementos que componen un envase PET en la industria son:

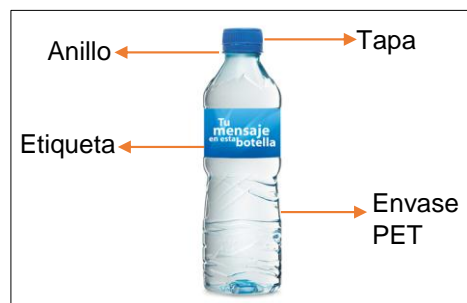


FIGURA 2: Elementos de un envase PET

Fuente: Elaboración propia

Una de las tendencias hoy en día acerca de las botellas PET es la reducción del peso, lo que conlleva a un ahorro de material y un manejo más sencillo al momento de proceder a desecharlo.

TABLA 1: Características de un envase PET de 500ml

Masa [g]	14 - 22
Altura de la botella [mm]	210 - 260
Diámetro máximo [mm]	70
Diámetro de pico de botella [mm]	28

Fuente: Tesis “Diseño de una máquina compactadora de botellas de plástico”. Autor: Samuel medina Barrenechea. PUCP. Perú. 2012.

b) Lavado de envases

En esta parte del proceso, el envase se posiciona en las válvulas de lavado, para ser rociado, con el fin de eliminar residuos sólidos como el polvo y posibles contaminantes biológicos. Una vez concluido el proceso, se llevan los envases al área de llenado.



FIGURA 3: Línea de lavado/enjuagado de envases PET industrial

Fuente: www.logismarket.com.mx

c) Llenado del producto

Para el proceso de llenado, los envases son posicionados respecto a la/s válvula/s de llenado para proceder a realizarlo hasta un límite pre-definido.

Luego de este proceso, se transportan los envases al área de tapado.



FIGURA 4: Línea de llenado de envases PET automatizado

Fuente: www.maquinariaworkers.com/

d) Tapado

Para el proceso de tapado, se posiciona la tapa sobre la boquilla del envase y se acciona el mecanismo giratorio. Cabe resaltar que en la industria hay distintos métodos para tal fin (manual, semi-automático, automático).

Luego de este proceso, se transportan los envases al área de etiquetado.



FIGURA 5: Máquina tapadora semiautomática de envases

Fuente: www.novamart.com/

e) Etiquetado

El proceso de etiquetado puede ser llevado a cabo de diferentes formas, de acuerdo a la capacidad de producción, al tipo de envase y al tipo de etiqueta a emplear.

El caso más común en pequeñas y medianas empresas es el etiquetado autoadhesivo (ya sea para envases cilíndricos o planos), en el cual generalmente los envases pasan por un sistema de transporte, el cual trabaja coordinadamente con un cabezal alimentador de etiquetas el cual posiciona la misma en el envase transportado para que finalmente éste sea girado (de diversas formas) asegurando un movimiento circular mínimo de 360° grados posicionando la etiqueta correctamente.



FIGURA 6: Línea de etiquetado de envases cilíndricos automatizado

Fuente: www.jesusespier.com/producto/etiquetadora-essentielle/

f) Empaque y Almacenaje

Finalmente, los productos son llevados al área de empaque o almacenaje según sea el caso.

2.2 ETIQUETADO DE ENVASES EN LA INDUSTRIA

2.2.1 MÁQUINAS ETIQUETADORAS

Tenemos diferentes tipos de máquinas etiquetadoras en la industria, las cuales varían de acuerdo al tipo de aplicación al producto, del material de las etiquetas y la velocidad de trabajo.

Dentro de los tipos de máquinas de etiquetado existentes tenemos:

2.2.1.1 MÁQUINA ETIQUETADORA MODULAR

Las máquinas etiquetadoras modulares vienen equipadas con varios conjuntos de etiquetado, los cuales pueden ser del mismo tipo o diferentes, entre los cuales tenemos: Etiquetado con adhesivo en frío, caliente y etiquetado autoadhesivo.



FIGURA 7: Máquina etiquetadora modular

Fuente: www.krones.com/es/products/llenado/etiquetadoras-modulares.php

Los diferentes conjuntos vienen anclados en el bastidor base de la máquina siendo intercambiados a medida de las necesidades del proceso, pudiendo trabajar también en paralelo en una sola mesa porta-envases como se muestra a continuación:

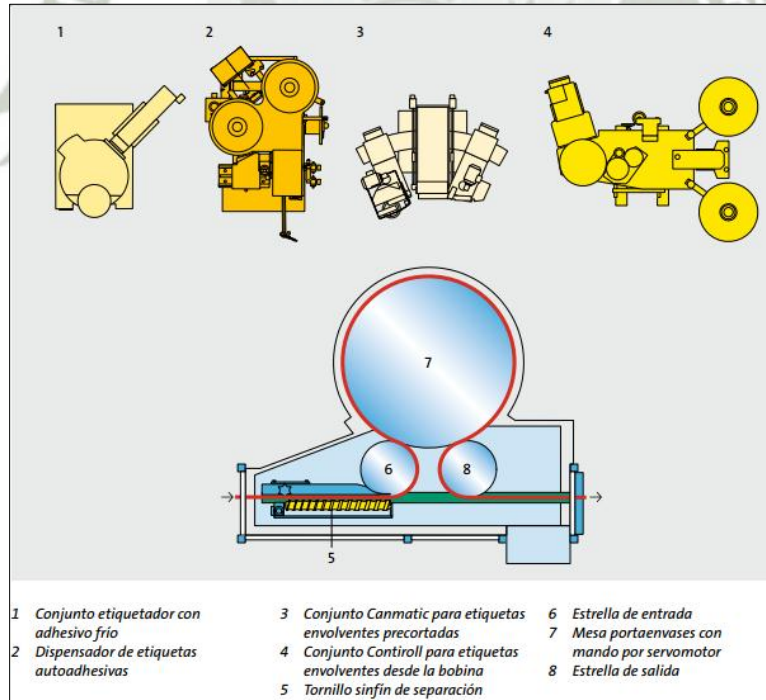


FIGURA 8: Partes de una etiquetadora modular.

Fuente: www.krones.com/es/products/llenado/etiquetadoras-modulares.php

Este tipo de máquina es utilizado por las grandes industrias de envasado por su versatilidad y eficiencia (velocidad de etiquetado), debido a ello justifica su alto costo de adquisición.

2.2.1.2 MÁQUINA ETIQUETADORA ROTATIVA

Las máquinas de etiquetado rotativas trabajan mediante adhesivo en frío, siendo versátiles en cuanto a la aplicación del producto, permitiendo la colocación de etiquetas, contra etiquetas, collarines parciales y envolvertes.



FIGURA 9: Máquina Rotativa

Fuente: www.logismarket.com.mx/

El principio de funcionamiento de este tipo de máquina es el siguiente: “La estrella de entrada entrega los envases a la mesa porta-envases que gira. Es aquí donde se fijan y centran entre los porta-envases. En cada conjunto de etiquetado las paletas encoladoras recubiertas de goma reciben una finísima capa de adhesivo a través del rodillo encolador de acero templado, toman las etiquetas del almacén y aplicándoles una capa de adhesivo las traspasan al cilindro de transferencia, que las posiciona con precisión en los envases que pasan en la mesa porta-envases en donde las etiquetas son fijadas y alisadas mediante cepillos y rodillos con esponjas”¹.

¹ Etiquetadoras de adhesivo frío de la marca “KRONES”. Disponible en: https://www.krones.com/downloads/kaltleim_etikettiermaschinen_es.pdf

Los envases etiquetados son tomados por la estrella de salida y entregados al transportador.

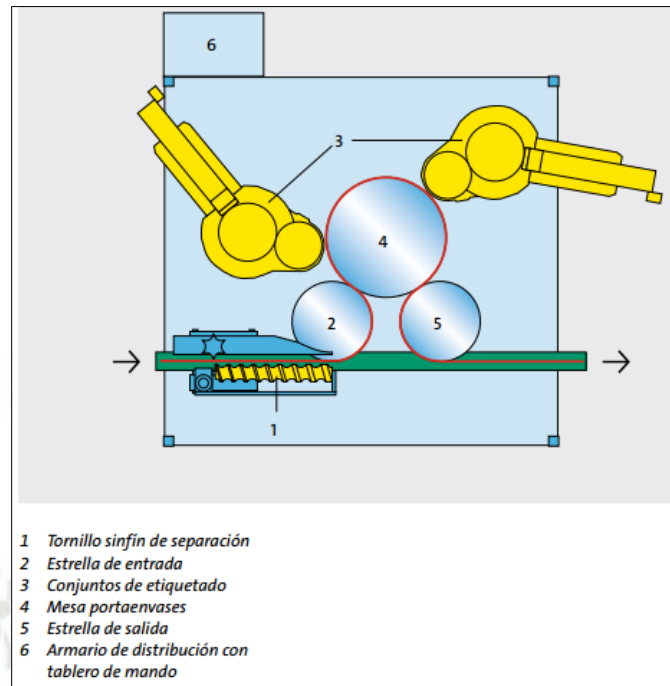


FIGURA 10: Partes de una máquina etiquetadora rotativa

Fuente: www.krones.com/es/products/llenado/etiquetadoras-de-adhesivo-frio.php

2.2.1.3 MÁQUINA ETIQUETADORA LINEAL

Las máquinas etiquetadoras lineales constan de un transportador cuya estructura puede estar hecha de aluminio o acero, según el fabricante. Asimismo, puede tener como base para el transporte, una cadena transportadora de platillos o tablillas de materiales como el Acetal o Acero inoxidable, según el tipo de envase a transportar (peso, temperatura, etc.).

Opcionalmente se puede considerar un sistema para regular la cadencia de los envases, en base a cilindros neumáticos o por sin fin regulado mediante VFD (Variador de frecuencia).



FIGURA 11: Máquina etiquetadora lineal

Fuente: www.altech-la.com/esp/linear-labelling-machines.html

Generalmente este sistema consta de un cabezal de etiquetado, el cual es el encargado de realizar la tarea de alimentar el sistema de etiquetas según sea requerido por el proceso. Asimismo, el cabezal es el encargado de mantener la tensión de las etiquetas, las cuales vienen en rollos pre-cortadas, y de establecer la velocidad de salida de las mismas mediante el sistema de control diseñado.

2.2.2 ETIQUETAS

Las etiquetas son una parte fundamental del producto final, ya que representan la imagen del mismo y brinda al consumidor toda la información concerniente a su procedencia y fabricación. Asimismo, las etiquetas permiten a las empresas embotelladoras utilizar los mismos envases para diferentes productos si así lo requieren.

2.2.2.1 TIPOS DE ETIQUETAS

Tenemos diversos tipos de etiquetas según el tipo el producto a envasar y también, según el diseño a emplear por las diversas formas y materiales de los envases, los cuales hacen más atractivo el producto y facilitan su comercialización.

a) Etiquetas Autoadhesivas

Etiquetas capaces de adherirse a cualquier superficie del envase; generalmente son de papel o de polipropileno blanco o transparente, con impresiones multicolores y terminación de barniz UV.

Este tipo de etiquetas comúnmente se encuentra en presentaciones de rollos en cantidades que van de acuerdo a las dimensiones del producto.



FIGURA 12: Etiquetas Autoadhesivas

Fuente: www.codepack.cl/etiquetado/etiquetas-adhesivas

b) Etiquetas Cilíndricas

Este tipo de etiquetas cubren toda la circunferencia del envase, logrando fijarse mediante un adhesivo aplicado en los bordes, lo cual permite el sellado de la misma. Generalmente son usadas en latas (conservas) y botellas.



FIGURA 13: Etiquetas cilíndricas

Fuente: www.behance.net/gallery/22832049/Label-Atun-Alamar

c) Etiquetas de Mangas

Este tipo de etiquetas viene a ser una funda de polietileno, la cual se adapta a la superficie de contorno de cualquier envase sin la necesidad de usar adhesivos, facilitando así el reciclamiento posterior a su uso.

Se aplica de forma estirada sobre el envase, una vez situada se suelta y se ajusta al contorno del mismo. Generalmente se suministran en rollos precortados individualmente.



FIGURA 14: Etiquetas de Mangas

Fuente: www.flexopack.com.ve

d) Etiquetas Termoencogibles

Las etiquetas termoencogibles son capaces de adaptarse a las curvas de cada envase, cubriendo el mismo en 360°, lo cual representa un alto impacto visual al producto.



FIGURA 15: Etiquetas Termoencogibles

Fuente: www.bolsasplasticas.com.co/etiquetas-termoencogibles/

2.3 AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

2.3.1 DEFINICIÓN

“En su uso moderno, la automatización puede definirse como una tecnología que usa comandos programados para operar determinado proceso, combinando la retroalimentación de información a fin de determinar que los comandos han sido correctamente ejecutados.”².

Por otro lado, la automatización industrial es una disciplina que abarca el conocimiento y experiencia de diferentes ramas de la ingeniería, como son: Ing. Electrónica, Eléctrica, Mecánica, así como los campos de comunicaciones, computación, etc.

Para controlar los procesos y maquinaria industrial, esta disciplina emplea sistemas de control en base a computadoras, PLC (Controladores lógico programables), PAC (Controladores de automatización programables), etc., los cuales reemplazan a los operadores humanos.

2.3.2 OBJETIVOS DE LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Los principales objetivos de la automatización industrial son:

- Operar el proceso en forma segura y estable, mejorando las condiciones de trabajo del operador, evitando trabajos repetitivos y de constante esfuerzo.
- Diseñar sistemas de control capaces de ser supervisados por operadores todo el tiempo que sea necesario.
- Permitir que un operador pueda cambiar los valores de referencia deseados en un proceso sin que las otras variables que intervienen en el control sean variadas indebidamente.

² DORF, Richard y BISHOP, Robert. “**Sistemas de Control Moderno**”. 10 ma. 2005.

- Operar el proceso en forma congruente a los objetivos de calidad de cada producto.
- Simplificar las labores de mantenimiento.
- Integrar la gestión y producción de la empresa.

2.3.3 ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Un sistema de automatización industrial tiene dos áreas bien definidas:

- **La parte operativa:**

Comprendida por los elementos que hacen posible que la máquina se mueva realizando la operación programada. En esta parte se tienen los elementos accionadores como motores eléctricos y elementos de detección como sensores.

- **La parte de control:**

Se encuentran los dispositivos de control que realizan las acciones de control mediante tecnología programada. Constituye el centro del sistema.

2.3.3.1 PARTE OPERATIVA

La parte operativa de un sistema de automatización industrial la componen básicamente dos grupos:

- a) Detectores y captadores**

El primer grupo de la parte operativa se refiere a los dispositivos encargados de convertir las magnitudes físicas en magnitudes eléctricas, los cuales son denominados transductores.

Los transductores se clasifican en función del tipo de señal que transmiten. Entonces, tenemos:

- **Transductores Todo-Nada:**

Brindan una señal binaria. Ejemplo: Finales de carrera.

- **Transductores numéricos:**

Son capaces de transmitir valores numéricos en forma de combinaciones binarias. Ejemplo: Encoders.

- **Transductores analógicos:**

Suministran una señal continua, la cual refleja la magnitud física medida.

b) Accionadores y Pre-Accionadores

Los accionadores son los elementos finales de control que actúan sobre el elemento final del proceso de acuerdo a la señal de mando recibida. En ese sentido, transforman la energía de salida del automatismo en otra útil para el entorno industrial de trabajo.

Los accionadores pueden ser clasificados en

- Accionadores eléctricos.
- Accionadores neumáticos.
- Accionadores hidráulicos.

Algunos de los accionadores más utilizados en los sistemas automatizados de control son: Cilindros, motores de corriente alterna, motores de corriente continua, etc.

Estos dispositivos pueden ser controlados tanto por la parte de mando directamente, así como por un pre-accionamiento el cual amplifique la señal requerida. Por tal, los pre-accionadores disponen de una parte de mando o control encargada de conmutar la conexión, ya sea eléctrica, neumática o hidráulica, entre los cables o conductores del circuito de potencia.

2.3.3.2 PARTE DE MANDO

La parte de mando se puede dividir en:

- **Lógica cableada:**

Consiste en el diseño de automatismos mediante la utilización de circuitos cableados, utilizando para ellos contactos auxiliares de relés electromecánicos, contactores de potencia, relés temporizados, etc.

En este tipo de tecnología, se incluyen las funciones de mando, control, señalización y de potencia; así como los elementos de protección como: Guardamotors, variadores de frecuencia, fuentes y diferenciales.

La desventaja de este tipo de tecnologías radica en que cualquier cambio en la programación de la instalación pasa por modificar el cableado y los elementos del sistema de forma que cumplan con los nuevos parámetros requeridos por el cliente o proceso; es por ello que este tipo de tecnología es empleada hoy en día en instalaciones pequeñas y en lugares críticos donde la seguridad de personas y máquinas no puede depender de la lógica programada.

Los dispositivos que se utilizan en la lógica cableada son:

- Relés electromagnéticos.
 - Módulos lógicos neumáticos.
 - Tarjetas electrónicas.
- **Lógica programada:**

La lógica programada viene a ser lo contrario de la lógica cableada. En este tipo de lógica se reemplazan los elementos mecánicos utilizados en los circuitos de mando como contactos auxiliares de relés electromecánicos, contactores, etc., por autómatas programables llamados PLCs, permitiendo al usuario realizar cambios en las operaciones de mando sólo modificando la programación de estos equipos, evitando el cambio de cableado el cual generalmente representa mayores costos para la empresa o cliente.

Es importante tomar en cuenta que a pesar de que los fundamentos de la lógica programada son similares, cada fabricante de equipos de automatización utiliza un software específico y diferente nomenclatura. Según la norma IEC es posible encontrar los lenguajes de programación KOP (Lenguaje de contactos), FUP (Lenguaje de puertas lógicas) y AWL (Lenguaje en modo texto o lista de instrucciones).

2.3.4 SISTEMAS DE CONTROL

2.3.4.1 DEFINICIÓN

“Un sistema de control es una interconexión de componentes que forman una configuración del sistema que proporcionará una respuesta deseada en base a un análisis del mismo”.³

Un sistema de control puede considerarse como una caja negra que sirve para controlar la salida de un valor o secuencia de valores determinados.

En la siguiente figura se aprecia la relación causa-efecto de un proceso de control, en la cual una señal de entrada proporciona una señal de salida mediante una amplificación de potencia (en gran parte de los casos)

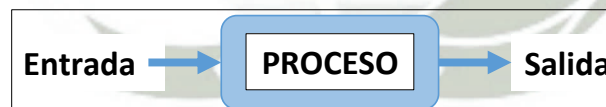


FIGURA 16: Proceso a Controlar

Fuente: Elaboración propia.

En general, podemos decir que los sistemas de control están formados por tres elementos:

³ DORF, Richard y BISHOP, Robert. “**Sistemas de Control Moderno**”. 10 ma. 2005.

- **Sensor:** Dispositivo que responde a la cantidad que mide, dando como salida una señal relacionada a dicha cantidad.
- **Controlador:** Establece qué acción debe ejecutarse, modificando las variables de control de acuerdo a la programación realizada, tomando como referencia los valores captados por los sensores.
- **Actuador:** Es el encargado de ejecutar las órdenes del controlador a través de las variables de control.

2.3.4.2 TIPOS DE SISTEMAS DE CONTROL:

En general, se tienen dos tipos de control: Manual y Automático.

- El control manual es llevado a cabo por acción de los operadores, en el cual utilizan sus sentidos a fin de realizar la toma de decisiones que necesita el proceso.
- El control automático, es aquel que permite que la toma de decisiones se realice a través de un controlador. En este tipo de control tenemos dos tipos:

a) **Sistemas de control en lazo abierto.**

Estos sistemas tienen la ventaja de ser relativamente sencillos, por lo que su costo de implementación es bajo y en general su confiabilidad es buena; aunque en ocasiones son imprecisos ya que no existe corrección de errores.

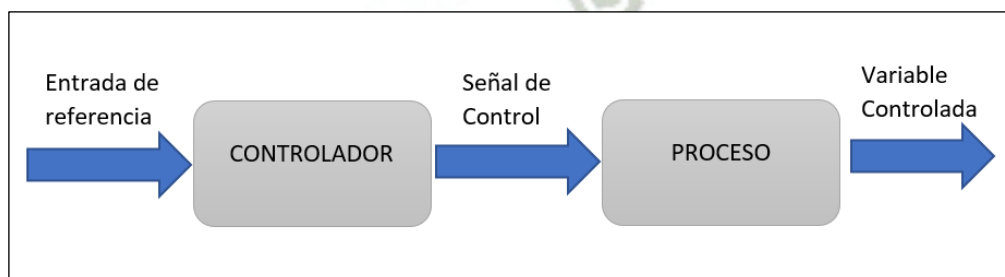


FIGURA 17: Sistema de control en lazo abierto

Fuente: Elaboración propia

b) Sistemas de control en lazo cerrado.

Los sistemas a lazo cerrado tienen la ventaja de ser bastante precisos para igualar el valor real y deseado; a su vez, son más complejos y por lo tanto más costosos y con mayor probabilidad de desperfectos a causa de su mayor cantidad de componentes.

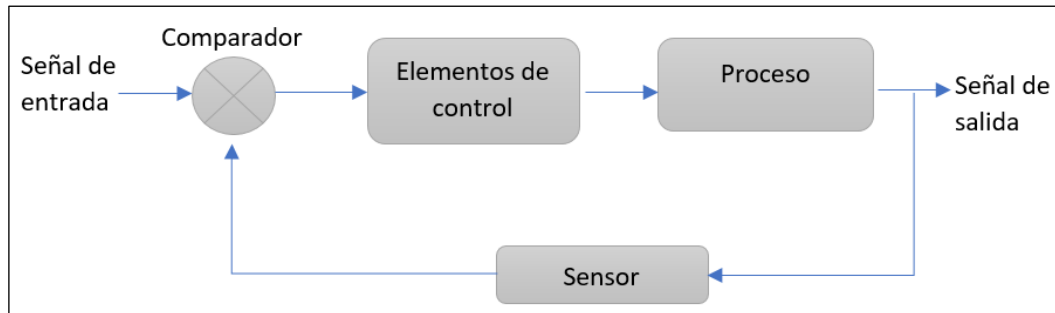


FIGURA 18: Sistema de control en lazo cerrado

Fuente: Elaboración propia

2.3.4.3 ACCIONES DE CONTROL

En los sistemas industriales se emplea básicamente uno o una combinación de los siguientes sistemas de control:

- **Control de dos posiciones (todo-nada):** En este tipo de regulación, la válvula de control adopta únicamente dos posiciones, abierta o cerrada, para un valor único de la variable controlada. Funciona satisfactoriamente si el proceso tiene una velocidad de reacción lenta y posee un tiempo de retardo mínimo.
- **Control flotante:** Este tipo de control mueve el elemento final de control a una velocidad única independiente de la desviación, teniendo como ventaja principal el hecho de compensar los cambios de carga lentos del proceso desplazando, gradualmente, la posición de la válvula.

- **Control proporcional de tiempo variable:** En este sistema existe una relación predeterminada entre el valor de la variable controlada y la posición media en tiempo del elemento final de control de dos posiciones. Este tipo de control se emplea usualmente en controladores eléctricos.
- **Control proporcional:** En este tipo de control, existe una relación lineal continua entre el valor de la variable controlada y la posición del elemento final de control. El grado de ajuste del controlador proporcional viene definido por la ganancia (relación entre la variación de la señal de salida y la variación de la señal de entrada) y la banda proporcional (porcentaje del campo de medida de la variable que el actuador necesita para efectuar una carrera completa). El gran inconveniente es la desviación permanente de la variable una vez estabilizada con relación al punto de consigna: Offset.
- **Control proporcional + Integral:** Este tipo de control actúa cuando existe una desviación entre la variable y el punto de consigna, integrando dicha desviación en el tiempo y sumándola a la acción de la proporcional.
- **Control proporcional + Derivada:** En la regulación derivada existe una relación lineal continua entre la velocidad de variación de la variable controlada y la posición del elemento final de control. Es decir, el control derivativo actúa cuando existen cambio en la variable. Esta actuación es proporcional a la pendiente de la variable, es decir, a su derivada.
- **Control proporcional + Integral + Derivada (PID):** Este tipo de control establece un sistema de regulación que actúa de manera que si la señal de error varía lentamente en el tiempo, predomina la acción proporcional e integral y, mientras que si la señal de error varía rápidamente, predomina la acción derivativa, ofreciendo una respuesta rápida y una compensación de la señal de error inmediata en caso de perturbaciones.

2.3.5 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES: (PLC)

2.3.5.1 PRINCIPIOS BÁSICOS:

La industria en general sufrió un impulso significativo con la llegada de los controladores lógicos programables (PLC), facilitando de gran manera el control de procesos de producción a todo nivel; es por ello que encontramos estos equipos tanto en industria como en centros comerciales, escuelas de formación profesional, centros hospitalarios y hasta en nuestras casas hoy en día.

Podemos decir que un PLC es un sistema industrial de control automático que trabaja bajo una secuencia de instrucciones lógicas almacenada en memoria.

Los controladores programables sustituyen a los relés convencionales utilizados comúnmente años atrás. En lugar de disponer de pulsadores y relés para los circuitos de enclavamiento y para el accionamiento de los motores de la planta junto a los paneles cableados que tienen un volumen importante, los controladores programables aportan una solución práctica basado en software con lenguajes de programación estándar.

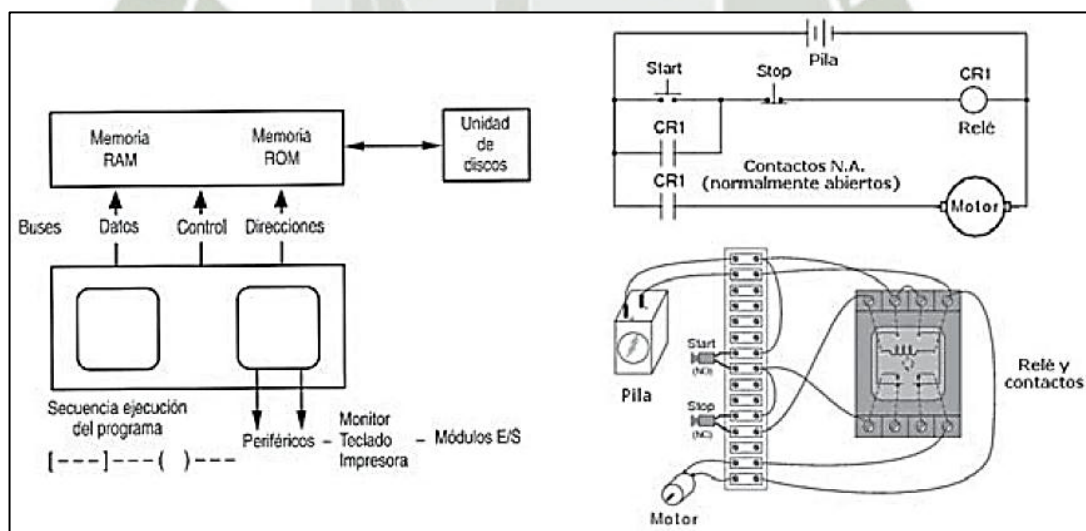


FIGURA 19: Control mediante PLC

Fuente: CREUS, Antonio. Instrumentación Industrial. Editorial Marcombo-Alfaomega. 8a Ed. Barcelona, 2011.

El software del controlador dispone de símbolos que representan la lógica de contactos, los cuales pueden ser NA (Normalmente abiertos) y NC (normalmente cerrados), temporizadores, contadores, constantes, etc. Entonces, se pueden desarrollar programas que representen los circuitos de enclavamiento y éstos pueden ser comprobados mediante simuladores incluidos en el software, para poder acoplar lo programado a la planta con mayor seguridad.

2.3.5.2 FUNCIONES DE UN PLC

Un PLC puede realizar las siguientes funciones:

- Almacena datos en la memoria.
- Toma decisiones en base a programación.
- Genera ciclos de tiempo.
- Recoge datos de las fuentes de entrada (analógicas y digitales).
- Actúa sobre los dispositivos externos mediante salidas (analógicas y digitales).
- Se comunica con sistemas externos.

2.3.5.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN PLC

a) Ventajas

- Posibilidad de realizar modificaciones de la lógica sin cambios de cableado.
- Ahorro de tiempo en elaboración de proyectos.
- Menor espacio requerido.
- Economía de mantenimiento.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo equipo o autómatas.

b) Desventajas

- Necesidad de un programador.
- Inversión inicial es mayor, tomando como referencia al uso de relés.

2.3.5.4 CLASIFICACIÓN DE UN PLC**a) PLC Compacto**

Los PLCs compactos tienen integrados la fuente de alimentación, el CPU y los módulos de entrada y salida en un solo conjunto.

Generalmente este tipo de PLC permite manejar hasta 500 E/S y pueden incorporar módulos especiales como:

- Entradas y salidas analógicas.
- Módulos de contadores rápidos.
- Módulos de comunicaciones.
- Expansiones de E/S.



FIGURA 20: PLC Compacto Schneider Electric

Fuente: www.schneider-electric.com/en/product-range/62128-logic-controller-modicon-m221/

b) PLC Modular

Los PLCs Modulares se componen de un conjunto de elementos los cuales pueden ser: La fuente de alimentación, el rack, CPU y módulos de E/S.



FIGURA 21: PLC Modular Modicon M340 Schneider Electric

Fuente: www.schneider-electric.com/en/product-range/1468-modicon-m340/

2.3.5.5 UNIDADES FUNCIONALES DE UN PLC

Un controlador lógico programable (PLC) está compuesto de cuatro unidades funcionales:

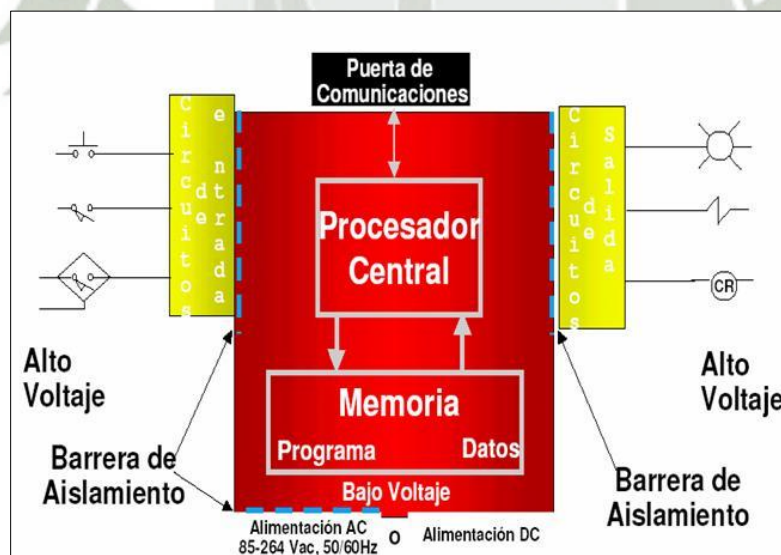


FIGURA 22: Estructura funcional de un PLC

Fuente: Artículo monográfico "Principios básicos de PLC". Paloma Prieto. Instituto Nacional de tecnologías educativas y de formación del profesorado. España.

2007.

a) La unidad de entradas

La unidad de entradas adecua el voltaje de las señales eléctricas que recibe el PLC provenientes de los interruptores de los contactos. Las señales se ajustan a los niveles de voltaje marcados por unidad lógica.

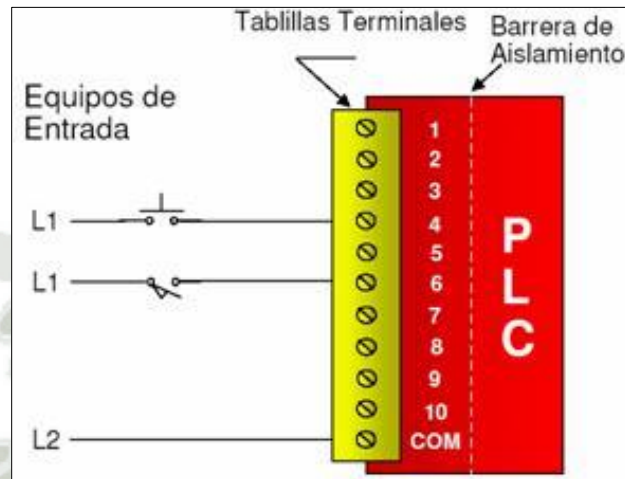


FIGURA 23: Unidad de entradas de un PLC

Fuente: Artículo monográfico "Principios básicos de PLC". Paloma Prieto. Instituto Nacional de tecnologías educativas y de formación del profesorado. España. 2007.

Se tiene dos tipos de captadores:

- **Captadores Pasivos**

Cambian su estado lógico de 1 a 0 (activado a desactivado) por medio de acción mecánica. Ejemplo: Pulsadores, finales de carrera, etc.

- **Captadores Activos**

Dispositivos electrónicos que requiere alimentación externa (tensión) para variar su estado lógico. Ejemplo: Sensores inductivos, capacitivos, fotoeléctricos, etc.

b) La unidad de salidas

La unidad de salidas acepta las señales provenientes de la unidad lógica y proporciona el aislamiento eléctrico a los interruptores de contactos que se conectan con el entorno.

Las unidades de entrada y salida del PLC son funcionalmente iguales a los bancos de relés con la diferencia que éstas son de estado sólido en el caso de los PLC. Es importante destacar con la eliminación de contactos mecánicos se consigue una mayor velocidad de operación.

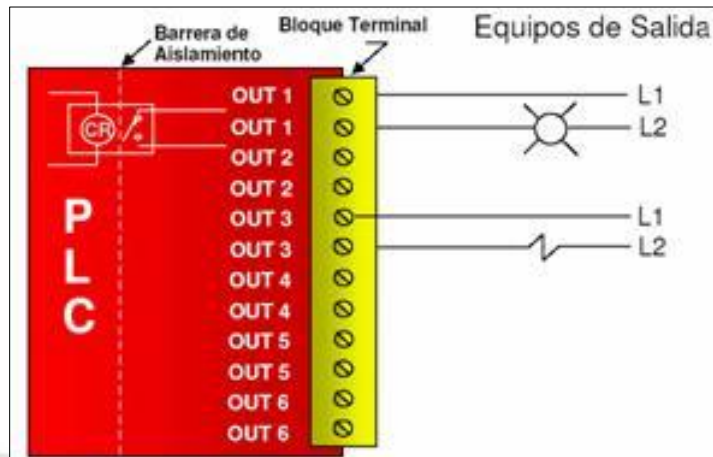


FIGURA 24: Unidad de salidas de un PLC

Fuente: Artículo monográfico "Principios básicos de PLC". Paloma Prieto. Instituto Nacional de tecnologías educativas y de formación del profesorado. España. 2007.

c) La unidad lógica

La unidad lógica de un PLC se basa en un microprocesador, el cual es una parte fundamental del equipo ya que ejecuta las instrucciones programadas en la memoria con los esquemas de control lógico diseñados.

d) La unidad de memoria

La unidad de memoria se encarga de almacenar las instrucciones que ejecutará la unidad lógica del PLC. Tenemos diferentes tipos:

- **Memoria ROM:**

Memoria de solo lectura, la cual no puede ser escrita; utilizada para almacenar programas permanentes que administran los recursos del equipo. Esta memoria se mantiene, aunque el equipo se encuentre apagado.

- **Memoria RAM:**

Memoria volátil que puede ser leída y escrita según la aplicación. Guarda los programas de la aplicación que pueden ser modificados, protegiéndose en base a baterías a fin de no perder información bajo ninguna circunstancia (cortes de fluido eléctrico).

2.3.6 SENSORES, DETECTORES

Los sensores o detectores tienen la función de captar información y transmitir la misma a través de señales procesables a las unidades lógicas. Pueden clasificarse según los siguientes criterios:

Los detectores más difundidos en la automatización industrial son los llamados: Sensores o detectores de posición, los cuales comprueban la presencia de una pieza.

2.3.6.1 DETECTORES DE POSICIÓN:

Estos detectores conmutan sin presencia de fuerza mecánica externa, ya que no necesitan establecer contacto. Ésta característica les permite tener una larga duración y alta fiabilidad.

a) Detectores de posición inductivos:

Los detectores de posición inductivos se utilizan para detectar todos los materiales que son buenos conductores: Metales, y también grafito.

b) Detectores de posición capacitivos:

Los detectores de posición capacitivos pueden ser utilizados tanto para materiales con gran conductividad (metales), así como también para materiales como plásticos, vidrio, cerámica, líquidos y madera.

c) Detectores de posición ópticos:

Los detectores ópticos tienen un emisor y un receptor; utilizan componentes ópticos (luz roja e infrarroja) y electrónicos para la detección de piezas que se encuentren entre el emisor y receptor

2.3.7 MOTORES ELÉCTRICOS EN LA INDUSTRIA

2.3.7.1 DEFINICIÓN

Los motores eléctricos en la industria se caracterizan por ser dispositivos eléctricos que transforman la energía eléctrica en mecánica por medio de diferentes interacciones de carácter electromagnéticas.

Estos motores tienen básicamente dos partes:

- **Estator:** Parte Fija.
- **Rotor:** Parte móvil.

2.3.7.2 TIPOS DE MOTORES ELÉCTRICOS

Según el tipo de corriente que los energiza, tenemos:

A. Motores eléctricos de corriente continua

Los motores de corriente continua se construyen con rotores bobinados, y con estatores bobinados o de imanes permanentes. Se utilizan en aplicaciones donde se necesita variar la característica par-velocidad durante intervalos, sin perder la eficiencia.

Tienen ventajas como un control de posición par y velocidad con relativa sencillez. La velocidad depende de la tensión de alimentación.

Además, existen muchos tipos de motores especiales, como por ejemplo los motores sin escobillas, los servomotores y los motores paso a paso, que se fabrican utilizando un motor de corriente continua como base.

A.1 Motor paso a paso

El motor de corriente alterna y continua son realmente efectivos en un sinnúmero de labores las cuales van desde la tracción de grandes mecanismos hasta el funcionamiento de electrodomésticos, pero a causa de problemas como la inercia mecánica o su dificultad para controlar su velocidad y por ende su precisión, se desarrollaron los motores paso a paso con el fin de lograr precisión en el giro.

Se puede describir a los motores paso a paso como un convertidor electromecánico, el cual transforma la energía eléctrica en mecánica como todo motor, pero a diferencia de ellos (los cuales giran libremente al aplicarle una tensión), el motor paso a paso es capaz de girar un determinado ángulo de forma incremental transformando los impulsos eléctricos en movimientos de giro controlados logrando precisión en sus desplazamientos angulares.

Los motores paso a paso son ideales cuando se requiere posicionamiento con elevado grado de exactitud (y también buena regulación de su velocidad), siendo sus principales aplicaciones las siguientes:

- Robótica.
- Tecnología Aeroespacial.
- Impresoras.
- Maquinaria industrial (posicionamiento de piezas y/o herramientas).
- Entre otras.

Los motores paso a paso están compuestos de dos partes esenciales:

- **Estator:** Parte fija en la cual van las bobinas.
- **Rotor:** Parte móvil (imán permanente).

Cabe resaltar que el grado de precisión (y repetitividad) de los motores paso a paso le permiten operar en sistemas abiertos (sin realimentación).

La característica principal de los motores paso a paso es el hecho de que podemos moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique: estos pasos pueden ir desde 1.8° hasta 90° con lo cual se deduce que se necesitarán 200 pasos para el primer caso y 4 pasos para el último (tomando como referencia un giro completo de 360°)

A.1.1 Principio de funcionamiento

Los motores eléctricos basan su funcionamiento en las fuerzas ejercidas por un campo electromagnético creadas al hacer circular una corriente eléctrica a través de sus bobinas.

Si dicha bobina (generalmente circular y denominada estator) se mantiene en una posición mecánica fija y en su interior se coloca otra bobina (rotor) recorrida por una corriente, es capaz de girar sobre su eje ya que al excitar el estator se crearán los polos N-S, provocando la variación del campo magnético formado.

El rotor seguirá el movimiento de dicho campo buscando la posición de equilibrio magnético y cuando éste lo logre el estator cambia la orientación de sus polos buscando la nueva posición de equilibrio. Entonces, al producirse esta situación de manera repetitiva se consigue la transformación de una energía eléctrica en mecánica en forma de movimientos circulares.

Entonces, las bobinas son parte del estator y el rotor es un imán permanente. Toda excitación de las bobinas es manejada de manera externa por un controlador.

Por tal, al número de grados que gira el rotor (cuando se efectúa un cambio de polaridad en las bobinas del estator) se le denomina “ángulo de paso”. Entonces, los motores paso a paso se controlan por el cambio de dirección del flujo de corriente a través de las bobinas que lo forman permitiendo lo siguiente:

- Controlar el desplazamiento del rotor a través de las tensiones aplicadas en las bobinas consiguiendo desplazamientos en ambos sentidos (horario y anti horario).
- Controlar del número de pasos del motor por vuelta.
- Controlar la velocidad del motor.

Una de las características principales de los motores paso a paso es poder quedar enclavados en una posición al estar una o más de sus bobinas energizadas o bien totalmente libres si no circula corriente por ninguna de sus bobinas.

A.1.2 Tipos de motores paso a paso

Desde el punto de vista de la construcción (físico), el motor paso a paso más utilizado es el de imán permanente:

Motor de imán permanente (Magnetización permanente):

Este tipo de motor permite tener un par diferente de cero cuando éste no se encuentra energizado. El rotor es un imán que tiene una ranura a través de su longitud y el estator está formado por una serie de bobinas enrolladas alrededor de un núcleo o polo. El ángulo de rotación se determina por el número de polos del estator. Este tipo son los más utilizados.

Desde el punto de vista de la conexión y excitación de las bobinas del estator, tenemos dos tipos de motores paso a paso de imán permanente:

A.1.2.1 Unipolares:

Los motores paso a paso unipolares se denominan así ya que la corriente circula por sus bobinas en un mismo sentido. Estos motores suelen tener 5 o 6 (hasta 8) cables de salida dependiente de su conexión interna. Asimismo, suelen ser el tipo de motor más simple de controlar utilizando un cable común a la fuente de alimentación y posteriormente se van colocando las otras líneas a tierra en un orden particular generando cada paso. Cabe resaltar que un motor unipolar de 6 cables puede ser usado como uno bipolar si se deja las líneas del común al aire.

Un modo típico de control consiste en usar un integrado ULN2803, el cual es un array de 8 transistores tipo Darlington capaces soportar cargas de hasta 500mA; las entradas de activación del motor pueden ser activadas de modo directo por medio de un microcontrolador.

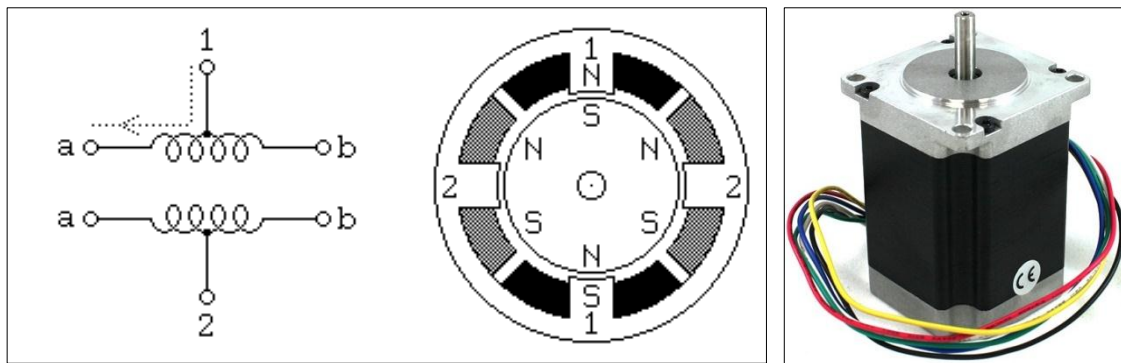


FIGURA 25: Motor Paso a Paso Unipolar

Fuente: www.pololu.com

A.1.2.2 Bipolares:

En este tipo de motores, la corriente que circula por las bobinas cambia en función de la tensión. Otra característica de los motores bipolares con respecto a los unipolares es que llevan cuatro conexiones externas (dos para cada bobina). Generalmente, tienen 4 cables de salida.

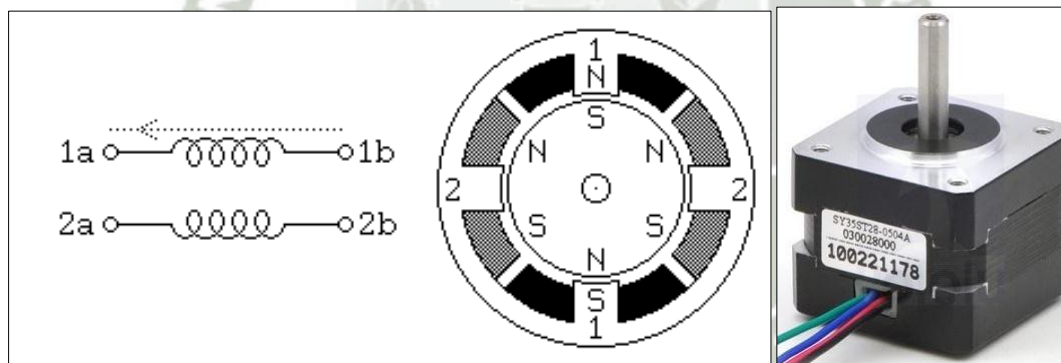


FIGURA 26: Motor Paso a Paso Bipolar

Fuente: www.pololu.com

Es importante destacar que el tiempo de duración y la frecuencia de pulsos aplicados son puntos trascendentales ya que los motores paso a paso son dispositivos mecánicos y por ende deben vencer ciertas inercias. Por tanto, el motor paso a paso debe realizar el paso completo antes de que la siguiente secuencia de pulsos inicie, entonces si ésta está fuera del rango admitido el motor puede comportarse de la siguiente manera:

El motor no realiza ningún movimiento.

- El motor vibra, pero no inicia el giro.
- El motor gira erráticamente.
- El motor gira en sentido contrario.

A.1.3 Secuencias para controlar motores paso a paso Unipolares

Se tiene 3 tipos de secuencias posibles para los motores paso a paso unipolares:

A.1.3.1 Secuencia normal:

La más empleada y recomendada generalmente por el fabricante, en la cual el motor avanza un paso a la vez teniendo al motor siempre con dos bobinas activadas obteniendo un alto torque de paso y retención.

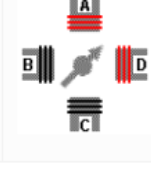
PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D	
1	ON	ON	OFF	OFF	
2	OFF	ON	ON	OFF	
3	OFF	OFF	ON	ON	
4	ON	OFF	OFF	ON	

FIGURA 27: Secuencia normal – Control de motor paso a paso

Fuente: www.todorobot.com.ar

A.1.3.2 Secuencia Wave Drive:

Se activa solo una bobina a la vez brindando un funcionamiento suave pero el torque de paso y la retención es menor.

PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D	
1	ON	OFF	OFF	OFF	
2	OFF	ON	OFF	OFF	
3	OFF	OFF	ON	OFF	
4	OFF	OFF	OFF	ON	

FIGURA 28: Secuencia Wave Drive – Control de motor paso a paso

Fuente: www.todorobot.com.ar

A.1.3.3 Secuencia de Medio Paso:

Se activan las bobinas dando un movimiento de medio paso real debido a que se activan primero dos bobinas y luego 1 sucesivamente. En total, tenemos 8 movimientos como muestra la tabla:



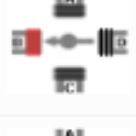



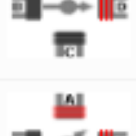
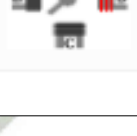
PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D	
1	ON	OFF	OFF	OFF	
2	ON	ON	OFF	OFF	
3	OFF	ON	OFF	OFF	
4	OFF	ON	ON	OFF	
5	OFF	OFF	ON	OFF	
6	OFF	OFF	ON	ON	
7	OFF	OFF	OFF	ON	
8	ON	OFF	OFF	ON	

FIGURA 29: Secuencia de Medio Paso – Control de motor paso a paso

Fuente: www.todorobot.com.ar

B. Motores eléctricos de corriente alterna.

Son los motores más utilizados en la industria en general. Su velocidad viene determinada por la frecuencia de la tensión de la red eléctrica a la que esté conectado y por el número de pares de polos del motor.

B.1 Tipos de motores CA

B.1.1 Motores síncronos

Motores con velocidad constante (independiente de la variación de la carga de trabajo).

B.1.2 Motores asíncronos

Los motores electros asíncronos trifásicos son los más utilizados a nivel industrial y debido al desarrollo de la electrónica de potencia son aptos en casi todas las aplicaciones por las facilidades de diseño, construcción y precio en comparación a otros tipos de motores.

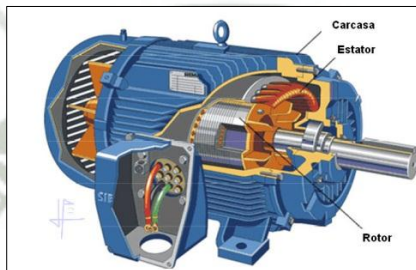


FIGURA 30: Motor asíncrono trifásico

Fuente: www.tuveras.com/maquinaasincrona/motorasincrono1.htm

B.1.2.1 Principio básico de funcionamiento:

El motor asíncrono trifásico está formado por un rotor, que puede ser de dos tipos: a) de jaula de ardilla; b) bobinado, y un estator, en el que se encuentran las bobinas inductoras. Estas bobinas son trifásicas y están desfasadas entre sí 120° en el espacio. El motor más utilizado es el motor de jaula de ardilla.

B.1.2.2 Motor asíncrono de rotor de jaula de ardilla

El núcleo del rotor está construido en base a chapas estampadas de acero al silicio en el interior de las cuales se disponen unas barras, generalmente de aluminio moldeado a presión; las cuales van conectadas a unos anillos conductores denominados anillos extremos. Las ranuras del rotor son oblicuas respecto al eje para evitar puntos muertos en la inducción electromagnética.

Uno de los pocos inconvenientes en este tipo de motores, es que la corriente de arranque es intensa (de 4 a 7 veces la nominal). Pero a su vez, la baja resistencia del rotor hace que estos motores tengan excelentes cualidades para marchas a velocidad constante.

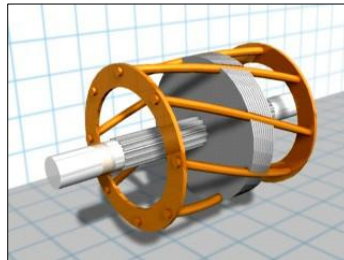


FIGURA 31: Esquema de rotor de jaula de ardilla

Fuente: Introducción a motores de C.A. I.E.S Andrés de Vandelvira. España.

B.1.2.3 Conexión de los bobinados de un motor eléctrico trifásico

El estator de un motor trifásico suele bobinarse con tres devanados distintos correspondientes a cada fase eléctrica.

La placa de características, presente en los motores, nos brinda el valor máximo de la tensión aplicable. Un motor conectado en estrella, soporta la tensión más alta indicada en la placa. Por otro lado, en la conexión triángulo, la tensión máxima para la conexión es la más baja indicada en dicha placa.

Cabe resaltar que ocurre lo contrario si tomamos como referencia las corrientes absorbidas, por lo que a la conexión triángulo le corresponde la corriente más alta.

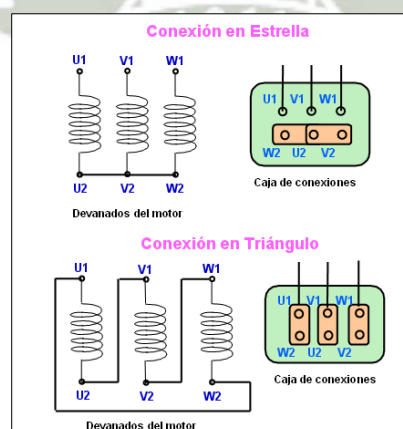


FIGURA 32: Esquema de rotor de jaula de ardilla

Fuente: Introducción a motores de C.A. I.E.S Andrés de Vandelvira. España.

2.3.8 SISTEMAS DE TRANSPORTE DE ALIMENTOS Y BEBIDAS

2.3.8.1 GENERALIDADES

Según el tipo de materiales que van a transportarse, tenemos dos grandes grupos de cintas transportadoras:

- Bandas para productos empacados/envasados (o cargas unitarias).
- Bandas para productos a granel (suelos).

Cada sistema de transporte tiene sus propias características de acuerdo a las necesidades de la empresa, las cuales pueden variar incluso entre aquellas que tienen el mismo rubro de producción.

Entonces, según la aplicación y necesidad de producción debemos tomar en cuenta lo siguiente:

- Material a transportar.
- Distancia de transporte.
- Capacidad y peso del producto.
- Condiciones ambientales.
- Recursos energéticos.
- Recursos económicos/financieros.
- Tiempo de utilización.

Las principales aplicaciones de los transportadores se dan la minería, construcción, industria alimenticia, industria motriz, etc.

2.3.8.2 BANDAS TRANSPORTADORAS EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA

En la industria alimenticia, hoy en día los tipos de bandas transportadoras más usadas son las de tipo modular, las cuales están fabricadas con materiales como el Polietileno, polipropileno y poliacetal.

Se caracterizan por tener un rango de temperatura de utilización amplio (-70 a 105°C aproximadamente); teniendo ventajas como fácil manejo, limpieza y mantenimiento.



FIGURA 33: Sistema de transporte modular

Fuente: www.cn-conveyors.com/

Estos sistemas de transporte tienen las siguientes cualidades:

- Agiliza la producción brindando un sistema de velocidad constante sin interrupciones.
- Utiliza materiales acordes a los productos transportados, evitando que se contamine.
- Pueden ser instalados en interiores a fin de proteger el producto.
- Pueden ser controlados o monitoreados desde estaciones permanentes de control.

Cada fabricante especializado en éstos sistemas de transporte ofrece manuales de ingeniería para la selección y cálculo de todos los componentes presentes en sus soluciones.

2.3.9 VARIADORES DE FRECUENCIA

2.3.9.1 GENERALIDADES

El variador de frecuencia (VFD) o convertidor de frecuencia, es un sistema electrónico que tiene como finalidad controlar la velocidad de motores de corriente alterna mediante la variación de la frecuencia de la energía eléctrica dada al motor.



FIGURA 34: Familia de variadores de frecuencia Altivar - Schneider

Fuente: www.schneider-electric.com/

2.3.9.2 ARQUITECTURA DEL VARIADOR DE FRECUENCIA

Los sistemas de un variador de frecuencia generalmente se encuentran constituidos por:

- **Motor:**

Generalmente se emplean motores los trifásicos de inducción (asíncronos). Aunque existen variadores para motores síncronos, los motores de inducción son los más adecuados para la mayoría de aplicaciones en la industria, resultando ser la opción más económica.

- **Controlador:**

El controlador de un VFD es un dispositivo electrónico de estado sólido, el cual convierte la potencia de entrada de corriente alterna a potencia intermedia de corriente continua mediante un rectificador trifásico de onda completa. Finalmente, la señal es convertida a corriente alterna por medio de un inversor.

- **Interfaz del operador:**

Brinda un medio de arranque/paro del motor y permite ajustar la velocidad de funcionamiento. También se tiene funciones como la inversión de giro del motor, configuración de aceleración y desaceleración y un gran número de parámetros ajustables los cuales son mostrados frecuentemente en una pantalla de visualización facilitando las labores del programador.

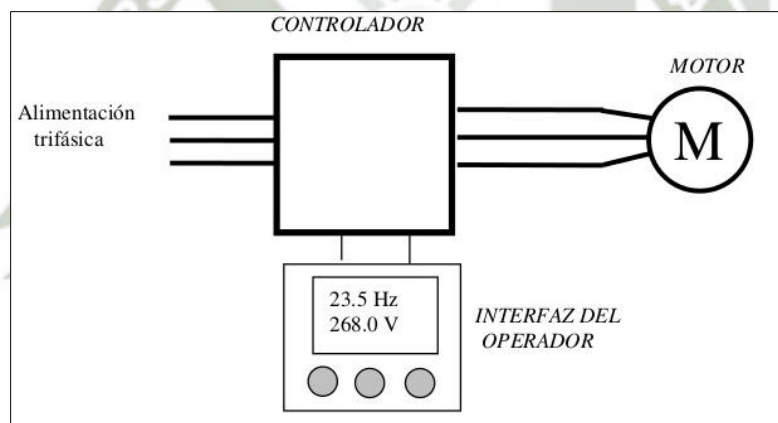


FIGURA 35: Arquitectura de un variador de frecuencia

Fuente: Variadores de Frecuencia: Anexo B. Universidad Tecnológica de San Juan del Río.

2.3.9.3 PRINCIPIO DE OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO

El principio de operación de un variador de frecuencia se basa en que la velocidad de un motor de corriente alterna es directamente proporcional a la frecuencia de

alimentación del motor e inversamente proporcional a la cantidad de polos del mismo.

Una vez alimentado el equipo, la tensión atraviesa un puente rectificador, donde ésta se convierte en corriente continua. Luego de la rectificación, se modula por medio de PWM (Modulación por ancho de pulso) a fin de obtener una tensión similar a la alterna de frecuencia variable. Entonces, a través de un sistema de control, se puede examinar el nivel de tensión y de frecuencia en la salida del equipo (variador).

En el plano práctico, cuando un variador de frecuencia realiza el arranque de un motor, se aplica una baja frecuencia y baja tensión al motor en un inicio, evitando la presencia de corrientes muy elevadas las cuales están presentes cuando se realiza arranques directos. Luego de este paso, el variador eleva los niveles de voltaje y corriente en forma controlada formando una curva ascendente (pendiente positiva).

Finalmente, la secuencia de paro es lo inverso al de arranque, con lo que se reducen los valores de frecuencia y voltaje proporcionalmente, formando una curva con pendiente negativa. Luego, una vez la frecuencia es cero, el motor es desconectado.

2.3.9.4 COMUNICACIÓN

Los variadores de frecuencia modernos tienen la posibilidad de comunicarse mediante diversos protocolos, entre los que destacan:

- Modbus.
- Profibus DP.
- Devicenet.
- Canbus
- Ethernet/IP
- Modbus TCP/IP.



FIGURA 36: Esquema de comunicación Modbus entre PLC y VFD.

Fuente: www.infoplcn.net/

Los variadores básicos presentes en la industria disponen de un puerto serial (Por ejemplo, con protocolos Modbus y CAN open), lo cual no permite agregar en su interior tarjetas de comunicación con otros protocolos, requiriendo para ello “Gateways” externos para extender sus posibilidades de comunicación (Por ejemplo, ethernet, Devicenet y Profibus DP).

Variadores más avanzados aceptan la adición de tarjetas de comunicación en su interior, teniendo más de un puerto de comunicación.

CAPÍTULO 3

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

3.1 DISEÑO DEL SISTEMA

Para el desarrollo del proyecto se requiere de un apoyo sistemático el cual nos permita dividir el proceso en componentes individuales los cuales puedan ser ordenados lógicamente en base a un método de diseño.

Dentro de las metodologías o directrices más importantes, empleados en el desarrollo de proyectos mecatrónicos, tenemos la directriz VDI 2221 (Verein Deutscher Ingenieure) la cual es especialmente útil para el rediseño o mejora de productos y/o procesos.

Esta metodología se desarrolla en 7 etapas o tareas generales, las cuales pueden ser llevadas a cabo de manera parcial, total o de forma iterativa según se requiera. Las 7 etapas o tareas pueden ser resumidas en 4 fases, las cuales son:

- **Planificación de la tarea (Fase 1):** La primera fase consiste en clarificar y definir la tarea o problema para poder determinar las características necesarias del sistema a diseñar o rediseñar junto a los alcances, restricciones y recursos disponibles para tal fin. El resultado obtenido en este punto se utiliza como referencia para las demás etapas.
- **Soluciones (Fase 2):** En la segunda fase se realiza la búsqueda de principales soluciones y combinaciones, y finalmente se realiza una estructura de modelo, lo que permite plantear un bosquejo de la solución completa la cual en este caso va orientada a la forma en que va a operar el sistema de etiquetado automatizado de envases PET, el cual funcionará mediante un sistema de transporte especializado para la industria alimenticia trabajando en conjunto con un cabezal etiquetador controlado mediante equipos de instrumentación industrial.

- Módulos (Fase 3):** En esta fase se desarrollan arreglos preliminares, los cuales deben ser estudiados y desarrollados de tal forma que se pueda llegar a un arreglo definitivo. Entonces, esta fase nos permite tener un listado del conjunto de elementos del proyecto, tales como: lista de piezas y equipos requeridos, cálculos para selección de ellos, planos de fabricación de estructuras para ensamble/montaje de piezas y/o equipos, tarjetas de control electrónico, software, hardware y protocolos de comunicación para el control del sistema.
- Documentación y Realización (Fase 4):** En esta última fase de diseño se preparan las instrucciones de operación y producción, y se ejecuta la realización del producto o proceso obteniendo el desarrollo completo del sistema junto a la documentación respectiva; esto quiere decir que en esta fase se documentan los cálculos hechos, se elaboran los planos de fabricación y montaje del sistema y de los equipos, y finalmente se realiza la programación de los equipos electrónicos.

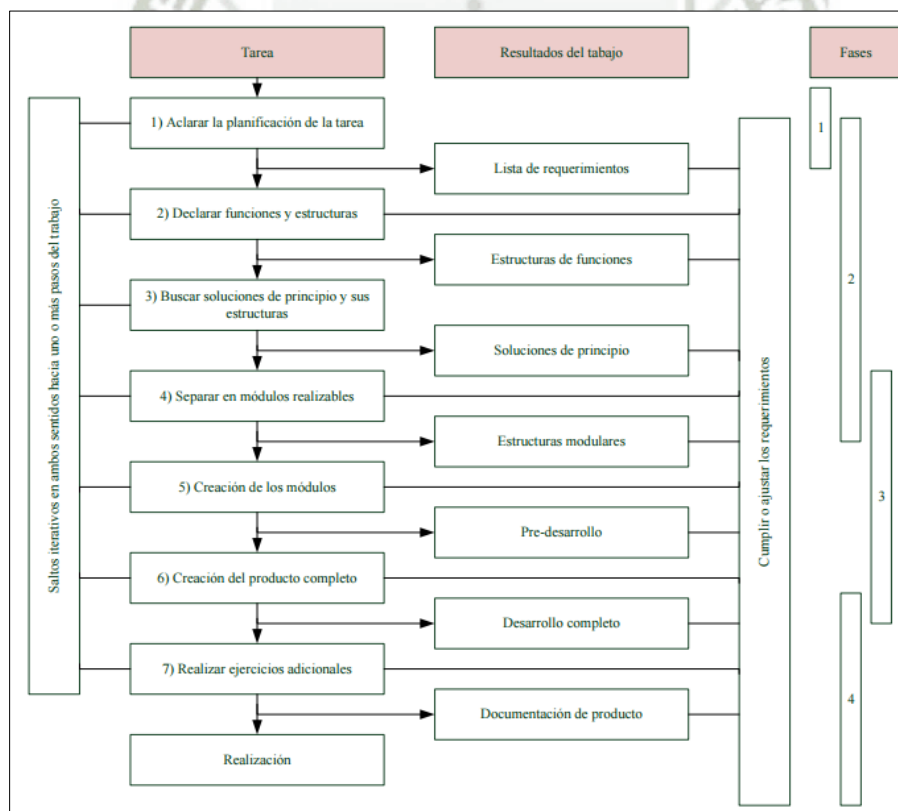


FIGURA 37: Modelo de proceso de diseño de un proyecto según VDI 2221

Fuente: Norma VDI 2221

3.1.1 ESTADO DEL ARTE

En la actualidad, los procesos industriales han ido cambiando favorablemente debido a las demandas de las grandes y pequeñas empresas en todos los sectores; y dentro de las empresas del rubro alimenticio tenemos partes fundamentales del proceso de producción como el etiquetado de botellas, el cual tiene como función fundamental identificar la marca, el producto, así como brindar la información del mismo para lo cual se utilizan diversos métodos y materiales.

Inicialmente, el proceso se basa en la habilidad manual del operador para poder adherir la etiqueta del producto al envase por lo que el costo de producción se eleva al emplear un determinado número de trabajadores y realizar un esfuerzo importante en una actividad repetitiva.

Entonces, surgen los sistemas etiquetadores, los cuales pueden ser utilizados en diferentes formatos y medidas de envases o productos cuyas capacidades de producción en grandes empresas llegan hasta 66,000 botellas por hora, pero en cada aplicación es necesario realizar un estudio de producción con el fin de encontrar una solución idónea del proceso de etiquetado la cual sea rentable para la empresa en cuestión.

Por tal, es necesario poder identificar si en el mercado existe soluciones al tipo de sistema que se desea implementar y desarrollar cuyo objetivo principal es realizar el etiquetado de envases PET mediante una línea de transporte la cual pueda ser acoplada a una línea de producción en bloque.

Básicamente se ha dividido la investigación sobre procesos de etiquetado en dos grupos: primero las máquinas de etiquetado manual, las cuales cumplen los requisitos para etiquetar manualmente cualquier tipo de envase cilíndrico (ya sea vidrio o PET) siendo orientadas para una producción promedio de microempresa o producción artesanal cuyos rangos oscilan entre 20 a 400 litros/día aproximadamente, teniendo ventajas como un costo relativamente accesible (2000 a 4000 nuevos soles dependiendo del material de fabricación) y pudiendo operar en cualquier ambiente de trabajo al no requerir electricidad.

La desventaja de este tipo de máquina radica en la velocidad de etiquetado de los envases y en la nula posibilidad de ser acondicionado a una línea de producción industrial en un futuro cercano ante una demanda creciente.

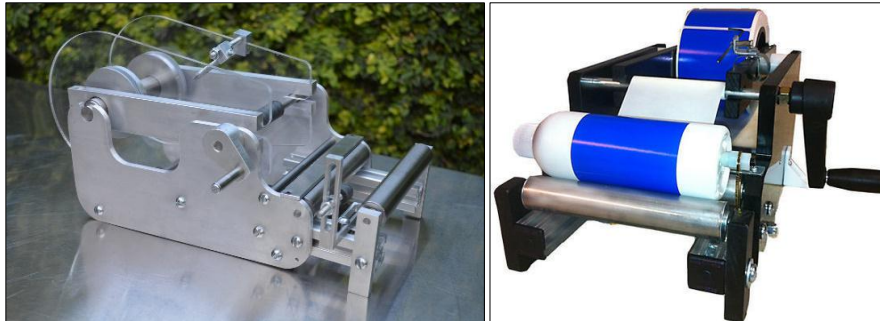


FIGURA 38: Diferentes tipos de máquinas de etiquetado manual para envases cilíndricos.

Fuente: www.brewmasters.com.mx/ y www.vecel.mx/

El segundo grupo está compuesto por los sistemas de etiquetado automatizado, los cuales están orientados para producciones que van desde pequeñas empresas (400 a 3000 litros), medianas (3000 a 10,000 litros/día) hasta grandes empresas (más de 10,000 litros/día) según la velocidad de operación que cuenten los diferentes sistemas que pueden ser usados.

La ventaja de este grupo radica en la velocidad de etiquetado, la monitorización de producción, la reducción de costos de operación (mano de obra/operarios) y la posibilidad de que estos sistemas sean acondicionados a una línea de producción industrial sin mayor inconveniente ante un crecimiento significativo en la producción.

En el mercado nacional y sobre todo en el internacional existen diferentes propuestas de etiquetado automatizado para envases (ya sea para la industria alimenticia, química, farmacéutica, etc), entre las cuales se encuentran sistemas que cuentan con equipos de marcas reconocidas como SIEMENS, FESTO, SEW, etc, cuya robustez permite operar dichos equipos bajo condiciones extremas y a altas velocidades, justificando su alto costo.

Sin embargo, en aplicaciones destinadas a pequeña y mediana industria éstos equipos quedan sobre dimensionados y no justifican su alto costo/inversión, cuyos márgenes fluctúan desde los 50,000 hasta 100,000 nuevos soles sólo en el mercado local, duplicándose estos valores para mercados internacionales (como Colombia en Sudamérica, España en Europa y China en Asia) por los costos de importación (flete e impuestos de ley). Estos equipos trabajan con volúmenes que oscilan entre 10,000 hasta 60,000 envases/hora, valor que está muy por encima de los volúmenes actuales de producción que tienen los pequeños y medianos productores del mercado local.



FIGURA 39: Sistema automatizado de etiquetado orientado a una MYPE.

Fuente: www.quadrel.com/

Entonces, a raíz de lo antes mencionado, se requiere implementar un sistema que esté acorde a las necesidades y alcances de inversión de la empresa, buscando que éste sea accesible económicamente pero que a su vez sea un sistema que esté acorde a la tecnología actual en sistemas de automatización industrial en la industria alimenticia, el cual permita incluir el sistema a una línea de producción industrial sin inconvenientes ni sobre costos a corto plazo; por tal, dentro de las soluciones encontradas en mercados internacionales se observó sistemas repetitivos (dependiendo de la aplicación específica) los cuales se pretenderán replicar y a su vez rediseñar con otros sistemas de control y equipos que permitan cubrir con todas las necesidades del proceso productivo de la empresa al costo más bajo posible.

Cabe resaltar que aún en sistemas sofisticados, hay funciones que son realizadas por operarios como la colocación del envase en el sistema de transporte como se muestra a continuación:



FIGURA 40: Control de Calidad de envases en sistema de transporte

Fuente: www.uriartesafoybox.wordpress.com/

Ahora, se debe determinar los requisitos mínimos que debe cumplir el sistema a implementar el cual debe cubrir todas las necesidades inmediatas de la empresa siendo capaz de ser monitoreado y supervisado mediante un operario no especializado, pero con entrenamiento previo de por medio.

Para el sistema de transporte, respecto al sistema mecánico, se encontró marcas reconocidas a nivel mundial como UniChains (Dinamarca), Rexnord (Italia) y diferentes marcas asiáticas las cuales cumplían con las certificaciones y estándares de calidad. Para ello, se seleccionó una marca que brinde soporte continuo en cuanto a repuestos y costos accesibles para el desarrollo del sistema propuesto. Respecto al sistema motriz, se tuvo opciones de motores y reductores de marcas como SEW, Nord, EPLI, HAITEC, entre otras, en el mercado, por lo cual se buscó un equipo cuya robustez se justifique de acuerdo a las horas de trabajo a la semana que tendrá el sistema.

En cuanto al sistema de control, se revisó información en internet acerca de proyectos de envasado en la industria alimenticia entre los cuales se observó que en la mayoría de ellos se utilizaron equipos de la marca SIEMENS, DANFOSS, DELTA, tanto para el control de sistemas de envasado (llenado, tapado y etiquetado) en plantas de producción nuevas, como en procesos ya industrializados cuya operación debía migrar hacia sistemas más modernos.

En el mercado local, encontramos que la marcha SCHNEIDER ofrece equipos de alta confiabilidad junto a soporte constante tanto presencial (local) como remoto, a través de sus ingenieros de soporte técnico avanzado en Latinoamérica.

Para el diseño del sistema, se debe determinar los requerimientos mínimos del mismo, los cuales deben cumplirse con el desarrollo del proyecto.

TABLA 2: Lista de exigencias

TABLA : Lista de Exigencias			Pág. 1 de 2
			Edición: Rev 1
Proyecto:		Diseño, construcción y automatización de sistema de etiquetado de envases PET	Revisado: S.M.
Cliente:		YOGUIS S.R.L.	Elaborado: F.O.S
N°	Deseo o Exigencia	DESCRIPCIÓN	Responsable
1	E	Función_Principal: Sistema automatizado de etiquetado envolvere de envases PET de 500ml	F.O.S.
2	E	Geometrías: Las dimensiones del sistema deben ser diseñadas de tal modo que se tenga un equipo de tamaño compacto acorde al área de trabajo destinada.	F.O.S.
3	E	Fuerzas: Se empleará fuerza magnética para llevar a cabo el proceso de etiquetado.	F.O.S.
4	E	Materia_Prima_del_Sistema: Se empleará materiales de fácil acceso en el mercado nacional tomando en cuenta el menor costo posible.	F.O.S.
5	D	Cinemática/Control: El proceso de etiquetado no debe ser necesariamente veloz, por lo que no se requiere mayor robustez.	F.O.S.
6	E	Fabricación: La fabricación y ensamble de la máquina deberá ser capaz de llevarse a cabo en un taller local.	F.O.S.
7	E	Señales: Se contará con botones de encendido y apagado los cuales serán de fácil manejo para el operario y/o usuario final	F.O.S.
8	E	Seguridad: El diseño no deberá poner en riesgo la integridad física del operario y/o usuario final el cual deberá ser capacitado para tal función.	F.O.S.
9	E	Ergonomía: Se deberá tomar en consideración dimensiones y alturas acorde a la estatura promedio de los operarios brindando la comodidad que se requiere.	F.O.S.

TABLA 2: Lista de exigencias (Continuación)

TABLA: Lista de Exigencias		Pág. 2 de 2	
		Edición: Rev 1	
Proyecto:		Diseño, construcción y automatización de sistema de etiquetado de envases PET	
Cliente:		YOGUIS S.R.L.	
Nº		Deseo o Exigencia	
		DESCRIPCIÓN	
		Responsable	
10	E	Montaje: El montaje y desmontaje (asi como la puesta en marcha) será de la manera mas sencilla posible pero deberá realizarse por personal capacitado brindando las instrucciones y documentación del caso.	F.O.S.
11	E	Mantenimiento: El diseño de la máquina deberá contemplar el menor mantenimiento posible debido a la elección de componentes ideales para la solución propuesta, los cuales garanticen bajos costos y menor tiempo en mantenimiento. Asimismo, se contempla que el acceso a repuestos de componentes mecánicos del sistema (al término de vida útil de los mismos) se encontrarán en el mercado nacional en su totalidad. El acceso a respuestos de componentes/equipos de control pueden estar condicionados a stock de representantes nacionales de las marcas seleccionadas.	F.O.S.
12	D	Costo: Precio de Diseño: S/. 8,000.00. Precio de Fabricación: S/. 15,000.00	F.O.S.

Fuente: Elaboración Propia

3.1.2 ESQUEMA DE FUNCIONES

La función total o global del sistema de etiquetado automatizado de envases PET puede representarse en forma de una caja negra, donde se cuenta con las magnitudes de entrada y salida (ver figura 41).

Caja Negra

Sistema de Etiquetado Automatizado

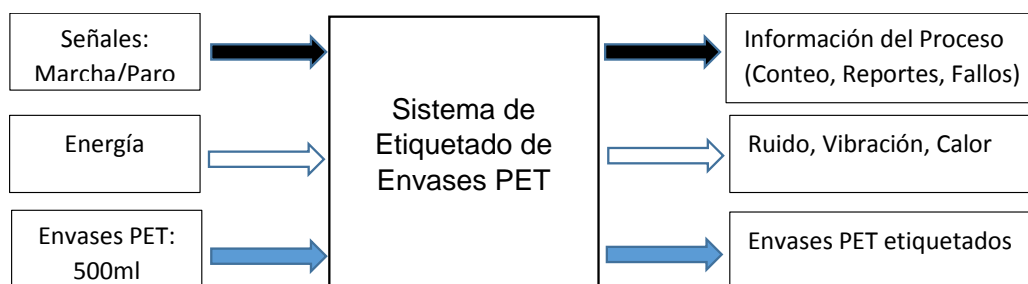


FIGURA 41: Esquema de sistema de etiquetado automatizado de envases PET.

Fuente: Elaboración propia.

Se define el ingreso y salida del sistema:

INGRESO

- **Señales:** Señal para inicio del proceso.
- **Energía:** Energía humana (encendido y alimentación) y energía eléctrica.
- **Material:** Envases PET en presentaciones de 500ml.

SALIDA

- **Señales:** Información del proceso en forma visual (Señales visuales de estado).
- **Energía:** Ruido, fricción, vibración y calor.
- **Material:** Envases PET correctamente etiquetado.

3.1.3 DESCRIPCIÓN DE PROCESOS

- **Preparar:**

Preparar el material para ser introducido al sistema, lo cual consiste en realizar el proceso de llenado y tapado de los envases, luego éstos son recepcionados para ser ubicados sobre una superficie adecuada para la operación.

Proceder a mover el sistema a condiciones iniciales, vale decir, la correcta posición de los rollos de etiquetado, altura de aplicación de etiquetado, correcta alineación/posición de la instrumentación.

Verificar la correcta separación entre las guías de envase en el sistema de transporte.

Verificar la correcta separación del subsistema de planchado de etiquetas sobre el producto.

Ajustar la velocidad de operación según producción diaria requerida.

- **Ejecución:**

Introducir el envase (botella) al sistema.

El sistema transporta los envases en forma ordenada y a una velocidad adecuada asegurando la estabilidad de los mismos.

Enviar información al sistema para que el cabezal de etiquetado inicie su funcionamiento.

El sistema alimenta una etiqueta para ser adherida en una posición específica al envase según criterios de diseño comercial previo.

Operación de planchado de etiqueta en envase PET (giro completo de 360°).

- **Control:**

Encender/energizar el sistema (transporte de envases, cabezal de etiquetado y planchador lateral)

Verificar visualmente movimiento estable del sistema de transporte, de acuerdo a los parámetros programados.

Controlar la ejecución de las partes del sistema (transporte, cabezal de etiquetado y planchador de etiqueta).

Controlar el funcionamiento del cabezal de etiquetado mediante la descarga adecuada de una etiqueta al sistema de transporte al detectar la presencia de un envase.

Controlar el funcionamiento del subsistema de planchado de etiquetas asegurando un giro del envase mínimo de 360°.

Establecer un control sobre la parada de emergencia ante cualquier eventualidad.

Realizar un registro de productos etiquetados

- **Fase final.**

Salida de los envases PET del sistema de etiquetado.

Los envases son retirados del sistema, verificando que estos hayan sido etiquetados adecuadamente, para ser almacenados de forma ordenada según presentaciones (sabores).

3.1.4 AGRUPACIÓN DE FUNCIONES

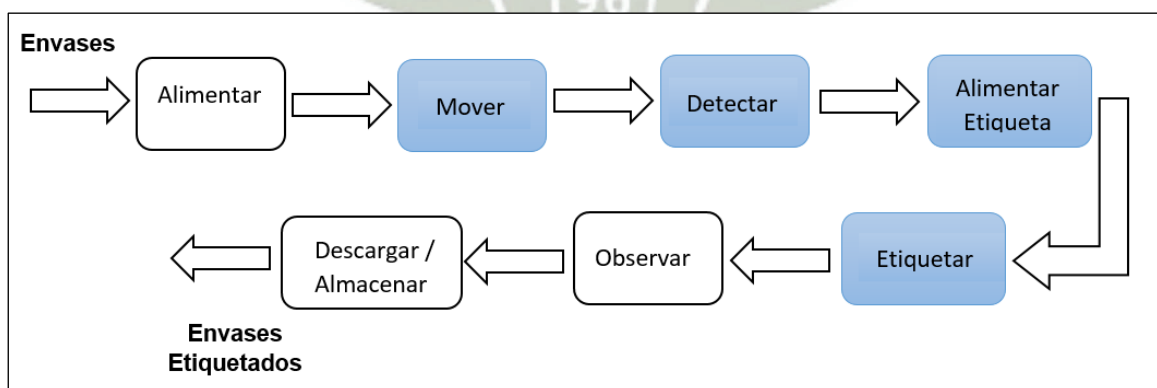


FIGURA 42: Funciones secuenciales del proceso.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.5 ESTRUCTURA DE FUNCIONES

Estructura de funciones

Sistema de etiquetado automatizado

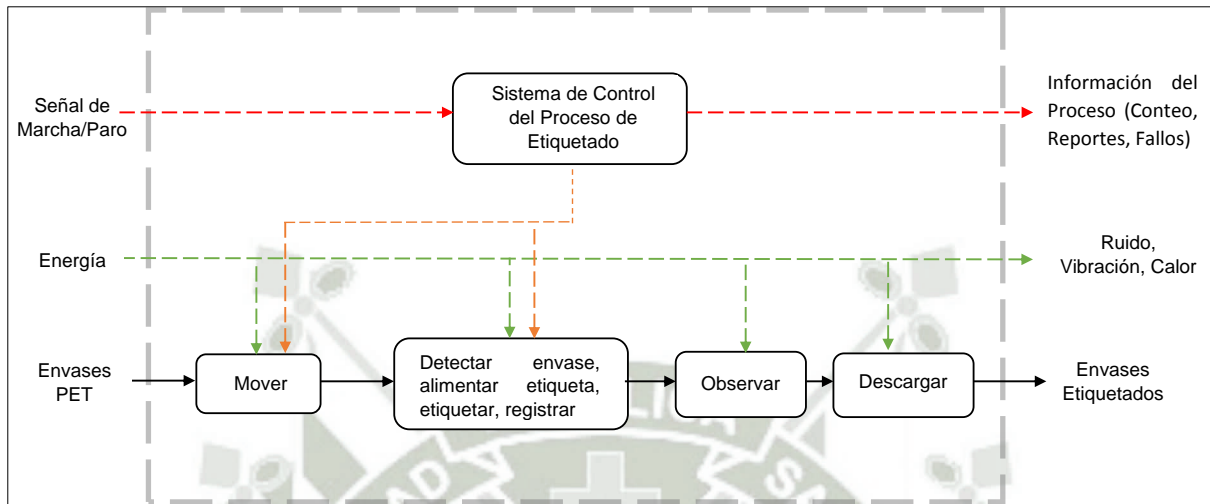


FIGURA 43: Funcionamiento del sistema

Fuente: Elaboración propia.

3.1.6 MATRIZ MORFOLÓGICA

TABLA 3: Matriz morfológica

MATRIZ MORFOLÓGICA			
DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET PARA PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BEBIDAS DE LA EMPRESA YOGUIS S.R.L			
FUNCIONES	PORTADORES DE FUNCIONES		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alimentar Envases PET	 Operario	 Faja Transportadora (línea de producción)	
Mover	 Operario	 Transporte Lineal por Cadena de Tablillas	 Transporte por estación de etiquetado rotativo
Detectar y Controlar	 Inteligencia humana	 PLC	 Arduino
Alimentar Etiqueta	 Manualmente	 Dispensador eléctrico de Etiquetas	 Estación de Etiquetado (Cabezal Etiquetador)
Etiquetar	 Manualmente (Autoadhesivo)	 Etiquetado Autoadhesivo	 Etiquetado por Goma Fría
Observar	 Operario	 Cámara (Visión Artificial)	
Descargar/ Almacenar	 Manualmente	 Mesa Rotativa de Acumulación	 Brazo robótico
	CONCEPTO DE SOLUCIÓN 1	CONCEPTO DE SOLUCIÓN 2	CONCEPTO DE SOLUCIÓN 3

Fuente: Elaboración propia.

Se sugiere aspectos posibles de evaluación para los conceptos de solución, y se establece un puntaje de calificación de criterios:

TABLA 4: Puntajes de calificación de criterios de evaluación

Puntaje de calificación de Criterios	
0	No Satisface
1	Apenas Aceptable
2	Suficiente
3	Bien
4	Muy Bien (Ideal)

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 5: Evaluación de concepto de solución

N°	Propiedades técnicas y económicas	Soluciones			
		Solución 1	Solución 2	Solución 3	Solución Ideal
1	Función	1	3	4	4
2	Precisión	1	3	4	4
3	Productividad	1	3	4	4
4	Dimensiones	3	4	1	4
5	Portabilidad	4	4	1	4
6	Confiabilidad	1	3	4	4
7	Robustez	1	3	4	4
8	Seguridad	3	3	4	4
9	Ergonomía	1	4	4	4
10	Fabricación	3	4	1	4
11	Montaje	3	3	1	4
12	Mantenimiento	3	3	3	4
13	Costo de Tecnología	4	3	1	4
14	Costo de Operación	1	3	4	4
	Suma Total:	30	46	40	56

Fuente: Elaboración Propia

3.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE ENVASES PET

La base del proyecto es definir el sistema de transporte que será utilizado para automatizar la línea de etiquetado requerido, el cual permitirá la entrada y salida de los envases en el proceso.

La selección de componentes se realiza en base a la capacidad de producción requerida, las cuales tienen que garantizar un estándar de exactitud y confiabilidad que permitan operar un sistema automatizado, debido a la sincronía que se requiere.

Específicamente, en este sistema de etiquetado, se requiere un transporte continuo del sistema, el cual debe controlarse de acuerdo a las necesidades de producción del día.

3.2.1 SELECCIÓN DEL TIPO DE TRANSPORTE REQUERIDO

Debido a la aplicación, se plantea un transporte mediante cadenas, con lo cual se tiene una amplia variedad de acuerdo a las necesidades de la aplicación.

Dentro de las alternativas en la industria en general referente a transportadores horizontales, tenemos: Transportadores de tablillas y de producto apoyado sobre cadena. Debido a la aplicación, elegimos un transportador de tablillas, por estar orientado al transporte de productos que no producen grandes cargas al sistema.



FIGURA 44: Transporte horizontal en la industria alimenticia

Fuente: <http://www.simsamx.mx/transportadores>

3.2.2 PARÁMETROS DE DISEÑO

3.2.2.1 VELOCIDAD DE TRANSPORTE PRELIMINAR

Se calcula la velocidad de transporte en base a la salida de producción estimada inicialmente (envases por minuto) y el flujo de los productos (si están en fila o en masa), siguiendo las recomendaciones del manual de ingeniería del fabricante de transporte por cadena REXNORD.

Se requiere que el sistema nos brinde una producción diaria de 1200 botellas etiquetadas aproximadamente (condición inicial para diseño), las cuales deben obtenerse en un tiempo estimado inicial de 60 minutos.

Entonces, tenemos los siguientes datos:

- Velocidad de producción/etiquetado:

$$\frac{1200 \text{ botellas}}{60 \text{ minutos}} = 20 \frac{\text{botellas}}{\text{min}}$$

- Tipo de flujo del producto: Fila

La estimación de producción (20 BPM), nos indica de manera referencial que el sistema debe entregar una botella cada 3 segundos aproximadamente. Si consideramos que el sistema trabaja a velocidad constante de inicio a fin, y que la velocidad de alimentación está sujeta a la pericia del operador (inicialmente), podemos concluir que se debe alimentar el sistema en similar cantidad de tiempo (1 botella cada 3 segundos) para mantener un ciclo uniforme ideal.

Como el porcentaje de acumulación/ocupación de botellas en el transportador nunca será del 100%, podemos estimar una separación de envases de 300 mm (30 cm), con lo cual tendríamos:

$$\frac{\text{Longitud recorrida}}{\text{Longitud entre botellas}} = \frac{1000 \frac{\text{mm}}{\text{m}}}{\frac{300 \text{mm}}{\text{botella}}} = 3.3 \frac{\text{botellas}}{\text{metro}}$$

Entonces, la velocidad inicial deseada de transporte es:

$$V_{\text{cadena}} = \frac{\text{Bot/min}}{\text{Bot/m}} = \frac{20 \text{ bot/min}}{3.3 \text{ bot/m}} = 6.06 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 0.1 \text{ m/s}$$

Es importante mencionar que, para cadenas plásticas en transportadores rectos a condiciones de lubricación secas, se tiene una velocidad máxima recomendada de 80 m/min (según el manual de ingeniería del fabricante REXNORD)

3.2.2.2 DISTANCIA ENTRE EJES

La distancia entre ejes, será la correspondiente a la longitud del transportador, el cual tendrá una longitud –según diseño preliminar- de 2 metros de largo.

3.2.2.3 ANCHURA DE TRANSPORTE

El diámetro de los envases PET de 500ml es de 65.5mm aproximadamente, por lo que se requiere una anchura de transporte acorde al producto, y a su vez, que permita utilizar el sistema en otras presentaciones a futuro (750ml y 1000ml).

3.2.2.4 CONDICIONES DE TRABAJO

Las condiciones de trabajo serán normales, a temperatura ambiente, con un tiempo de trabajo diario 60 minutos a más, dependiendo del requerimiento de producción.

3.2.2.5 MATERIAL A TRANSPORTAR

Envases PET de 500ml cuyo contenido se basa en la elaboración de bebidas naturales con maíz morado y pulpa de maracuyá como materia prima industrial.

Características de envase PET a utilizar:

TABLA 6: Características técnicas de envases PET a utilizar

Características	Especificaciones generales
Material	Tereftalato de Polietileno (PET)
Color	Transparente
Tipo de finish	Short Finish 28 mm
Tipo de tapa	ROSCA
Altura (mm)	229
Capacidad (ml)	500
Diámetro (mm)	61.73
Peso (g)	16.2

Fuente: Ficha técnica de envase PET 500ml INDUCOS SAC – Perú

3.2.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE TRANSPORTE POR CADENA

En primer lugar, se establecen los siguientes criterios para la selección adecuada del material y tipo de cadena requerido:

- **Carga de trabajo**

La carga con la que una cadena se rompe no es relevante para establecer si una determinada cadena es adecuada para una aplicación específica. Más importante es la carga máxima de trabajo que puede soportar una cadena antes de que se deforme permanentemente. Hay fabricantes que ofrecen software gratuito como ayuda para determinar que cadena es la adecuada para aplicaciones específicas, teniendo en cuenta la longitud del transportador, la velocidad de la cadena, el nivel de acumulación, la lubricación, el tipo de producto y el peso.

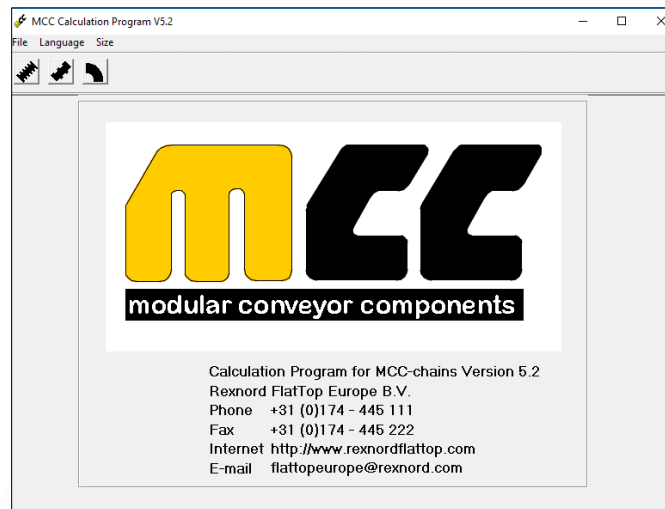


FIGURA 45: Programa de cálculo de cadenas – REXNORD

Fuente: www.rexnordflattop.com/Software.asp

- **Acabado superficial**

Cuando los productos se deslizan en una cadena, la base afectará al acabado superficial de la cadena. Si bien es cierto se suele demostrar que durante los primeros días tras la instalación se aprecia comúnmente que el acabado superficial inicial cambia a un nivel inferior, se requiere que éste se mantenga durante la vida útil de la cadena.

- **Anchura de trabajo:**

La anchura debe ser idónea para la aplicación, en la cual se requiere una gran resistencia y un control de velocidad preciso. Asimismo, se debe tomar en cuenta la anchura de fabricación de la cadena, para permitir en un futuro implementar más líneas en el sistema en un espacio reducido.

- **Propiedades de deslizamiento**

Estas dependen del material base y de los tratamientos aplicados durante el proceso de fabricación.

- **Planitud**

Durante todo el proceso de producción, la planitud se mide en las direcciones de funcionamiento (R) y de ancho (W). La planitud en la dirección de ancho es importante cuando los productos se deslizan lateralmente de una cadena a la otra. La planitud del sistema asegura que no existan vibraciones excesivas que perturben el funcionamiento (por ejemplo, para el transporte de botellas o copas).

Por este motivo, se busca que las secciones transversales de todas las cadenas sean convexas en lugar de cóncavas, para evitar que los productos se caigan. Se busca excelentes valores de planitud lateral, los cuales deben estar en las tablas de selección de cada tipo de cadena a tomar en cuenta como alternativas.

La planitud es también un factor importante cuando un producto se desplaza de un eslabón de la cadena al siguiente, ya que los productos se caerán si la planitud no es la adecuada, provocando pérdidas de producción en la línea.

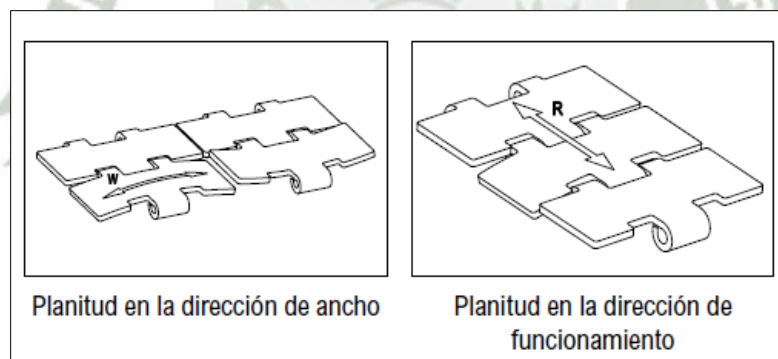


FIGURA 46: Planitud en sistemas de transporte por tablillas

Fuente: Catálogo de selección REXNORD

- **Bisagras refrendadas**

Punto muy importante en rendimiento de cintas tipo cadena en transferencias laterales a alta velocidad. Con las bisagras refrendadas se minimizan las vibraciones y se mejora el manejo del producto en el caso antes descrito al tener contacto continuo en las curvas.

3.2.4 SELECCIÓN Y CÁLCULO DE COMPONENTES DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

El transporte básico en todas las líneas de envasado y empaquetado de industrias cerveceras, lácteas, vinícolas y bebidas en general se lleva a cabo mediante transportadores por cadena de tablillas, también llamados transportadores por cadena de charnela, las cuales son fabricadas de diversos materiales según su aplicación, como polietileno, polipropileno, poliacetal, acero inoxidable, entre otros.

3.2.4.1 SELECCIÓN DE FABRICANTE

Se investigó y comparó las diversas opciones de fabricantes de este tipo de transporte, entre los cuales se tiene:

FABRICANTE	CADENAS
	
	
	

TABLA 7: Fabricantes de Cadenas para transporte en la industria en general

Fuente: Direcciones web de fabricantes de cadenas

Se buscó diferentes proveedores en el mercado nacional de las principales marcas de fabricantes de cadenas eligiendo a REXNORD por ofrecer la selección más amplia de cadenas, componentes, ruedas dentadas y accesorios en general de alta calidad para este tipo de aplicaciones obteniendo excelentes resultados en cuanto a costo/beneficio.

Asimismo, cabe resaltar que esta marca ofrece total disponibilidad en cuanto a la información de sus productos a través de su plataforma web, inclusive brindando un software gratuito de apoyo a los ingenieros proyectistas para la correcta selección de componentes del sistema.

3.2.4.2 TIPOS DE SISTEMA DE TRANSPORTE DISPONIBLES

Según el catálogo de selección del fabricante seleccionado, tenemos dos tipos de transporte por cadenas orientados al sector industrial:

A. TABLETOP CONVEYOR

Orientado para trabajos en general, sin requerimientos especiales y anchos limitados de cadena (hasta 12"). Opera a 1 sola rueda dentada en el centro de la cadena.



FIGURA 47: Cadena para sistema de transporte TableTop

Fuente: Catálogo de selección REXNORD

B. MATTOP CONVEYOR

Orientado para sistemas completos en los cuales se incluyan curvas en medio del proceso. Brinda mejor manejo de productos con bases no uniformes, teniendo una línea de anchos de cadena más amplia que TableTop.

Recomendado para transporte en distancias considerables y opera con múltiples ruedas dentadas en toda su anchura.



FIGURA 48: Cadena para sistema de transporte MatTop

Fuente: Catálogo de selección REXNORD

Elección:

En nuestro caso, se elige el sistema de transporte TableTop Conveyor de REXNORD ya que el proyecto no tiene requerimientos especiales en cuanto al transporte de los envases como anchos de cadena mayores a los 12", recorridos con grandes distancias o manejo de productos no uniformes.

3.2.4.3 SELECCIÓN DE CADENA

A. FAMILIAS DE MATERIALES:

A.1 Familia de Acetal:

Tenemos tipos como: D (Acetal Plano), LF (Low Friction), HP (High Performance), PS (Platinum Series), etc. Los cuales están orientados para aplicaciones que van desde las generales y a bajas velocidades, hasta aplicaciones de gran desgaste con alto rendimiento. Destacan los tipos LF y HP ya que están orientados a aplicaciones de envasado.

A.2 Familia de Metales:

Tenemos tipos como S (Acero al carbono) y SS (Acero inoxidable), los cuales están orientados a ambientes abrasivos y corrosivos.

A.3 Familia de plásticos especiales:

Tenemos tipos orientados a aplicaciones donde la estática y conductividad eléctrica es fundamental.

Como se mencionó, tenemos soluciones de cadenas de metal (acero) y de termoplástico moldeado con diferentes características. Las cadenas de acero son utilizadas para productos abrasivos y de altas temperaturas. Es por ello que se aplican comúnmente en la manipulación de productos químicos o soluciones de limpieza agresivos que pueden corroer una cadena de material termoplástico.

Por tanto, al no operar en ambientes corrosivos y de alto desgaste, elegimos utilizar cadenas de Acetal (plástico), las cuales tienen las siguientes características:

- Adecuado para materiales de baja fricción.
- Ideal para aplicaciones de embotellado lubricado y de funcionamiento en seco.
- Asegura las correctas propiedades de deslizamiento utilizando varios materiales extras en las cadenas los cuales están especialmente definidos para cada aplicación. Por ejemplo: Caucho, para planos inclinados.
- Fácil montaje y desmontaje: Se puede operar desde ambos lados.
- Se tiene un paso estándar de 85mm habitual entre las distintas vías de un transportador multivía del sector de embotellado.
- Las cadenas de plástico son ideales para aplicaciones más ligeras y a su vez, más económicas.

Dentro de las cadenas de plástico, tenemos las siguientes series, según la aplicación específica:

TABLA 8: Series de Cadena tipo Charnela de Plástico

Rexnord/MCC	
XL	Acetal con baja fricción que reduce el desgaste hasta en un 15 % sobre acetal sencillo; destinado a aplicaciones de alto rendimiento a velocidades entre moderadas y altas para el transporte general en transportador.
LF	Acetal de baja fricción (POM) y mezcla especial de lubricantes. Puede reducir el desgaste hasta en un 15% sobre acetal sencillo; está destinado a aplicaciones de alto rendimiento a velocidades entre moderadas y altas para el transporte general en transportador.
HP	Acetal de alto rendimiento autolubricado (POM), con capacidad para reducir el desgaste hasta en un 40 % sobre acetal sencillo; destinado a aplicaciones de alta velocidad y lubricación reducida o funcionamiento en seco.

Fuente: Catálogo de selección Rexnord

Cabe resaltar que el material utilizado en la fabricación de estas cadenas es: El Polioximetileno (POM), Polióxido de metileno, también llamado Poliacetal, Acetal o Poliformaldehído el cual es un termoplástico cristalino de alta rigidez, usado en piezas de precisión que requieren alta rigidez, baja fricción y una excelente estabilidad dimensional.

Asimismo, el fabricante nos ofrece una tabla comparativa de acuerdo a la aplicación y el material de la cadena con sus consideraciones específicas.

TABLA 9: Aplicación según material para cadena tipo charnela de plástico

Material De La Cadena	Manejo en masa	Alineador estándar	Alineador / PET / alta velocidad	Húmedo abrasivo	Seco abrasivo
XL	Mejor elección	Opcional			
LF	Mejor elección	Opcional			
HP	Mejor elección	Mejor elección	Mejor elección	Opcional	Opcional
PSX	Mejor elección	Mejor elección	Mejor elección	Opcional	Opcional
BWX					Mejor elección
DKA				Mejor elección	Opcional

Opcional
Mejor elección

Fuente: Catálogo de selección Rexnord

Para nuestro caso, al no requerir una aplicación alto desgaste (cargas elevadas ni circunstancias abrasivas) descartamos las series BMX y DKA.

Si bien es cierto, el fabricante recomienda utilizar la línea HP para aplicaciones de envasado PET por ser líneas de alta velocidad y a su vez porque ese tipo de material tiene un 40% más de reducción de desgaste sobre el acetal sencillo (a diferencia del 15% de reducción de desgaste del tipo LF sobre acetal sencillo), en nuestro caso estos últimos detalles no son primordiales al no operar el equipo continuamente en la línea de producción, ni requerir altas velocidades al tener una demanda de producción limitada a 1200 envases por día, inicialmente.

Ahora, se presenta mediante una tabla, las bondades de cada una de las alternativas antes descritas para los distintos tipos de materiales, tanto en metal como en termoplástico.

TABLA 10: Características del material respecto al tipo de cadena

Material Characteristics	Metal			Thermoplastic													
	S	SS	SSB	HP WHP	LF WLF	D WD	BWR	AS HCAS	ESD	HS	P	CR	MR	DUV	FR	PS PSX	WX BWX
Impact-Resistant	•	•	•				•					•	•				•
Wear-Resistant	•	•	•	•	•		•									•	•
Chemical-Resistant*		•	•									•	•				
High-Strength	•	•	•	•	•	•	•			•	•	•	•	•		•	•
Low Frictional Characteristics				•	•	•										•	
Capability to Run Dry in Corners				•	•		•						•			•	•
Suitability in Wet Environments		•	•	•	•	•				•	•	•		•	•	•	
Low-Temperature Capability (to 40°F)	•	•	•	•	•	•	•			•			•	•		•	•
High-Temperature Capabilities (to +180°F)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•
Ultra Violet Capabilities	•	•	•				•					•	•				•
Suitability for Class II (nuisance static)	•	•	•					•	•								
Suitability for Class I (explosive static)		•	•														
Non-magnetic Qualities		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Flame Retardance	•	•	•									•			•		
Capability to Convey Hot Products (to +375°F)	•	•	•										•				•
FDA Approval		•	•	•	•	•					•	•				•	

Fuente: Rexnord TableTop and MatTop Chain Engineering Manual

Por tal, sumando a lo antes expuesto que ambas poseen las mismas cargas máximas de trabajo (1230N), las mismas alternativas en lo que respecta a anchos de cadena, el mismo peso (kg/m), el mismo radio de giro opuesto a la bisagra, el mismo grosor de la tablilla y tomando en consideración que la serie LF es la más comercial en nuestro mercado siendo fabricada con el mismo material que la serie HP, se elige esa opción, con miras a una futura disponibilidad en cuanto a repuestos al final de su vida útil o para el mantenimiento periódico y a fin de reducir costos que no son absolutamente necesarios para el objetivo del proyecto.

Por otro lado, en la guía de resistencia a la corrosión (Tabla 11), se aprecia que para todos los tipos de Acetal (LF, HP, etc) las pruebas realizadas a jugos de frutas (Fruit Juices) –lo cual refiere al líquido transportado- fueron satisfactorias.

TABLA 11: Guía d Resistencia a la corrosión

Common or Chemical Name	Carbon Steel	Austenitic	Acetal	Nylon and Nylatron	Polyester	Chemically Resistant Fluorinated Polymer	Polypropylene	Polyethylene	Neoprene	EPDM
	S	SS, SSB	AS, HCAS, DUV, HP, LF, PS, PSX, WD, WHP, WLF	BWR, HS, MR, WX, BWX	P, FR	CR	ESD	UHMWPE		
Acetic Acid (over 5%-up to 50%)	U	M	U	M	S	S	S	S	M	S
Acetone	U	S	S	S	S	U	S	S	M	S
Alcohol	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Ammonia	M	S	U	S	S	S	S	S	S	S
Beer	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Beverages-Soft Drinks	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Benzene	S	S	S	S	S	S	M	M	M	U
Brine (pickle)	U	M	M	M	S	S	S	S	S	S
Carbon Tetrachloride	M	M	S	S	S	U	M	M	U	U
Chlorine	U	U	U	U	S	S	S	S	U	M
Citric Acid	U	S	M	M	S	S	S	S	S	S
Cyclohexane	-	-	S	-	-	S	U	U	S	S
Ethyl Chloride	-	S	S	S	S	S	M	M	M	M
Formaldehyde	S	S	S	S	S	M	S	S	S	S
Formic Acid	U	U	U	U	S	S	S	S	M	M
Fruit Juices	U	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Gasoline	S	S	S	S	S	S	M	M	S	U
Hexane	-	S	S	-	S	S	S	U	S	U
Hydrochloric Acid (up to 2%)	U	U	U	U	S	S	S	S	M	S
Hydrochloric Acid (up to 37%)	U	U	U	U	S	S	M	S	U	M
Hydrogen Peroxide	U	S	U	U	S	S	M	S	M	S
Iodine	U	U	U	U	U	M	M	M	U	U
Isopropanol (isopropyl alcohol)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Lactic Acid	U	S	S	M	S	M	S	S	S	S
Methylene Chloride	-	S	S	-	U	M	S	U	U	U
Milk	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Muriatic Acid	U	U	U	U	S	S	M	S	U	M
Nitric Acid (low concentrations)	U	S	U	U	S	S	S	S	M	S
Oil (vegetable or mineral)	S	S	S	S	S	M	S	S	S	U
Ozonated Water	S	S	M	U	S	S	M	S	U	S
Paraffin	S	S	S	S	S	S	S	S	S	U

Fuente: Rexnord TableTop and MatTop Chain Engineering Manual

Siendo:

M=Marginal

S=Satisfactorio

U=Insatisfactorio

B. LONGITUD MÍNIMA Y MÁXIMA DE LA CADENA

Lo longitud mínima de la cadena recomendada por el fabricante es de 30" (0.76m) para nuestro caso, lo cual concuerda con la longitud del transportador de 2.0 metros propuesto inicialmente.

Asimismo, se debe considerar que las longitudes máximas del transportador no deben ser mayores a 30 metros (98.42 pies) por impulso (independiente de la carga).

C. SELECCIÓN DE TIPO DE BISAGRA DE LA CADENA

Para el proyecto, se requiere el tipo de cadena recta, dentro de la cual tenemos variantes según la aplicación específica:

- Bisagra simple
- Bisagra simple para carga elevada.
- Bisagra simple patillo grueso.
- Bisagra doble.
- Bisagra doble para altas prestaciones.

Por ser una aplicación que no requiere cargas elevadas ni altas prestaciones, se elige el tipo Bisagra Simple dentro de las variedades que ofrece el tipo de cadena recta según catálogo (Ver Anexo N°1):

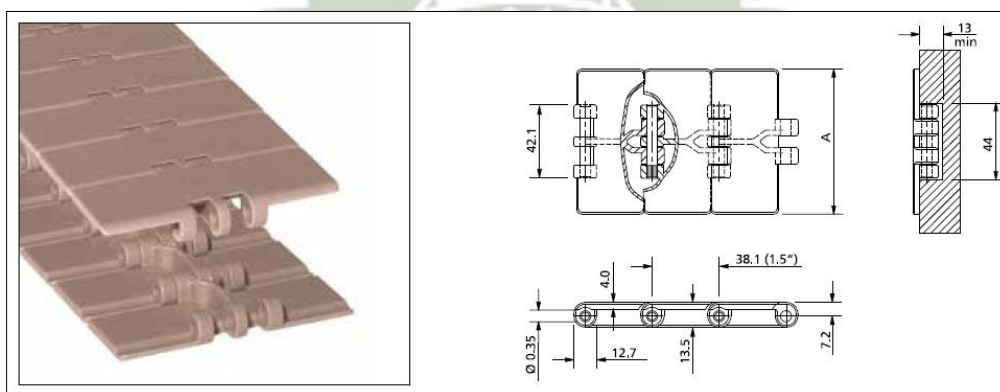


FIGURA 49: Cadena recta de Bisagra Simple

Fuente: Catálogo de selección Rexnord

TABLA 12: Selección final de cadena según tipo de bisagra

Tipo de cadena	N° de código	Ancho		Peso	Carga de trabajo (máx.)	Radio de giro opuesto a bisagra (mín.)	Grosor de la tablilla
		mm	pulgadas				
Acetal LF							
LF 820-K250	L0820667731	63.5	2.50	0.73	1230	50	4.0
LF 820-K325	L0820603761	82.5	3.25	0.83			
LF 820-K325 pasador de plástico*	L0820613711	82.5	3.25	0.63	1200		
LF 820-K343	L0820666361	87.0	3.43	0.85	1230		
LF 820-K350	L0820603771	88.9	3.50	0.87			
LF 820-K400	L0820603781	101.6	4.00	0.95			
LF 820-K450	L0820603791	114.3	4.50	1.03			
Acetal HP							
HP 820-K325	L0820613041	82.5	3.25	0.83	1230	50	4.0
HP 820-K343	L0820670561	87.0	3.43	0.85			
HP 820-K350	L0820669071	88.9	3.50	0.87			
HP 820-K400	L0820649231	101.6	4.00	0.95			
HP 820-K450	L0820613051	114.3	4.50	1.03			
HP 820-K600	L0820613061	152.4	6.00	1.25			
HP 820-K750	L0820613071	190.5	7.50	1.47			

Fuente: Catálogo de selección Rexnord

En la cual se aprecia las distintas series recomendadas anteriormente. Para nuestro caso, el tipo LF 820-K325 se ajusta a nuestras necesidades.

- LF: Serie/Material
- 820: Tipo
- K325: Ancho en pulgadas

3.2.4.4 SELECCIÓN DE RUEDA DENTADA (SPROCKET) Y RUEDA GUÍA (IDLER WHEEL)

Al igual que las cadenas, tenemos una variedad de materiales en cuanto a las ruedas dentadas y ruedas guía, orientados a múltiples aplicaciones:

A. MATERIAL PLÁSTICO:

- Acetal (N): Buena resistencia a la corrosión. Rangos de temperatura: -40°C a +82°C.
- Heat-Stabilized Nylon (HS): Rangos de temperatura: +4°C a +116°C.

- LF Acetal (LF): Solo disponible para ruedas guía, con auto lubricación.
- Glass-Reinforced Nylon (NS): Rueda dentada partida para facilidad de montaje y desmontaje, con excelentes propiedades de resistencia al desgaste. Rangos de temperatura: -40°C a +82°C).

B. MATERIAL METÁLICO:

- Semi-Steel (Hierro fundido): Usos en ambientes abrasivos, pero no corrosivos.
- Stainless Steel (Acero Inoxidable -SS): Uso en ambientes corrosivos y abrasivos como procesamiento de vegetales.

TABLA 13: Tabla de selección de ruedas dentadas (Sprocket)

Tipo de piñón	N° de código	N° de dientes	Eje	Diámetro primitivo	Diámetro exterior	Ancho (dientes)	Ancho del cubo	Diámetro del cubo
			B	E	F	C	A	H
			mm/pulg.	mm	mm	mm	mm	mm
Piñones Partidos, Inyectados - NS 820								
Ejes métricos								
NS820 21-25	L0820664341	21	25	129.3	129.5	52.0	51.0	60
NS820 21-30	L0820664351	21	30	129.3	129.5	52.0	51.0	
NS820 21-35	L0820664361	21	35	129.3	129.5	52.0	51.0	
NS820 21-40	L0820664371	21	40	129.3	129.5	52.0	51.0	
NS820 21-45	L0820664381	21	45	129.3	129.5	52.0	51.0	
NS820 23-25	L0820662531	23	25	141.2	142.0	52.0	51.0	
NS820 23-30	L0820662541	23	30	141.2	142.0	52.0	51.0	
NS820 23-35	L0820662551	23	35	141.2	142.0	52.0	51.0	
NS820 23-40	L0820662561	23	40	141.2	142.0	52.0	51.0	

Fuente: Catálogo de selección Rexnord

Entonces, seleccionamos para la rueda rentada y rueda guía (tambor loco) el tipo NS (Glass-Reinforced Nylon) (Ver Anexo N°2 y N°3), el cual nos ofrece ventajas en la facilidad de montaje y desmontaje por ser piñones/poleas partidos respectivamente, asimismo por tener buenas propiedades respecto a la resistencia al desgaste.

Cabe resaltar, que para anchos de cadena recta de 3.25in (82.5mm) el fabricante recomienda utilizar una rueda dentada de 21 dientes al utilizar el tipo NS. Ruedas dentadas con mayor cantidad de dientes, están orientadas a cadena de tablillas con anchos iguales o superiores a 6”.

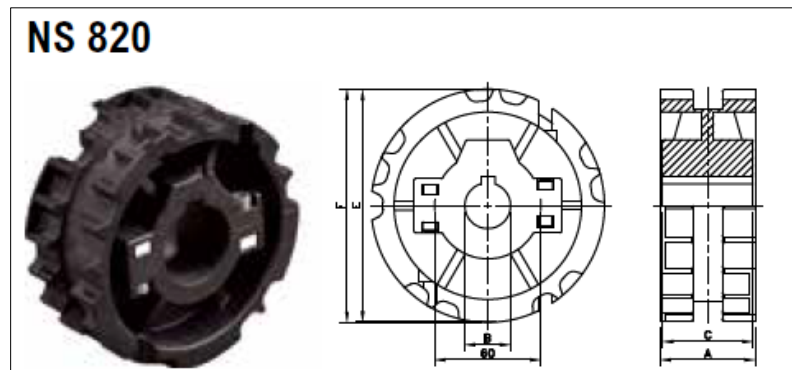


FIGURA 50: Rueda dentada (Sprocket)

Fuente: Catálogo de selección Rexnord.

Cabe resaltar que la designación según catálogo para el tambor loco es NSXT.



FIGURA 51: Rueda dentada (Sprocket) y rueda guía (Idler wheel)

Fuente: Elaboración propia.

3.2.4.5 SELECCIÓN DE GUÍAS DE DESGASTE (WEARSTRIP)

Este punto es fundamental en el diseño y selección de un transportador de cadena, ya que la guía de desgaste será uno de los principales responsables de la vida óptima del sistema. El objetivo principal de las guías de desgaste es reducir la fricción presente en el transportador.

Tenemos los siguientes tipos:

Material Plástico:

- Acetal: No recomendado para usar con cadenas del mismo material.
- Nylatron: Orientado a aplicaciones secas de baja fricción y desgaste. No apto para ambientes húmedos. Típicamente usado en curvas.

Material Metálico:

- Aluminio: No recomendado por tener pobre resistencia al desgaste.
- Acero: Recomendado para aplicaciones abrasivas y de alta temperatura.
- Acero Inoxidable: Recomendado para aplicaciones abrasivas, de altas temperaturas y además en ambientes corrosivos.

Materiales Especiales:

- Teflón: Recomendado solo para aplicaciones de muy baja velocidad.
- UHMWPE (Ultra High Molecular Weight Polyethylene): Polietileno de ultra alto peso molecular, recomendado para aplicaciones húmedas y secas en transportadores rectos y curvos. No recomendado para entornos o condiciones abrasivas. Menor coeficiente de fricción que los metales.

Elección

Entonces, seleccionamos una guía de desgaste del tipo UHMWPE por las condiciones de trabajo que se tendrán (Ver Anexo N°4):.



FIGURA 52: Cinta de desgaste (WearStrip)

Fuente: Catálogo Rexnord / Elaboración propia

3.2.4.6 DISEÑO DE RETORNO DE CADENA

A. RODILLOS DE RETORNO

El retorno de la cadena se lleva a cabo en base a rodillos, los cuales siempre deben girar libremente.

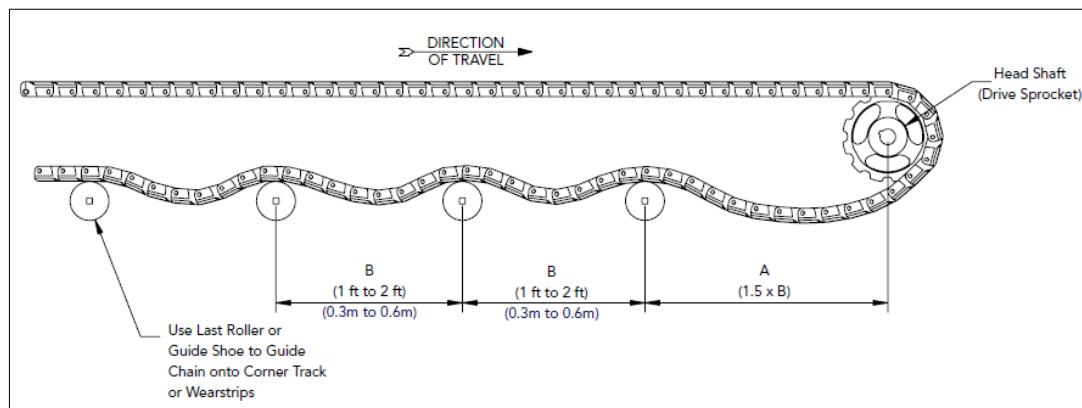


FIGURA 53: Distribución de rodillos de retorno

Fuente: Rexnord TableTop and MatTop Chain Engineering Manual

Según recomendación del manual de ingeniería del fabricante, la distancia “A” de la figura anterior, que es la distancia entre el eje de la cabeza motriz y primer rodillo de retorno, tiene que ser 1.5 a 2 veces más grande que la distancia entre rodillos de retorno “B”.

Entonces, para una distancia “B” de 0.5m, podemos establecer como diseño una distancia “A” de 1.0 m (lo cual es 2 veces la distancia “B”).

Para el diseño propuesto se requieren 3 rodillos de retorno, los cuales se seleccionan de acuerdo a catálogo como se muestra a continuación:



FIGURA 54: Rodillos de Retorno

Fuente: Elaboración propia

Part. S0556 ■ Rodillo

Ø 60 mm

Ø eje mm	Ø agujero Df mm	Code
15	15,5	695221
16	16,5	695231
18	18,5	695241
20	20,5	695251

- Material: polietileno PE (negro).
- Confección: 100 piezas.

FIGURA 55: Selección de rodillos de retorno

Fuente: Catálogo Marbett (Rexnord) Componentes para transportador

Siendo la configuración de montaje la siguiente:

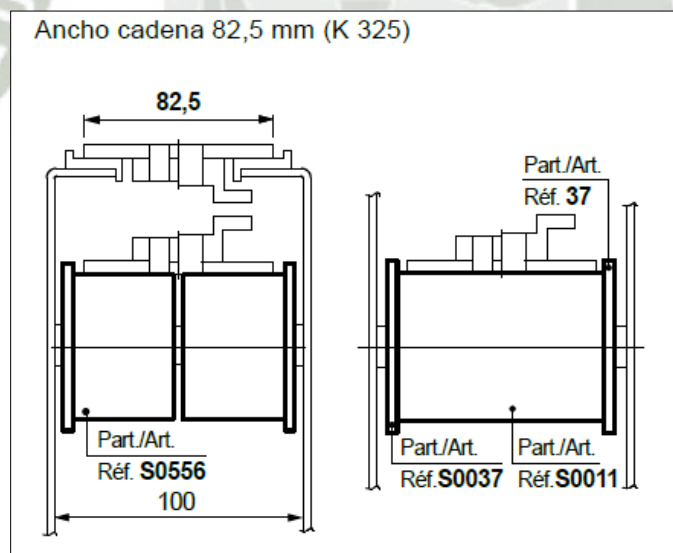


FIGURA 56: Configuración de montaje de rodillos de retorno

Fuente: Catálogo Marbett (Rexnord) Componentes para transportador

Con, lo cual, la configuración tomaría la siguiente forma:

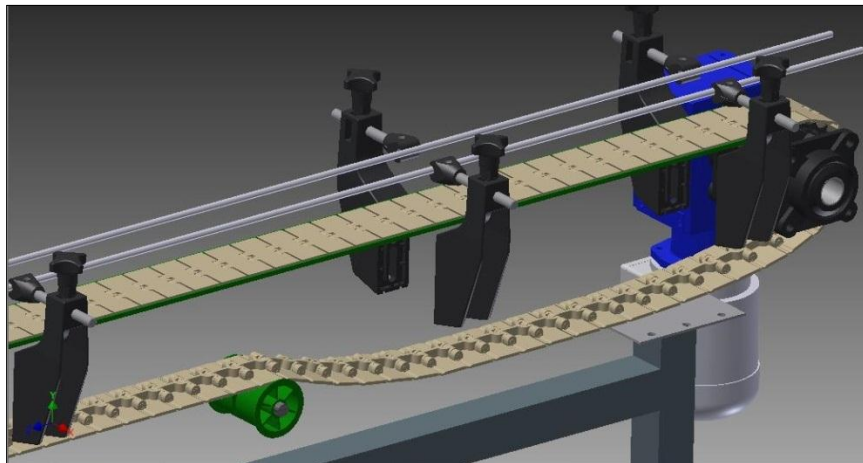


FIGURA 57: Modelo 3D de retorno de cadena (Autodesk Inventor)

Fuente: Elaboración propia

B. UBICACIÓN DE LA RUEDA DENTADA Y GUÍA DE DESGASTE

La ubicación de la rueda dentada con respecto a la guía de desgaste viene definida por tres valores, según la ecuación 3.1:

$$A = \frac{D_p}{2} + E \quad \text{Ec. (3.1)}$$

D_p: Diámetro primitivo de la rueda dentada.

E: Distancia del centro del eje de la rueda dentada a la parte superior de la guía de desgaste.

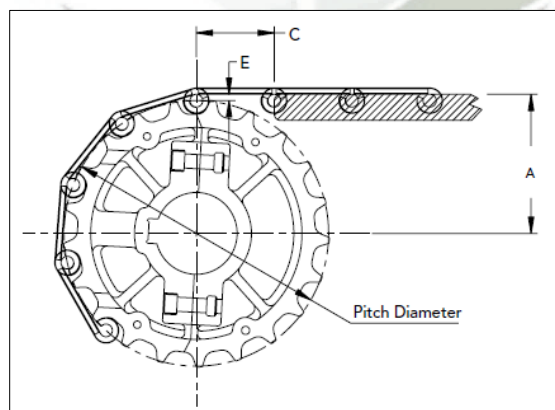


FIGURA 58: Ubicación de la rueda dentada y guía de desgaste

Fuente: Rexnord TableTop and MatTop Chain Engineering Manual

Entonces, los valores de “C” y “E” vienen dados por la siguiente tabla:

TABLA 14: Distancias de montaje entre rueda dentada y cadena

Shaft Drop Values				
Chain Series	"C"		"E"	
	Dimension		Dimension	
	in	mm	in	mm
60	1.50	38.1	0.125	3.18
66	1.50	38.1	0.125	3.18
1673	1.50	38.1	0.650	16.51
LPC279	1.50	38.1	0.470	11.94
770	1.00	25.4	0.141	3.58
812	1.50	38.1	0.125	3.18
815	1.50	38.1	0.125	3.18
820	1.50	38.1	0.125	3.18
821	1.50	38.1	0.125	3.18
LBP821	1.50	38.1	0.125	3.18
831	1.50	38.1	0.094	2.39
843	1.00	25.4	0.234	5.94
845	1.00	25.4	0.234	5.94
863	1.50	38.1	0.406	10.31
879	1.50	38.1	0.109	2.77
880	1.50	38.1	0.141	3.58
881	1.50	38.1	0.125	3.18
882	1.50	38.1	0.188	4.78

Fuente: Rexnord TableTop and MatTop Chain Engineering Manual

Entonces, si se utiliza una rueda dentada NS820 21 (serie 820), tenemos un diámetro primitivo de 129.3 mm (según catálogo Rexnord). Por tanto:

$$A = \frac{D_p}{2} + E$$

$$A = \frac{129.3 \text{ mm}}{2} + 3.18$$

$$A = 67.83 \text{ mm}$$

C. UBICACIÓN DE TAMBOR O POLEA LOCA (IDLER WHEEL)

Esta combinación se usa cuando se tiene una sola pieza de cadena, la cual representa este caso. A fines de hacer un sistema más fluido, el tambor loco se monta ligeramente más abajo que el perfil de desgaste.

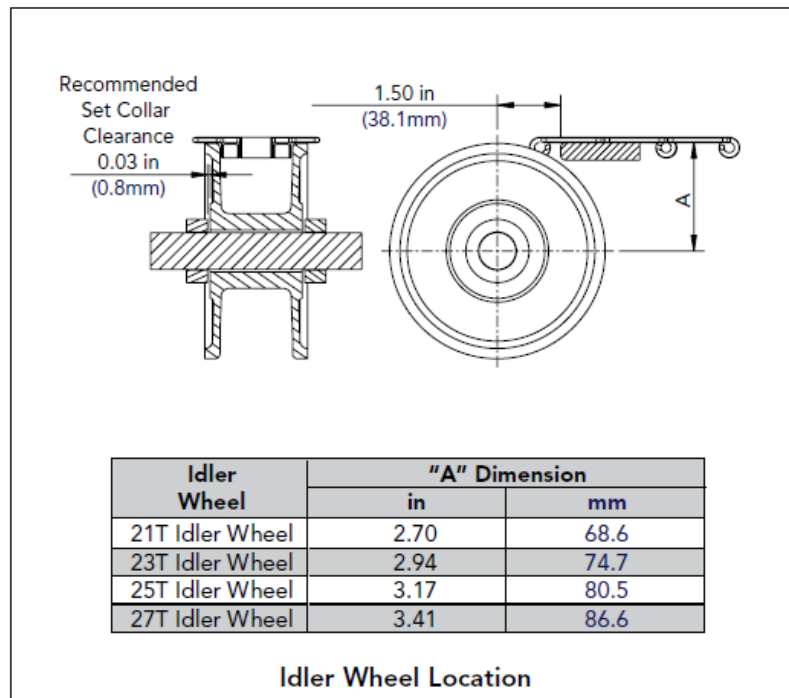


FIGURA 59: Ubicación de tambor o polea loca (Idler Wheel)

Fuente: Rexnord TableTop and MatTop Chain Engineering Manual

Entonces, según la tabla anterior, para un tambor loco con designación 21, tenemos una distancia "A" de 68.6 mm, lo cual deberá ser tomado en cuenta para el montaje del transportador.

D. TAMAÑO DE CHAVETA (KEYWAY) Y TORNILLOS DE AJUSTE (SETSCREW)

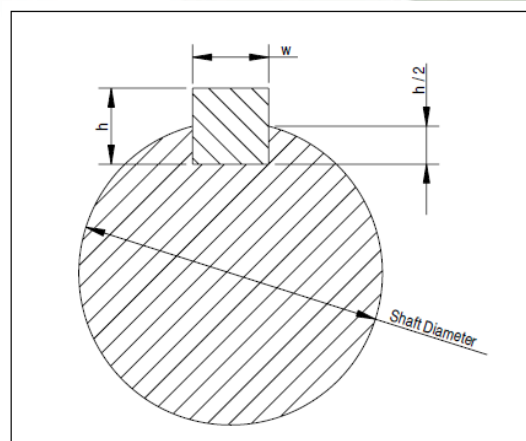


FIGURA 60: Esquema de chaveta

Fuente: Rexnord TableTop and MatTop Chain Engineering Manual

Para un eje entre 22mm y 30mm, tenemos los siguientes parámetros de diseño:

TABLA 15: Dimensiones de chaveta según diámetro de eje

Metric:

Shaft Diameter	Key Width (w)	Key Height (h)	Keyseat Depth (h/2)	Setscrew Size
> 22mm to 30mm	8mm	7mm	3.5mm	M6 x 1
> 30mm to 38mm	10mm	8mm	4mm	M8 x 1.25
> 38mm to 44mm	12mm	8mm	4mm	M10 x 1.5
> 44mm to 50mm	14mm	9mm	4.5mm	M10 x 1.5
> 50mm to 58mm	16mm	10mm	5mm	M12 x 1.75
> 58mm to 65mm	18mm	11mm	5.5mm	M12 x 1.75

Fuente: Rexnord TableTop and MatTop Chain Engineering Manual

Entonces, tenemos un ancho de chaveta de 8mm, un largo de 7mm, con un tamaño de tornillo de ajuste: M6x1.

3.2.4.7 CONSIDERACIONES DE MONTAJE:

A. DISTANCIA DE GUÍA (GUIDE CLEARANCE)

La distancia de separación entre las guías de desgaste que servirán de apoyo a la cadena es fundamental tanto en transportadores rectos como curvos.

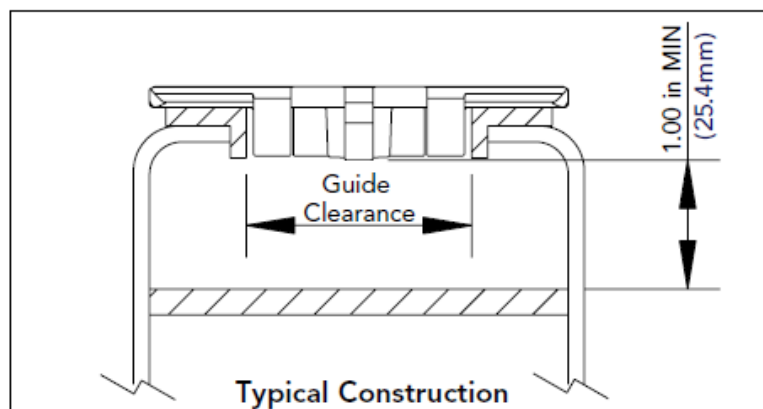


FIGURA 61: Distancia entre guías de desgaste para un recorrido recto

Fuente: Rexnord TableTop and MatTop Chain Engineering Manual

Para transportadores rectos, se tienen valores estandarizados según la siguiente tabla.

TABLA 16: Distancia de separación entre guías de desgaste

Chain Style		60 66 812 815 820 831	821	1864	866	843	863 963	863T
Guide Clearance	in	1.75	5.50	1.38	1.63	0.94	1.44	1.31
	mm	44.5	139.7	35.1	41.3	23.9	36.5	33.3

Fuente: Rexnord TableTop and MatTop Chain Engineering Manual

Por lo cual, se tiene una distancia recomendada de 44.5 mm (1.75 pulgadas) para el estilo de cadena seleccionada en el paso anterior (820).

Entonces, la distancia de guía adoptará la siguiente forma:

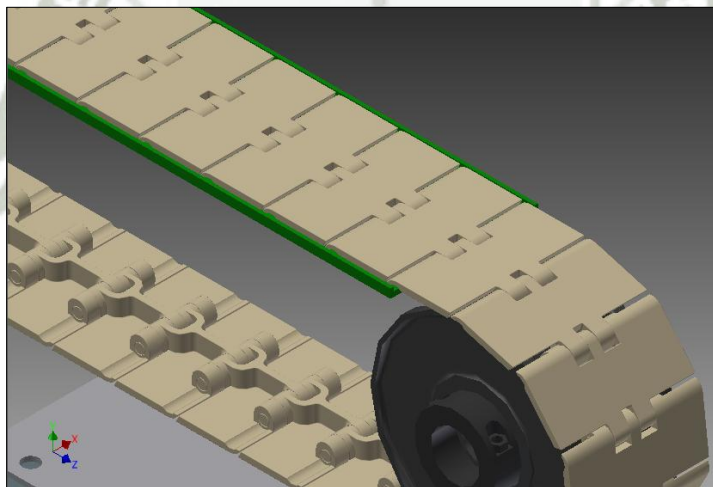


FIGURA 62: 3D distancia de separación entre guías de desgaste.

Fuente: Elaboración propia

3.2.4.8 SELECCIÓN DE COMPLEMENTOS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

A. ANILLOS DE FIJACIÓN

Elemento necesario cuya función es fijar la rueda de reenvío (Idler Wheel), ya que ésta va montada al eje de manera que pueda girar libremente (sin chaveta).

Por lo tanto, el montaje del anillo de fijación es fundamental para mantener alineado el retorno de la cadena.

Se selecciona un anillo de fijación con orificio de 30mm de acuerdo a la rueda de reenvío seleccionada con anterioridad (Ver Anexo N°4):



FIGURA 63: Anillo de fijación

Fuente: Catálogo FlatTop Rexnord – Componentes Marbett

B. SOPORTES LATERALES DEL PRODUCTO

- **Soportes laterales:**

Se seleccionan soportes laterales con ajuste roscado, los cuales estarán montados a lo largo del sistema de transporte con el fin de dar soporte a las barandas laterales que guía el producto.

El soporte está compuesto de una base fabricada en poliamida, con un inserto hexagonal en latón niquelado y ajuste roscado en acero inoxidable austenítico.

- **Mordaza porta-guías**

Fabricada en poliamida reforzada. Cuenta con un perno de acero inoxidable austenítico, así como una tuerca de fijación de latón niquelado. (Ver Anexo N°4):

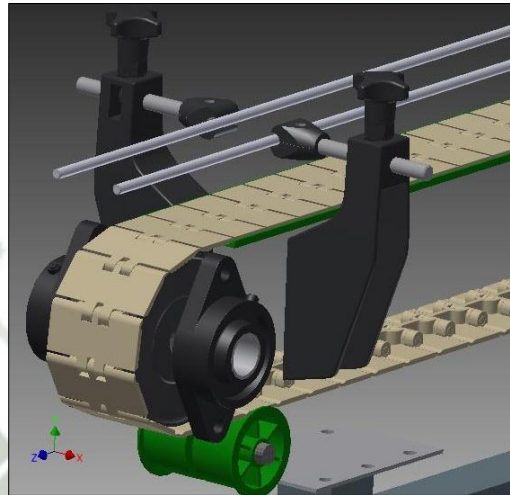


FIGURA 64: Esquema de montaje de soportes laterales y porta-guías

Fuente: Elaboración propia

C. BARANDILLAS

Se utiliza como barandillas, tubos redondos de acero inoxidable, ya que el contacto con el producto es latente a lo largo del proceso

El diámetro seleccionado, según la mordaza porta-guías es de 12mm

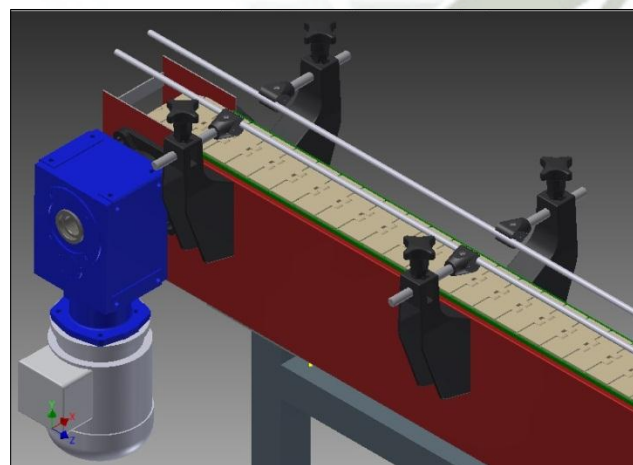


FIGURA 65: Configuración de montaje de barandillas y porta-guías

Fuente: Elaboración propia

D. NIVELADORES DE PIE

Con el fin de mantener una perfecta alineación del sistema de transporte diseñado, es necesario utilizar niveladores de pie en la estructura soporte, los cuales están fabricados de poliamida.

Se selecciona 4 niveladores con una base de 4 pulgadas de diámetro y un espárrago en acero inoxidable con designación M12.



FIGURA 66: Nivelador de pie

Fuente: Elaboración propia

E. CHUMACERAS

Las chumaceras es una combinación de un alojamiento de hierro fundido de alto grado, un rodamiento radial de bolas sellado y deflector.

La superficie exterior del rodamiento y la superficie interior del alojamiento son esféricas, para que la unidad sea auto-alineable.

Se seleccionan chumaceras de pared con un diámetro de eje de 25mm.



FIGURA 67: Chumacera de pared de 25mm

Fuente: Elaboración propia

3.2.4.9 LUBRICACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

Se recomienda que el sistema esté lubricado siempre que la aplicación lo permita, ya que no solo reduce la fricción (lo cual reduce la tensión en la cadena) sino que mejora la vida útil de la cadena y guías de desgaste.

- Se debe lubricar tanto la cadena como la guía de desgaste, teniendo en cuenta que la calidad y frecuencia de lubricación determinan la longevidad o vida útil de la cadena.
- En aplicaciones comunes se utiliza un grado de lubricante ISO 68 (equivalente a SAE 20).

3.2.5 CÁLCULO DE POTENCIA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

En esta parte se realiza el cálculo de la potencia necesaria para accionar el sistema de transporte, para lo cual, se debe tomar en cuenta algunos parámetros preliminares, los cuales se muestran a continuación:

3.2.5.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

A. PRODUCCIÓN REQUERIDA

La producción estimada requerida (inicialmente) es de 1200 botellas por hora. Cabe resaltar que en el mercado se cuenta con líneas de producción con capacidad de etiquetar 4800 botellas por hora o más, pero al no requerir una producción continua, se establece la cantidad mencionada.

B. DIMENSIONES DE ENVASES

El sistema será capaz de etiquetar envases de hasta 1 litro, ya que el ancho de la cadena de transporte por tablillas se establece en 82.5mm.

El diseño se centrará primordialmente en botellas de ½ litro, ya que la producción inicial requerida está orientada a esa capacidad de volumen, la cual tiene 61.73mm de diámetro, 229mm de alto y 16.2 gr de peso según Tabla N°6.

C. VELOCIDAD DE TRANSPORTE

Se considera la velocidad de transporte preliminar calculada en el punto 3.2.2.1 del presente capítulo, la cual es de 0.1 m/s.

Ahora, teniendo en cuenta que contamos con una rueda motriz (Sprocket) con diámetro 129.5mm (según catálogo Rexnord).

Entonces:

$$\text{Perímetro de Sprocket} = \pi \cdot D = (3.1416) (0.1295\text{m}) = 0.407 \text{ metros}$$

Por lo tanto, tenemos que 1 revolución nos da 0.407 metros de avance.

Luego,

$$RPS = \frac{V_{transportador}}{\text{Perímetro}} = \frac{0.1 \frac{m}{s}}{0.407 m} = 0.25 \text{ rps} = 14.7 \text{ RPM}$$

Otra forma de calcular la velocidad angular es utilizando la ecuación 3.2

$$\omega = \frac{v}{r} \quad \text{Ec. (3.2)}$$

Donde:

ω : Velocidad angular [Rad/s]

v: Velocidad lineal [m/s]

r: Radio [m]

$$\omega = \frac{0.1 \frac{m}{s}}{\frac{0.1295}{2} m}$$

$$\omega = 1.54 \frac{rad}{s} = 14.7 \text{ RPM}$$

Entonces, la velocidad en la rueda motriz (Sprocket) es de 14.7 RPM.

D. PESO DEL PRODUCTO

Se considera que el peso de una botella PET de 500ml es de 16.2 gramos según tabla N°6, si agregamos el peso de la tapa y etiqueta nos da un peso total por envase de 20 gramos aproximadamente, lo que sumado al peso del producto

(jugo) nos brinda un valor de 520 gramos aproximadamente para esta presentación.

Considerando situaciones extremas (para diseño), en la cual se establece un porcentaje de acumulación de 100% en el sistema de transporte, tenemos que:

- Si el diámetro del envase es de 61.73 mm = 0.06173 m (Tabla N°6).
- En 1 metro, tendremos un total de 16.2 botellas con un peso de 8.424 Kg.
- Con lo que tenemos: $Carga = 8.424 \frac{Kg}{m}$

3.2.5.2. CÁLCULO DE POTENCIA DE ACCIONAMIENTO

A. CÁLCULO MANUAL DE POTENCIA DE ACCIONAMIENTO

Para el cálculo de la potencia de accionamiento se considera el manual de “Construcción de Transportadores de Tablilla” de la empresa IPS Parker, fabricante de tecnologías y sistemas de movimiento y control diversificado líder en el mundo en el sector industrial y el aeroespacial.

Previo a la aplicación del manual en referencia, se verificó que las características de la cadena de tablilla especificada en el manual, eran exactamente iguales a las empleadas en el desarrollo del proyecto en lo que refiere a: Material, ancho y paso de cadena, peso, espesor y configuración de acuerdo a la dirección de movimiento, tal cual se aprecia en siguiente imagen:

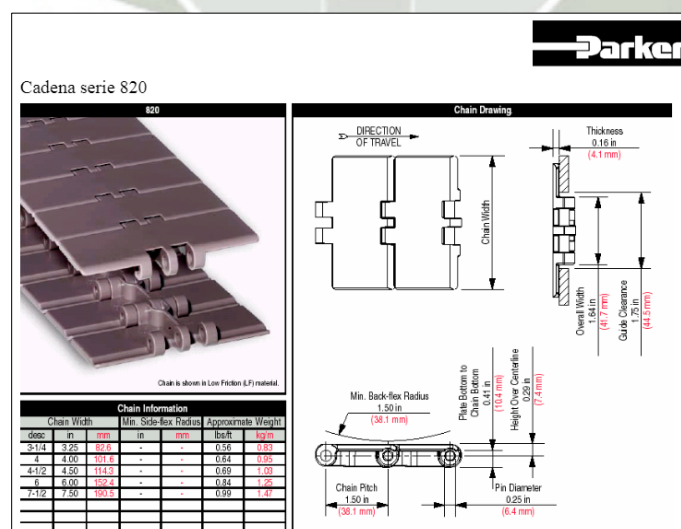


FIGURA 68: Cadena Serie 820 – PARKER IPS

Fuente: Manual de construcción de transportadores de tablilla IPS - PARKER

Entonces, aplicamos la Ec. 3.3 para el cálculo de potencia en transportadores rectos.

$$P = \frac{0.75(V)(L)(WP+2WC)}{33000} \quad \text{Ec. (3.3)}$$

Donde:

V: Velocidad del transportador (Pies/min).

L: Longitud del transportador en pies.

WP: Peso del producto por pie de cadena.

WC: Peso de la cadena por pie.

Entonces, tenemos como datos:

$$V = 0.1 \text{ m/s} = 19.685 \text{ pies/min}$$

$$L = 2\text{m} = 6.56 \text{ pies.}$$

$$WP: 8.424 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} = 5.66 \frac{\text{lbs}}{\text{pie}}$$

$$WC: 0.83 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} = 0.56 \frac{\text{lbs}}{\text{pie}}$$

$$P = \frac{0.75(19.685 \text{ pies/min})(6.56 \text{ pies})(5.66 \frac{\text{lbs}}{\text{pie}} + 2(0.56 \frac{\text{lbs}}{\text{pie}}))}{33000}$$

$$P = 0.0199 \text{ HP} = 14.84 \text{ W}$$

B. CÁLCULO DE POTENCIA DE ACCIONAMIENTO MEDIANTE SOFTWARE

Se utilizará el Software MCC, el cual es un programa proporcionado por el fabricante del sistema de transporte empleado, y está orientado a brindar de manera rápida los principales datos requeridos del proceso, como son: Velocidad, torque, potencia, etc.

Iniciamos el programa.

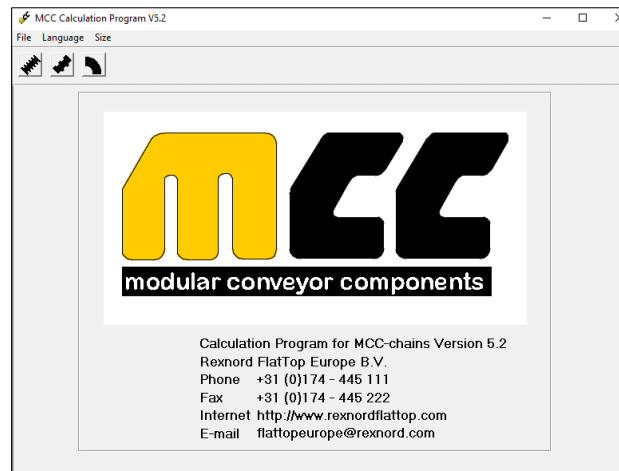


FIGURA 69: Inicio de Software MCC

Fuente: Elaboración Propia

Elegimos el ícono correspondiente a “Cadenas” (2do ícono), y se apertura la ventana mostrada, en la cual se requiere ingresar los principales datos del proyecto o proceso.

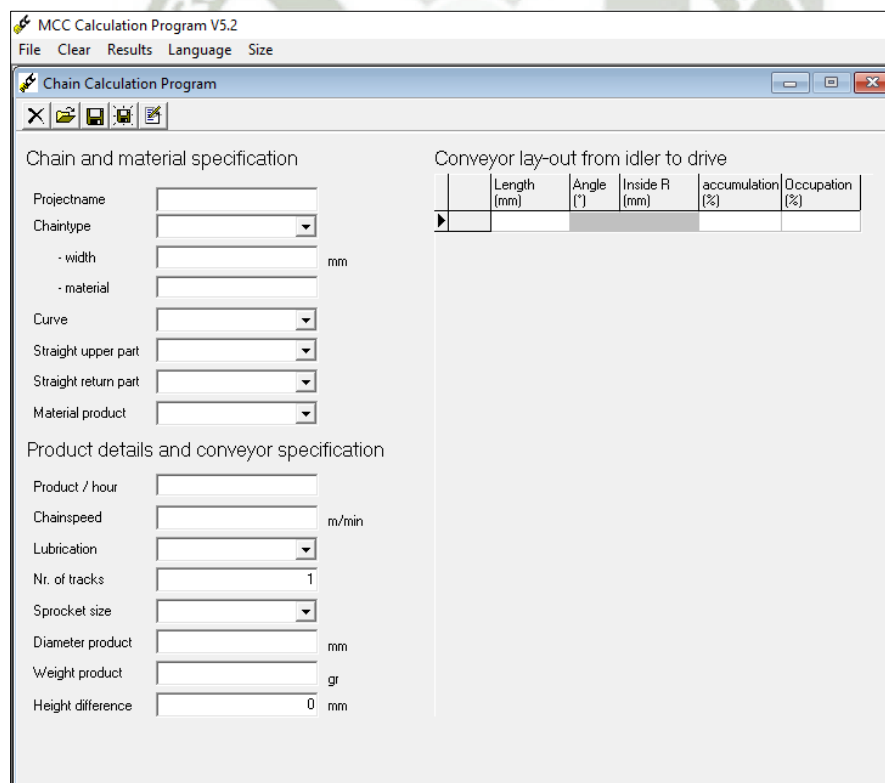


FIGURA 70: Software MCC – Cálculo de Cadenas REXNORD

Fuente: Elaboración Propia

Teniendo los siguientes datos:

Programa de Cálculo MCC V5.2
File Borrar Resultados Idioma Tamaño

Programa de Cálculo para Cadenas - TESIS ENERO 17.KET

Datos de la cadena y del material

Nombre del proyecto Sistema Etiquetador PET A
Tipo de cadena SH325XL
Ancho 82.5 mm
Material Poliacetal:XL
Curva
Parte superior UHMWPE
Parte retorno Rodillos
Material del producto Pet

Detalles sobre producto y transportador

Productos / hora 5832
Velocidad 6 m/min
Lubricación Seco
Nº de vías 1
Tamaño del piñón 21 Dientes - Dp 129.3
Diámetro producto 61.73 mm
Peso del producto 520 gr
Diferencia de altura 0 mm

Disposición del transportador desde el reenvío al eje n

	Longitud (mm)	Ángulo (°)	Radio (mm)	Acumulación (%)	Ocupación (%)
LG-1	2000			100	100

FIGURA 71: Ingreso de datos en software MCC – REXNORD

Fuente: Elaboración propia

Cabe resaltar que en el programa se elige el tipo de cadena: SH325XL, la cual es una cadena con las mismas características del modelo LF820 utilizado, en lo que respecta a medidas, peso, capacidad de carga de trabajo, grosor de tablilla, etc.; diferenciadas solo en tratamiento especial de baja fricción).

Resultados del Cálculo de la Cadena

Coefficiente de fricción

Entre la cadena y la curva
Entre el producto y la cadena 0.23
Entre la cadena y la parte superior 0.18
Entre la cadena y la parte inferior 0.18

Resultados del Cálculo de la Cadena

Factor de arranque 1
Carga máxima de trabajo 1230 N
Carga de la cadena calculada en 148 N 12 %
Carga de la cadena calculada dur 148 N 12 %
Torque 10 Nm
Potencia del eje 15 Watt
Potencia del motor (rendimiento) 20 Watt
Número de revoluciones por minuto 15
Longitud total del transportador 2000 mm
Cantidad de cadena 5 m
Núm. de productos sobre transportador 32

Observaciones

Recomendaciones

FIGURA 72: Resultados del Cálculo de Cadena MCC - REXNORD

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se muestra el informe/resumen de datos arrojados por el software

Programa de Cálculo MCC para Cadenas de Charnela V5.2, Copyright Rexnord FlatTop				
Información general				
Nombre del proyecto	: Etiquetado Automatizado PET - UCSM / Yoguis			
Fecha	: 29/01/2017			
ENTRADA DE DATOS				
DATOS DE LA CADENA Y DEL MATERIAL				
Tipo de cadena	: SH325XL			
Material	: Poliacetal-XL			
Ancho	: 82.5		mm	
Curva	:			
Parte superior	: UHMWPE			
Parte retorno	: Rodillos			
Material del producto	: Pet			
DETALLES SOBRE PRODUCTO Y TRANSPORTADOR				
Productos / hora	: 5832	Tamaño del piñón	: 21	Dientes - Dp 129.3
Velocidad	: 6 m/min	Diámetro producto	: 62	mm
Lubricación	: Seco	Peso del producto	: 520	gr
N° de vías	: 1	Diferencia de altura	: 0	mm
DISPOSICIÓN DEL TRANSPORTADOR DESDE EL REENVÍO AL EJE MOTOR				
Longitud(mm)	Ángul(°)	Radio(mm)	Acumulación(%)	Ocupación(%)
2000			100	100
RESULTADOS				
COEFICIENTE DE FRICCIÓN				
Entre la cadena y la curva	: 0.00			
Entre el producto y la cadena	: 0.23			
Entre la cadena y la parte superior recta:	0.18			
Entre la cadena y la parte inferior recta:	0.18			
RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA CADENA				
Factor de arranque	: 1.0			
Carga máxima de trabajo	: 1230 N			
Carga de la cadena calculada en continuo:	148 N		12 %	
Carga de la cadena calculada durante el arranque:	148 N		12 %	
Torque	: 10 Nm			
Potencia del eje	: 15 Watt			
Potencia del motor (rendimiento 75%)	: 20 Watt			
Número de revoluciones por minuto	: 15 1/min			
Longitud total del transportador	: 2000 mm			
Cantidad de cadena	: 5 m			
Núm. de productos sobre transportador	: 32			

En primer lugar, se observa que la carga de trabajo (148 N) no excede la carga máxima que puede soportar la cadena (1230 N).

Se puede apreciar que el valor de la potencia del eje es de 15 Watts, lo cual coincide con el cálculo realizado en el punto 3.2.5.2 Inciso A. (Cálculo manual de potencia de accionamiento), donde se obtuvo un valor de 14.84 Watts.

Asimismo, se tiene una velocidad de transporte de 15 RPM, lo cual coincide con lo calculado en el punto 3.2.5.1 Inciso C. (Velocidad de transporte), donde se obtuvo un valor de 14.7 RPM.

3.3 DISEÑO DE CABEZAL DE ETIQUETADO Y SISTEMA ENVOLVENTE

3.3.1 SISTEMAS QUE COMPONEN EL CABEZAL DE ETIQUETADO

El cabezal de etiquetado está comprendido básicamente por tres sistemas mecánicos, los cuales son:

- **Sistema de alimentación de etiquetas (Desbobinador)**

Sistema encargado de alimentar las etiquetas mediante un motor paso a paso el cual trabaja en conjunto con el sistema de control del proceso (PLC y sensores).

Este sistema abarca desde el plato desbobinador de etiquetas hasta la llegada a la placa separadora de las mismas, la cual alimenta una etiqueta por envase.

- **Sistema de recolección de cinta (Rebobinador)**

Sistema que trabaja en conjunto con el desbobinador, ya que ambos actúan en sincronía bajo el mando del motor paso a paso seleccionado, cuya función es arrastrar, tensionar y rebobinar la cinta de etiquetas restante del proceso, cada vez que ésta haya entregado una etiqueta al mismo.

- **Sistema Wrap Around (Giro envolvente)**

Sistema encargado de realizar el giro de los envases que pasan a través del sistema de transporte una vez se haya recepcionado la etiqueta, con el fin de aplicarla de manera uniforme a lo largo del contorno del envase.

3.3.2 CÁLCULOS MECÁNICOS DE CABEZAL DE ETIQUETADO

A fin de determinar la potencia requerida para realizar la alimentación (desbobinado) y recolección (rebobinado) de la cinta de etiquetas, así como del sistema de giro envolvente, es necesario, en primera instancia, calcular las inercias de las masas que intervienen en el proceso.

3.3.2.1 CÁLCULO DE INERCIAS

El proceso de etiquetado, inicia con el desbobinador de etiquetas, en el cual interviene el plato, eje y base del desbobinador, así como el rollo de etiquetas a utilizar.

A. SISTEMA DESBOBINADOR DE ETIQUETAS

El sistema desbobinador tiene la función de almacenar y alimentar las etiquetas en rollo a través de plato rebobinador el cual gira de acuerdo a la fuerza ejercida por el sistema bobinador, conectándose a éste por medio de rodillos guías montados en la placa base del cabezal de etiquetado.

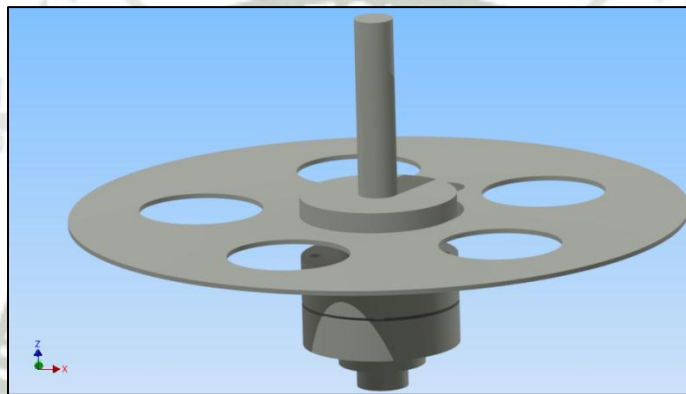


FIGURA 73: Sistema desbobinador de etiquetas

Fuente: Elaboración propia

A.1 EJE DESBOBINADOR

Debido a que se tiene un eje con diámetros diferentes, se calcula el momento de inercia por partes de acuerdo a la figura 74.

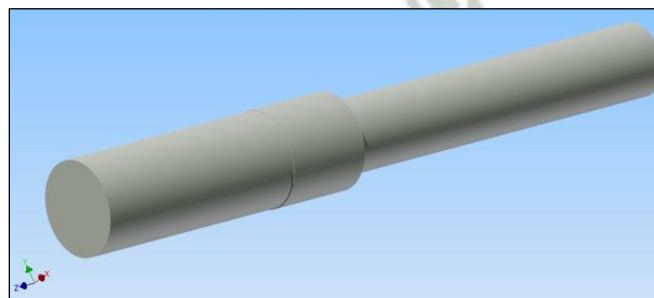


FIGURA 74: Eje desbobinador

Fuente: Elaboración propia

Se utilizará las fórmulas presentes en la sección “Momentos de Inercia de cuerpos compuestos” del libro “Mecánica Vectorial para Ingenieros” de Ferdinand Beer. E. Russell Johnston, Jr. Mc Graw Hill. 2005.

En este caso, para calcular el momento de inercia de elementos cilíndricos, se utiliza la ecuación 3.4.

$$I = \frac{1}{2}MR^2 \quad \text{Ec. (3.4)}$$

Donde:

I: Momento de Inercia [Kg. m^2].

M: Masa del cuerpo [kg].

R: Radio [m].

- Parte 1:

$$M = 0.231 \text{ kg.}$$

$$R = 12.5 \text{ mm} = 0.0125 \text{ m.}$$

$$I_1 = \frac{1}{2}(0.231 \text{ kg})(0.0125\text{m})^2$$

$$I_1 = 0.1804 \times 10^{-4} \text{ Kg. m}^2$$

- Parte 2:

$$M = 0.091 \text{ kg.}$$

$$R = 12.7 \text{ mm} = 0.0127 \text{ m.}$$

$$I_2 = \frac{1}{2}(0.091 \text{ kg})(0.0127\text{m})^2$$

$$I_2 = 0.0734 \times 10^{-4} \text{ Kg. m}^2$$

- Parte 3:

$$M = 0.223 \text{ kg.}$$

$$R = 9.5 \text{ mm} = 0.0095 \text{ m.}$$

$$I_3 = \frac{1}{2}(0.223 \text{ kg})(0.0095\text{m})^2$$

$$I_3 = 0.1006 \times 10^{-4} \text{ Kg. m}^2$$

Sumando las inercias resultantes, tenemos:

$$I_{Eje \text{ desbobinador}} = 0.3544 \times 10^{-4} \text{ Kg. m}^2$$

Lo cual, coincide con lo que nos muestra el software Autodesk Inventor, con respecto al eje z mostrado (35.484 kg. mm^2), según muestra la figura 75.

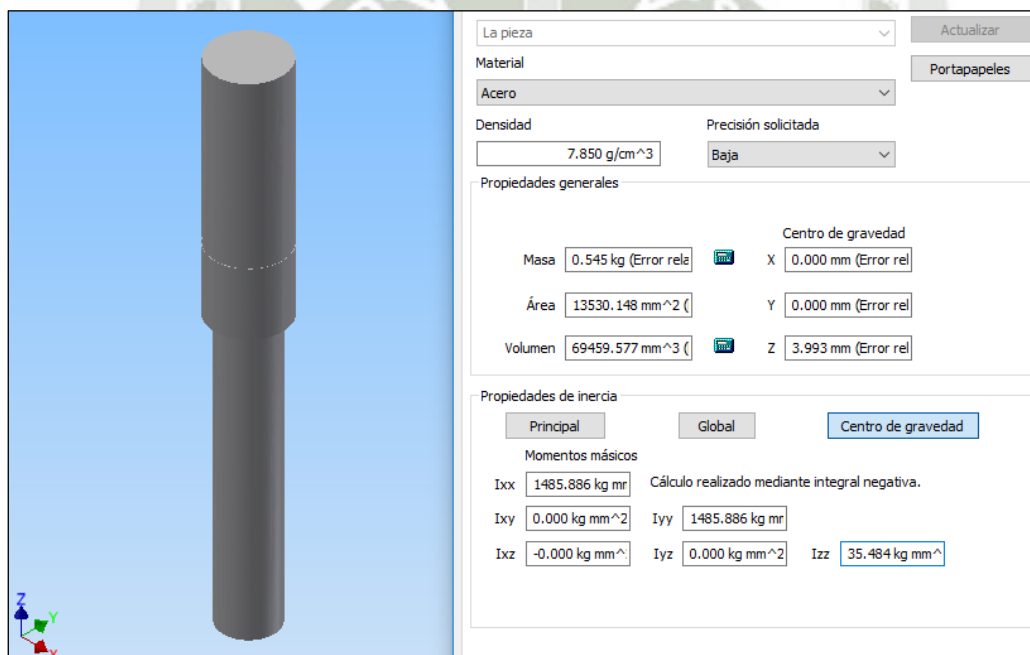


FIGURA 75: Cálculo de Inercia de Eje de Desbobinador – Autodesk Inventor

Fuente: Elaboración propia.

A.2 DISCO SOPORTE DE ETIQUETAS

Esta parte del sistema desbobinador se calcula mediante la ecuación 3.5.

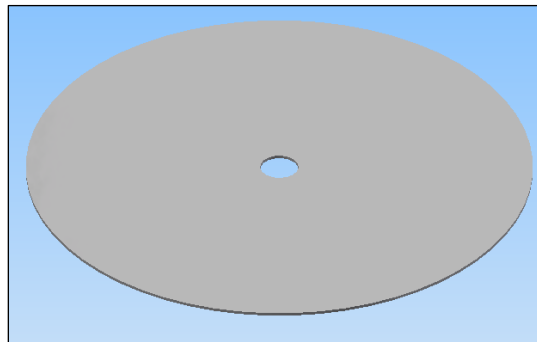


FIGURA 76: Disco soporte de etiquetas

Fuente: Elaboración propia

$$I = \frac{MR^2}{2} \quad \text{Ec (3.5)}$$

Donde:

I: Momento de Inercia [$\text{Kg} \cdot \text{m}^2$].

M: Masa del cuerpo [kg].

R: Radio [m].

Datos:

M = 0.575 kg.

R = 0.125 m.

$$I = \frac{(0.575\text{kg})(0.125\text{m})^2}{2}$$

$$I_{\text{Plato desbobinador}} = 44.92 \times 10^{-4} \text{ Kg} \cdot \text{m}^2$$

Lo cual es similar al valor calculado por el software Autodesk Inventor, con respecto al eje z mostrado ($4515.505 \text{ kg} \cdot \text{mm}^2$), según muestra la figura 77.

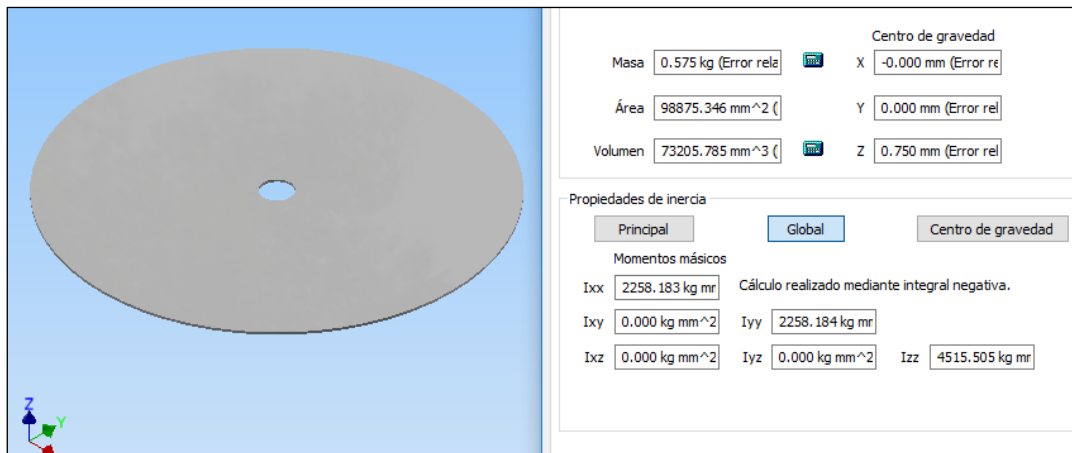


FIGURA 77: Cálculo de Inercia de Disco Soporte – Autodesk Inventor

Fuente: Elaboración propia.

A.3 BASE DE DESBOBINADOR

Para el cálculo del momento de inercia de la base de desbobinador, consideramos a esta figura como un cilindro hueco, por lo que se emplea la ecuación 3.6.

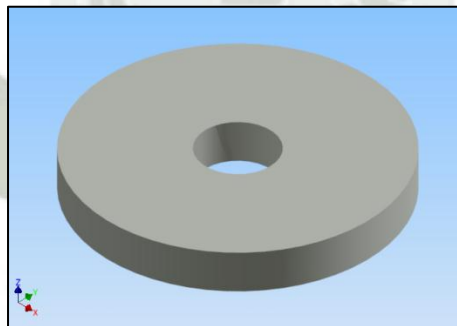


FIGURA 78: Base de desbobinador

Fuente: Elaboración propia

$$I = \frac{M}{2} (R_1^2 + R_2^2)$$

Ec. (3.6)

Donde:

I: Momento de Inercia [Kg. m²].

M: Masa del cuerpo [kg].

R₁: Radio interior [m].

R_2 : Radio exterior [m].

Datos:

$M = 0.336$ kg.

$R_1 = 9.5$ mm = 0.0095 m.

$R_2 = 38.1$ mm = 0.0381 m.

$$I = \frac{0.336 \text{ kg}}{2} ((0.0095\text{m})^2 + (0.0381\text{m})^2)$$

$$I_{\text{Base desbobinador}} = 2.590 \times 10^{-4} \text{ Kg. m}^2$$

Lo cual es similar al valor calculado por el software Autodesk Inventor, con respecto al eje z mostrado (258.826 kg. mm²), según muestra la figura 79.

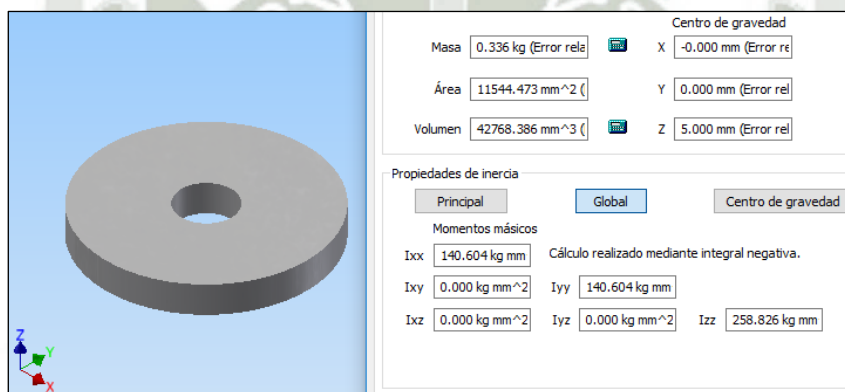


FIGURA 79: Cálculo de Inercia de Base de Desbobinador – Autodesk Inventor

Fuente: Elaboración propia.

A.4 ROLLO DE ETIQUETAS

Se emplea la misma ecuación que el cálculo anterior (Ec. 3.6) debido a que el rollo de etiquetas se puede representar como un cilindro hueco.

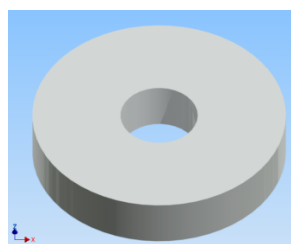


FIGURA 80: Rollo de etiquetas

Fuente: Elaboración propia

$$I = \frac{M}{2}(R_1^2 + R_2^2)$$

Ec. (3.6)

Datos:

$$M = 2.001 \text{ kg}$$

$$R_1 = 0.0381 \text{ m.}$$

$$R_2 = 0.125 \text{ m.}$$

$$I = \frac{2.001 \text{ kg}}{2} ((0.0381 \text{ m})^2 + (0.125 \text{ m})^2)$$

$$I_{\text{Rollo de etiquetas}} = 170.85 \times 10^{-4} \text{ Kg. m}^2$$

Lo cual es similar al valor calculado por el software Autodesk Inventor, con respecto al eje z mostrado ($17089.326 \text{ kg. mm}^2$), según muestra la figura 81.

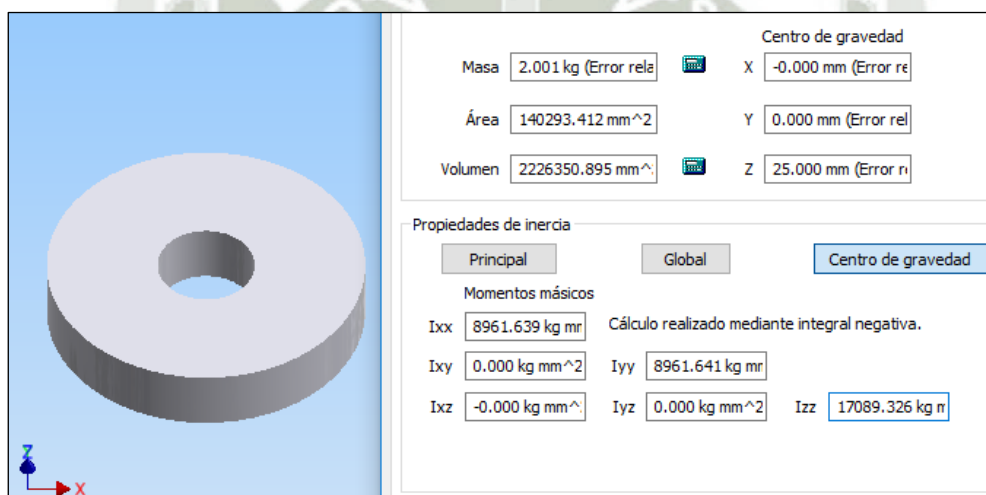


FIGURA 81: Cálculo de Inercia de Rollo de Etiquetas – Autodesk Inventor

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente:

La inercia del sistema desbobinador es la suma de todos los momentos de inercia calculados:

$$I_{\text{Sistema Desbobinador}} = 218.7144 \times 10^{-4} \text{ Kg. m}^2$$

B. SISTEMA REBOBINADOR DE ETIQUETAS

Esta parte del sistema tiene como fin recoger o recibir la cinta de etiquetas restante luego de que ésta ha sido aplicada al envase.

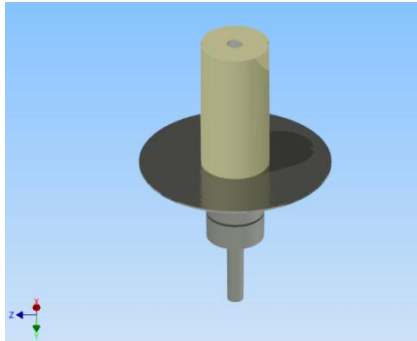


FIGURA 82: Sistema rebobinador de etiquetas.

Fuente: Elaboración propia.

B.1 EJE BOBINADOR

Para calcular el momento de inercia del eje bobinador, se considera al eje como una sola pieza con radio de 6 mm.

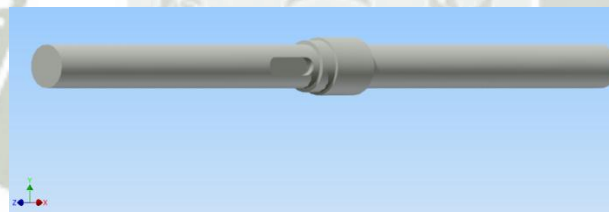


FIGURA 83: Eje bobinador

Fuente: Elaboración propia

En este caso, para calcular el momento de inercia de elementos cilíndricos, se utiliza la ecuación 3.4.

$$I = \frac{1}{2}MR^2 \quad \text{Ec. (3.4)}$$

Datos:

$$M = 0.201 \text{ kg.}$$

$$R = 6 \text{ mm} = 0.006 \text{ m.}$$

$$I = \frac{(0.201\text{kg})(0.006\text{m})^2}{2}$$

$$I_{Eje\ bobinador} = 0.03618 \times 10^{-4} \text{ Kg. m}^2$$

Lo cual es similar al valor calculado por el software Autodesk Inventor, con respecto al eje z mostrado (3.942 kg. mm²), según muestra la figura 84.

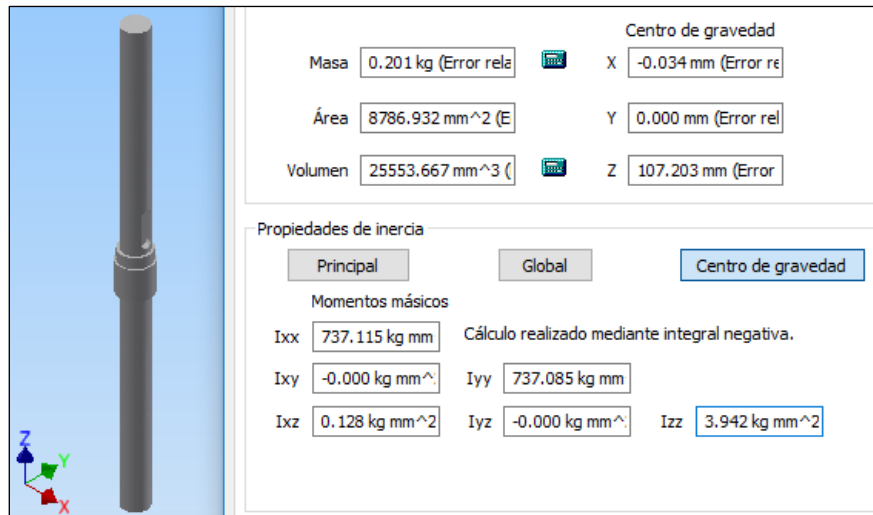


FIGURA 84: Cálculo de Inercia de Eje Rebobinador– Autodesk Inventor

Fuente: Elaboración propia.

B.2 PLATO BOBINADOR

Se considera al plato bobinador como un disco, por tal, se puede utilizar la ecuación 3.5.

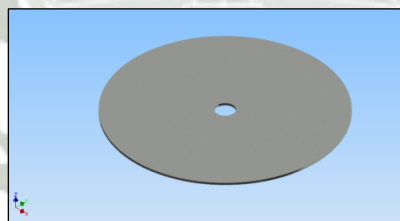


FIGURA 85: Plato bobinador

Fuente: Elaboración propia.

$$I = \frac{MR^2}{2} \tag{Ec (3.5)}$$

Datos:

$$M = 0.180 \text{ kg.}$$

$$R = 70 \text{ mm} = 0.07 \text{ m.}$$

$$I = \frac{(0.180\text{kg})(0.07\text{m})^2}{2}$$

$$I_{\text{Plato bobinador}} = 4.41 \times 10^{-4} \text{ Kg. m}^2$$

Lo cual es similar al valor calculado por el software Autodesk Inventor, con respecto al eje z mostrado (444.068 kg. mm²), según muestra la figura 87.



FIGURA 86: Cálculo de Inercia de Plato Rebobinador– Autodesk Inventor

Fuente: Elaboración propia.

B.3 RODILLO BOBINADOR

Para el cálculo del momento de inercia del rodillo bobinador, consideramos a esta figura como un cilindro hueco, por lo que se emplea la ecuación 3.6.

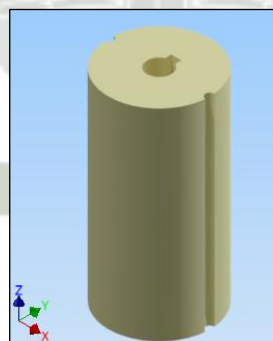


FIGURA 87: Rodillo bobinador

Fuente: Elaboración propia

$$I = \frac{M}{2} (R_1^2 + R_2^2)$$

Ec. (3.6)

Datos:

$$M = 0.207 \text{ kg.}$$

$$R_1 = 6 \text{ mm} = 0.006 \text{ m.}$$

$$R_2 = 25 \text{ mm} = 0.025 \text{ m.}$$

$$I = \frac{0.207 \text{ kg}}{2} ((0.006\text{m})^2 + (0.025\text{m})^2)$$

$$I_{\text{Rodillo bobinador}} = 0.6841 \times 10^{-4} \text{ Kg. m}^2$$

Lo cual es similar al valor calculado por el software Autodesk Inventor, con respecto al eje z mostrado (67.953 kg. mm²), según muestra la figura 88.

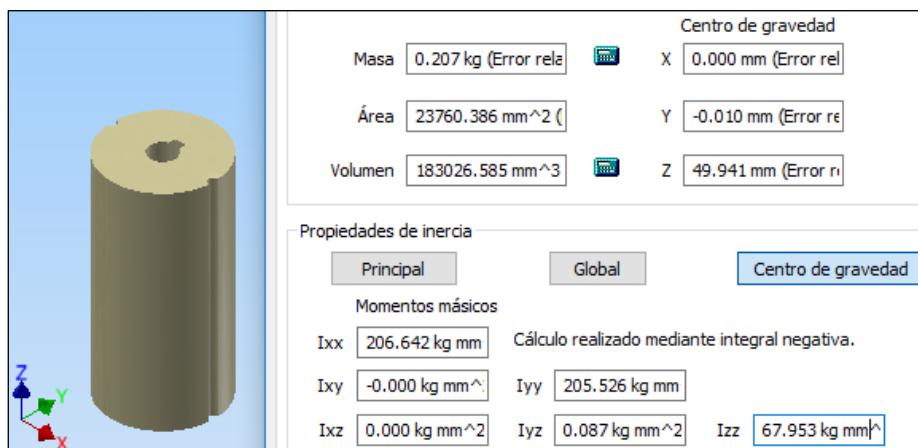


FIGURA 88: Cálculo de Inercia de Rodillo Bobinador– Autodesk Inventor

Fuente: Elaboración propia.

B.4 ROLLO DE DESPERDICIO

Para el cálculo del momento de inercia del rollo de desecho, consideramos a esta figura como un cilindro hueco, por lo que se emplea la ecuación 3.6.

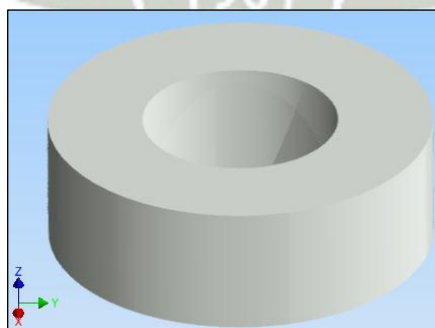


FIGURA 89: Rollo de desperdicio

Fuente: Elaboración propia

$$I = \frac{M}{2}(R_1^2 + R_2^2) \quad \text{Ec. (3.6)}$$

Datos:

$$M = 0.589 \text{ kg.}$$

$$R_1 = 38.1 \text{ mm} = 0.0381 \text{ m.}$$

$$R_2 = 75 \text{ mm} = 0.075 \text{ m.}$$

$$I = \frac{0.589 \text{ kg}}{2}((0.0381 \text{ m})^2 + (0.075 \text{ m})^2)$$

$$I_{\text{Rollo de desperdicio}} = 20.84 \times 10^{-4} \text{ Kg. m}^2$$

Lo cual es similar al valor calculado por el software Autodesk Inventor, con respecto al eje z mostrado (2085.277 kg. mm²), según muestra la figura 90.

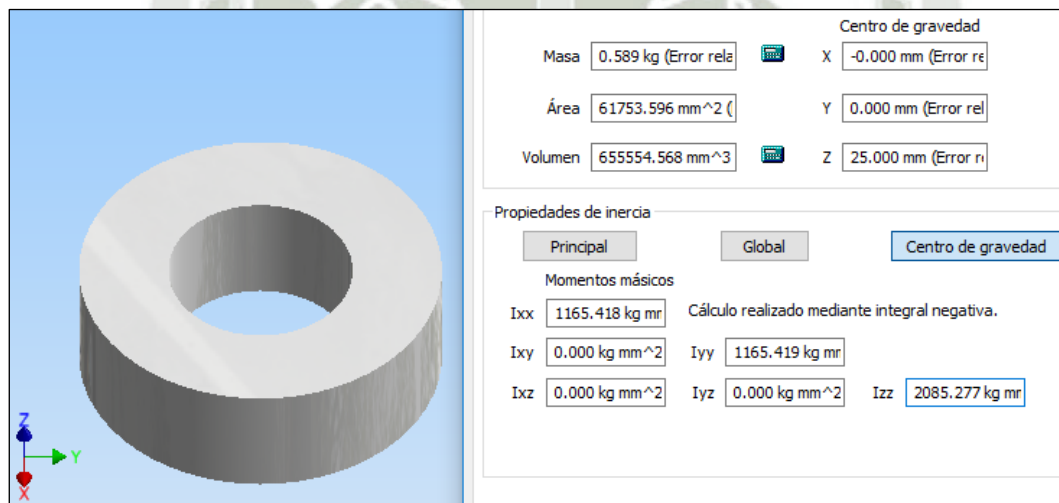


FIGURA 90: Cálculo de Inercia de Rollo de Desperdicio– Autodesk Inventor

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se tiene el momento de inercia del sistema bobinador sumando las inercias de los elementos analizados:

$$I_{\text{SISTEMA BOBINADOR}} = 25.97 \times 10^{-4} \text{ Kg. m}^2$$

C. SISTEMA ENVOLVENTE

Para calcular la inercia del sistema encargado de realizar el giro de los envases que pasan a través del sistema de transporte se analizará cada una de sus partes principales, según muestra la figura 91.

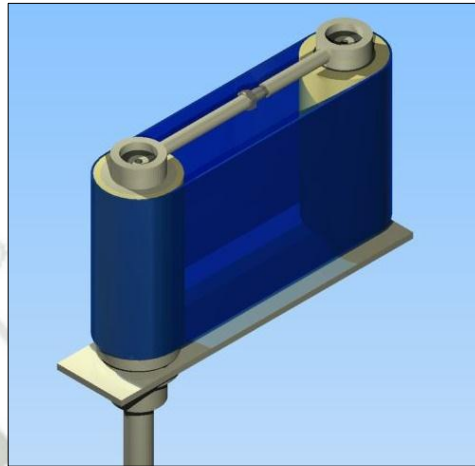


FIGURA 91: Sistema envolvente

Fuente: Elaboración propia

C.1 EJE MOTRIZ

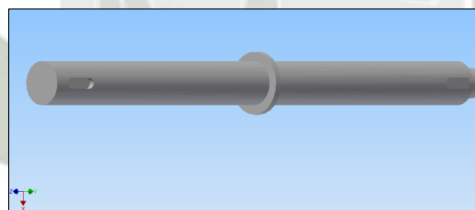


FIGURA 92: Eje motriz de sistema envolvente

Fuente: Elaboración propia

En este caso, para calcular el momento de inercia de elementos cilíndricos, se utiliza la ecuación 3.4.

$$I = \frac{1}{2}MR^2 \quad \text{Ec. (3.4)}$$

Datos:

$$M = 1.309 \text{ kg.}$$

$$R = 12.5 \text{ mm} = 0.0125 \text{ m.}$$

$$I = \frac{(1.309\text{kg})(0.0125\text{m})^2}{2}$$

$$I_{Eje\ motriz} = 1.0226 \times 10^{-4} \text{ Kg. m}^2$$

Lo cual es similar al valor calculado por el software Autodesk Inventor, con respecto al eje z mostrado (103.951 kg. mm²), según muestra la figura 93.

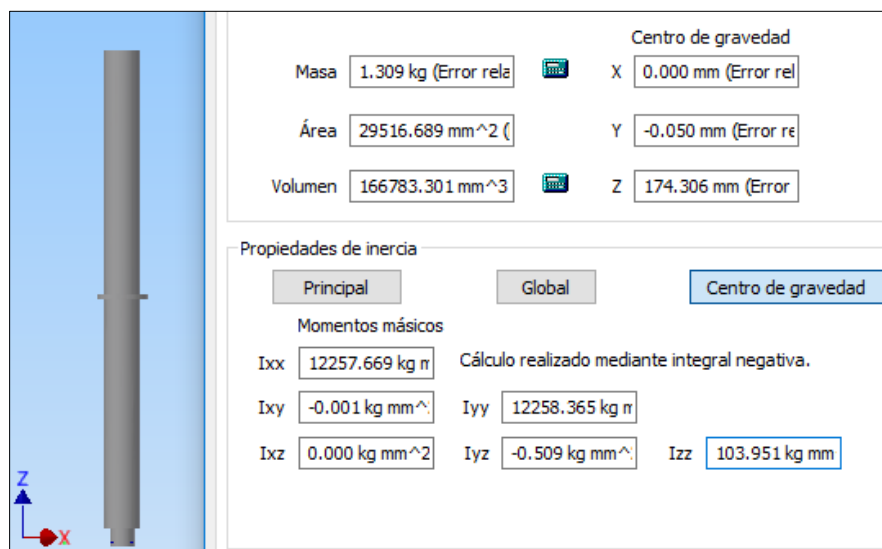


FIGURA 93: Cálculo de Inercia de Eje Motriz – Autodesk Inventor

Fuente: Elaboración propia.

C.2 RODILLO MOTRIZ DE SISTEMA ENVOLVENTE

Para el cálculo del momento de inercia del rodillo motriz del sistema envolvente, consideramos a esta figura como un cilindro hueco, por lo que se emplea la ecuación 3.6.



FIGURA 94: Rodillo motriz de sistema envolvente

Fuente: Elaboración propia

$$I = \frac{M}{2}(R_1^2 + R_2^2) \quad \text{Ec. (3.6)}$$

Datos:

$$M = 0.663 \text{ kg.}$$

$$R_1 = 12.5 \text{ mm} = 0.0125 \text{ m.}$$

$$R_2 = 37.5 \text{ mm} = 0.0375 \text{ m.}$$

$$I = \frac{0.663 \text{ kg}}{2}((0.0125 \text{ m})^2 + (0.0375 \text{ m})^2)$$

$$I_{\text{Rodillo motriz}} = 5.1796 \times 10^{-4} \text{ Kg. m}^2$$

Lo cual es similar al valor calculado por el software Autodesk Inventor, con respecto al eje z mostrado (521.691 kg. mm²), según muestra la figura 95.



FIGURA 95: Cálculo de Inercia de Rodillo Motriz – Autodesk Inventor

Fuente: Elaboración propia.

C.3 RODILLO LIBRE DE SISTEMA ENVOLVENTE

Para el cálculo del momento de inercia del rodillo libre, consideramos a esta figura como un cilindro hueco, por lo que se emplea la ecuación 3.6.

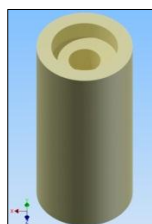


FIGURA 96: Rodillo libre de sistema envolvente

Fuente: Elaboración propia

$$I = \frac{M}{2}(R_1^2 + R_2^2) \quad \text{Ec. (3.6)}$$

Datos:

$$M = 0.636 \text{ kg.}$$

$$R_1 = 12.5 \text{ mm} = 0.0125 \text{ m.}$$

$$R_2 = 37.5 \text{ mm} = 0.0375 \text{ m.}$$

$$I = \frac{0.636 \text{ kg}}{2} ((0.0125 \text{ m})^2 + (0.0375 \text{ m})^2)$$

$$I_{\text{Rodillo libre}} = 4.9687 \times 10^{-4} \text{ Kg. m}^2$$

Lo cual es similar al valor calculado por el software Autodesk Inventor, con respecto al eje z mostrado (523.976 kg. mm^2), según muestra la figura 97.



FIGURA 97: Cálculo de Inercia de Rodillo Motriz – Autodesk Inventor

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se tiene el momento de inercia del sistema envolvente sumando las inercias de los elementos analizados:

$$I_{\text{SISTEMA ENVOLVENTE}} = 11.1709 \times 10^{-4} \text{ Kg. m}^2$$

3.3.2.2 CÁLCULO DE VELOCIDADES ANGULARES

Para calcular la velocidad angular de cada parte del cabezal de etiquetado se utiliza la ecuación 3.7.

$$\omega = \frac{v}{r} \quad \text{Ec. (3.7)}$$

Donde:

ω : Velocidad angular [Rad/s]

v: Velocidad lineal [m/s]

r: Radio [m]

A. SISTEMA DESBOBINADOR/BOBINADOR

Ambos sistemas se encuentran enlazados por el rollo de etiquetas, el cual se desplaza de inicio a fin entre ambos, por lo que se puede considerar una sola velocidad lineal del papel en el desarrollo del proceso.

Tomando en cuenta que la producción diaria requerida no establece un trabajo a grandes velocidades y para evitar que las bobinas del rollo de etiquetas se rompan, se establece una velocidad máxima de 18 m/min.

Entonces, tomando como referencia la velocidad máxima propuesta y aplicando la ecuación 3.5 tenemos que:

$$V = 18 \text{ m/min} = 0.3 \text{ m/s}$$

$$r = 25 \text{ mm} = 0.025 \text{ m.}$$

$$\omega = \frac{0.3 \text{ m/s}}{0.025 \text{ m}}$$

$$\omega = 12 \frac{\text{rad}}{\text{seg}} = 114.6 \text{ RPM}$$

B. SISTEMA ENVOLVENTE

La velocidad del sistema envolvente depende de varios factores como: La velocidad del transporte o llegada del envase, la geometría del envase, el peso del producto, el tamaño y forma de etiqueta, etc.

Todos estos factores influyen en el correcto pegado de la etiqueta al envase, por lo que es necesario realizar pruebas en campo a fin de determinar la velocidad ideal para el sistema propuesto.

Tomando como referencia la velocidad de transporte de 0.1 m/s (calculada preliminarmente en el punto 3.2.2.1), se considera a ésta como una referencia de valor mínimo ya que valores por debajo podrían ocasionar acumulación del producto al ingreso del proceso mencionado.

Aplicando la ecuación 3.7 tenemos que:

$$V = 0.1 \text{ m/s}$$

$$r = 37.5 \text{ mm} = 0.0375 \text{ m.}$$

$$\omega = \frac{0.1 \text{ m/s}}{0.0375 \text{ m}}$$

$$\omega = 2.67 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

$$\omega = 25.46 \text{ RPM}$$

3.3.2.3 CÁLCULO DE ACELERACIONES ANGULARES

Según las ecuaciones de movimiento rotacional, para encontrar la aceleración angular tenemos que:

$$\omega = \omega_o + at \tag{Ec (3.8)}$$

Donde:

ω : Velocidad angular [rad/s]

ω_o : Velocidad angular inicial [rad/s]

α : Aceleración angular [rad/s²]

t: Tiempo de arranque [s]

A. SISTEMA DESBOBINADOR/BOBINADOR

Se considera a la velocidad angular inicial como cero, ya que los elementos siempre estarán en reposo hasta que se aplique la fuerza necesaria para el movimiento.

Se asigna un valor de tiempo de arranque de 0.25 segundos

Entonces, aplicando la ecuación 3.8 tenemos que:

Datos:

$$\omega = 12 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

$$\omega_o = 0$$

$$t = 0.25 \text{ s.}$$

$$\omega = \alpha t$$

$$\alpha = \frac{\omega}{t}$$

$$\alpha = \frac{12 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}{0.25 \text{ s}}$$

$$\alpha = 48 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

B. SISTEMA ENVOLVENTE

A fin de determinar la aceleración angular del sistema envolvente se utiliza la ecuación 3.6, en la cual se establece que el valor de la velocidad angular inicial es cero ya que el sistema arrancará desde reposo.

Se considera un tiempo de arranque igual a 0.25 segundos.

Entonces, aplicando la ecuación 3.8 tenemos que:

Datos:

$$\omega = 2.67 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

$$\omega_o = 0$$

$$t = 0.25 \text{ s.}$$

$$\omega = \alpha t$$

$$\alpha = \frac{\omega}{t}$$

$$\alpha = \frac{2.67 \frac{rad}{s}}{0.25s}$$

$$\alpha = 10.68 \frac{rad}{s^2}$$

3.3.2.4 CÁLCULO DE TORQUES

Para calcular el torque, utilizamos la ecuación 3.9.

$$T = I\alpha$$

Ec. (3.9)

T: Torque [Nm]

I: Inercia [Kg. m²]

α : Aceleración angular [rad/s²]

Entonces, se calcula la inercia de cada uno de los sistemas propuestos.

A. SISTEMA DESBOBINADOR

$$T = (218.7144 \times 10^{-4} \text{ Kg. m}^2) \left(48 \frac{rad}{s^2} \right)$$

$$T = 1.05 \text{ Nm}$$

B. SISTEMA BOBINADOR

$$T = (25.97 \times 10^{-4} \text{ Kg. m}^2) \left(48 \frac{rad}{s^2} \right)$$

$$T = 0.125 \text{ Nm}$$

C. SISTEMA ENVOLVENTE.

$$T = (11.1709 \times 10^{-4} \text{ Kg. m}^2) \left(10.68 \frac{rad}{s^2} \right)$$

$$T = 0.0119 \text{ Nm}$$

3.3.2.5 CÁLCULO DE POTENCIA

Para el cálculo de la potencia, se emplea la ecuación 3.10.

$$P = T\omega$$

Ec. (3.10)

Donde:

P = Potencia [W]

T = Torque [Nm]

 ω : Velocidad angular [Rad/s]

Entonces, se calcula la inercia de cada uno de los sistemas propuestos.

A. SISTEMA DESBOBINADOR

$$P = (1.01 Nm) \left(12 \frac{rad}{seg} \right)$$

$$P = 12.12 W$$

B. SISTEMA REBOBINADOR

$$P = (0.125 Nm) \left(12 \frac{rad}{seg} \right)$$

$$P = 1.5 W$$

C. SISTEMA ENVOLVENTE

$$P = (0.0119 Nm) \left(2.67 \frac{rad}{seg} \right)$$

$$P = 0.032 W$$

3.3.2.6 POTENCIA FINAL REQUERIDA

Finalmente, para el cálculo final de la potencia requerida, se debe tomar en cuenta situaciones que dificultan la operación ideal del proceso como: Anclaje incorrecto del motor, tensado de cinta de etiquetas, gran número de arranques, fricción entre componentes, etc.; es por ello que se asigna un factor de servicio de 2 para asegurar el funcionamiento del sistema.

A. SISTEMA ETIQUETADOR (DESBOBINADO/BOBINADO)

$$P = (12.12 W + 1.5 W)(2) = 27.24 W$$

Debido a que se requiere un motor controlable y preciso permanentemente en lo que respecta a su posición, se utilizará un motor a pasos NEMA 34, el cual se detalla en las siguientes páginas ya que el uso y selección del mismo implica la utilización de un driver industrial para el control del motor.

B. Sistema envolvente:

$$P = (0.032 W)(2) = 0.064W$$

3.4. DISEÑO DE COMPONENTES COMPLEMENTARIOS DEL SISTEMA

3.4.1. DISEÑO DE PLACA ENVOLVENTE

La placa envolvente es una pieza rectangular del sistema envolvente, situada junto a las guías de envase en una sección o porción del sistema de transporte, la cual tiene la función de apoyar los envases (botellas) cuando éstos pasan por el sistema (faja vertical), permitiendo el giro completo de cada uno de ellos con el fin de asegurar el correcto pegado de la etiqueta en la circunferencia del envase.

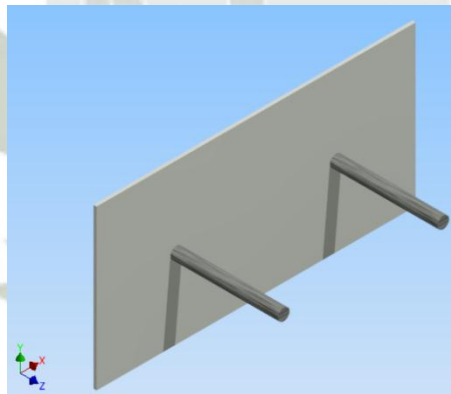


FIGURA 98: Placa envolvente

Fuente: Elaboración propia.

Según consideraciones de diseño, la placa será sostenida por dos guías o brazos de sección circular de acero AISI 1045 tal cual se muestra en la figura anterior, para lo cual se realizan los siguientes cálculos:

Peso de la placa:

$$m = \rho V$$

Ec. (3.11)

Donde:

m: Masa [Kg]

$$\rho_{ACERO}: \text{Densidad } \left[\frac{Kg}{m^3}\right] = 7850 \frac{Kg}{m^3}$$

V: Volumen [m^3]

Si la placa rectangular las siguientes medidas: 320x160x3.175 mm, reemplazando:

$$m = 7850 \frac{Kg}{m^3} (0.32m)(0.16m)(0.003175m)$$

$$m = 1.2741 \text{ Kg}$$

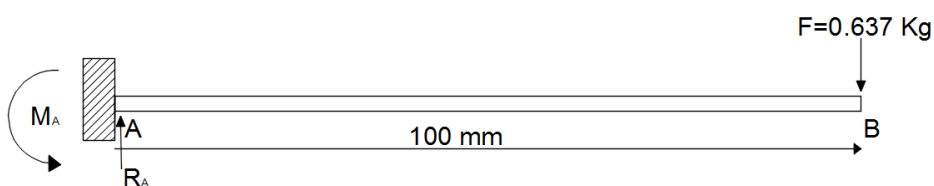
Luego, calculamos el peso que soportará cada brazo:

$$m = \frac{1.2741 \text{ Kg}}{2}$$

$$m = 0.637 \text{ Kg}$$

El análisis se realizará tomando en cuenta una carga puntual en el extremo del brazo y a su vez se considera a éste como una viga en voladizo.

El diagrama de cuerpo libre queda de la siguiente manera:



Al tener un apoyo empotrado, se generan 3 reacciones, las cuales son el Momento en el punto A, y asimismo 2 reacciones (vertical y horizontal).

Entonces, calculamos el valor del momento en el punto "A" y de la reacción en vertical del mismo punto (siendo la reacción horizontal cero).

$$\sum M_A = 0$$

$$M_A - (0.637kg)(0.1m) = 0$$

$$M_A = 0.0637Kg.m$$

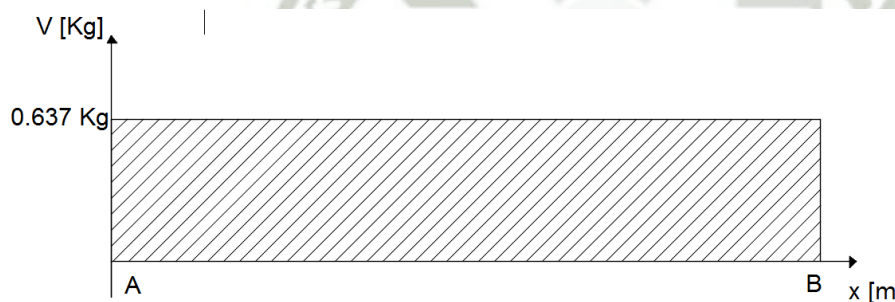
$$\sum A_Y = 0$$

$$A_Y - (0.637kg) = 0$$

$$A_Y = 0.637kg$$

Entonces, se grafican los diagramas de esfuerzo cortante y de momento flector utilizando el método de las áreas:

En el diagrama de esfuerzo cortante de los ejes soportes de placa envolvente, tomamos en cuenta todas las fuerzas verticales que intervienen, siendo considerado el sentido hacia arriba como positivo.



En el diagrama de momento flector se toma en cuenta el área que tenemos en el diagrama de fuerza cortante.

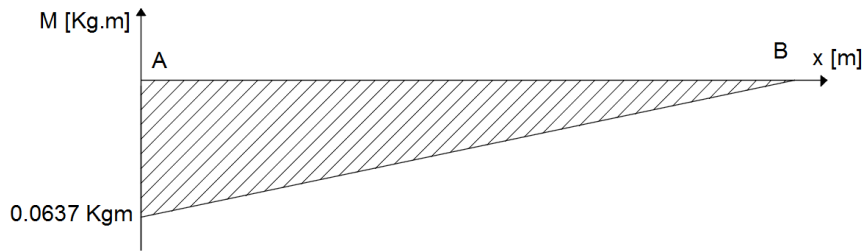
$$A_1 = (0.637kg)x(0.1m)$$

$$A_1 = 0.0637kgm$$

Entonces, los momentos quedan definidos por:

$$M_A = -0.0637Kg.m$$

$$M_B = 0 kg.m$$



El momento flector máximo viene dado por:

$$(0.0637 \text{ Kg.m}) \times \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) = 0.6249 \text{ Nm}$$

Ahora, el esfuerzo máximo por flexión [MPa] viene dado por:

$$\sigma = \frac{M}{S} \quad \text{Ec. (3.12)}$$

Donde:

σ : Esfuerzo máximo por flexión [MPa].

M: Momento flexionante máximo [Nm].

S: Módulo de resistencia o módulo de sección [m^3].

Sabemos que para una sección transversal circular el módulo de resistencia es:

$$S = \frac{\pi d^3}{32} \quad \text{Ec. (3.13)}$$

Entonces, la fórmula de esfuerzo flexionante máximo queda definida por:

$$\sigma = \frac{M}{\frac{\pi d^3}{32}}$$

Reemplazando el momento de flexión máximo hallado en el diagrama de momento flector, tenemos:

$$\sigma = \frac{(32)(0.6249 \text{ Nm})}{\pi d^3}$$

$$\sigma = \frac{6.3651 \text{ Nm}}{d^3}$$

Si:

$$n = \frac{S_y}{\sigma} \quad \text{Ec. (3.14)}$$

Donde:

n: Factor de seguridad (Consideraremos un factor de seguridad de 2.8)

S_y: Resistencia del material [MPa] Según norma ASTM A-36.

σ: Esfuerzo máximo por flexión [MPa].

$$n = \frac{250 \times 10^6 \frac{N}{m^2}}{6.3651 Nm / d^3}$$

$$n = \frac{(250 \times 10^6 \frac{N}{m^2})(d^3)}{6.3651 Nm}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{(2.8)(6.3651 Nm)}{250 \times 10^6 \frac{N}{m^2}}}$$

$$d = 0.004146 \text{ m}$$

$$d = 4.14 \text{ mm}$$

Entonces, seleccionamos un brazo de acero con perfil circular de ¼" (6.35mm).

3.5. SELECCIÓN DE EQUIPOS DE CONTROL DEL PROYECTO

3.5.1. SELECCIÓN DE MOTOR/REDUCTOR DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

3.5.1.1. CRITERIOS PRELIMINARES DE SELECCIÓN

Primero, debemos definir los criterios de selección para decidir utilizar un motor eléctrico trifásico o uno monofásico.

- Los motores trifásicos son más pequeños para una potencia dada y no requieren dispositivos adicionales para arrancar, mientras que los monofásicos no pueden arrancar sin ser asistidos.

- Los motores trifásicos no requieren prácticamente mantenimiento durante largos períodos de tiempo. Los monofásicos deben ser asistidos ya que comúnmente llevan capacitor e interruptor centrífugo para el arranque.

En conclusión, se decide utilizar un motor trifásico ya que los motores monofásicos tienen limitación de potencia, y además de esto suministran rendimientos y pares menores, lo que aumenta su costo operacional.

Las tensiones trifásicas más utilizadas son 220 V, 380 V y 440 V; en nuestro caso, se tiene una tensión de alimentación de red de 220V.

3.5.1.2. SELECCIÓN DEL TIPO DE MOTORREDUCTOR

Tenemos 2 tipos más comunes de motorreductores, los cuales son: Sin-fin Corona y Engranajes (ortogonal o coaxial).

Si bien es cierto, los motorreductores de engranajes suelen ser más económicos respecto al consumo de energía, existe una diferencia considerable en el costo de adquisición del equipo respecto a los de tipo Sin-fin Corona, por tal se debe tomar en cuenta el tiempo de operación del equipo en el proceso, a fin de comparar la inversión extra con el ahorro de consumo (costo eléctrico).

En nuestra aplicación, al tener un tiempo de trabajo inicial aproximado de una hora diaria se opta por un motorreductor tipo “Sin-fin Corona”, ya que, al tener un tiempo de trabajo reducido, no justifica la inversión extra que se tendría que hacer en caso se tenga un trabajo continuo que involucre 4 o más horas diarias.

3.5.1.3. LUBRICACION Y PUESTA EN MARCHA

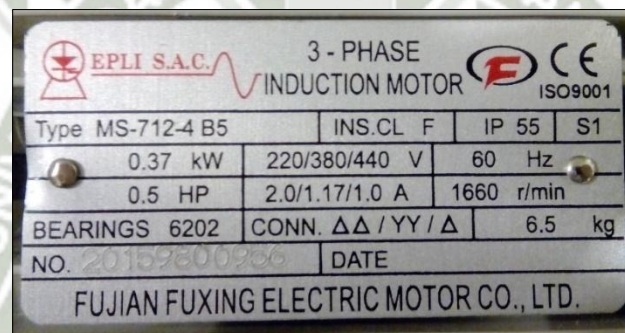
Un punto fundamental que determina la vida útil de un motorreductor es la lubricación; en nuestro caso el motorreductor viene lubricado de fábrica por lo que no requiere de tal para entrar en operación al realizar el montaje y pruebas preliminares.

Asimismo, se debe seguir los plazos de cambio de aceite dados por el fabricante, siendo común los cambios cada 2000 horas, exceptuando el primer cambio de aceite, el cual es recomendable hacerlo luego de las primeras 200 horas de operación.

Por otro lado, se recomienda una puesta en marcha progresiva del equipo respecto a su carga de trabajo.

3.5.1.4. ELECCIÓN DE MOTORREDUCTOR

De acuerdo a las características antes mencionadas, se opta por un motor trifásico de 0.5HP, 220V, marca EPLI, cuyas características se detallan a continuación (Anexo N°11):



EPLI S.A.C.		3 - PHASE INDUCTION MOTOR		CE ISO9001	
Type MS-712-4 B5	INS.CL F	IP 55	S1		
0.37 kW	220/380/440 V	60 Hz			
0.5 HP	2.0/1.17/1.0 A	1660 r/min			
BEARINGS 6202	CONN. ΔΔ / YY / Δ	6.5 kg			
NO. 2015200226	DATE				
FUJIAN FUXING ELECTRIC MOTOR CO., LTD.					

FIGURA 99: Placa de motor trifásico de sistema de transporte

Fuente: Elaboración propia.

A. TIPO DE MOTOR

Motor de inducción trifásico asíncrono. Tipo MS-712-4 B5

B. CLASE DE AISLAMIENTO (INSULATION CLASS)

Clase F = clase térmica según EN60034-1 (norma internacional de la Comisión Internacional Electrotécnica para las máquinas eléctricas rotativas): temperatura máxima admisible = 155°C (temperatura máxima del punto más caliente). El aumento máximo permisible sobre los 40°C (Estándar de máxima temperatura permisible del ambiente) es de 115°C.

Normalmente con variadores de velocidad se suelen utilizar motores con tipo de aislamiento térmico clase F (nuestro caso).

C. GRADO DE PROTECCIÓN (IP)

IP 55.

5: Protección contra la acumulación de polvos perjudiciales al motor.

5: Protección contra chorros de agua proveniente en todas las direcciones.

D. CLASE O TIPO DE SERVICIO DEL MOTOR (RÉGIMEN DE SERVICIO)

S1: Motor que opera de forma continua y siempre con carga. Por ejemplo: El motor de una cinta transportadora (caso del proyecto).

E. POTENCIA NOMINAL DEL MOTOR

0.37 KW / 0.5 H.P.

F. FRECUENCIA

60 Hz.

G. TENSIÓN NOMINAL DE OPERACIÓN

220V / 380V / 440V

En nuestro caso se trabaja con una tensión de 220V

H. TIPO DE CONEXIÓN (DIAGRAMA DE CONEXIÓN A TENSIÓN NOMINAL)

Delta-Delta / Estrella-Estrella / Delta

En nuestro caso corresponde una conexión Delta-Delta para una tensión de 220V.

I. CORRIENTE NOMINAL DE OPERACIÓN:

2.0A / 1.17A / 1.0A

J. VELOCIDAD NOMINAL DEL MOTOR

1660 RPM.

K. ESPECIFICACIÓN DE RODAMIENTO (BEARINGS)

Rodamiento rígido a bolas 6202.

L. PESO DEL MOTOR

6.5 Kg.

3.5.1.5. DIÁMETRO DE CONDUCTOR DEL MOTORREDUCTOR

Se sugiere emplear cable eléctrico de tipo GPT-3 de la marca INDECO S.A., el cual es un conductor de cobre flexible de dimensiones reducidas especialmente empleado para cableado de tableros/equipos con espacio reducido, con calibres entre 8 y 20 AWG.

Para el cálculo del diámetro y selección del calibre del conductor, comprobamos la corriente consumida por el equipo, calculando en primer lugar la potencia de entrada del motor con el valor de eficiencia del mismo.

$$n = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} \quad \text{Ec. (3.15)}$$

Donde:

N: Eficiencia del motor = 65% (Hoja técnica del motor).

P_{OUT} : Potencia de salida.

P_{IN} : Potencia de entrada

$$P_{IN} = \frac{P_{OUT}}{n} = \frac{0.5 \text{ HP}}{0.65} = 0.769 \text{ HP}$$

Entonces, calculamos la corriente nominal (línea) del motor mediante la siguiente fórmula:

$$I = \frac{P_{IN} * 746}{\sqrt{3} * V * FP} \quad \text{Ec. (3.16)}$$

Siendo:

I: Intensidad de corriente [A]

P_{IN} : Potencia de entrada del motor [HP]

V: Tensión de alimentación [V] = 220 V.

FP: Factor de potencia (Cos ϕ) = 0.74 (Hoja técnica del motor).

$$I = \frac{0.769 * 746}{(\sqrt{3})(220)(0.74)}$$

$$I = 2.034 A$$

Seleccionamos el calibre (AWG) adecuado en la tabla proporcionada por el fabricante:

TABLA 17: Tabla de datos técnicos Cable GPT-3 INDECO

Datos Técnicos GPT-3 300 V						
Calibre (AWG)	Diam. Conductor [mm]	Min. espes. Aislam. [mm]	Diam. Nom. Exterior [mm]	Peso aprox. [kg/km]	Amperaje aire 30°C [A]	
8	3,91	0,73	5,44	91	50	
10	2,9	0,62	4,2	55	35	
12	2,29	0,51	3,36	35	25	
14	1,83	0,46	2,8	23	20	
16	1,44	0,46	2,4	15	12	
18	1,17	0,46	2,1	11	8	

Fuente: Ficha técnica INDECO/NEXANS

Entonces, el cable sugerido en cobre, según AWG es: 18AWG.

3.5.2. SELECCIÓN DE VARIADOR DE FRECUENCIA

El motor-reductor seleccionado para accionar el sistema de transporte de envases requiere de un controlador el cual nos permita manejar uno de los parámetros fundamentales del proceso: la velocidad de transporte. El control de velocidad de motores en la industria se realiza generalmente mediante variadores de frecuencia.

Analizando las múltiples alternativas en la industria, buscamos un equipo que sea compacto y de relativa facilidad en lo que refiere a su configuración (sólo con las tarjetas de comunicación necesarias) y que englobe el concepto de rentabilidad en cuanto a la solución. Por tal, elegimos la familia ALTIVAR de Schneider Electric, el cual a través de la serie 12, nos ofrece soluciones tanto para máquinas complejas como simples.

La serie 12 está destinada para máquinas pequeñas con motores asíncronos, los cuales se encuentra comúnmente en transportadores pequeños, máquinas para la

industria de alimentos y bebidas (el cual es nuestro caso), entre otras aplicaciones como embalaje, bombeo, etc.



FIGURA 100: Variador de Frecuencia ATV 12 Schneider Electric.

Fuente: Hoja técnica VFD ATV12 Schneider Electric.

Luego, con los datos de potencia del motorreductor trifásico (sistema de transporte) indicados en la placa, elegimos el variador (referencia) útil para el proyecto mediante la siguiente tabla:

TABLA 18: Selección de Variador ATV12 Schneider Electric

Motor		Alimentación de red (entrada)				Variador (salida)			Referencia (2)
		Corriente de línea máxima		Potencia aparente	Disipación de alimentación en corriente nominal (1)	Corriente nominal In	Corriente transitoria máxima para		
Potencia indicada en la placa (1)		a 200 V	a 240 V	kVA			W	60 s	2 s
kW	HP	A	A			A	A		
0,18	0,25	3,4	2,8	1,2	18	1,4	2,1	2,3	ATV12H018M2
0,37	0,5	5,9	4,9	2	27	2,4	3,6	4	ATV12H037M2
0,55	0,75	8	6,7	2,8	34	3,5	5,3	5,8	ATV12H055M2
0,75	1	10,2	8,5	3,5	44	4,2	6,3	6,9	ATV12H075M2

Fuente: Manual de usuario ATV12 – Schneider Electric

Entonces, se selecciona el variador ATV12H075M2, el cual representa un equipo de la serie 12, el cual es capaz de operar con motores eléctricos hasta de 0.75 KW (1 H.P.) con una alimentación de red monofásica, lo cual se adecua a nuestro requerimiento (Ver Anexo N°7).

Las características específicas del variador seleccionado se presentan en la siguiente figura, entre las cuales destaca la presencia de un puerto para

comunicación por protocolo Modbus, el cual será usado para establecer el vínculo entre el PLC y el variador:

Range of product	Altivar 12
Product or component type	Variable speed drive
Product destination	Asynchronous motors
Product specific application	Simple machine
Assembly style	With heat sink
Component name	ATV12
Quantity per set	Set of 1
EMC filter	Integrated
Built-in fan	Without
Network number of phases	Single phase
[Us] rated supply voltage	200...240 V (- 15...10 %)
Motor power kW	0.75 kW
Motor power hp	1 hp
Communication port protocol	Modbus
Line current	8.5 A at 240 V 10.2 A at 200 V
Speed range	1...20
Transient overtorque	150...170 % of nominal motor torque depending on drive rating and type of motor
Asynchronous motor control profile	Quadratic voltage/frequency ratio Sensorless flux vector control Voltage/Frequency ratio (V/f)
IP degree of protection	IP20 without blanking plate on upper part
Noise level	0 dB

FIGURA 101: Especificaciones técnicas ATV12H075M2.

Fuente: Hoja Técnica ATV12H075M2 Schneider Electric

Para la conexión eléctrica del motor, se establece la siguiente configuración recomendada (cabe resaltar que el fabricante indica que el contactor KM1 será incluido en el circuito eléctrico solo si es necesario).

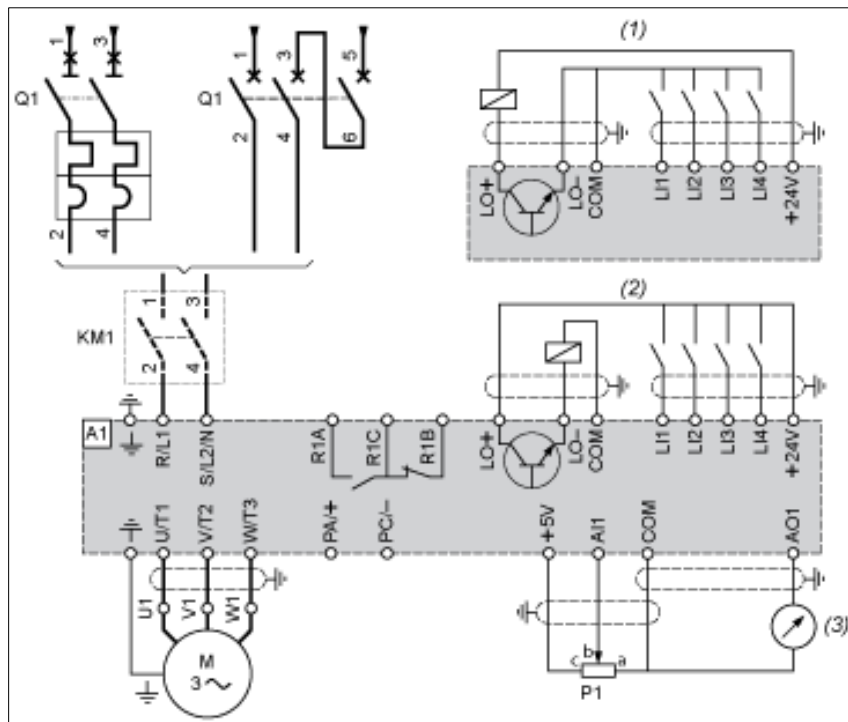


FIGURA 102: Diagrama de conexiones del variador Schneider ATV12H075M2

Fuente: Manual de usuario ATV12 – Schneider Electric

3.5.3. SELECCIÓN DE PLC

3.5.3.1. ENTRADAS Y SALIDAS DEL PLC

Es necesario en primera instancia, establecer los requerimientos del sistema en cuanto a las entradas y salidas del mismo, por tal, se enumeran dichos datos a continuación:

A. Entradas al controlador (PLC):

- Parada de Emergencia.
- Sensor capacitivo (detección de botellas).
- Sensor fotoeléctrico de contraste (detección de etiquetas).
- Marcha (Modo automático).
- Paro (Modo Automático).

B. Salidas del controlador (PLC):

- Control de Motor Paso a Paso de cabezal de etiquetado (Driver).
 - Pulso: 1 salida.
 - Dirección: 1 salida.
 - Enable: 1 salida.
- Control de Motor de faja vertical (Sistema envolvente de etiquetado).

3.5.3.2. PUERTOS DE COMUNICACIÓN

- Puerto de comunicación serial para comunicación con variador de velocidad.
- Puerto de comunicación Ethernet para programación y conexión a red (control y monitoreo).

En vista de las entradas, salidas y puertos de comunicación requeridos se realiza una búsqueda en el mercado nacional en cuanto a controladores lógico programables disponibles. Si bien es cierto, existen diversas marcas y modelos de controladores que cumplen con nuestros requerimientos, se observa que Schneider Electric ofrece soluciones para automatización de maquinaria, especialmente para fabricantes de éstas, entre las cuales presenta alternativas de controladores como M221, M241 y M251. Por tal, se opta por utilizar un controlador lógico programable (PLC) TM221 de la marca Schneider Electric, el cual es un PLC moderno, que se encuentra en el mercado a un precio sumamente competitivo en referencia a equipos de su gama, ofreciendo mejores tiempos de respuesta en cuanto a controladores similares en otras marcas.

En este caso, debido a la aplicación en la cual la función principal del sistema de etiquetado recae sobre el cabezal del equipo el cual está comandado por un motor paso a paso (Stepper Motor), surge la necesidad de realizar un control por pulsos de éste (tren de pulsos), lo cual obliga a la utilización de salidas de transistores por la capacidad de conmutación rápida que éstos ofrecen.

Entonces, se elige un PLC con salidas a transistores ya que nos permite realizar conmutaciones rápidas teniendo un tiempo de vida más largo que un controlador con salidas a relevador (Anexo N°14).

Alimentación	Entradas Configurables	Salidas Discretas	Entradas Analógicas	Puertos de Comunicación	Referencia
Compactos					
110 a 240 VAC	9 PNP/NPN	7 Relay	2 E 0...10VDC	Serie	TM221C16R
	9 PNP/NPN	7 Relay	2 E 0...10VDC	Ethernet + Serie	TM221CE16R
	14 PNP/NPN	10 Relay	2 E 0...10VDC	Ethernet + Serie	TM221CE24R
	24 PNP/NPN	16 Relay	2 E 0...10VDC	Ethernet + Serie	TM221CE40R
24 VDC	14PNP/NPN	10 PNP	2 E 0...10VDC	Ethernet + Serie	TM221CE24T
	24 PNP/NPN	16 PNP	2 E 0...10VDC	Ethernet + Serie	TM221CE40T

FIGURA 103: Selección de PLC Modicon M221 Salida a transistor

Fuente: Catálogo Schneider Electric 2016.

Entonces, seleccionamos el PLC Modicon M221CE24T, el cual cumple con las especificaciones técnicas requeridas en cuanto a entradas y salidas, así como en puertos para comunicación (puerto línea serie, puerto Ethernet, puerto USB).



FIGURA 104: PLC Modicon M221CE24T Schneider Electric.

Fuente: Web de Schneider Electric.

Es importante destacar que el modelo elegido es el TM221CE24T, ofrece 24 E/S, lo cual supera ampliamente nuestras necesidades, pero se elige tal controlador en busca de ampliaciones futuras en el sistema de producción.

Una característica a tomar en cuenta es que el software de programación (So Machine Basic) que ofrece el fabricante (Schneider Electric), es gratuito, el cual también ofrece soporte y asesoría técnica constante a todo nivel.

3.5.3.3. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

Dentro de las alternativas en cuanto a lenguajes de programación ofrecidas por el PLC seleccionado, tenemos:

- IL (Lista de instrucciones).
- LD (Diagrama de contactos).
- Grafcet (SFC).

En este caso, optamos por utilizar el lenguaje de programación LD (Diagrama de contactos), llamado también, lenguaje Ladder.

3.5.3.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL PLC

Las características físicas del PLC seleccionado se presentan a través de la siguiente imagen:

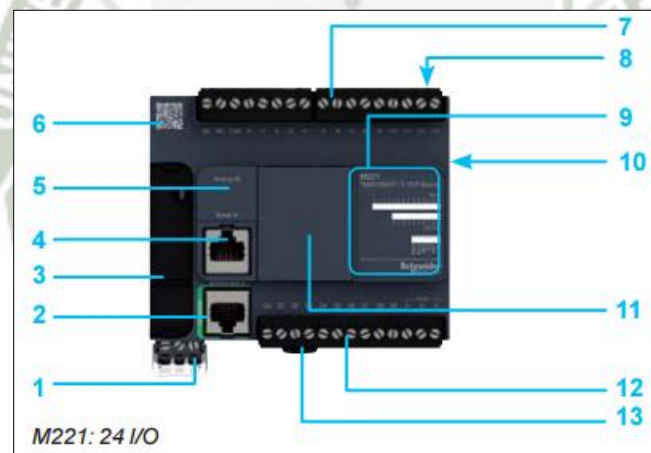


FIGURA 105: Partes del PLC Modicon M221CE24T

Fuente: Hoja de Instrucciones de PLC TM221 – Schneider Electric

Luego, se presenta el detalle de las partes señaladas en la figura anterior:

- 1 Removable screw terminal block, 3 terminals for connecting the 24 V $\overline{\text{DC}}$ or the 100-240 V \sim power supply (depending on model)
- 2 On TM221CE $\bullet\bullet\bullet$ controllers: RJ 45 connector for Ethernet network, with exchange rate and activity LED.
- 3 Behind the removable cover:
 - USB mini-B connector for connecting a PC equipped with the SoMachine Basic software
 - Slot for the SD memory card
 - Run/Stop switch
- 4 Serial link port (RS 232 or RS 485): RJ 45 connector.
- 5 Behind a cover: dedicated removable connector for two analog inputs.
- 6 Controller technical documentation QR code.
- 7 Connection of 24 V $\overline{\text{DC}}$ logic inputs on removable screw terminal blocks (1).
- 8 On top of the controller: slot for backup battery.
- 9 LED display block showing:
 - the status of the controller and its components (battery, SD memory card)
 - the status of the serial link
 - the status of the I/O
- 10 On the side of the controller: TM3 bus connector for the link with a Modicon TM3 expansion module.
- 11 Slot(s) for I/O cartridge(s), communication cartridge or application cartridge(s): one on M221 controllers with 16 and 24 I/O, two on M221 controllers with 40 I/O.
- 12 Connection of relay/transistor logic outputs: on removable screw terminal blocks (1).
- 13 Clip for locking on \perp symmetrical rail.

FIGURA 106: Descripción física del PLC Modicon M221CE24T

Fuente: Hoja de Instrucciones de PLC TM221 – Schneider Electric

3.5.4. SELECCIÓN DE MOTOR PASO A PASO

Primero, se define el uso de un motor paso a paso para la alimentación de etiquetas a los envases PET por las siguientes características propias de estos motores:

- Control de posición

Control preciso de la posición del motor mediante el número de pulsos.

- Control de velocidad (velocidad de pulsos).

Se puede establecer un control en la aceleración y desaceleración de los movimientos del motor en todo instante, teniendo movimientos suaves y fluidos, lo que en nuestro caso nos permite un mejor control de la inercia y frenado del cabezal de etiquetado, evitando un desalineamiento de la bobina de etiquetas al realizar cada movimiento repetitivo.

- Par de retención.

Una de las características más importantes y fundamentales en el desarrollo del proyecto es que el motor mantiene su posición de manera fija al estar energizado (corriente en las bobinas), lo que -en nuestro caso- permite que el cabezal de etiquetado se mantenga firme y en la misma posición luego de alimentar cada etiqueta al sistema.

- Velocidad

Si bien es cierto, una de las alternativas sería usar un servomotor, éste es más usado para aplicaciones donde se requiera mayores velocidades a la requerida y siendo considerablemente más costosos con respecto a un motor paso a paso.

Entonces, seleccionamos un motor paso a paso NEMA 34, el cual es un motor muy robusto ampliamente utilizado en centros de mecanizado, impresoras 3D y máquinas de control automático.

El motor seleccionado corresponde a una serie particular, en la cual tenemos un equipo con la mitad de dimensiones de los motores comunes NEMA34, teniendo un peso menor al convencional, lo cual facilita el montaje del equipo al cabezal de etiquetado del proyecto, dando un par motor (torque) de retención de 63 Kg/cm

Las características técnicas del motor, de acuerdo a los tipos de conexión, se encuentran en la siguiente tabla: (Anexo N°15)

TABLA 19: Tipos de conexiones en motor paso a paso NEMA 34

PHASE	STEP ANGLE	CONNECTION STYLE	CURRENT	RESISTANCE	INDUCTANCE	HOLDING TORQUE	ROTOR INERTIA	WEIGHT
	DEG/STEP		A	$\Omega \pm 10\%_{20^\circ C}$	mH $\pm 20\%$	kg • cm	g • cm ²	kg
2	1.8°	parallel	6	0.4	3.7	63	1400	2.3
2		series	3	1.6	14.8			
4		unipolar	4.2	0.8	3.7	45		

Fuente: Hoja técnica de motor NEMA 34 86BHH80

Los motores paso a paso de 8 cables generalmente se pueden conectar como unipolares, así como bipolares en serie o bipolares en paralelo.

Según las especificaciones del fabricante (y por experiencia propia), al conectar motores paso a paso como bipolar serie obtenemos el mayor torque que puede ofrecer el motor con el menor consumo de corriente (3 amperios nominal). Si bien es cierto, nos limita la velocidad del motor, este punto no es fundamental en el desarrollo del proyecto ya que se trabajará a velocidades relativamente bajas.

Entonces, la configuración del motor, queda de la siguiente manera:

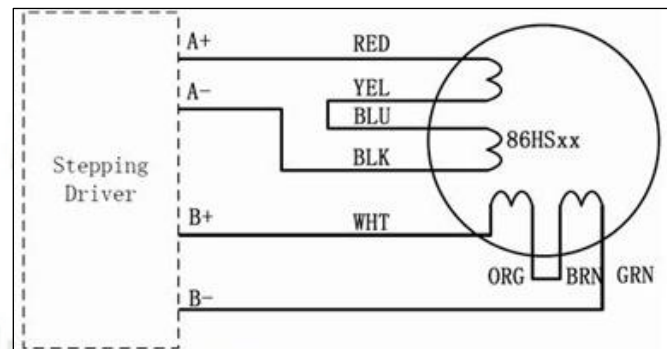


FIGURA 107: Conexión eléctrica del motor NEMA 34 como Bipolar Serie.

Fuente: Hoja técnica de motor NEMA 34 86BHH80

3.5.5. SELECCIÓN DE DRIVER DE CONTROL

La selección del driver de control del motor paso a paso es uno de los puntos clave del proceso, en la que éste debe aportar suficiente corriente al motor según sea requerido a fines de dar el par necesario.

El proceso de control simplificado se da en base al siguiente diagrama:



FIGURA 108: Diagrama de operación de un motor PaP, driver y PLC

Fuente: www.es.fym-motor.com

Asimismo, se considerará la resolución del driver como un favor importante, ya que a medida que esta aumenta, mejoramos la precisión y estabilidad del motor.

Cabe resaltar que generalmente el motor paso a paso genera vibración a bajas velocidades, por lo que mediante un aumento de la resolución este detalle se minimiza considerablemente.

Por tanto, se selecciona el driver DMA860H de la marca Leadshine, el cual es capaz de operar motores paso a paso desde NEMA 17 hasta NEMA 43 (unipolares y bipolares) con un amplio rango de salida de corrientes y pulsos/revolución (resolución); usado típicamente en cortadores a laser, máquinas de grabado, máquinas etiquetadoras (nuestra aplicación), etc.



FIGURA 109: Driver Leadshine DMA860H y motor PaP NEMA34

Fuente: Elaboración propia

Cabe resaltar que, dentro de sus características, soporta una frecuencia de entrada de pulsos de hasta 300KHz, pero el PLC seleccionado opera a una frecuencia máxima de 100 KHz, lo cual no es inconveniente debido a que no se trabajará a grandes velocidades (Anexo N°16).

3.5.6. SELECCIÓN DE SENSOR DE PROXIMIDAD CAPACITIVO

Dentro de las alternativas de sensores de proximidad tenemos:

- Sensores capacitivos.
- Sensores inductivos.

- Sensores fotoeléctricos.
- Sensores ultrasónicos.
- Sensores magnéticos.

Los sensores capacitivos pueden ser utilizados para detectar objetos de metal, así como toda clase de materiales dieléctricos como el plástico, vidrio y fluidos.

Por tal, se considera el uso de un sensor de proximidad capacitivo para la detección de los envases PET que irán circulando por el sistema de transporte continuamente, el cual se presenta en la siguiente figura:



FIGURA 110: Sensor de proximidad capacitivo tipo NPN.

Fuente: Elaboración propia.

El sensor seleccionado es del tipo NPN, por lo que se configurará todas las entradas del PLC a este tipo de conexión.

Especificaciones técnicas del sensor:

- Voltaje de Operación: 6 - 36V DC
- Corriente de trabajo: 300mA
- Rango de detección: 1mm a 10mm
- Dimensiones: D18mm*L70mm
- Salida: Tipo NPN normalmente abierto (NO)
- Cuerpo metálico roscado

- Longitud del cable: 1.80m
- Frecuencia de refresco: 0.5 Hz
- Temperatura de trabajo: -25 a 70°C

Conexión:

- Marrón (BN): Alimentación (+)
- Negro (BK): Salida Normalmente abierto (NO) NPN
- Azul (BU): Alimentación (-)

3.5.7. SELECCIÓN DE SENSOR DE ETIQUETA

Se busca la utilización de un sensor que le brinde al sistema una respuesta al avance de las etiquetas, las cuales vienen con una separación fija entre ellas en rollos de 2000 y 3000 unidades.

Por tal se selecciona un sensor fotoeléctrico de etiquetas, el cual está diseñado específicamente para detectar flancos ascendentes y descendentes de etiquetas en un rollo.

Entonces, seleccionamos el sensor de etiquetas LBX-50, del fabricante EMX Industries INC, el cual es capaz de detectar una amplia variedad de anchos de etiquetas adhesivas sobre varios materiales (Anexo N°8).



FIGURA 111: Sensor de Etiquetas LBX-50 – EMX

Fuente: Hoja técnica del producto

Una de las bondades del sensor de etiquetas seleccionado, es que puede ser conectado tanto como PNP o NPN, lo que significa que podrá operar sin problemas junto al sensor capacitivo seleccionado en el párrafo anterior (el cual es NPN) en el módulo de entradas del PLC Modicon M221, cuyas entradas son configurables (NPN/PNP).

Especificaciones técnicas del sensor:

- Ancho de horquilla: 3mm
- Brecha mínima/tamaño de etiqueta: 2mm.
- Tiempo de respuesta: <40uS
- Frecuencia de conmutación: 12.5 KHz.
- Controles: Teach-in Key.
- Control Light ON/Dark On: De acuerdo a conexiones.
- Salida digital: PNP/NPN, 100mA.
- Indicador de detección: LED Verde.
- Indicador de bloqueo: LED Rojo.
- Indicador de doble pulsación "teach": LED Amarillo.
- Indicador de programación: LEDs Amarillo/Verde.
- Indicador de fallo: LEDs Rojo/Verde.
- Dimensiones: 38mm x 80mm x 12mm.
- Peso: 95g.
- Tensión de alimentación: 10-30 VDC.
- Corriente de operación: 40mA (No incluye salidas).
- Conector: M8, 4 pines.
- Temperatura de operación: -20°C... 55°C.
- Protección mecánica: IP65.

La configuración y programación del sensor inicialmente se realiza a través del botón “Teach-In” el cual se ubica en la parte superior de la carcasa. “Teach-In” es el botón usado para establecer el nivel de detección para una etiqueta específica durante el set-up, mediante dos modos:

- **TEACH STANDARD:** Para etiquetas estándar.

Colocamos la brecha de la etiqueta en el espacio designado utilizando las marcas de alineamiento como referencia. Este modo de funcionamiento nos permite detectar etiquetas con papel estándar pulsando solo una vez este botón.

- **TEACH – THIN:** Para etiquetas con bajo contraste.

Colocamos la brecha de la etiqueta en el espacio designado utilizando las marcas de alineamiento como referencia. Este modo de funcionamiento nos permite detectar etiquetas con papeles delgados pulsando dos veces este botón.

En este caso, utilizamos el modo “TEACH STANDARD” ya que el material de los rollos de etiquetas se adecúa a esta configuración.

El sensor se instala de tal modo que permite el paso de las etiquetas a través de la horquilla usando las marcas de alineamiento presentes.

Se utiliza un conector/cable M8 (estándar) para la energía y salida requerida.



FIGURA 112: Conector M8 de sensor de etiquetas LBX-50 EMX

Fuente: Elaboración propia

Diagrama de conexiones del sensor:

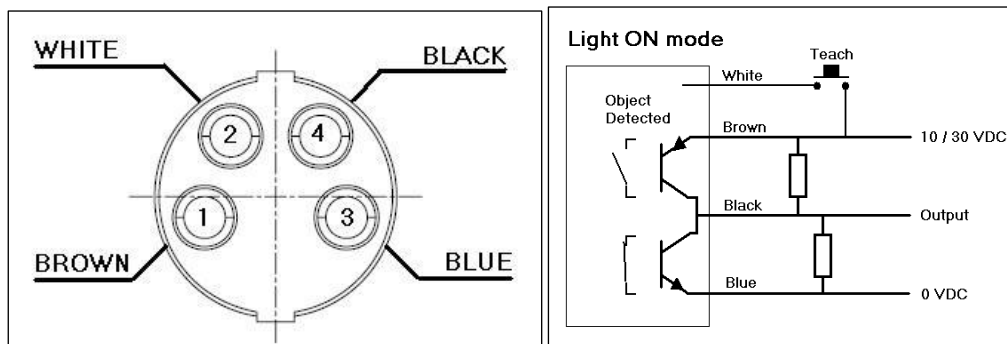


FIGURA 113: Configuración de conector M8.

Fuente: Hoja técnica del producto

PIN 1: Fuente (10/30 VDC)

PIN 2: Remote Teach (Entrada remota)

PIN 3: Fuente (0 VDC)

PIN 4: Salida discreta PNP/NPN.

3.5.8. SELECCIÓN DE MOTOR DE SISTEMA ENVOLVENTE

Para el funcionamiento del sistema envolvente, por tener velocidades de operación bajas (menores a 30 RPM), se considerará nuevamente el uso de un motorreductor para el proceso que a su vez será de menor potencia al usado en el sistema de transporte de envases, debido a que se trata de una faja vertical de corta de 30 centímetros, la cual prácticamente no soportará carga alguna ya que su función es únicamente dar giro a las botellas por rozamiento junto a la placa envolvente de acuerdo al paso de las mismas.

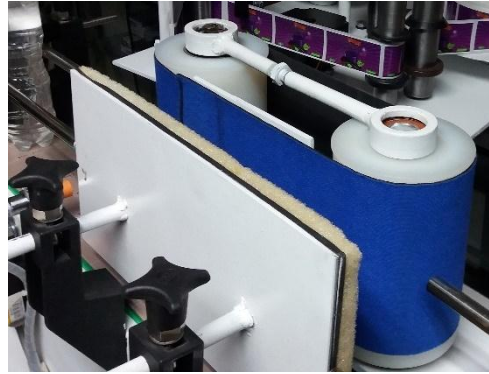


FIGURA 114: Sistema envolvente de envases PET.

Fuente: Elaboración propia.

Es importante destacar que el movimiento del sistema deberá ser constante y no será necesario un control de velocidad permanente por parte del PLC utilizado, debido a que sólo se requiere una condición para operar satisfactoriamente en el proceso:

- La velocidad de giro del sistema envolvente en ningún momento deberá ser menor a la velocidad del sistema de transporte de envases, debido a que esto ocasionaría una caída de los envases al ingresar éstos al sistema de giro.

Por tal se descarta el uso de un motorreductor trifásico y un variador de frecuencia similar al seleccionado en el sistema de transporte, ya que implicaría un costo adicional al proyecto innecesario, teniendo en cuenta aún que se requeriría un cartucho de expansión de comunicación en el PLC al tener ya su única entrada serial ocupada por la comunicación Modbus (Variador – PLC).

Dentro de las alternativas presentes en el mercado con respecto a motores de baja potencia, orientados al campo de la automatización, tenemos los motores de la marca GGM los cuales nos ofrecen ambas alternativas de alimentación de red (monofásica y trifásica).

Partiendo desde el punto que se cuenta con una red de alimentación monofásica, este tipo de motores utiliza un condensador, el cual no es sólo para el arranque, sino para todo el funcionamiento del equipo, teniendo pares de arranque significativamente bajos.

Si bien es cierto, no es posible invertir el sentido de rotación en un corto tiempo en pleno funcionamiento, este no es inconveniente para el proyecto ya que el motor girará permanentemente en un solo sentido.



FIGURA 115: Motor, reductor y controlador de velocidad GGM.

Fuente: Elaboración propia.

Por tal, se selecciona un motor monofásico K8IG25NC-SP Marca GGM de 25W (menor potencia comercial en el mercado), con las siguientes características:

TABLA 20: Características técnicas del motor K8IG25NC-SP GGM.

Model	Voltage (V)	Frequency (Hz)	Current (A)	Start T. (N+m/ Kgf+Cm)	Rated T. (N+m/ Kgf+Cm)	Speed (rpm)	Condenser (μF)
K8I□25NJ(-T, -T5)	100	50	0,59	0,11/1,1	0,195/1,95	1250	7
		60	0,54		0,16/1,6	1550	
K8I□25NU(-T, -T5)	110	60	0,48	0,09/0,9	0,165/1,65	1500	5
	115		0,5	0,095/0,95			
K8I□25NL(-T, -T5)	200	50	0,26	0,115/1,15	0,195/1,95	1250	1,8
		60	0,28		0,16/1,6	1550	
K8I□25NC(-T, -T5)	220	50	0,28	0,11/1,1	0,195/1,95	1250	1,5
		60	0,25		0,16/1,6	1550	
	230	50	0,29	0,12/1,2	0,195/1,95	1250	
		60	0,26		0,16/1,6	1550	
K8I□25ND(-T, -T5)	240	50	0,3	0,11/1,1	0,195/1,95	1250	1,2

Fuente: Hoja técnica de especificaciones del motor.

De la tabla anterior, se puede apreciar que se deberá conectar un condensador de 1.5μF al motor para su correcto funcionamiento (Anexo N°17).

Asimismo, se elige un reductor de engranajes K8G20B Marca GGM.

Ambos equipos estarán trabajando en conjunto comandados por un controlador de velocidad, según la siguiente tabla de selección:

TABLA 21: Selección de controlador de velocidad GGM.

Model Characteristics	GPA-U	GPA-J	GPA-C	GPA-L
Rated voltage and Power Frequency	single phase AC110V 60Hz AC115V 60Hz	single phase AC100V 50/60Hz	single phase AC220V 50/60Hz AC230V 50/60Hz AC240V 50Hz	single phase AC200V 50/60Hz
Operating Voltage Range	±10%(Rated Voltage Contrast)			
Application MOTOR output *1	INDUCTION : 6~180W REVERSIBLE : 6~ 90W SPEED & BRAKE : 6~180W			
Speed control range	60Hz : 90~1700 rpm 50Hz : 90~1400 rpm			
Speed regulation	5%(Standard value)			
Speed setter	Built-in (can be installed outside regular setter: special order)			
Braking *2	Electric motor brake for a period of time Braking through Current			
Electrical BRAKE time	0.5 seconds Standard values			
SLOW RUN *3 SLOW STOP	No function			
Ambient temperature	-10°C ~ 40°C			
Storage temperature	-20°C ~ 60°C			

Fuente: Manual de controladores de velocidad GPA Series. GGM

Por lo cual, se selecciona el controlador GPA-C 220VAC 60Hz..



FIGURA 116: Controlador de velocidad GPA-C 220V. GGM

Fuente: Manual de controladores de velocidad GPA Series. GGM.

Entonces, el diagrama de conexiones de los 3 elementos es el siguiente:

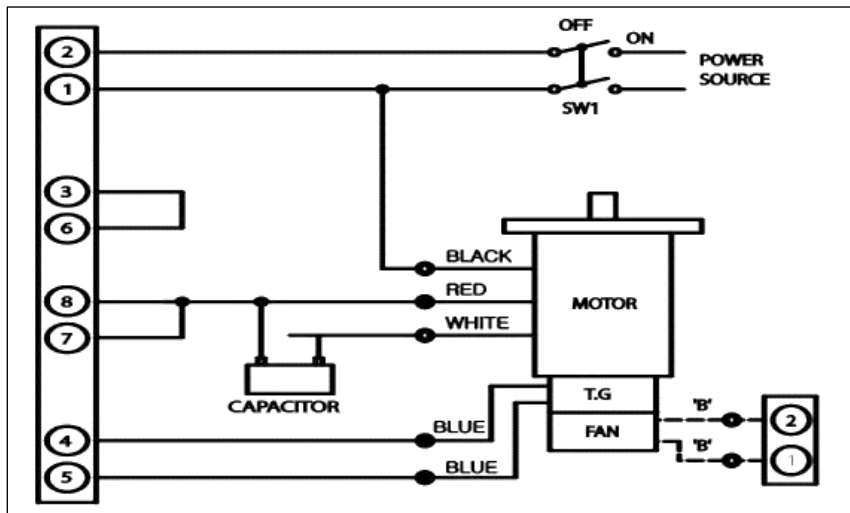


FIGURA 117: Diagrama de conexión a controlador de velocidad GGM.

Fuente: Manual de unidad de control de velocidad GPA Series. GGM.



CAPÍTULO 4

DISEÑO DE SISTEMA DE CONTROL Y PROGRAMACIÓN

4.1 INTRODUCCIÓN

El sistema de control a implementar necesita de un esquema en el cual se muestre la secuencia de funcionamiento, desde los elementos de entrada al PLC hasta los actuadores finales, a fin de conocer las etapas a implementar. Dicho esquema se presenta a continuación:

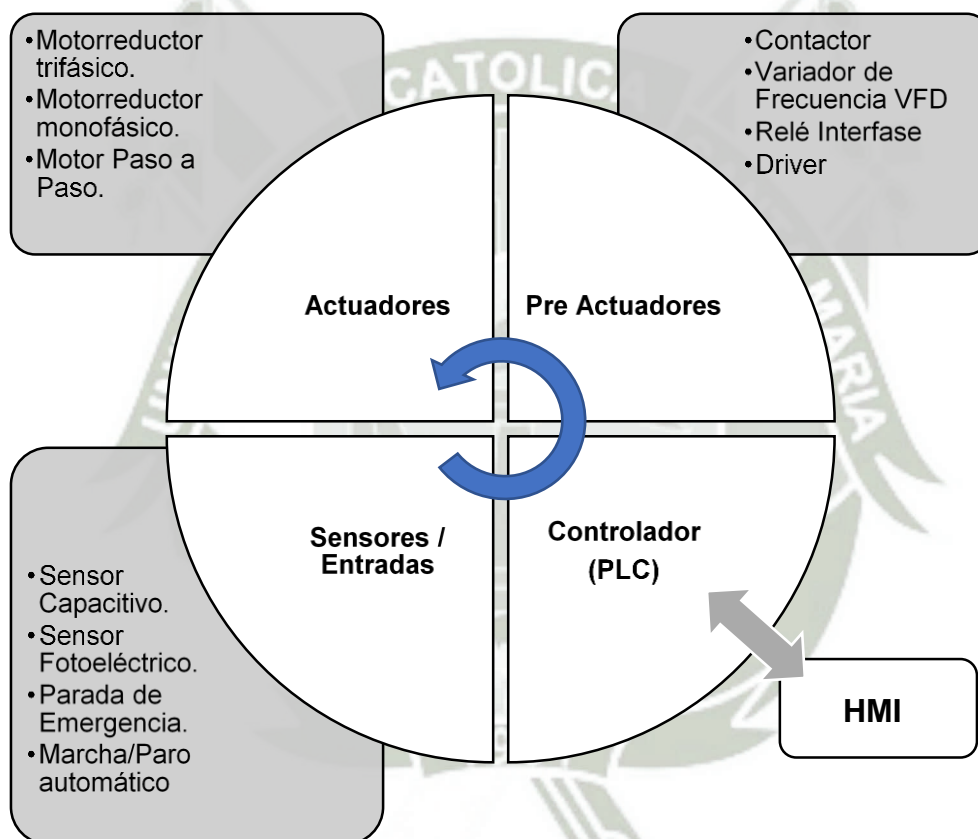


FIGURA 118: Esquema general de control

Fuente: Elaboración propia.

La selección de los componentes y equipos de los sistemas que componen el proceso ya fue expuesto a detalle en el capítulo anterior, por lo que en este capítulo se establece la configuración e interacción de los elementos mencionados.

También se muestra la programación de cada una de las partes del proceso, las cuales deben integrarse para llevar a cabo el etiquetado de envases PET.

4.2 CONTROL DEL MOTOR PASO A PASO

4.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El funcionamiento del cabezal de etiquetado se basa en el control de movimiento del motor paso a paso seleccionado en el capítulo anterior, el cual deberá responder al sensor de envases ubicado en el sistema de transporte, dando el recorrido necesario al cabezal de etiquetado con el fin de alimentar de etiquetas al sistema, teniendo como límite de recorrido la orden dada por el sensor fotoeléctrico de etiquetas, el cual reconocerá el fin de recorrido necesario del rollo de etiqueta por envase detectado.

Por tal, se establece un esquema general de este proceso:

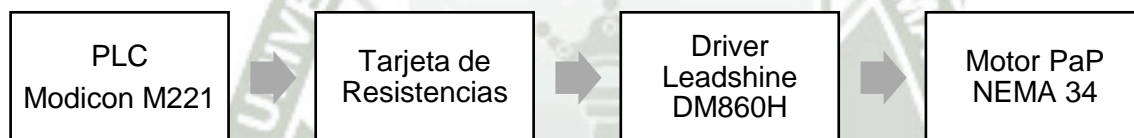


FIGURA 119: Esquema de accionamiento de motor Paso a Paso.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 CONEXIONADO DEL MOTOR PASO A PASO NEMA 34

4.2.2.1 CONEXIÓN ENTRE PLC M221 Y DRIVER DMA860H

Para permitir que el driver que opera el motor paso a paso NEMA 34 reciba los pulsos del PLC, es necesario seguir una serie de pasos para el conexionado y configuración de los mismos.

Primero, se debe considerar las especificaciones técnicas más importantes del driver, a fin de saber el tipo de fuente a utilizar para alimentarlo, el correcto conexionado de los pines disponibles en el equipo, así como la configuración idónea respecto a las salidas del PLC seleccionado.

Las especificaciones eléctricas más importantes se encuentran en la siguiente figura:

TABLA 22: Especificaciones eléctricas del Driver Leadshine DMA860H.

Parameters	MA860H			
	Min	Typical	Max	Unit
Output current	1.8	-	7.2 (5.1 RMS)	A
Supply voltage	36	48	80	VAC
	+50	+68	+110	VDC
Logic signal current	7	10	16	mA
Pulse input frequency	0	-	300	KHz
Isolation resistance	500			MΩ

Fuente: Manual de Driver Leadshine DMA860H.

En el driver, encontramos básicamente dos bloques de conectores, los cuales refieren a las conexiones de señales de control, y a la alimentación junto a las conexiones del motor, según muestra la siguiente figura:



FIGURA 120: Driver Leadshine DMA860H.

Fuente: Manual de Driver Leadshine DMA860H.

El primer bloque, el cual refiere a las conexiones de señales de control, tiene los pines PUL, DIR, ENA, cuyas características se muestran en la siguiente figura:

Pin Function	Details
PUL+	Pulse signal: In single pulse (pulse/direction) mode, this input represents pulse signal, active at each rising or falling edge (set by inside jumper J3); 4-5V when PUL-HIGH, 0-0.5V when PUL-LOW. In double pulse mode (pulse/pulse), this input represents clockwise (CW) pulse, active at high level or low level (set by inside jumper J3). For reliable response, pulse width should be longer than 1.5 μ s. Series connect resistors for current-limiting when +12V or +24V used. The same as DIR and ENA signals.
PUL-	
DIR+	DIR signal: In single-pulse mode, this signal has low/high voltage levels, representing two directions of motor rotation; in double-pulse mode (set by inside jumper J1), this signal is counter-clock (CCW) pulse, active at high level or low level (set by inside jumper J3). For reliable motion response, DIR signal should be ahead of PUL signal by 5 μ s at least. 4-5V when DIR-HIGH, 0-0.5V when DIR-LOW. Please note that motion direction is also related to motor-driver wiring match. Exchanging the connection of two wires for a coil to the driver will reverse motion direction.
DIR-	
ENA+	Enable signal: This signal is used for enabling/disabling the driver. High level (NPN control signal, PNP and Differential control signals are on the contrary, namely Low level for enabling.) for enabling the driver and low level for disabling the driver. Usually left UNCONNECTED (ENABLED).
ENA-	

FIGURA 121: Conexiones de señales de control del driver DMA860H

Fuente: Manual de Driver Leadshine DMA860H.

Luego, tenemos el bloque de conectores P2, el cual es exclusivo de la fuente de alimentación del driver y de las conexiones directas del motor (bobinas), lo cual se detalla en la siguiente figura:

Pin Function	Details
AC	Power supply, 18~80 VAC or 24~110 VDC, Including voltage fluctuation and EMF voltage. Recommended 18~60VAC or 24~85VDC.
AC	
A+, A-	Motor Phase A
B+, B-	Motor Phase B

FIGURA 122: Conexiones de señales de control del driver DMA860H.

Fuente: Manual de Driver Leadshine DMA860H.

En la siguiente figura se muestra la conexión a señales PNP (nuestro caso):

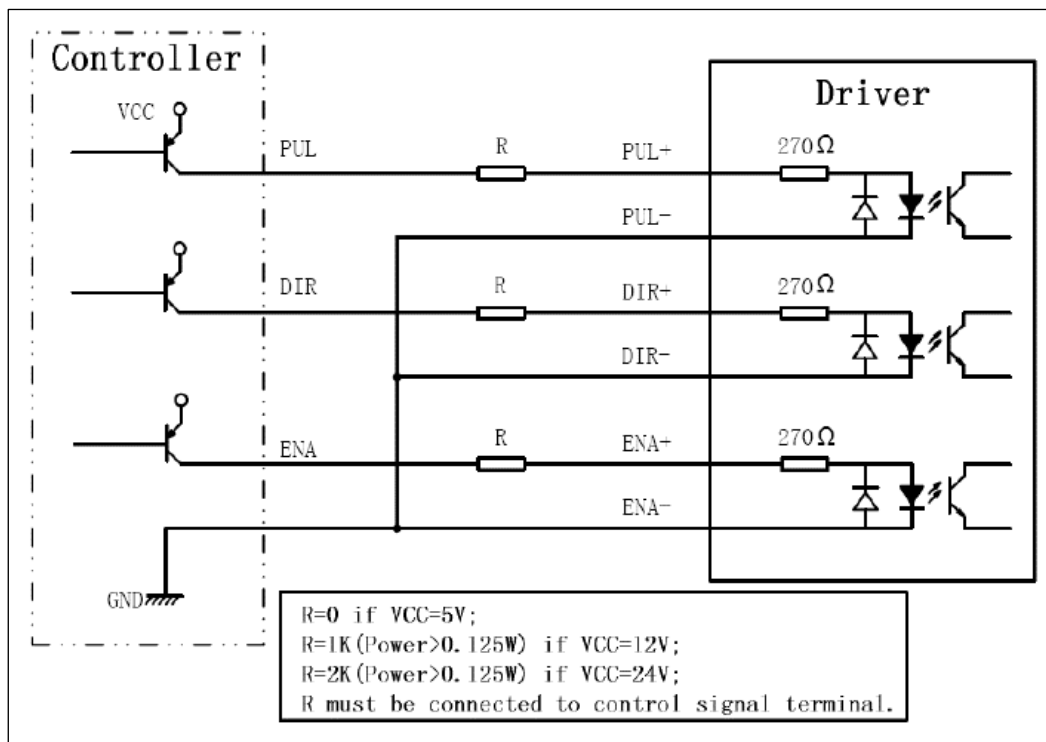


FIGURA 123: Conexión de Driver DMA860H con el PLC M221 para señal tipo PNP.

Fuente: Manual de Driver Leadshine DMA860H.

Finalmente, es importante tomar en cuenta que debido a que el PLC Modicon M221 entrega 24Vcc, debemos conectar resistencias de 2K Ohmios antes de las entradas PUL, DIR y ENA del driver de acuerdo a la figura anterior, lo cual estará presente en el tablero eléctrico mediante una placa/tarjeta de resistencias.

4.2.2.2 CONEXIÓN ENTRE DRIVER DMA860H Y MOTOR PASO A PASO

Tal como se mencionó en la selección del motor paso a paso, la configuración de un motor de 8 cables en serie bipolar se usa típicamente en aplicaciones en las que es más importante el par de torsión que la velocidad, por tal, el rendimiento empezaría a degradarse a velocidades más altas debido a la mayor inductancia (oposición de la bobina al cambio de corriente).

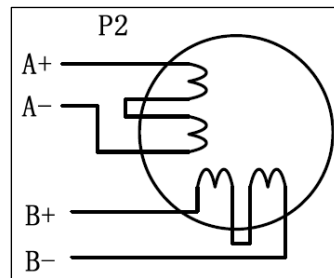


FIGURA 124: Conexión de motor de 8 cables en modo serie.

Fuente: Manual de Driver Leadshine DMA860H.

Cabe resaltar que en la configuración serie bipolar, se recomienda emplear el motor a sólo el 70% de su corriente nominal a fin de evitar el sobrecalentamiento.

Por tal, al tener una corriente nominal de 3A en modo serie bipolar y teniendo en cuenta lo mencionado en el párrafo anterior, seleccionaremos una corriente aproximada de 2.1A (70% de 3 amperios) en el driver, según la siguiente tabla impresa en el dispositivo:

TABLA 23: Ajuste de corriente de Driver DMA860H Leadshine.

Ref Current (Screen printing)	Peak Current	SW1	SW2	SW3
2.00A	2.40A	ON	ON	ON
2.57A	3.08A	OFF	ON	ON
3.14A	3.77A	ON	OFF	ON
3.71A	4.45A	OFF	OFF	ON
4.28A	5.14A	ON	ON	OFF
4.86A	5.83A	OFF	ON	OFF
5.43A	6.52A	ON	OFF	OFF
6.00A	7.20A	OFF	OFF	OFF

Fuente: Manual de Driver Leadshine DMA860H.

Asimismo, tenemos múltiples alternativas con respecto a la resolución de pasos del motor, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

TABLA 24: Selección de resolución del driver DMA860H Leadshine.

Microstep	Steps/rev.(for 1.8°motor)	SW5	SW6	SW7	SW8
2	400	ON	ON	ON	ON
4	800	OFF	ON	ON	ON
8	1600	ON	OFF	ON	ON
16	3200	OFF	OFF	ON	ON
32	6400	ON	ON	OFF	ON
64	12800	OFF	ON	OFF	ON
128	25600	ON	OFF	OFF	ON
256	51200	OFF	OFF	OFF	ON
5	1000	ON	ON	ON	OFF
10	2000	OFF	ON	ON	OFF

Fuente: Manual de Driver Leadshine DMA860H.

Se selecciona una configuración ON/OFF/ON/ON, lo cual corresponde a 1600 pasos/revolución.

Finalmente, a fin de evitar fallas en la operación, PUL, DIR y ENA deben respetar el siguiente diagrama de tiempos:

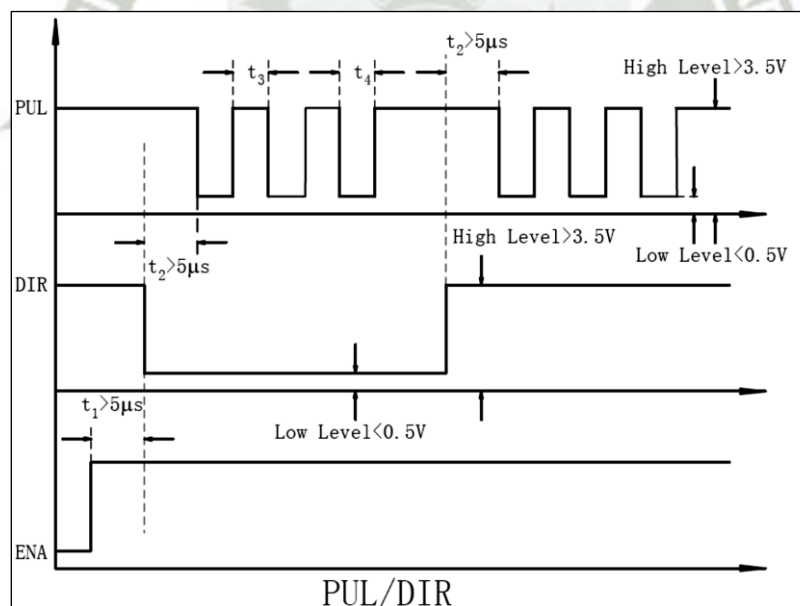


FIGURA 125: Diagrama de tiempos de operación de Driver DMA860H.

Fuente: Manual de Driver Leadshine DMA860H.

Siguiendo las conexiones indicadas líneas arriba, se procedió a realizar las primeras pruebas utilizando en primer lugar una placa Arduino UNO, a fin de verificar la corriente consumida por el motor, el comportamiento del mismo y del driver en respuesta a diferentes niveles de voltaje de alimentación utilizando un Variac, el cual podía alimentar al controlador entre 36 y 80VAC.

Cabe resaltar que el código de prueba se encuentra disponible en la red (Internet) ya que se trata de código libre.



FIGURA 126: Prueba de conexión entre Driver y motor PaP con Arduino UNO.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, para la alimentación del driver, se considera un voltaje de 48VAC, por lo que se requiere de un transformador de 220/48VAC el cual sea capaz de soportar la corriente nominal del motor (3 Amperios) según la configuración de conexión seleccionada.

4.2.2.3 CONEXIÓN FINAL DE CONTROL DEL MOTOR PASO A PASO

Luego de detallar cada parte del sistema, el esquema eléctrico a implementar queda de la siguiente manera:

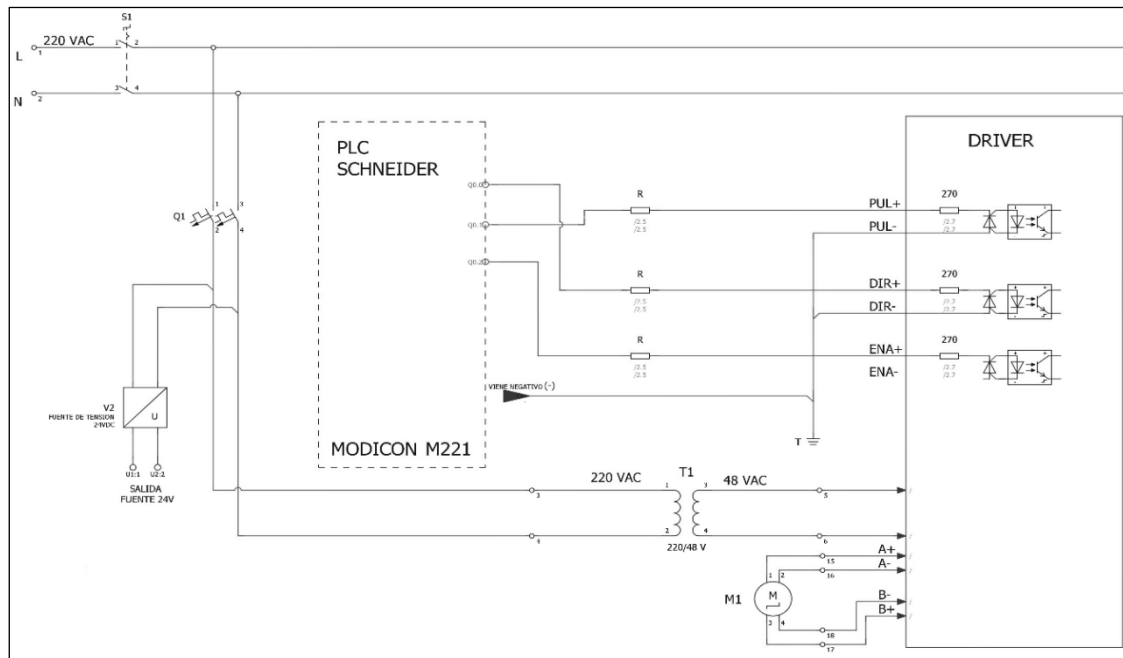


FIGURA 127: Esquema eléctrico de control de motor Paso a Paso NEMA 34.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3 PROGRAMACIÓN DE MOTOR PASO A PASO EN SO MACHINE BASIC

Tal como se mencionó en la selección del controlador del proyecto (PLC), el software a utilizar será el So Machine Basic, proporcionado por Schneider Electric, el cual es de distribución gratuita.

Para la programación del control del motor paso a paso, se necesitará hacer uso de las funciones avanzadas del controlador, entre las cuales tenemos:

Funciones	Descripción	
Contadores	Contador rápido <i>(véase página 31)</i>	La función FC puede ejecutar el conteo rápido de pulsos a partir de los sensores, conmutadores, etc.
	Contador de alta velocidad <i>(véase página 39)</i>	La función HSC puede ejecutar el conteo rápido de pulsos a partir de sensores, conmutadores, etc., que están conectados a entradas rápidas.
Generadores de pulsos	Pulso <i>(véase página 57)</i>	La función PLS genera una señal de pulso de onda cuadrada en los canales de salida especializados.
	Modulación de ancho de pulsos <i>(véase página 67)</i>	La función PWM genera una señal de onda modulada en los canales de salida especializados con un ciclo de servicio variable.
	Salida de tren de pulsos <i>(véase página 107)</i>	La función PTO genera una salida de tren de pulsos para controlar un motor paso a paso de un solo eje lineal o servounidad en modalidad de bucle abierto.
	Generador de frecuencias <i>(véase página 223)</i>	La función FREQGEN genera una señal de onda cuadrada en un canal de salida dedicado con una frecuencia programable y un ciclo de servicio del 50%.

FIGURA 128: Funciones avanzadas del PLC M221 Schneider Electric.

Fuente: Guia de biblioteca de funciones avanzadas M221 2016 Schneider Electric.

Entonces, dentro de las funciones avanzadas del PLC, utilizamos la función PTO, la cual proporciona un canal de salida de tren de pulsos para determinado número de pulsos y velocidad (a través de la frecuencia). Esta función es especialmente utilizada para el control de posicionamiento de motores paso a paso.

Para un canal PTO tenemos 3 salidas físicas, las cuales son:

- Pulso: La cual asignamos a la salida Q0 del PLC.
- DriveEnable: La cual asignamos a la salida Q1 del PLC.
- Dirección. La cual asignamos a la salida Q2 del PLC.

Dichas salidas en conjunto a través de función PTO nos brinda las siguientes características en cuanto a la programación de la función:

Característica	Valor
Número de canales	2 o 4 dependiendo del módulo
Número de ejes	1 por canal
Intervalo de posición	-2.147.483.648 a 2.147.483.647 (32 bits)
Velocidad mínima	0 Hz
Velocidad máxima	100 kHz (para un ciclo de servicio de 40/60 y 200 mA máx.)
Paso mínimo	1 Hz
Precisión de velocidad	1%
Aceleración/deceleración (mín.)	1 Hz/ms
Aceleración/deceleración (máx.)	100 kHz/ms
Offset de origen	-2.147.483.648 a 2.147.483.647 (32 bits)
Rango de límites de software	-2.147.483.648 a 2.147.483.647 (32 bits)

FIGURA 129: Características de la función PTO en el PLC M221.

Fuente: Guía de biblioteca de funciones avanzadas M221 2016 Schneider Electric.

La salida de pulsos proporciona la velocidad del funcionamiento del motor paso a paso NEMA 34 seleccionado, mientras que la salida dirección establecerá la dirección de rotación del mismo.

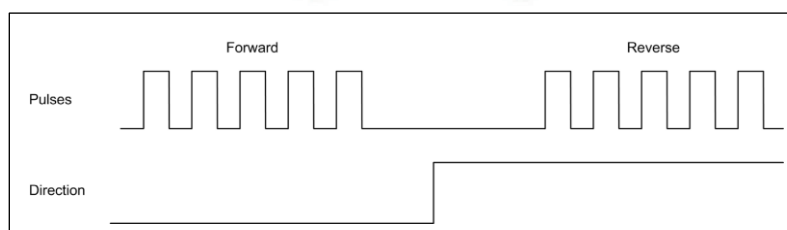
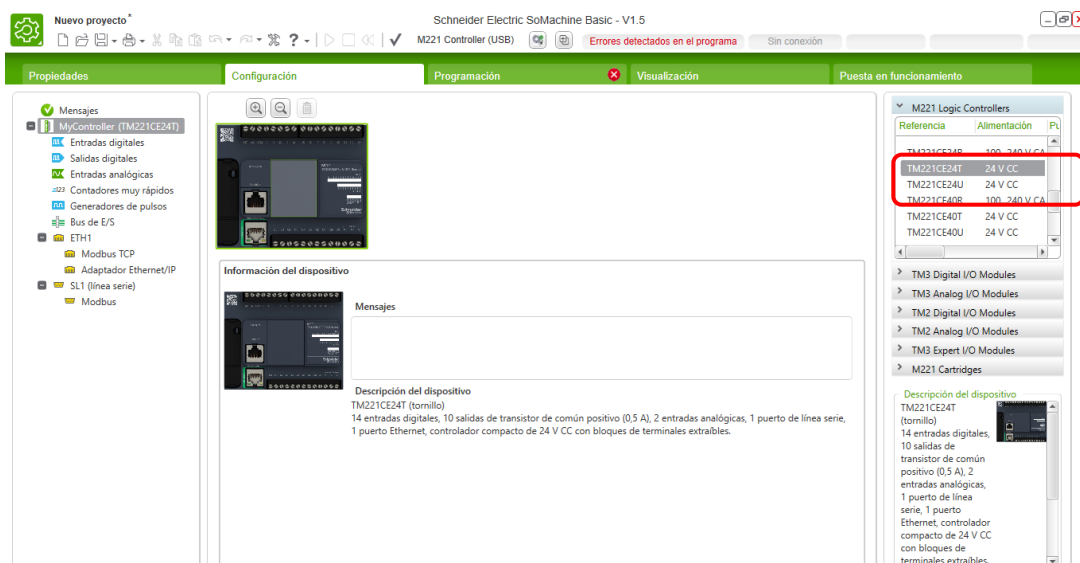


FIGURA 130: Salida de función PTO mediante Pulso/Dirección.

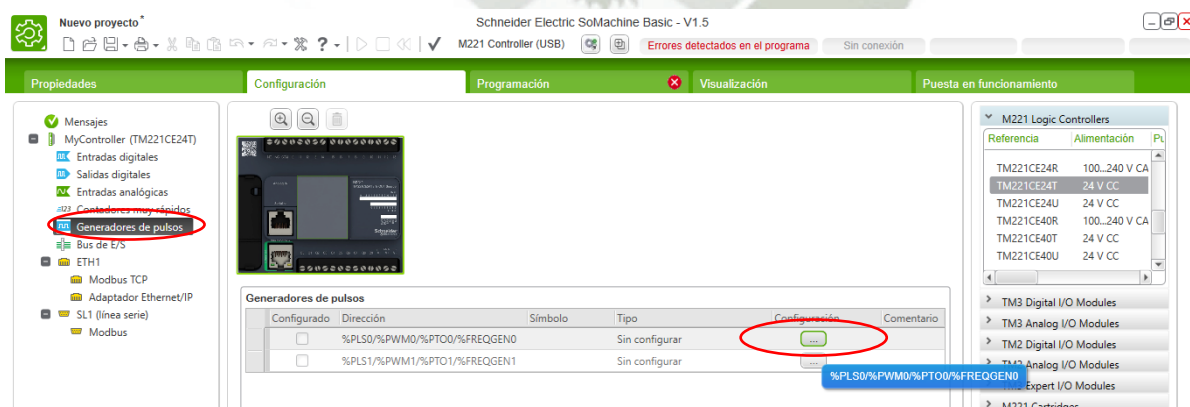
Fuente: Guía de biblioteca de funciones avanzadas M221 2016 Schneider

A continuación, se mostrará la programación de esta parte del proceso, la cual abarcará, por única vez en el presente informe, desde la creación del proyecto en el software a fin de mostrar el desarrollo completo de la programación.

Primero, creamos el proyecto en el software So Machine Basic V1.5 – Schneider Electric, luego en la pantalla de “Configuración”, elegimos el modelo del PLC del proyecto: TM221CE24T, entonces el programa nos muestra las características del controlador.



Luego, utilizamos una de las funciones avanzadas del PLC, configurando el tipo de salida PTO (Pulse Train Output). Esto se realiza en la pantalla de “Configuración”, en el menú “Generadores de pulsos-Configuración”.



En el “Asistente del generador de pulsos” seleccionamos como tipo de generador de pulsos la función PTO; asignamos como “Modalidad de salida” la opción “Pulso/Dirección” y finalmente elegimos como número de salida para la dirección: %Q0.2.

La salida de pulso automáticamente se asigna a la dirección %Q0.0.

El resto de parámetros se dejan por defecto.

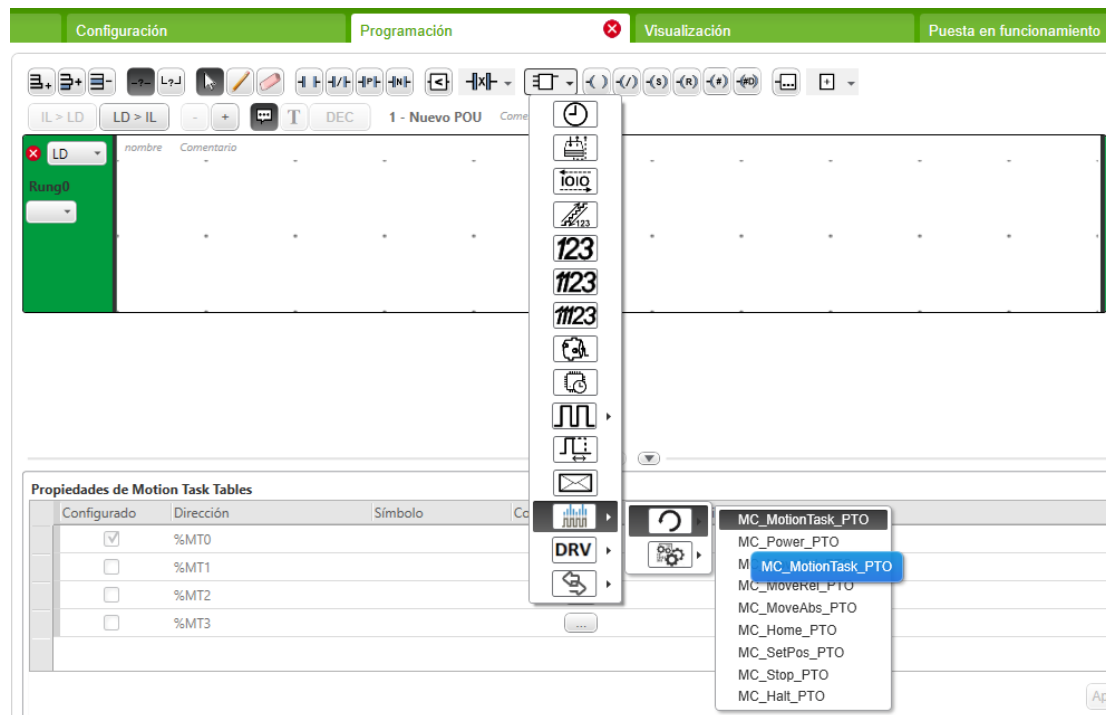
Asistente del generador de pulsos %PTO0 [X]

General	Tipo de generador de pulsos: PTO	Pulso: %Q0.0
	Modalidad de salida: Pulso / Dirección	Dirección: %Q0.2
Mecánica	Compensación de holgura: 0	
Límites de posición de software	<input checked="" type="checkbox"/> Habilita los límites de posición de software Zona de funcionamiento: -2e31 a 2e31 Límite bajo: -2147483648 Límite alto: 2147483647	
Movimiento	Velocidad máx. (Hz): 100000 Velocidad de inicio (Hz): 0 Velocidad de detención (Hz): 0 Acel. máx. (Hz/ms): 100000 eleración de parada rápida (Hz/): 5000 Deceleración máx. (Hz/ms): 100000	

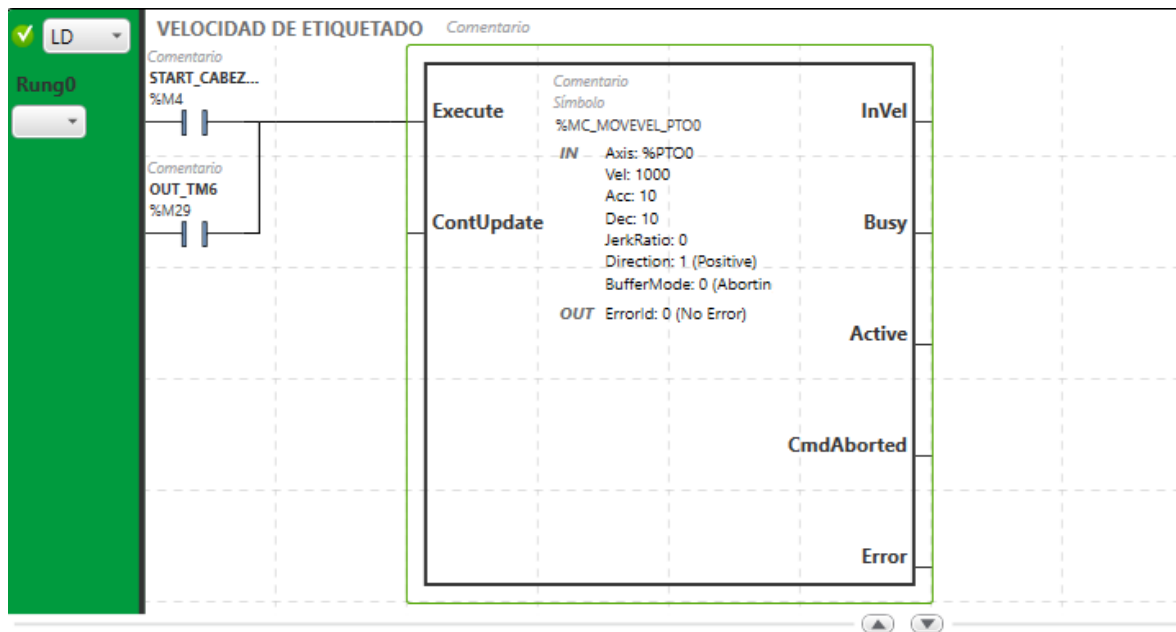
Aplicamos la configuración, con lo cual la función PTO debe ser mostrada de la siguiente manera:

Configurado	Dirección	Símbolo	Tipo	Configuración	Comentario
<input checked="" type="checkbox"/>	%PTO0		PTO	...	
<input type="checkbox"/>	%PLS1/%PWM1/%PTO1/%FREQGEN1		Sin configurar	...	

Luego, procedemos a agregar los bloques de funciones requeridos, para lo cual en el panel desplegable buscamos la opción PTO y a continuación el submenú "Motion" o "Administrative" según corresponda:



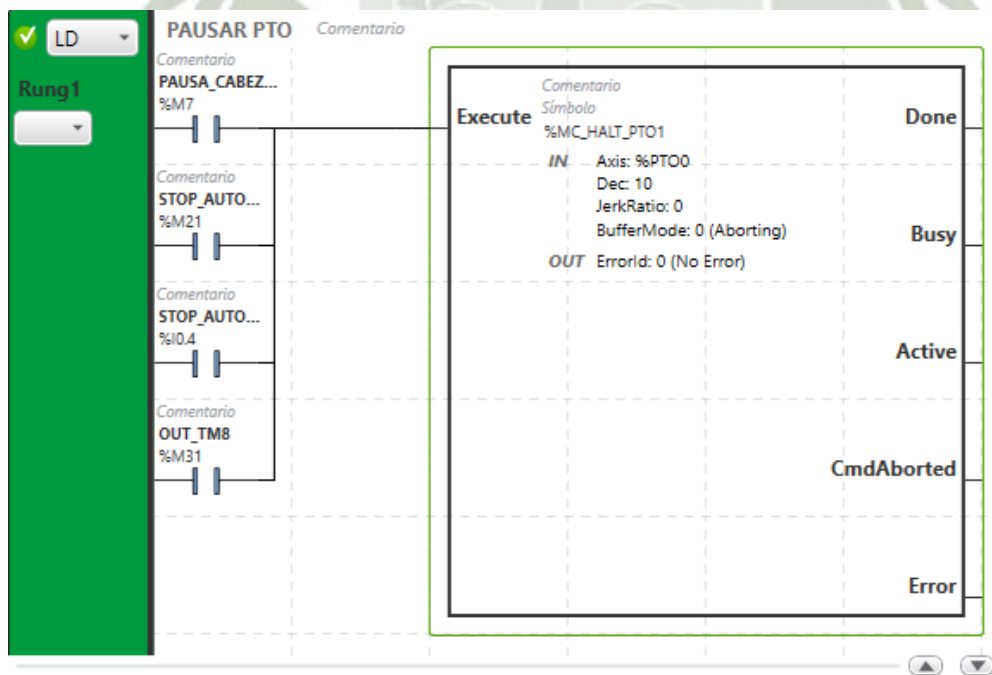
- En primer lugar, ingresamos el bloque %MC_MOVELEVEL_PTO0, el cual hace que el eje especificado se mueva a determinada velocidad, la cual será la velocidad de etiquetado, asimismo, se configura la aceleración y desaceleración del mismo a fin de evitar un movimiento brusco. Este movimiento continuo se mantiene hasta que se alcanza un límite de software, se activa un movimiento de cancelación o se detecta una transición al estado ErrorStop.



Propiedades de MC_MoveVel_PTO

Utilizado	Dirección	Símbolo	Axis	Vel	Acc	Dec	JerkRatio	Direction
<input checked="" type="checkbox"/>		%MC_MOVEVEL_PTO0	%PTO0	1000	10	10	0	1 (Positive)

- A continuación, insertamos el bloque %MC_HALT_PTO1, el cual ordena una detención de movimiento controlado hasta que la velocidad sea cero y transfiere el eje del motor al estado Discrete. Esto nos permite que la función PTO no entre en estado de error cuando se para el movimiento.

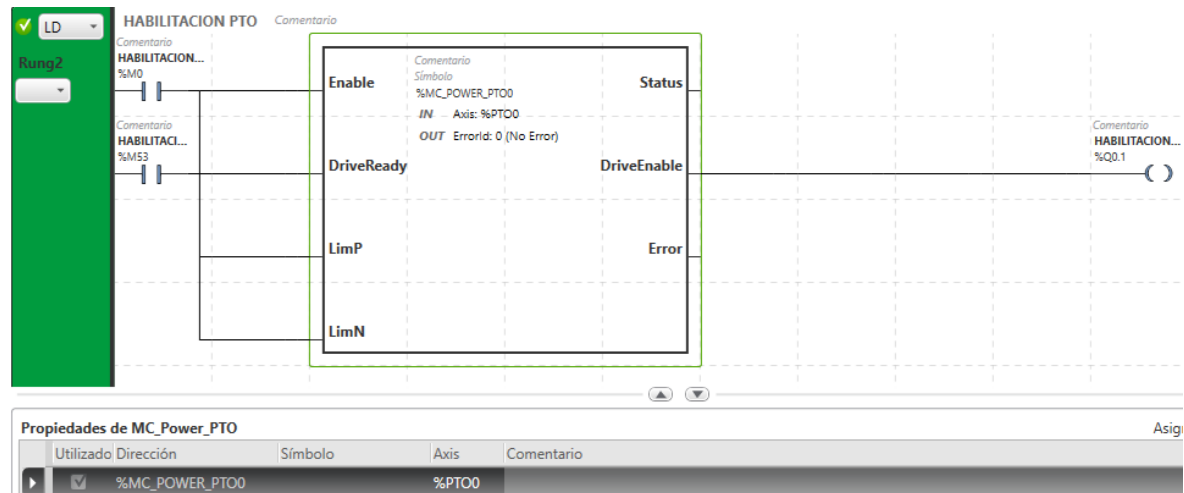


Propiedades de MC_Halt_PTO

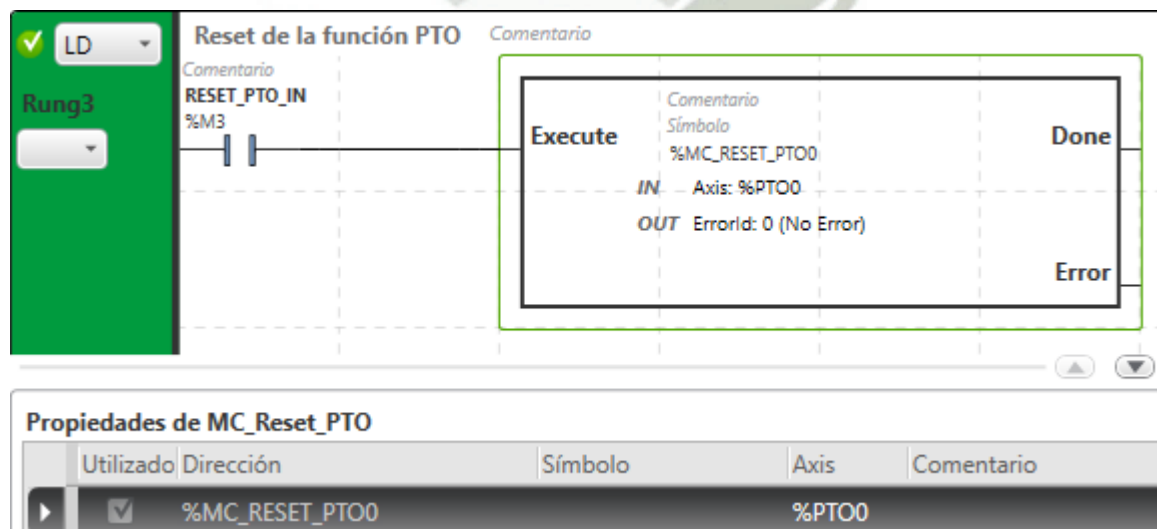
Utilizado	Dirección	Símbolo	Axis	Dec	BufferMode
<input checked="" type="checkbox"/>		%MC_HALT_PTO1	%PTO0	10	0 (Aborting)

- Añadimos un nuevo RUNG y agregamos el bloque %MC_Power_PTO, el cual habilita la alimentación al eje a través del Driver seleccionado (pin ENABLE), cambiando el estado del mismo de Disabled (deshabilitado) a Standstill (parada). Luego configuramos las entradas y salidas del mismo; en este caso una memoria virtual habilitará el bloque mediante la salida %Q0.1.

Le asignamos al bloque la instancia de eje %PTO0.

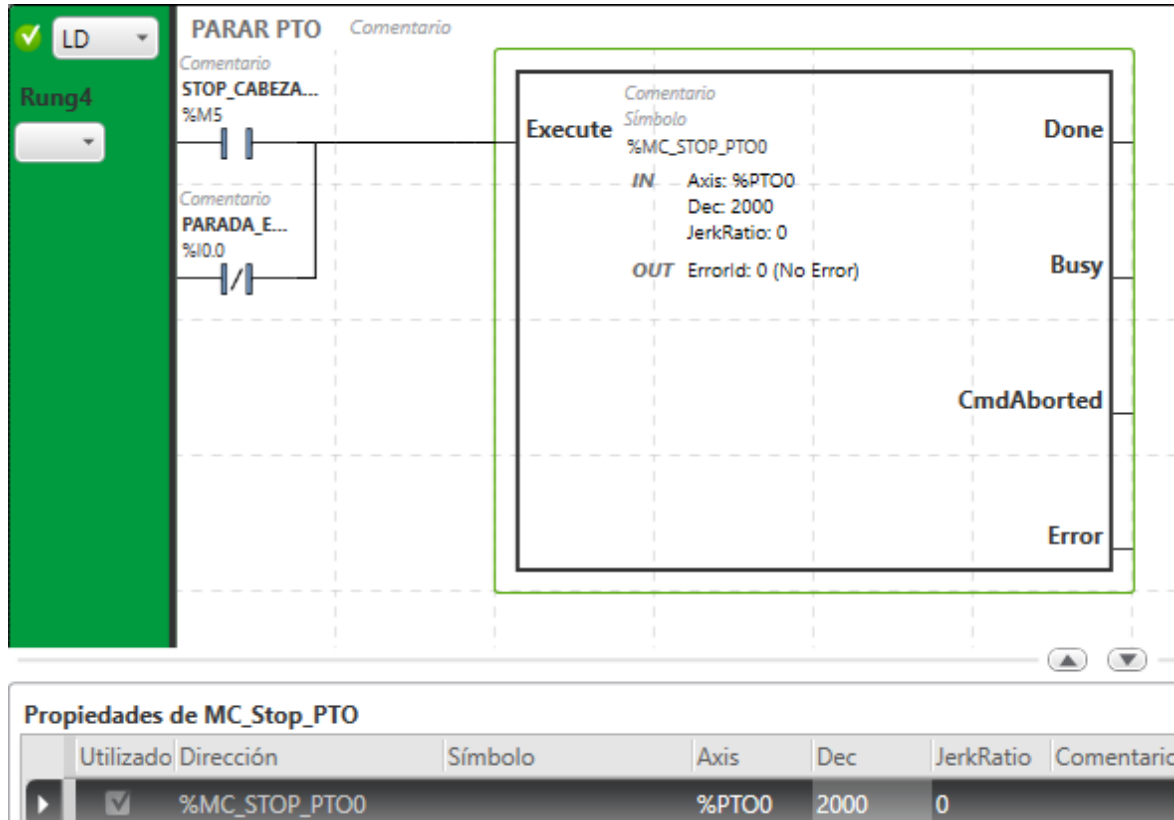


- Aplicamos la configuración y luego agregamos un nuevo RUNG para el bloque de %MC_RESET_PTO0, el cual permite que la salida PTO salga del estado de error. El bloque de función %MC_RESET_PTO0 reestablece todos los errores relacionados al eje a fin de permitir una transición desde el estado ErrorStop a Standstill.



- Insertamos el bloque %MC_STOP_PTO0, el cual ordena una detención del movimiento controlado y transfiere el eje al estado Stopping. Cancela la ejecución de cualquier movimiento en curso, es decir, cancela la acción de movimiento de la salida PTO y establece el estado de error.

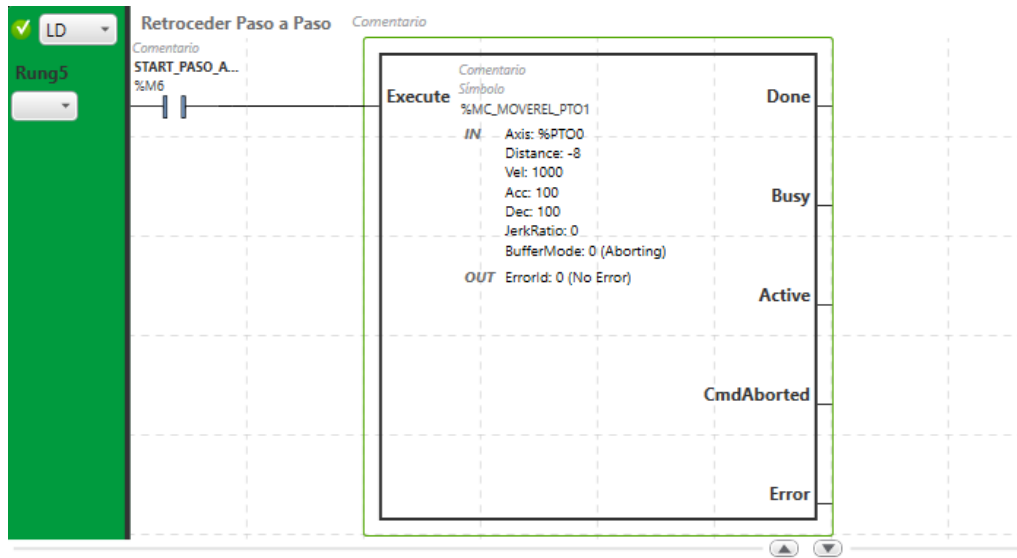
Configuramos el bloque con una entrada, en este caso será una memoria virtual.



Propiedades de MC_Stop_PTO

Utilizado	Dirección	Símbolo	Axis	Dec	JerkRatio	Comentario
<input checked="" type="checkbox"/>		%MC_STOP_PTO0	%PTO0	2000	0	

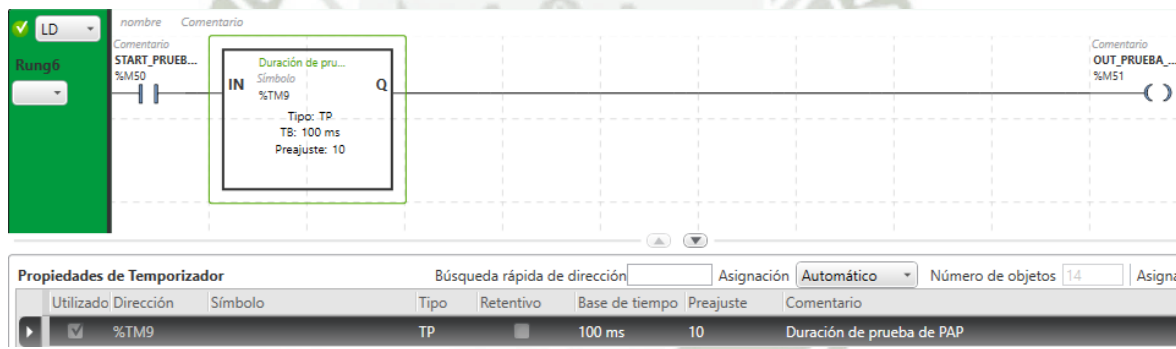
- A continuación, se agrega el bloque %MC_MOVEREL_PTO1, el cual mueve el eje especificado una distancia incremental a la velocidad especificada y transfiere el eje al estado Discrete. En este caso, ejecuta una distancia de 1 paso hacia atrás (8 micro pasos tomando en cuenta la resolución seleccionada de 1600 pasos por revolución), lo cual nos sirve para pruebas iniciales de ajuste y calibración del sistema, a fin de establecer la posición de la etiqueta antes de la puesta en marcha.



Propiedades de MC_MoveRel_PTO

Utilizado	Dirección	Símbolo	Axis	Distance	Vel	Acc	Dec	JerkRatio
<input checked="" type="checkbox"/>		%MC_MOVEREL_PTO1	%PTO0	-8	1000	100	100	0

- Finalmente, agregamos un Timer (%TM9), el cual nos permite simular la detección de un envase PET en el sistema de transporte a fin de poder realizar pruebas iniciales de correcto funcionamiento del proceso por separado.



Propiedades de Temporizador

Utilizado	Dirección	Símbolo	Tipo	Retentivo	Base de tiempo	Preajuste	Comentario
<input checked="" type="checkbox"/>		%TM9	TP	<input type="checkbox"/>	100 ms	10	Duración de prueba de PAP

4.3 CONTROL DE SISTEMA DE TRANSPORTE

4.3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El control del sistema de transporte en el cual se desplazarán los envases PET a ser etiquetados se basa específicamente en el control de motorreductor trifásico seleccionado en el capítulo anterior mediante el variador de frecuencia ATV 12, el cual, a su vez, deberá ser comandado por el PLC Modicon M221 a través del protocolo de comunicación Modbus.

El esquema general de control se presenta a continuación:

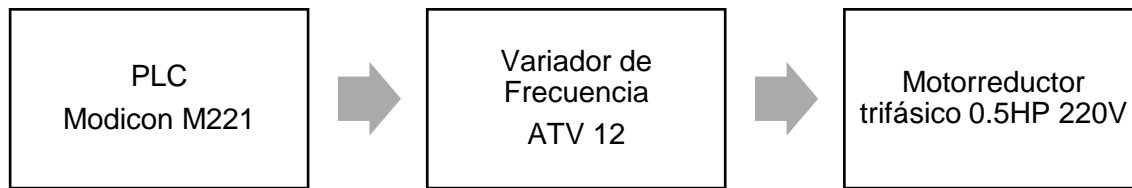


FIGURA 131: Esquema de accionamiento de motorreductor trifásico.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2. CONEXIONADO DEL SISTEMA

4.3.2.1. CONEXIÓN ENTRE ATV12 Y MOTORREDUCTOR TRIFÁSICO

En primer lugar, se configura manualmente el variador de frecuencia de acuerdo a las especificaciones de la placa del motor; con lo cual tenemos:

Fr

Frecuencia estándar del motor: 60 Hz.

Fr I

Canal de referencia: Modbus

ACC

Aceleración: 3.0 segundos (valor por defecto)

DEC

Desaceleración: 3.0 segundos (valor por defecto).

LSP

Velocidad mínima: 0 Hz.

HSP

Velocidad máxima: 60 Hz.

nPr

Potencia nominal motor: 0.5 HP

UnS

Tensión nominal del motor: 220V.

nCr

Intensidad nominal del motor: 2 A (Conexión Delta/Delta).

nSP

Velocidad nominal del motor RPM: 1660 RPM

tUn

Autoajuste (realiza una configuración completa del variador con los datos ya configurados).

Add

Dirección Modbus: 1

tbr

Velocidad de transferencia Modbus: 19200 Bd.

tFD

Formato Modbus: 8E1

Dentro de las configuraciones usadas para el arranque directo de motores, se considera el uso de protecciones para el mismo, las mismas que van desde el seccionamiento (capacidad de aislamiento del circuito de control y fuerza, de la red de alimentación) hasta la protección contra cortocircuito (capacidad de detectar y cortar altas corrientes que superen significativamente a la nominal del motor), para lo cual se considera el uso de un guardamotor.

El guardamotor protegerá al motorreductor trifásico del sistema de transporte, de corto circuitos, sobre intensidades, fallos por pérdida de fase, teniendo además la capacidad de regular la intensidad de corriente de acuerdo al valor nominal indicado en la placa.

Según el equipo seleccionado, se tiene un motorreductor trifásico de 0.5H.P., con alimentación de 220V y una corriente nominal de 2A, por lo que seleccionamos un guardamotor con un ajuste de amperaje 1.6-2.5A, según recomendaciones de la siguiente tabla:

TABLA 25: Selección de Guardamotor para Arranque Directo según potencia del motor

Coordinación tipo 1															
Motor trifásico 50/60 H:									Coordinación tipo 1 - Arranque directo						
220 V			380 V			440 V			Guardamotor		Contactor	Guardamotor		Contactor	
P	I _e	I _q	P	I _e	I _q	P	I _e	I _q	Referencia	Ajuste	Referencia	Referencia	Ajuste	Referencia	
HP	A	kA	HP	A	kA	HP	A	kA	(1)	A	(2)	(1)	A	(2)	
M1			M1			M1			Q1		KM1	Q2		KM1	
						0.5	0.99	50	GV2 ME05	0.63...1	LC1-D09	GV2-LE05	1	LC1-D09	
0.25	1.04	50	0.5	1.03	50				GV2 ME06	1...1.6	LC1-D09	GV2-LE06	1.6	LC1-D09	
0.33	1.47	50	0.75	1.6	50	0.75	1.36	50	GV2 ME06	1...1.6	LC1-D09	GV2-LE06	1.6	LC1-D09	
0.5	1.8	50	1	2	50	1	1.68	50	GV2 ME07	1.6...2.5	LC1-D09	GV2-LE07	2.5	LC1-D09	
						1.5	2.37	50	GV2 ME07	1.6...2.5	LC1-D09	GV2-LE07	2.5	LC1-D09	

Fuente: Hoja técnica “Variación de velocidad y Arranque de motor” Schneider Electric.

Entonces, se selecciona el guardamotor EATON PKZM0-2.5, el cual tiene un margen de regulación (disparador de sobrecarga) entre 1.6 y 2.5A, el cual estará situado previo al variador de frecuencia ATV12 Schneider (Anexo N°13).

Potencia asignada de empleo máx.		Intensidad asignada ininterrumpida		Margen de regulación		Bornes roscados		Referencia Código
AC-3				Disparador de sobrecarga	Disparador de cortocircuito			
220 V	380 V	440 V	500 V	660 V	690 V			
P	P	P	P	I_n		I_r	I_m	
kW	kW	kW	kW	A		A	A	

Interruptores protectores de motor, coordinación Tipo "1" y "2"								
				0.06	0.16	0.1...0.16	2.2	PKZM0-0,16 072730
	0.06	0.06	0.06	0.12	0.25	0.16...0.25	3.5	PKZM0-0,25 072731
0.06	0.09	0.12	0.12	0.18	0.4	0.25...0.4	5.6	PKZM0-0,4 072732
0.09	0.12	0.18	0.25	0.25	0.63	0.4...0.63	8.8	PKZM0-0,63 072733
0.12	0.25	0.25	0.37	0.55	1	0.63...1	14	PKZM0-1 072734
0.25	0.55	0.55	0.75	1.1	1.6	1...1.6	22	PKZM0-1,6 072735
0.37	0.75	1.1	1.1	1.5	2.5	1.6...2.5	35	PKZM0-2,5 072736

TABLA 26: Selección de guardamotor Eaton PKZN0-2.5

Fuente: Catálogo "Interruptores Protectores de motor" Eaton/Moeller

Entonces, una vez seleccionado la protección al circuito y configurados todos los parámetros requeridos en el panel del variador ATV12, la conexión eléctrica entre el variador y el motorreductor trifásico queda según el siguiente esquema:

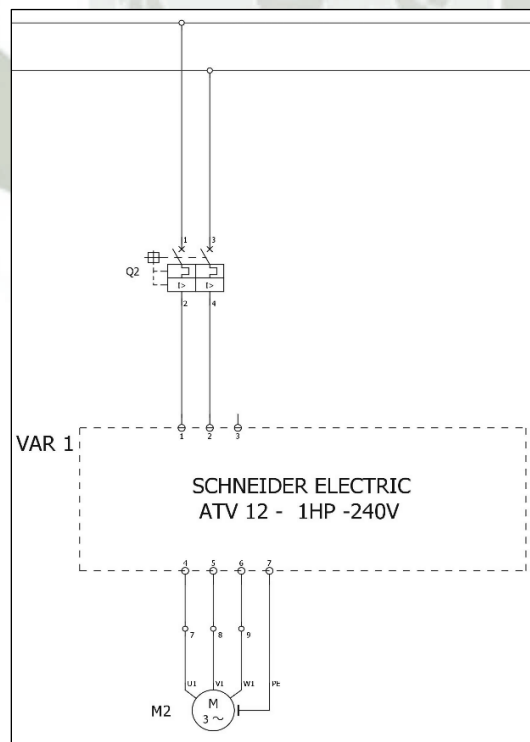


FIGURA 132: Esquema eléctrico de conexión de VFD ATV12 y Motorreductor.

Fuente: Elaboración propia.

Se realizaron las primeras pruebas conectando el variador ATV al motorreductor trifásico mediante las salidas U, V y W, realizando una configuración de operación en modo local (directamente desde el variador con el selector giratorio el cual puede actuar como potenciómetro) y también a través de un potenciómetro externo junto a pulsadores de marcha, paro y marcha atrás; todo esto con fines de visualizar y evaluar el funcionamiento del motor a medida de que ingresan y ajustan los parámetros del mismo en el variador.



FIGURA 133: Prueba de conexión entre ATV 12 y Motorreductor Trifásico.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2.2. CONEXIÓN ENTRE PLC Y ATV12

La comunicación entre el PLC M221 y el ATV12 será mediante protocolo de comunicaciones Modbus, el cual estará basado en la arquitectura maestro-esclavo (modo de transmisión RTU), según detalla la siguiente figura:

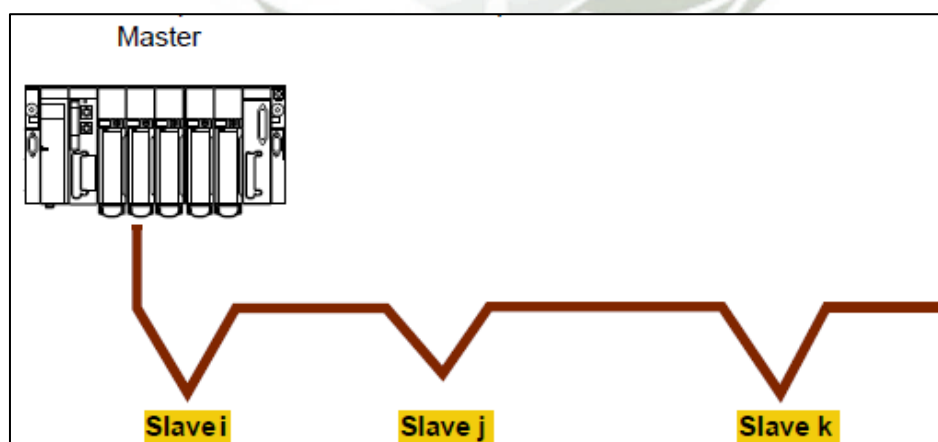


FIGURA 134: Comunicación Modbus entre VFD ATV12 y PLC M221

Fuente: Elaboración propia.

La conexión física entre el PLC Modicon M221 y el variador de frecuencia ATV12 será únicamente mediante un cable de comunicación serial con estándar RS485 con conectores RJ45 en ambos extremos. No se considera el uso de salidas físicas del PLC hacia el variador, ni entradas al mismo (como pulsadores de marcha, paro), ya que todo el control del mismo será mediante protocolo de comunicación.

Por tanto, la conexión entre ambos equipos queda de la siguiente manera:

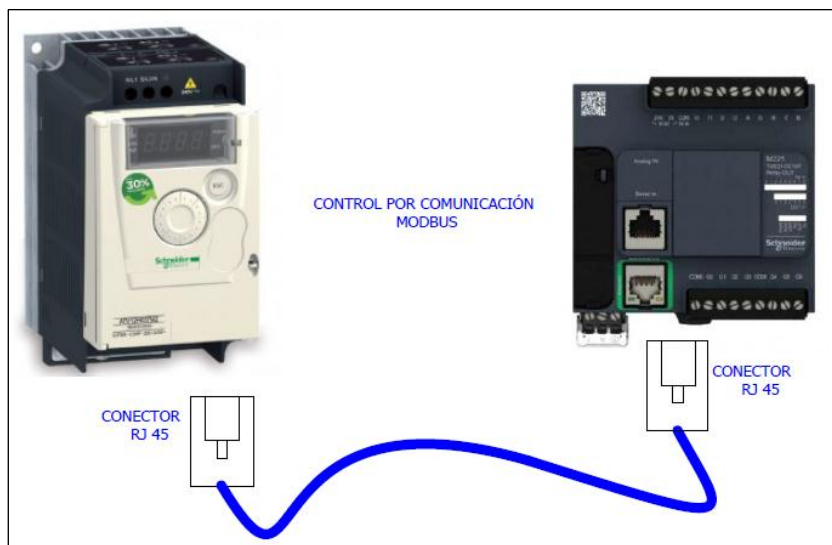
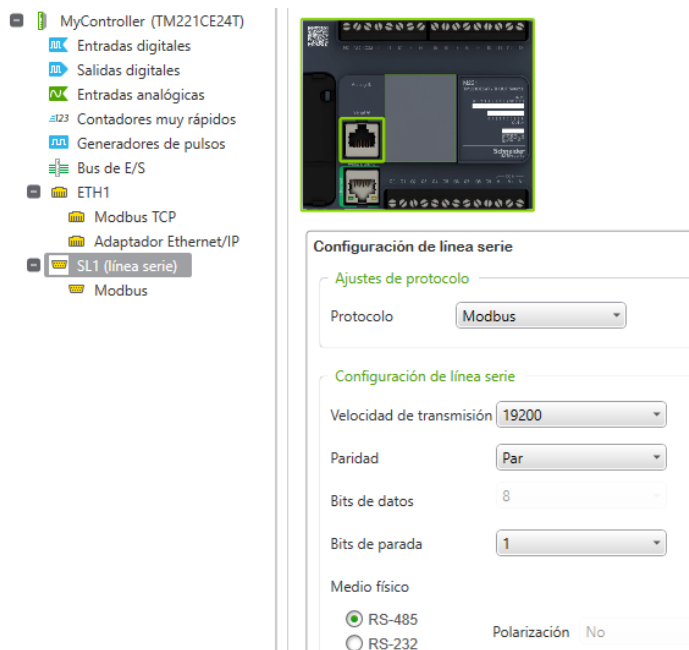


FIGURA 135: Capa física entre ATV12 y PLC M221

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3. PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

En primer lugar, en el software So Machine Basic se definen los parámetros de la comunicación serial mediante protocolo Modbus en el Menú “Configuración”, “SL1” como se muestra a continuación:



Entonces, la configuración serial queda resumida de la siguiente manera:

Ajustes Físicos

Dispositivo:	Ninguno
Velocidad de transmisión:	19200
Paridad:	Par
Bits de datos:	8
Bits de parada:	1
Medio físico:	RS-485
Polarización:	No

Ajustes De Protocolo

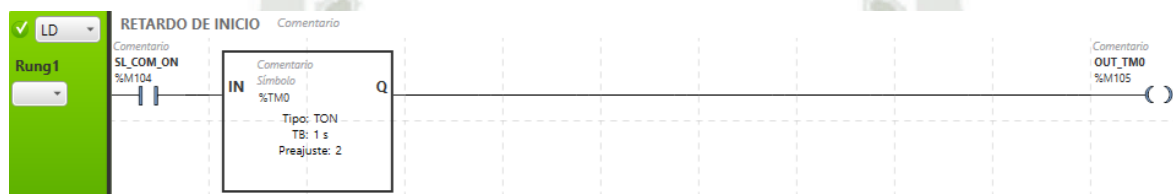
Protocolo:	Modbus
Timeout de respuesta (× 100 ms):	10
Tiempo entre tramas (ms):	10
Modo de transmisión:	RTU
Direccionamiento:	Maestra

Luego de definir la configuración serial (con los mismos datos ingresados en el variador de frecuencia) se procede a la programación:

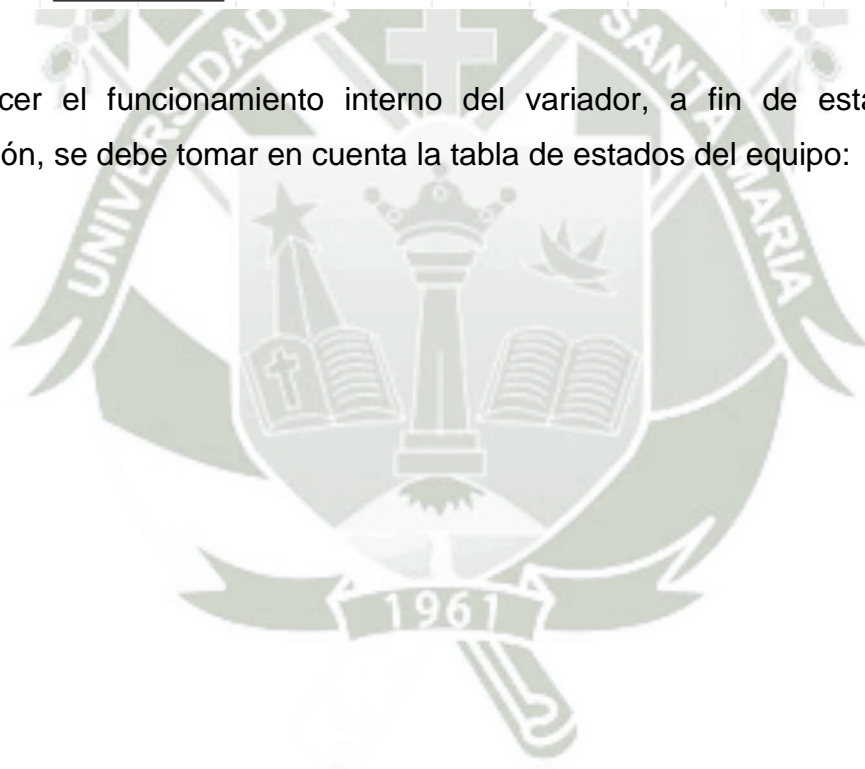
- Habilita la comunicación serial del PLC y a su vez la reinicia si existen errores:



- Establece un retardo para la lectura y comparación de la palabra de estado del variador:



Para conocer el funcionamiento interno del variador, a fin de establecer la comunicación, se debe tomar en cuenta la tabla de estados del equipo:



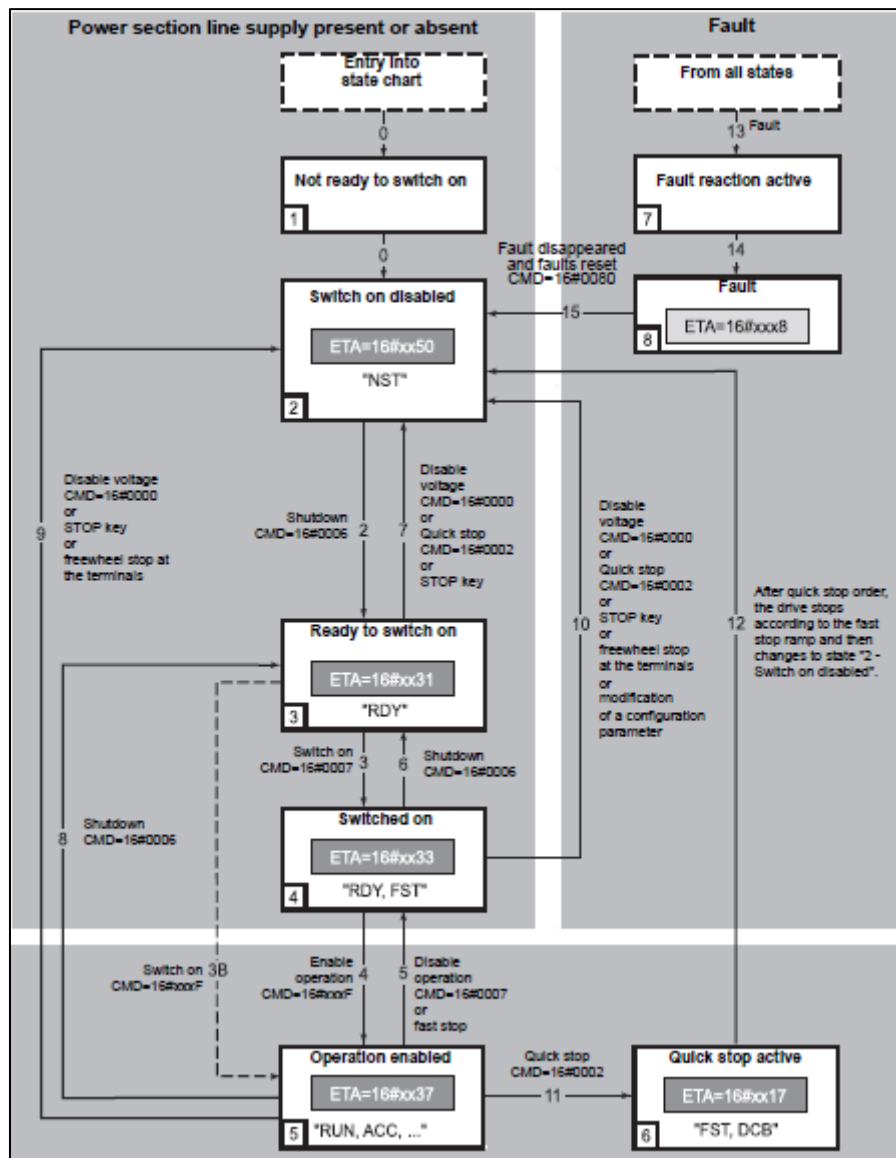


FIGURA 136: Tabla de estados de Variador ATV12 Schneider Electric

Fuente: Manual de comunicación Modbus ATV12 Schneider Electric

Entonces, si en el PLC M221 visualizamos el estado 592 (16#0250), quiere decir que el variador se encuentra deshabilitado y en el display del mismo podremos ver las letras “NST”, para ello escribimos 6 en el Command Word y la lectura debe cambiar a 561 (16#0231), entonces el variador nos muestra que se encuentra en estado “RDY” (Ready to switch on/ listo para encender).

Por tal, la programación de habilitación del variador es la siguiente:

- Compara el estado del variador para modificarlo escribiendo 6 en la palabra de comando:



Luego, escribimos 7 en el Command Word y la lectura del PLC con respecto al variador debe ser 563 (16#0233) con lo cual encendemos el variador. Entonces, la programación es la siguiente:

- Compara el estado del variador para modificarlo escribiendo 7 en la palabra de comando:



- Compara el estado final del variador (563/16#0233) y fuerza el reset de las comparaciones anteriores en caso de error:



Ahora debemos definir los bloques de lectura y escritura, para ello el fabricante (Schneider Electric) nos proporciona un archivo .xlsx el cual contiene la lista de registros/direcciones los cuales utilizar para establecer la comunicación serial con el PLC.

En nuestro caso, usaremos el registro de Status Word cuya dirección lógica es 3201 y registro Output Frequency con dirección 3202. Ambos registros son de lectura y serán almacenados en las palabras de memoria %MW100 y %MW101 según el Index Data (índice de inicio de datos) seleccionado (100), siendo 2 palabras a leer (Quantity).

ETA	Status word	16#219B = 8603 (speed) 16#0C81 = 3201 (frequency)	ETA	Status parameters	R	WORD (BitString16)
RFR	Output frequency	16#0C82 = 03202	-	Actual values parameters	R	INT (Signed16)

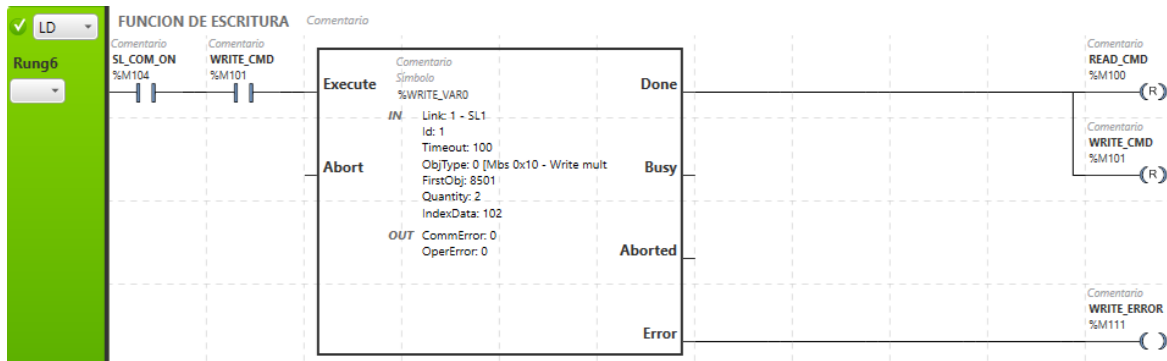
- Entonces, la programación para leer parámetros del variador que da la siguiente manera, en la cual el bloque de lectura inicia automáticamente después de establecer la comunicación serial, entrando en bucle infinito:

Utilizado	Dirección	Símbolo	Link	Id	Timeout	ObjType	FirstObj	Quantity	IndexData	Comentario
<input checked="" type="checkbox"/>		%READ_VAR0	1 - SL1	1	100	0 [Mbs 0x03 - Read mult. words (holding reg.)]	3201	2	100	

Ahora, para el bloque de escritura usaremos el registro de Control Word cuya dirección lógica es 8501 y registro Frequency Setpoint con dirección 8502. Ambos registros son de escritura y serán almacenados en las palabras de memoria %MW102 y %MW103 según el Index Data (índice de inicio de datos) seleccionado (102), siendo 2 palabras a leer (Quantity).

Code	Name	Logic address	Link	Category	Access	Type
CMD	Control word	16#2199 = 8601 (speed) 16#2135 = 8501 (frequency)	CMD	Control parameters	R/W	WORD (BitString16)
LFR	Frequency setpoint	16#2136 = 08502	-	Setpoint parameters	R/W	INT (Signed16)

- Entonces, la programación para escribir datos de control en el variador queda de la siguiente manera, en la cual el bloque de escritura inicia inmediatamente después que el bloque de lectura a terminado; entrando en bucle infinito:



Según el manual de comunicación Modbus del variador ATV12, si la comunicación con el PLC entra en fallo (mostrando como Status Word: 568 o 16#0238), se debe escribir 128 en el Command Word a fin de resetear el variador y reestablecer la comunicación con el PLC. Por tanto, en el Ladder se programa se establece esta condición:

- Escribe el número 128 que hace un reset en el Variador. Asimismo, se establece la parada de emergencia a fin de frenar el sistema de transporte inmediatamente.



Finalmente, a fin de poner en funcionamiento (Run) el variador ATV12 y por ende el motorreductor del sistema de transporte, debemos escribir 15 en Command Word. Entonces, establecemos esta condición en el programa:

- Escribe el número 15 en la palabra de comando del variador para ponerlo en estado de arranque o inicio:



Luego de la condición realizada, si escribimos nuevamente 7 en el Command Word, el variador estará nuevamente en estado de espera y listo para arrancar. Entonces, se establece la condición en el programa:

- Escribe el número 7 en la palabra de comando del variador para ponerlo en estado de espera (Ready):



4.4. CONTROL DE SISTEMA ENVOLVENTE

4.4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El control del sistema envolvente es el más simple en comparación a los sistemas antes mencionados. Para ello, se requiere de un control de marcha y paro desde el PLC/HMI el cual comande el motorreductor monofásico del sistema de giro de envases tanto en modo automático como manual.

Por ello, a fin de establecer el control del mismo se deben seguir una serie de conexiones de componentes eléctricos ya que el PLC por sí solo no puede comandar el motorreductor monofásico directamente.

Por tal, se requiere implementar el siguiente esquema:

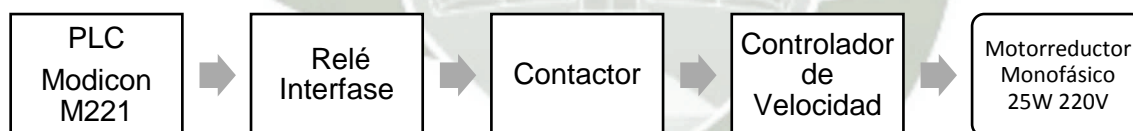


FIGURA 137: Esquema de accionamiento de motorreductor monofásico.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2. CONEXIONADO GENERAL

4.4.2.1. RELE INTERFASE

Para el encendido y parada del motorreductor monofásico que hace posible el funcionamiento del sistema envolvente, es necesario acondicionar la señal que sale del PLC Modicon M221 a fin de que ésta pueda llegar de manera segura y fiable al motor.

Para tal caso se utilizará un contactor para la conexión y desconexión del motorreductor, el cual a su vez requerirá de un relé tipo interfase cuyo voltaje de control deberá ser de 24 VDC (igual al PLC) a fin de actuar en la bobina del contactor, la cual será de 220VAC por tener esa tensión de red disponible.

Por tal, dentro de las alternativas del mercado se tiene que la marca Schneider Electric ofrece un relé tipo interfase con las características mencionadas, el cual se detalla a continuación (Anexo N°18):



FIGURA 138: Relé interfase Schneider RSL

Fuente: *Hoja técnica Relé interfase RSL1AB4BD Schneider Electric.*

Por tal, seleccionamos un Relé Interfase Schneider RSL1AB4BD, el cual deberá ir colocado en su correspondiente Socket RSLZ VA1 (según catálogo) a fin de que pueda ser montado en el tablero eléctrico (Riel DIN), de acuerdo a la siguiente figura:

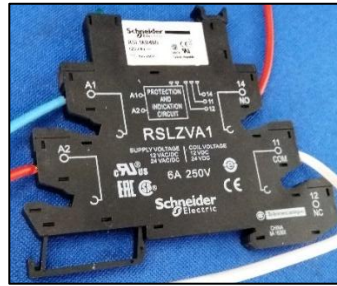


FIGURA 139: Socket RSLZVA1 para relé interfase Schenider Electric.

Fuente: Elaboración propia.

Por tal, el PLC activará los bornes A1 y A2 del relé interfase, los que a su vez permitirán el paso de 220VAC a través de sus bornes 11 (COM) y 14 (NO) para la activación de la bobina del contactor.

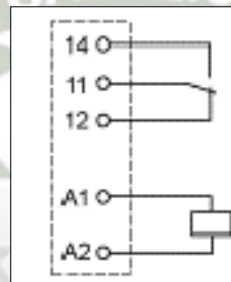


FIGURA 140: Bornes de conexión de relé interfase Schneider RSL

Fuente: Hoja técnica Relé interfase RSL1AB4BD Schneider Electric.

4.4.2.2. CONTACTOR

Según las categorías de empleo de contactores respecto a la norma IEC 60947-4-1, para el uso en corriente alterna, corresponde usar un contactor de la categoría AC-3, el cual aplica en motores de jaula y servicio continuo, en el que el contactor, al cierre, establece una corriente de arranque que es de 5 a 7 veces la corriente nominal del motor.

Esta categoría de contactores es empleada generalmente en todos los motores de jaula habituales, cuyas aplicaciones varían entre: ascensores, escaleras mecánicas, cintas transportadoras (nuestro caso), elevadores de cangilones, compresores, bombas, etc.

El voltaje de control de la bobina en nuestro caso es de 220v.

Por tal, elegimos un contactor marca CHINT, cuyas características son:

- AC-3 (Categoría), Modelo NC1-09 (Corriente de servicio nominal 9A).


Características		Modelo	NC1-09	NC1-12
Tamaños		Tamaños 1 (3P, 4P)		
				
Corriente térmica nominal (A) AC-1			20	20
Corriente de servicio nominal (A)	380/400V	AC-3	9	12
		AC-4	3.5	5
	660/690V	AC-3	6.6	8.9
		AC-4	1.5	2
Tensión de aislamiento nominal (Vca)			690	690
Potencia del motor de jaula, trifásico en categoría AC-3	kW	220/230V AC	2.2	3
		380/400V AC	4	5.5
		660/690V AC	5.5	7.5
	hp	200V AC	3	5
		240V AC	3	5
		460V AC	5	7.5
Ciclos de trabajo (operaciones/hora)	Eléctrico	AC-3	1,200	1,200
		AC-4	300	300
	Mecánico	3,600	3,600	
Vida eléctrica (× 10 ⁶ operaciones)	AC-3	1,000	1,000	
	AC-4	200	200	
Vida mecánica (× 10 ⁶ operaciones)			10	10
Fusible de protección			RT16-20	RT16-20

FIGURA 141: Características de Contactor AC-3 NC1-09

Fuente: Catálogo de Contactores, Relés y Arrancadores CHINT 2011.

Cabe resaltar que si bien es cierto la corriente nominal del motorreductor del sistema envolvente no supera los 0.25A, el contactor más pequeño (comercial) es el seleccionado (Anexo N°12).

Entonces, el sistema de conexión eléctrico del sistema envolvente queda según el esquema mostrado a continuación:

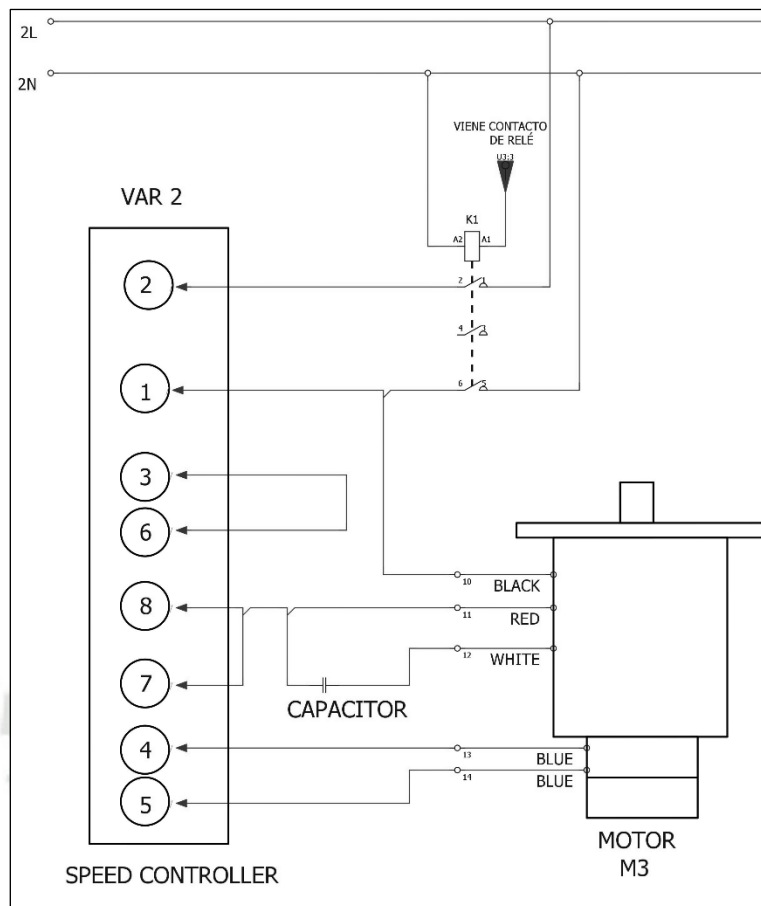
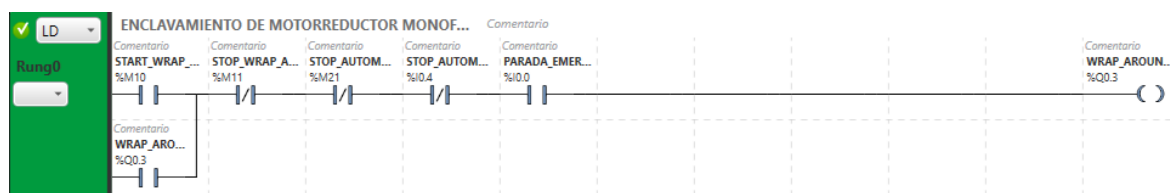


FIGURA 142: Esquema eléctrico de conexión Motorreductor GGM.

Fuente: Elaboración Propia.

4.4.3. PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA ENVOLVENTE

En el software So Machine Basic de Schneider Electric, luego de programar el control del motor Paso a Paso y del sistema de transporte, creamos una nueva tarea, en la cual se establece la programación del sistema envolvente (o también llamado “Wrap Around”), el cual al ser un sistema que solo requiere un control de marcha y paro desde el PLC, queda definido el siguiente enclavamiento:



4.5. INTEGRACIÓN DE SISTEMAS DE CONTROL

Para la integración de todos los sistemas antes descritos, es necesario elaborar un diagrama de flujo general del proceso, el cual se detalla a continuación:

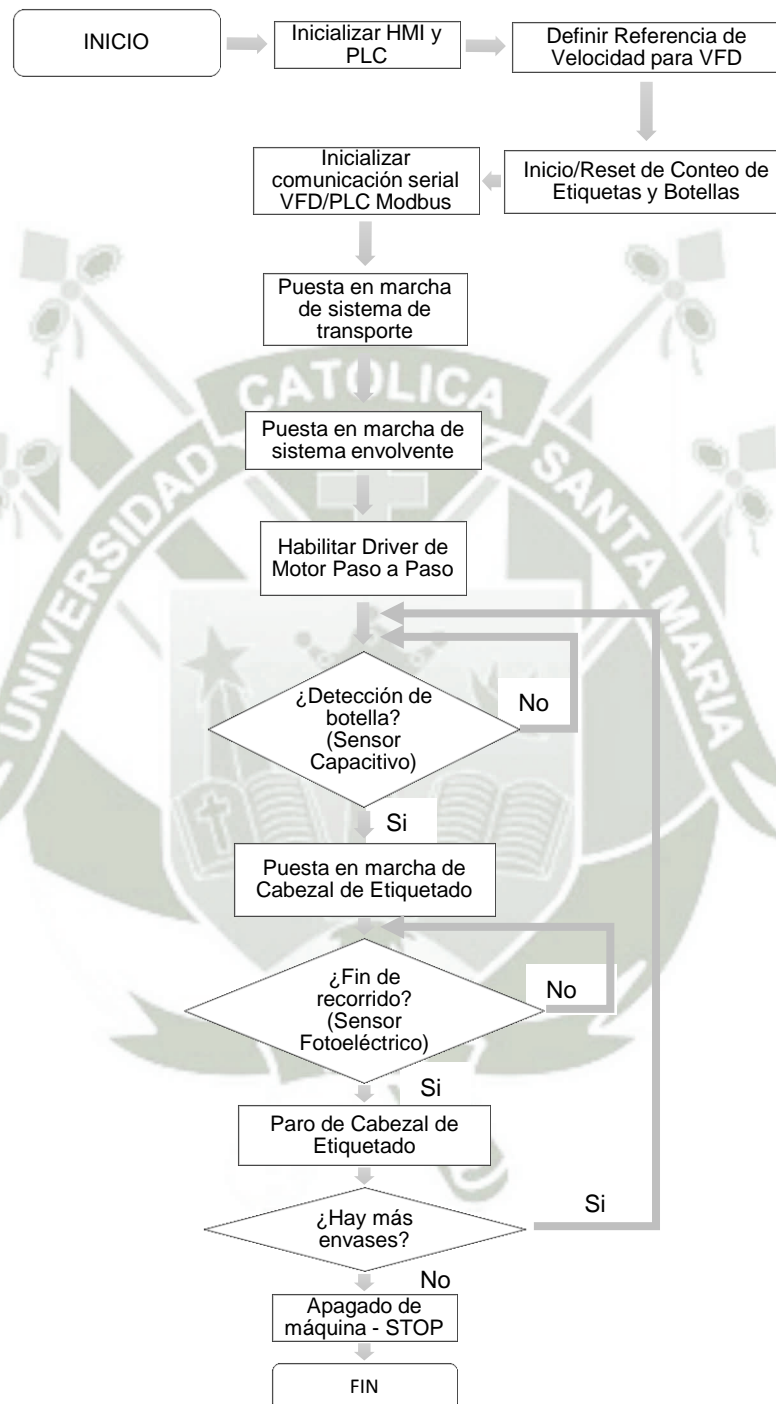


FIGURA 143: Diagrama de flujo integral del proceso de etiquetado

Fuente: Elaboración propia.

4.5.1 ESQUEMA ELÉCTRICO FINAL

Entonces, de acuerdo a los diagramas eléctricos antes definidos, se establece el esquema o diagrama unifilar del proceso completo (incluyendo los sistemas de etiquetado, transporte y envoltente), el cual se detalla a continuación:

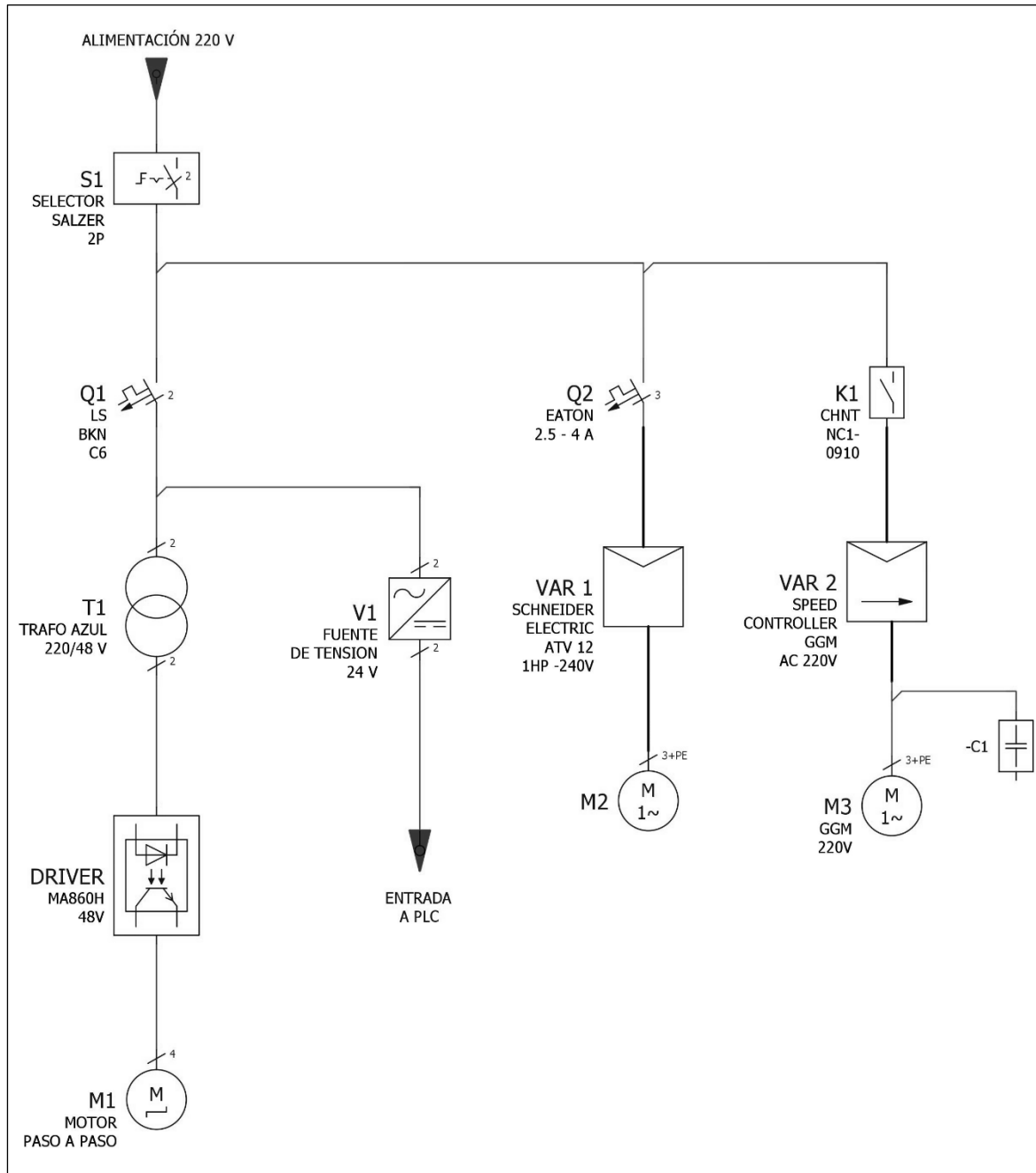


FIGURA 144: Esquema Unifilar del proyecto

Fuente: Elaboración propia



LEYENDA	
	SELECTOR 2 POSICIONES
	INTERRUPTOR MONOFASICO
	GUARDAMOTOR TRIFASICO
	TRANSFORMADOR MONOFASICO
	FUENTE DE 24 V
	VARIADOR DE FRECUENCIA / CONTROLADOR DE VELOCIDAD
	CAPACITOR
	DRIVER
 	MOTOR PASO A PASO/ MOTOR

FIGURA 145: Leyenda de Esquema Unifilar del proyecto

Fuente: Elaboración propia

Cabe resaltar, que el diagrama eléctrico propuesto será utilizado para el cableado y montaje del tablero eléctrico del proyecto.



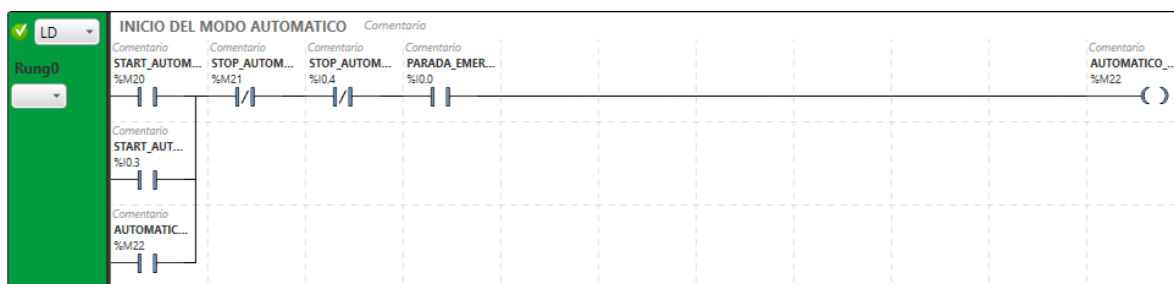
FIGURA 146: Tablero eléctrico del proyecto

Fuente: Elaboración propia

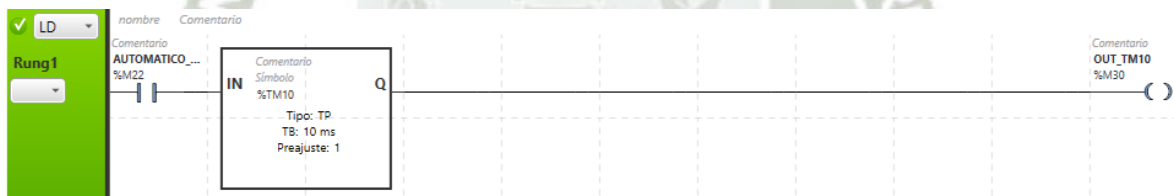
4.5.2 PROGRAMACIÓN INTEGRAL DEL PROCESO DE ETIQUETADO

Para la programación integral del proceso de etiquetado, se crea una nueva tarea, y se establece el control automático del sistema completo, de modo que se ajuste a las necesidades del proyecto y a la seguridad del mismo.

- Enclavamiento del Modo Automático, el cuál habilita la secuencia de inicio automático



- La entrada en modo automático envía un pulso para enclavar la detención de la Comunicación Serial en paso siguiente. Se inserta un temporizador de 10ms a fin de establecer un orden en la programación.



- Enclavamiento para Detener la Comunicación Serial



- Retardo de 1 segundo que mantiene Parada la Comunicación Serial



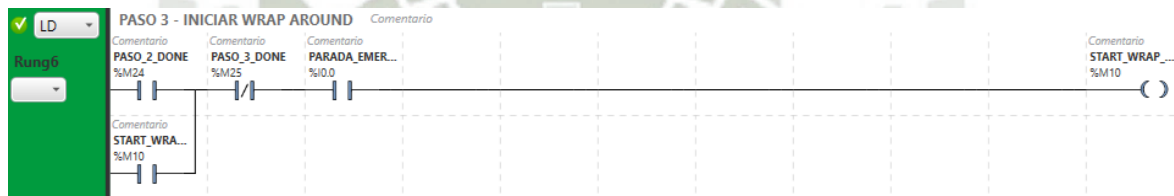
- Enclavamiento para el Reset del Variador



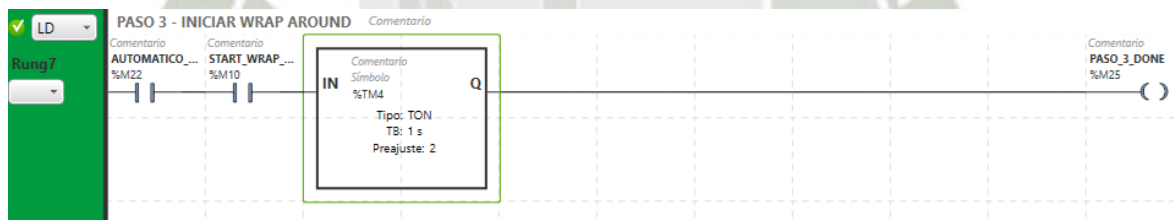
- Retardo de 2 segundos que mantiene el Reset del Variador



- Enclavamiento para el Inicio del Wrap Around



- Retardo de 2 segundos que mantiene el Inicio de Wrap Around.



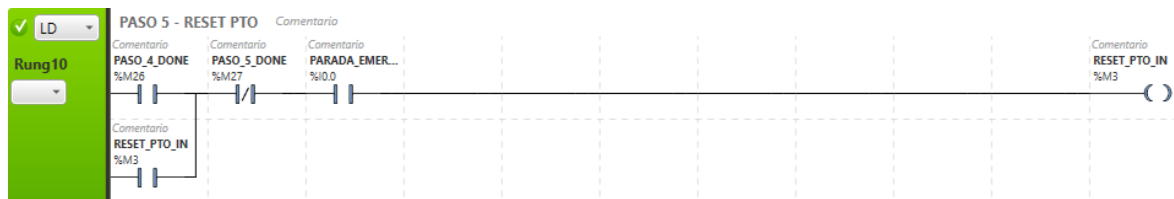
- Enclavamiento para el Inicio del Variador.



- Retardo de 1 segundo que mantiene el Inicio del Variador



- Enclavamiento para el Reset del PTO.



- Retardo de 1 segundo que mantiene el Reset del PTO.



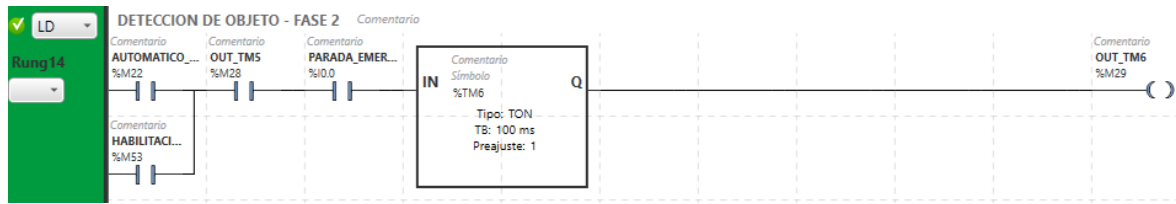
- Enclavamiento para habilitar el Motor PAP.



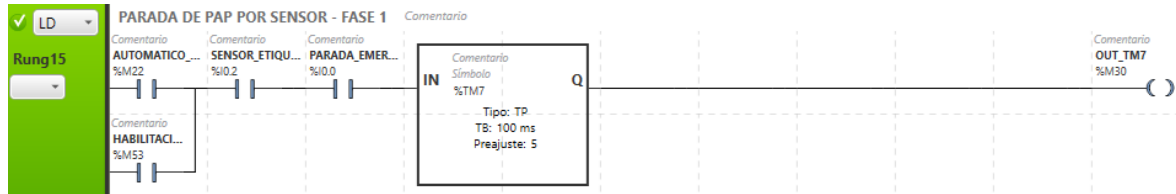
- Pulso para Iniciar el Motor PAP (El tiempo que permanece la señal de detección del objeto es de 500ms por efecto del Timer TP). Evita que si en algún momento del proceso existe acumulación excesiva de envases (escaza o nula distancia entre ellos) el cabezal pueda entregar etiquetas en vano al sistema.



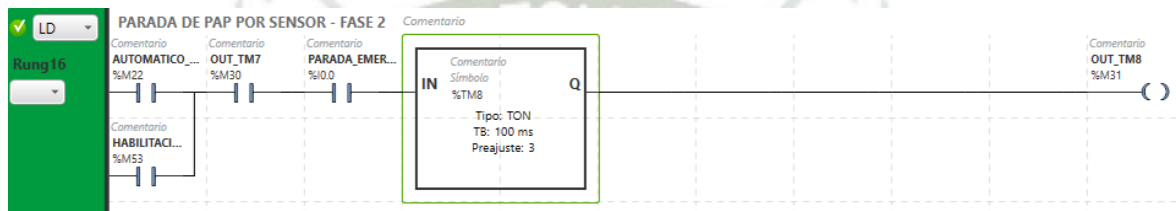
- Retardo de Inicio del Motor PAP (El tiempo entre la detección del envase y del inicio de funcionamiento del motor PAP es de 100ms). El tiempo de retardo establecido a través de un Timer TON es regulado en la puesta en marcha mediante las pruebas iniciales.



- Pulso para Detener el Motor PAP.



- Retardo para Detener el Motor PAP.



- Finalmente, establecemos que para el modo automático se iniciara con 60Hz como Setpoint de frecuencia. Por tanto, escribimos ese valor en la palabra de memoria %MW103 la cual corresponde a la dirección lógica 8502 que lee el PLC en la cual se establece la escritura de la frecuencia deseada.

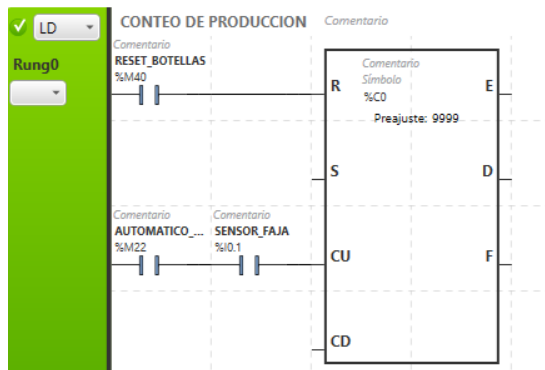
LFR	Frequency setpoint	16#2136 = 08502	-	Setpoint parameters	R/W	INT (Signed16)
-----	--------------------	-----------------	---	---------------------	-----	----------------



4.5.3. PROGRAMACIÓN DE CONTEO DE ETIQUETAS Y BOTELLAS

A fin de tener un monitoreo de las etiquetas y botellas en el proceso se establece la programación para el conteo de ambos parámetros:

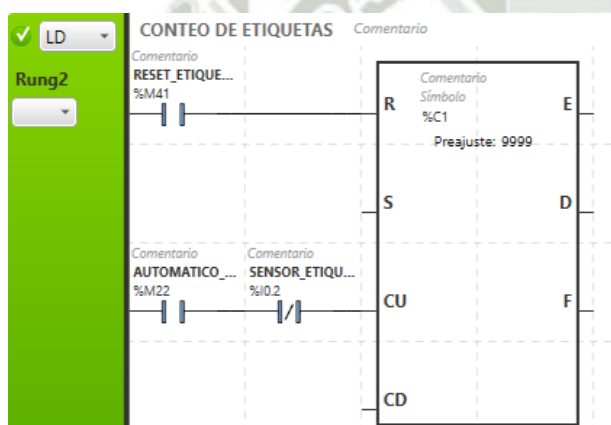
- Contador de botellas:



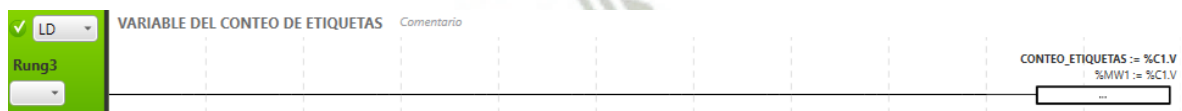
- Mediante un bloque de operación, movemos el valor del acumulador del contador de botellas a una %MW para que pueda ser visualizada en el HMI.



- Contador de etiquetas:



- Mediante un bloque de operación, movemos el valor del acumulador del contador de etiquetas a una %MW para que pueda ser visualizada en el HMI.

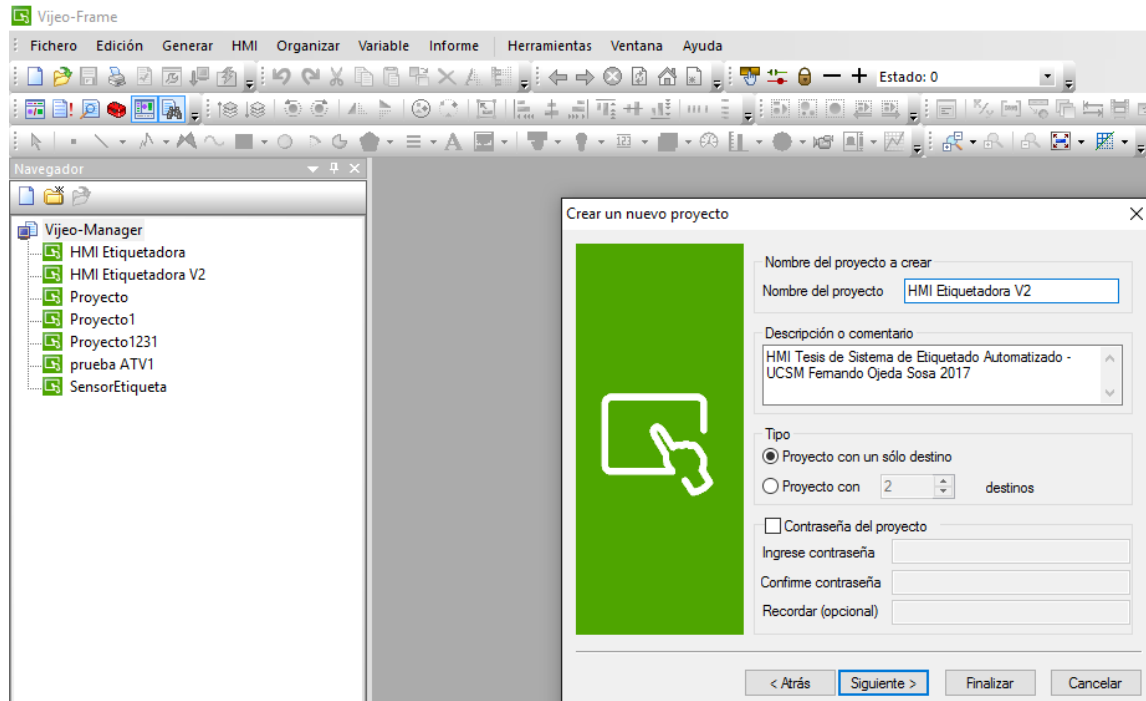


4.6 PANEL DE OPERACIÓN - HMI

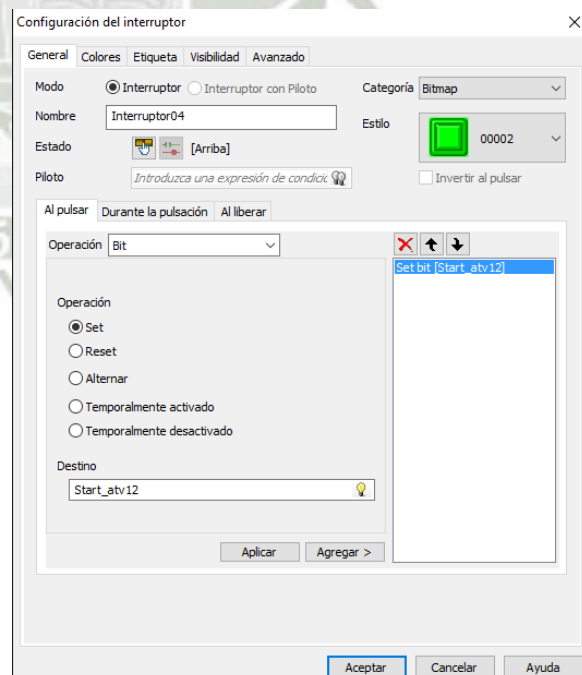
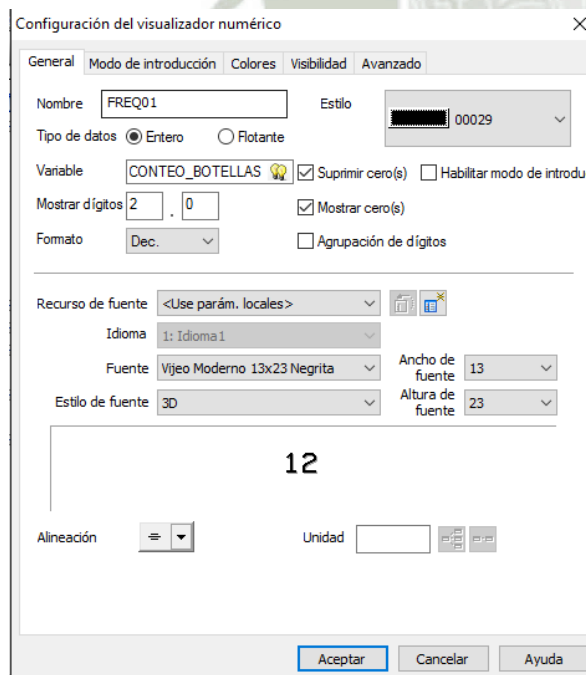
Se elabora un panel de interfaz hombre-máquina (HMI) en el software Vijeo Designer de Schneider Electric.

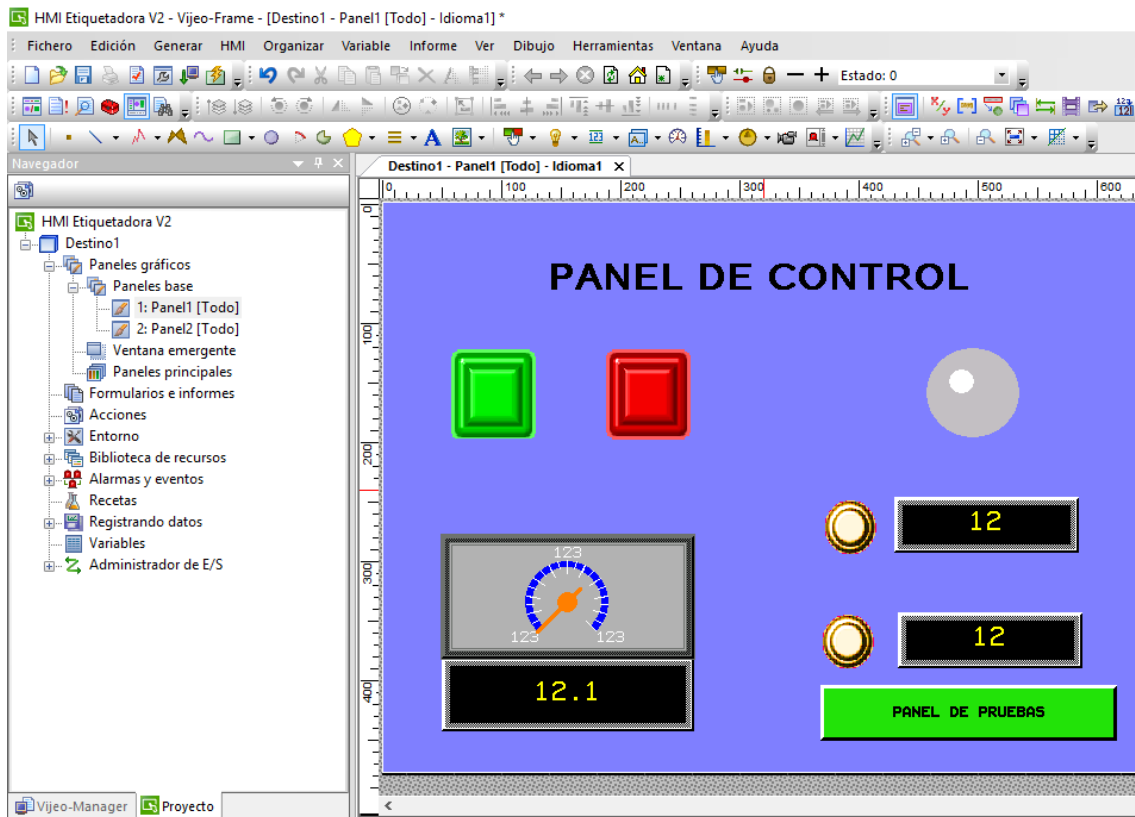
Para esto, se incluirán los principales parámetros del proceso en dos paneles independientes pero interrelacionados.

En primer lugar, se crea el proyecto:



En el programa, creamos dos paneles en los cuales se insertan los botones de control y entradas de texto a fin de establecer el control y monitoreo del proceso.



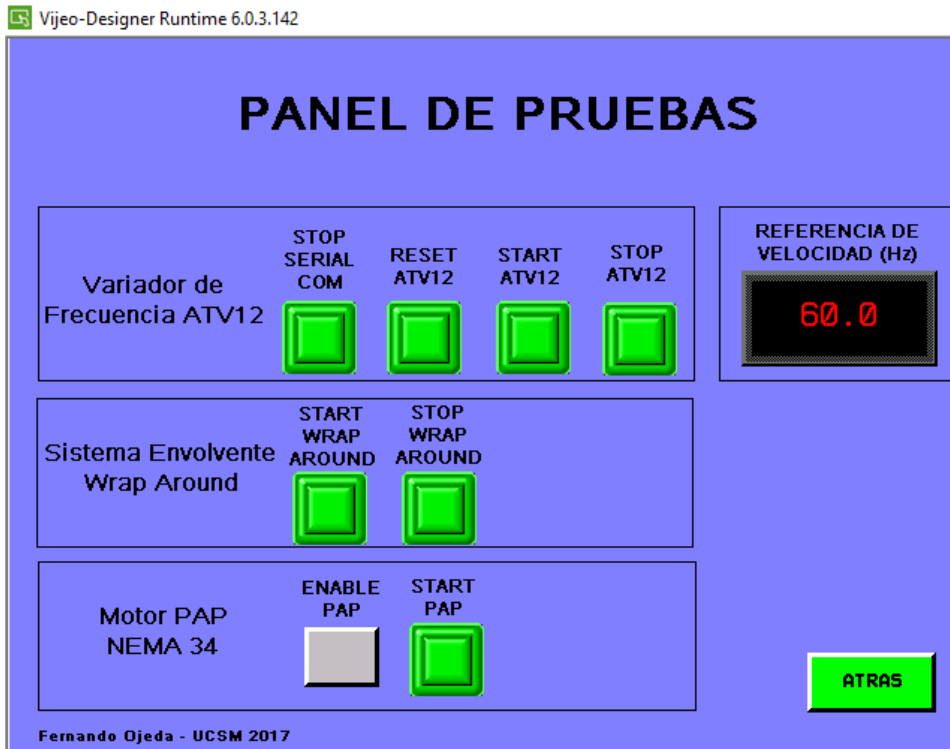


Finalmente, luego de insertar los botones de START y STOP, indicador de encendido, display de monitoreo de frecuencia y displays de conteo de etiquetas y botellas, el panel de control principal queda de la siguiente manera:



1

Asimismo, el panel secundario llamado “Panel de Pruebas” (cuyo acceso se encuentra en la parte inferior derecha del panel principal de control) queda la siguiente manera:



En el panel de pruebas, se aprecian los botones de control de cada parte de proceso:

- Variador de Frecuencia ATV12: Control de sistema de transporte.
- Sistema Envolverte: Control de motorreductor monofásico.
- Motor PAP NEMA 34: Control de cabezal de etiquetado.

Este panel de pruebas tiene como fin permitir al operador verificar el correcto funcionamiento de cada parte del sistema a fin de prevenir o identificar posibles fallas mecánicas o eléctricas en pleno funcionamiento.

CAPÍTULO 5

PRUEBAS Y RESULTADOS

Luego de llevar a cabo el proyecto, se realiza un análisis de la información obtenida a fin de compararla con las especificaciones de diseño iniciales, dentro de las cuales teníamos que:

- El proceso debe etiquetar inicialmente envases PET de 500ml, pero también debe ser capaz de adecuar sus características a envases de medidas diferentes y/o similares.
- El volumen inicial estimado de producción del proceso es de 1200 envases etiquetados por hora, es decir, 20 envases por minuto.
- El sistema debe ser continuo, pero con una velocidad de producción variable de acuerdo a las necesidades.

5.1. PRUEBAS DE ETIQUETADO DE ENVASES PET DE 500ML

A fin de poder verificar los resultados del proyecto, se realiza una comparación de tiempos entre el etiquetado manual (el cual se realizaba antes del proyecto) y el etiquetado automatizado actual.

5.1.1. PRUEBAS DE ETIQUETADO MANUAL

Para las pruebas de etiquetado manual, se consideraron las diferentes etapas del proceso inicial, considerando desde el despegue de la etiqueta hasta la verificación de acabado y puesta en almacén.

TABLA 27: Análisis de proceso de etiquetado manual.

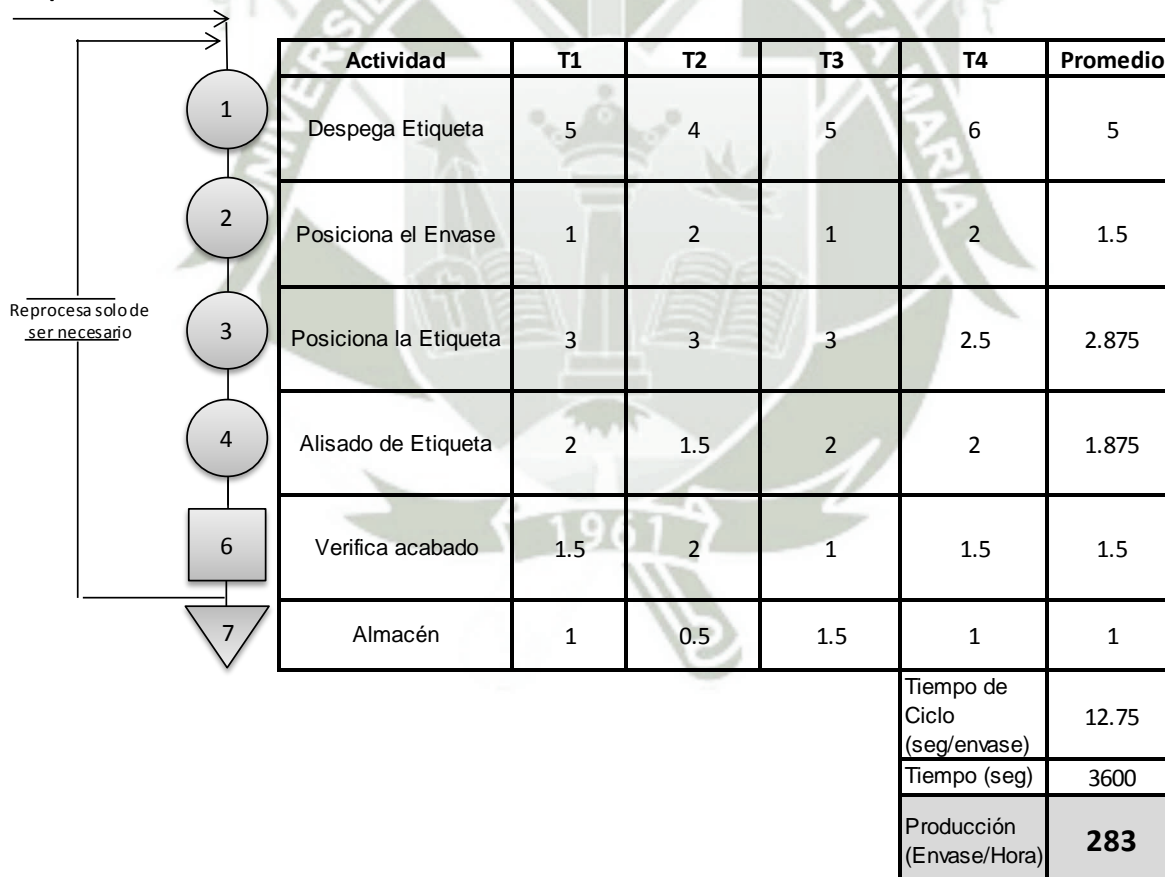
Código	Proceso	Actividad
1	Despega Etiqueta	Operación
2	Posiciona el Envase	Operación
3	Posiciona la Etiqueta	Operación
4	Alisado de Etiqueta	Operación
5	Verifica acabado	Inspección
6	Almacén	Almacenaje

Fuente: Elaboración propia.

Luego, mediante un diagrama del proceso, se toman tiempos de prueba respecto a 4 ciclos de etiquetado manual realizado por el mismo operario; siendo los resultados lo siguiente:

TABLA 28: Diagrama de operaciones del proceso manual

Etiquetado Manual PET



Fuente: Elaboración propia.

Tenemos que, para un proceso manual la producción promedio (por hora) es de 283 envases.

5.1.2. PRUEBAS DE ETIQUETADO AUTOMATIZADO

Para las pruebas de etiquetado automático o automatizado, se toman en cuenta las diferentes frecuencias que nos puede brindar el variador del sistema de transporte (ATV12-Schneider Electric), con lo que el resumen promedio de producción es el siguiente:

TABLA 29: Pruebas de producción de etiquetado automatizado

ETIQUETADO AUTOMATIZADO			
Velocidad de Proceso	Alcance de Producción (Envases etiquetados)		
Frecuencia de VFD. (Hz)	Envases / Minuto	Envases / Hora	Envases / Jornada
10	4.3	260.8	2086.1
20	8.7	521.5	4172.2
30	13.0	782.3	6258.2
40	17.4	1043.0	8344.3
50	21.7	1303.8	10430.4
60	26.1	1564.8	12518.4
VFD: Variador de Frecuencia ATV 12			

Fuente: Elaboración propia.

Podemos ver que el nuevo proceso puede llegar a realizar un etiquetado de 12518 envases por día, tomando en cuenta una jornada laboral de 8 horas.

5.2. ELEMENTOS Y COSTOS DEL PROYECTO

A continuación, se presenta de manera detallada los costos del proyecto, partiendo desde los costos de materiales de los diferentes sistemas que conforman el mismo, como es el sistema de transporte, cabezal de etiquetado y sistema envolvente.

Asimismo, se consideran los costos de montaje, uso de máquinas-herramientas y los costos de ingeniería (diseño) a fin de establecer el costo total y establecer una comparación entre las alternativas de solución iniciales.

5.2.1. COSTO DE FABRICACIÓN DE SISTEMA DE TRANSPORTE

Item	Cant	Elementos	Precio Unit	Precio
Fabricación de Sistema de Transporte de envases PET				
1	2	Cadena Recta TableTop Rexnord LF820K325 3.05m	S/.149.23	S/.298.46
2	10	Soporte Lateral Fijo Rexnord 195X71xD12	S/.35.05	S/.350.50
3	1	Perfil dedesgaste Z Rexnord UHMW 20X3 5m	S/.38.46	S/.38.46
4	1	Piñon Motriz Rexnord 820 Z=21 D 30MM	S/.94.02	S/.94.02
5	1	Polea Inyectada Rexnord Z21 D30	S/.47.01	S/.47.01
6	2	Anillo de fijación de polea inyectada Rexnord D30	S/.9.78	S/.19.56
7	8	Mordaza de varilla guía Rexnord D12XD12	S/.7.47	S/.59.76
8	1	Tubo Acero Inox p/ Baranda redonda lateral 1/2"x 6m	S/.15.00	S/.15.00
9	4	Pie regulable con rosca 1/2"	S/.2.00	S/.8.00
10	6	Polín de Retorno Rexnord D60xd16.5xL43	S/.6.27	S/.37.62
11	2	Perfil metálico ASTM A36 de bastidor de transportador e=3/16"	S/.35.00	S/.70.00
12	1	Tubo cuadrado LAC A500 2" x 6m e=2mm (Base soporte)	S/.40.00	S/.40.00
13	4	Regatón cuadrado interno 2"	S/.1.00	S/.4.00
14	4	Regatón redondo externo 1/2"	S/.0.50	S/.2.00
15	2	Chumacera de pared tipo brida cuadrada 1"	S/.15.00	S/.30.00
16	2	Chumacera de pared tipo brida ovalada 1"	S/.15.00	S/.30.00
17	1	Eje AISI 1018 1" (eje motriz)	S/.28.00	S/.28.00
18	1	Eje AISI 1018 1" (eje retorno)	S/.22.00	S/.22.00
19	2	Placas soporte de bastidor e=1/4"	S/.5.00	S/.10.00
20	26	Perno Acero Grado 8 cabeza hexagonal 3/8" x 1 " (Inc. Tuerca)	S/.1.30	S/.33.80
21	11	Perno Acero Grado 8 cabeza hexagonal Rosca fina 3/8" x 1 "	S/.1.50	S/.16.50
22	8	Perno Acero Grado 8 cabeza hexagonal 3/8" x 1 1/2" (Inc. Tuerca)	S/.1.80	S/.14.40
23	2	Perno Acero Grado 8 cabeza hexagonal 1/2" x 1 1/2" (Inc. Tuerca)	S/.2.80	S/.5.60
24	1	Varilla redonda Acero Inoxidable AISI 316 3/8" x 1m	S/.15.00	S/.15.00
25	7	Tubo separador de bastidor c/ tuerca	S/.1.50	S/.10.50
26	4	Tuerca Acero G8 SAE UNC 1/2"	S/.0.30	S/.1.20
Total:			S/.1,301.39	

5.2.2. COSTO DE FABRICACIÓN DE CABEZAL DE ETIQUETADO

Item	Cant	Elementos	Precio Unit	Precio
Fabricación de Cabezal de Etiquetado				
1	1	Tubo estructural redondo 3/4" x 2.5mm x 1m	S/.15.00	S/.15.00
2	1	Eje AISI 1018 1/2" x 1m	S/.15.00	S/.15.00
3	1	Plancha de Acero ASTM A-36 1/4" 420x330mm	S/.40.00	S/.40.00
4	1	Plancha de Acero ASTM A-36 1/8" 150x90mm	S/.7.00	S/.7.00
5	1	Eje Ertalón (Nylon) Ø 50mm x 150mm	S/.16.70	S/.16.70
6	1	Chaveta cuadrada 5mm x 200mm	S/.6.00	S/.6.00
7	8	Rodamiento rígido de boldas 608	S/.1.50	S/.12.00
8	8	Topes de goma alineadores de etiqueta	S/.2.00	S/.16.00
9	1	Plato bobinador Plancha Acero ASTM A-36 Ø 140mmx1.5mm	S/.6.00	S/.6.00
10	1	Plato desbobinador Plancha Acero ASTM A-36 Ø 250mmx1.5mm	S/.12.00	S/.12.00
11	2	Plancha de Acero ASTM A-36 de Ø 2" x 20mm	S/.10.00	S/.20.00
12	1	Eje AISI 1018 5/8" x 215mm	S/.6.00	S/.6.00
13	1	Plancha de Acero ASTM A-36 de Ø 3" x 100mm	S/.25.00	S/.25.00
14	1	Eje AISI 1018 1" x 183mm	S/.10.00	S/.10.00
15	1	Plancha de Aluminio Ø 3 1/2" x 30mm	S/.12.00	S/.12.00
16	2	Planchas de Acero ASTM A-36 Ø 4 1/2" x 3/8"	S/.5.00	S/.10.00
17	1	Plancha de Acero ASTM A-36 Ø 4 1/2" x 5/8"	S/.7.00	S/.7.00
18	2	Polea dentada HTD 24 Th 3M 15mm	S/.28.50	S/.57.00
19	1	Banda dentada S3M513UK	S/.20.00	S/.20.00
20	1	Accesorios de montaje mecánico (Pernos, tuercas y volandas)	S/.30.00	S/.30.00
21	1	Husillo roscado 1" x 500mm	S/.30.00	S/.30.00
22	2	Rodamiento rígido de bolas 6205	S/.3.00	S/.6.00
23	2	Rodamiento rígido de bolas 6301	S/.2.50	S/.5.00
33	3	Guías Eje Acero AISI 1018 5/8" x 300mm	S/.3.50	S/.10.50
34	1	Fabricación de mesa soporte 1000x600x	S/.180.00	S/.180.00
35	1	Plancha ASTM A-36 1/4" 1000x700mm	S/.70.00	S/.70.00
36	4	Ruedas/Garrucha con freno 1 1/2"	S/.6.00	S/.24.00
Total:			S/.668.20	S/.668.20

5.2.3. COSTO DE FABRICACIÓN DE SISTEMA ENVOLVENTE

Item	Cant	Elementos	Precio Unit	Precio
Fabricación de Sistema envolvente				
1	1	Plancha de Acero ASTM A-36 3/8" 550x110mm	S/.30.00	S/.30.00
2	2	Eje Ertalon (Nylon) Ø 100mm x 160mm	S/.72.00	S/.144.00
3	1	Eje Acero AISI 1045 Ø 1 1/2" x 345 mm	S/.22.40	S/.22.40
4	1	Eje Acero AISI 1045 Ø 1 1/2" x 187 mm	S/.13.30	S/.13.30
5	1	Plancha de Acero ASTM A-36 de Ø 1" x Ø 80mm	S/.6.70	S/.6.70
6	1	Plancha de Acero ASTM A-36 de Ø 3" x 80mm	S/.19.70	S/.19.70
7	2	Rodamiento rígido de bolas 6203	S/.2.50	S/.5.00
8	2	Rodamiento rígido de bolas 6205	S/.3.50	S/.7.00
9	2	Rodamiento rígido de bolas 6005	S/.3.00	S/.6.00
10	1	Perno M8x30	S/.1.00	S/.1.00
11	1	Banda Plana 3mm de sistema envolvente	S/.22.00	S/.22.00
12	1	Eje Acero AISI 1045 Ø 1/2" para Tensor fijo y motriz x 170mm	S/.7.00	S/.7.00
13	2	Poleas de aluminio 3"	S/.6.50	S/.13.00
14	1	Banda en "V" M-24	S/.15.00	S/.15.00
15	3	Cartelas de fijación Plancha ASTM A-36 1/4"	S/.5.00	S/.15.00
16	1	Plancha de Acero ASTM A-36 1/8" 320x160mm	S/.12.00	S/.12.00
Total:			S/.339.10	

5.2.4. COSTO DE ELEMENTOS DE CONTROL

Item	Cant	Elementos	Precio Unit	Precio
Elementos de control del proyecto				
1	1	PLC TM221CE24T Schneider 24VDC 14E PNP/NPN 10S PNP	S/.1,047.25	S/.1,047.25
2	1	Variador de velocidad Schneider ATVH75M2 1HP Monofásico	S/.716.21	S/.716.21
3	1	Motor Trifásico MS-712-4P 0.5HP 220/380/440V 60 Hz EPLI	S/.245.00	S/.245.00
4	1	Reductor Sin fin Corona FCNDK50 1/80 EPLI	S/.354.00	S/.354.00
5	1	Motor/reductor monofásico GGM 25W c/ variador de velocidad	S/.790.00	S/.790.00
6	1	Motor Paso a Paso NEMA 34 86BHH80 4.2A 45Kg.cm	S/.470.00	S/.470.00
7	1	Driver de control LeadShine DMA860H Stepper motor Nema34-42	S/.198.00	S/.198.00
8	1	Sensor capacitivo NPN 1-10mm	S/.50.00	S/.50.00
9	1	Sensor fotoeléctrico de etiquetas EMX LBX-50	S/.526.87	S/.526.87
10	1	Relé interfase Schneider RSL1AB4BD 6A 1NA 24 VDC + Socket	S/.55.99	S/.55.99
11	1	Cable de comunicación Modbus Schneider RJ-45 / RJ-45 3m	S/.73.50	S/.73.50
12	2	Pulsadores Chint NO/NC Exterior de tablero	S/.13.00	S/.26.00
13	1	Contactador Chint NC1-09 AC3 3P+1NA 9A 220VAC	S/.27.00	S/.27.00
14	1	Interruptor protector de motor EATON PKZM0-2.5 1.6 - 2.5A	S/.50.00	S/.50.00
15	1	Parada de emergencia Chint	S/.12.00	S/.12.00
16	1	Fuente de Alimentación 24 VDC 1A	S/.60.00	S/.60.00
17	1	Transformador 220v / 50 V 5A	S/.160.00	S/.160.00
18	1	Tarjeta divisor de tensión 24/5v PLC/Stepper driver	S/.10.00	S/.10.00
Total:			S/.4,871.82	

5.2.5. COSTO DE MONTAJE Y CABLEADO DE TABLERO ELÉCTRICO

Item	Cant	Elementos	Precio Unit	Precio
Cableado y Montaje de Tablero Eléctrico				
1	1	Tablero eléctrico tipo gabinete 50x40x20cm	S/.160.00	S/.160.00
2	1	Interruptor Termomagnético 230 VAC 10A 2P	S/.17.00	S/.17.00
3	1	Riel Din 1000mm	S/.10.00	S/.10.00
4	45	Borne universal riel DIN 2.5 mm2	S/.1.50	S/.67.50
5	2	Soporte final para borne	S/.1.30	S/.2.60
6	1	Canaleta Ranurada 40x25mm	S/.13.00	S/.13.00
7	30	Cable GPT AWG 18 Rojo	S/.0.35	S/.10.50
8	30	Cable GPT AWG 18 Azul	S/.0.35	S/.10.50
9	10	Cable GPT AWG 18 Negro	S/.0.35	S/.3.50
10	10	Cable GPT AWG 18 Blanco	S/.0.35	S/.3.50
11	5	Cable GPT AWG 18 Amarillo (Tierra)	S/.1.00	S/.5.00
12	8	Prensaestopas de PVC c/ tuerca Stronger PG16	S/.2.00	S/.16.00
13	1	Switch selector 2 posiciones 10A	S/.12.00	S/.12.00
14	1	Banda/tubo espiral envolvente KS-10 10m	S/.9.00	S/.9.00
15	1	Base autoadhesiva para soporte de cintillos x 100 Und	S/.18.00	S/.18.00
16	1	Terminales tipo Pin 18 x 100 Und	S/.6.00	S/.6.00
17	4	Cable Vulcanizado 4x16 AWG	S/.4.00	S/.16.00
18	4	Cable Vulcanizado 3x16 AWG	S/.3.30	S/.13.20
19	6	Cable Vulcanizado 2x18 AWG	S/.2.00	S/.12.00
20	3	Cable Vulcanizado 3x18 AWG	S/.2.80	S/.8.40
21	1	Brida sujetacable de Nylon Blanco 100 x 2.5mm x 100 Und	S/.2.50	S/.2.50
30	1	Cinta aislante 3M 1000	S/.3.00	S/.3.00
31	1	Cableado eléctrico	S/.400.00	S/.400.00
			Total:	S/.819.20

5.2.6. COSTOS DE MAQUINARIA UTILIZADA

Item	Máquina	Hr/Maq	Costo Hr/Maq	Costo Hr/Hombre	Costo final
Costo de Equipos y Herramientas					
1	Torno Paralelo	35.00	S/.5.50	S/.15.00	S/.717.50
2	Fresadora Universal	2.00	S/.5.50	S/.15.00	S/.41.00
3	Taladro de banco	16.00	S/.3.50	S/.6.00	S/.152.00
4	Tronzadora	8.00	S/.3.50	S/.6.00	S/.76.00
5	Esmeriladora angular 4 1/2"	4.00	S/.2.50	S/.6.00	S/.34.00
6	Esmeriladora angular 7"	4.00	S/.2.50	S/.6.00	S/.34.00
7	Esmeril de banco	8.00	S/.3.50	S/.6.00	S/.76.00
8	Soldadora Eléctrica	8.00	S/.5.50	S/.10.00	S/.124.00
9	Equipo oxicorte	1.00	S/.1.50	S/.10.00	S/.11.50
10	Cizalla manual de corte	0.50	S/.1.50	S/.6.00	S/.3.75
11	Plegadora/Dobladora de planchas	0.50	S/.1.50	S/.6.00	S/.3.75
12	Compresora 2 HP	6.00	S/.3.50	S/.8.00	S/.69.00
13	Roscadora	1.00	S/.3.50	S/.6.00	S/.9.50
14	Taladro eléctrico de mano	4.00	S/.2.50	S/.6.00	S/.34.00
16	Herramientas varias	60.00	S/.1.50	S/.6.00	S/.450.00
				Total:	S/.1,836.00

5.2.7. COSTOS VARIOS

Item	Cant	Elementos	Precio Unit	Precio
Costos Varios				
1	1	Etiquetas Autoadhesivas Bebida x 1000 Und	S/.101.24	S/.101.24
2	100	Botellas PET 500MI	S/.0.25	S/.25.00
3	4	Waype Industrial x 400g	S/.5.50	S/.22.00
4	1	Lubricante multigrado	S/.12.00	S/.12.00
5	1	Grasa SKF LGHP 2/1 1Kg para motores eléctricos	S/.18.00	S/.18.00
6	2	Disco de corte de metal 4 1/2" x 3/64"	S/.4.00	S/.8.00
7	1	Disco de corte de metal 7" x 1/8"	S/.10.00	S/.10.00
8	2	Disco de Desbaste de metal 4 1/2" x 1/4"	S/.5.00	S/.10.00
9	5	Electrodos soldadura Cellocord AP AWS 6011 3/32" 1kg	S/.15.00	S/.75.00
10	1	Pintura Base Zincromato CPP 1Gl	S/.44.00	S/.44.00
11	3	Thinner Acrilico 1 GL	S/.17.00	S/.51.00
12	1	Pintura Esmalte sintético CPP Blanco 1 Gl	S/.49.00	S/.49.00
13	1	Disco de corte 14" (Tronzadora)	S/.17.00	S/.17.00
14	1	Machuelo 3/8" UNC	S/.12.00	S/.12.00
15	1	Machuelo 3/8" UNF	S/.12.00	S/.12.00
16	1	Juego de Sierra copa para Metal	S/.90.00	S/.90.00
17	1	Juego de Brocas de Metal HSS	S/.120.00	S/.120.00
18	2	Hoja de sierra bimetálica 300mm	S/.5.00	S/.10.00
18	1	Equipos de Protección Personal (Guantes, tapones, lentes, etc)	S/.25.00	S/.25.00
			Total:	S/.711.24

5.2.8. COSTO TOTAL

Item	Elementos	Costo Real	Costo Estimado
Costo Total del Proyecto			
1	Fabricación de Sistema de transporte de envases PET	S/.1,301.39	S/.1,500.00
2	Fabricación de Cabezal de etiquetado	S/.668.20	S/.1,500.00
3	Fabricación de Sistema envolvente	S/.339.10	S/.1,500.00
4	Equipos y elementos de control	S/.4,871.82	S/.4,500.00
5	Cableado de Tablero eléctrico	S/.819.20	S/.1,200.00
6	Costos Varios	S/.711.24	S/.1,200.00
7	Costos de Mano de obra, equipos y herramientas	S/.1,836.00	S/.2,800.00
8	Gastos operativos	S/.500.00	S/.800.00
9	Ingeniería y Montaje (Diseño, planificación y programación)	S/.6,000.00	S/.8,000.00
		Total:	S/.17,046.95 S/.23,000.00

Entonces, luego de obtener el costo final del proyecto, realizamos una tabla comparativa en la cual se muestran las diferentes alternativas de solución del proceso, entre las cuales se encuentran:

- Proveedor nacional: Según cotización de Máquina de etiquetado automatizado cuyo proveedor es una empresa peruana dedicada a la importación directa desde China de maquinaria especializada para la industria alimenticia.
- Importación directa: Según costos referenciales dados de fabricantes de sistemas de etiquetado similares en el continente asiático y considerando además costos de flete y aranceles de importación.
- Costo estimado: Costo referencial estimado al inicio del proyecto.
- Costo Real: Costo final total del proyecto.

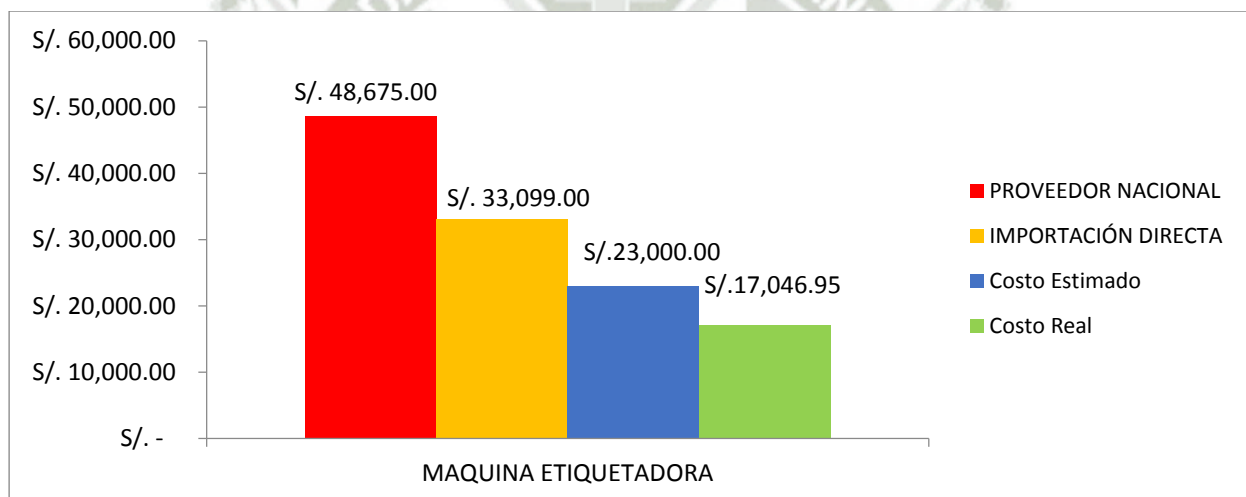


FIGURA 147: Análisis comparativo de costos entre soluciones del proceso

Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia que el costo final de la solución implementada representa sólo el 35% aproximadamente de la solución que implicaba la compra al proveedor nacional.

Asimismo, se logró un ahorro mayor al 25% referente a los costos estimados iniciales del proyecto.

5.3. INTERPRETACION DE RESULTADOS Y VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Finalmente, se realizan gráficos comparativos con respecto a la solución brindada en relación al proceso manual inicial.

En la siguiente tabla, se aprecia un aumento en la producción importante, en la cual se logra quintuplicar los envases etiquetados según el tiempo establecido para la comparación (minutos, horas o jornadas).

TABLA 30: Envases etiquetados por tiempo de operación

Producción	Envases / Minuto	Envases / Hora	Envases / Jornada
Manual	4.7	283.0	2264.0
Automatizado	26.1	1564.8	12518.4

Fuente: Elaboración propia.

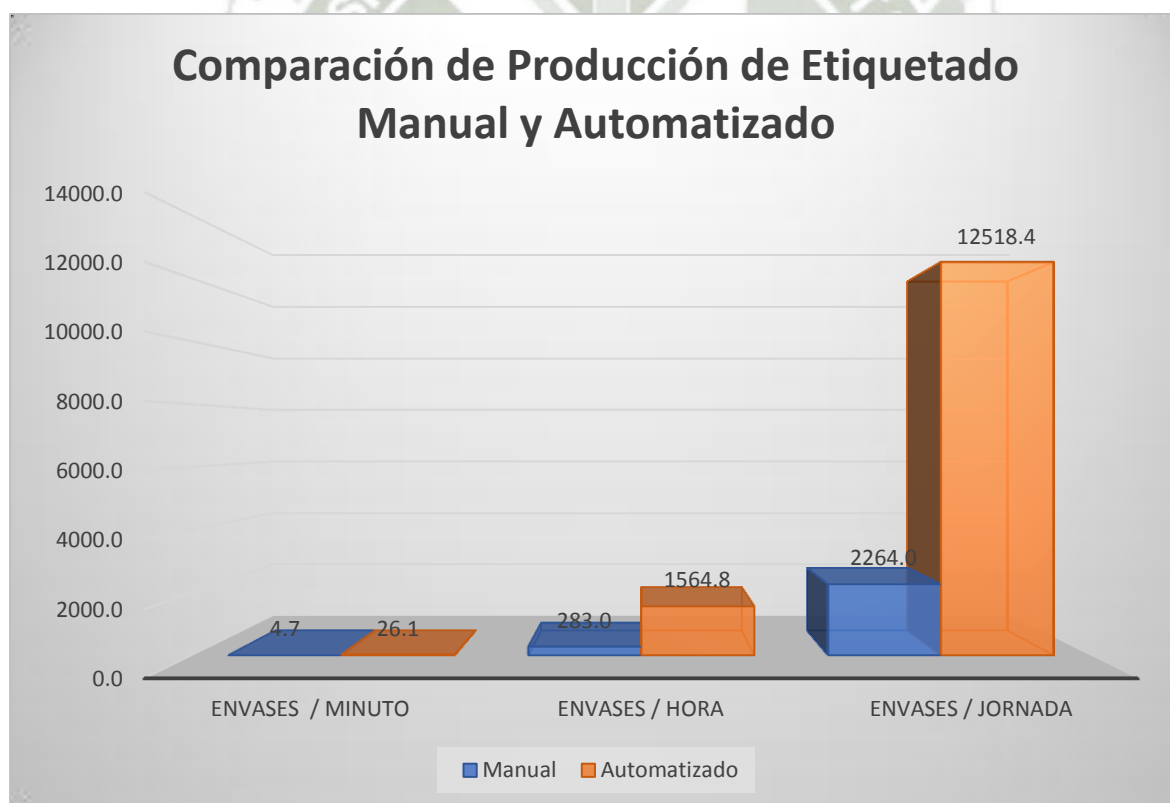


FIGURA 148: Comparativo de producción de etiquetado manual y automatizado

Fuente: Elaboración propia.

En el siguiente gráfico, se puede apreciar con mayor detalle la producción estimada por hora comparando ambos procesos (manual y automatizado), a fin de ver con mayor claridad el incremento de envases etiquetados en relación al mismo tiempo de operación.

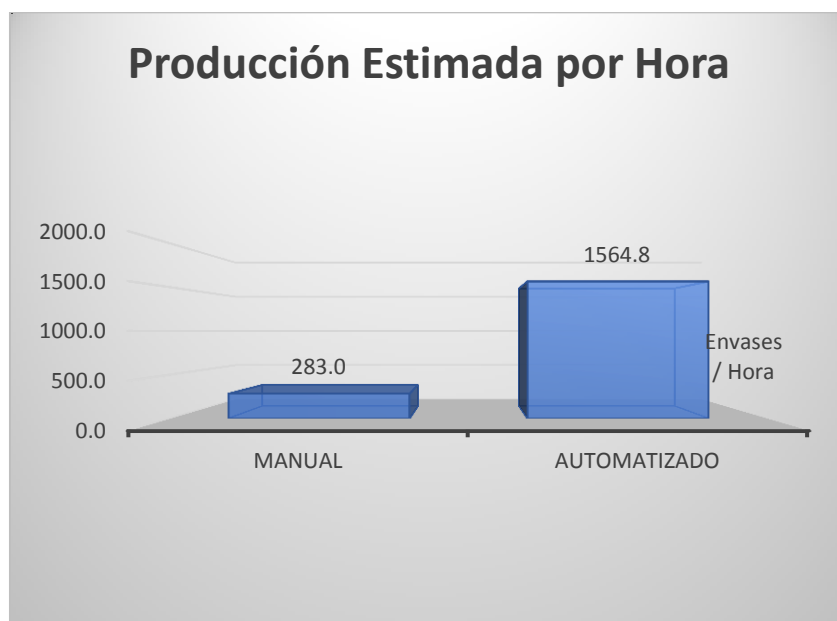


FIGURA 149: Producción estimada por hora de envases etiquetados

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

En el apartado siguiente, se presentan las conclusiones referentes al trabajo de investigación, haciendo un análisis de todo el proceso del proyecto.

1. Se diseñó, construyó y automatizó un sistema de etiquetado de envases PET para un proceso de producción de bebidas, a medida de las necesidades de una empresa en crecimiento.
2. Se realizó el diseño mecánico del sistema en base a planos, cálculos y selección de componentes según fue requerido en cada parte del proceso.
3. Se implementó un sistema de control del proceso en base a los requerimientos dados, para lo cual se trabajó en plataformas adecuadas de programación, lo que trajo como consecuencia, una reducción de costos en cuanto al proyecto, y mayores beneficios.
4. Se realizó la puesta en marcha del sistema de etiquetado de envases PET, con lo cual se obtuvo la cantidad aproximada de producción mediante un análisis experimental del proceso.
5. Es fundamental hacer un análisis de las diversas alternativas de solución según los componentes y equipos presentes en el mercado nacional a fin de evitar costos extras referente a la importación y asimismo tiempos de espera que retrasen el desarrollo del proyecto.
6. Se demuestra que se pueden lograr soluciones efectivas a costos mucho menores a las presentes en el mercado nacional e internacional utilizando equipos y componentes confiables que aseguren el buen funcionamiento del proceso.
7. Si bien es cierto, existen una variedad de tipos de etiquetas presentes en el mercado, para la aplicación en cuestión resulta más económico y práctico el empleo de etiquetas autoadhesivas por el volumen de producción requerido.
8. El sensor fotoeléctrico permite la alimentación continua y uniforme de las etiquetas al proceso aún si el rollo de etiquetas presentara defectos fabricación en lo que respecta a la separación de las mismas.

9. Es importante que uno de los primeros componentes a seleccionar en lo referente al sistema de control, sea el PLC, ya que el tipo de entradas y salidas limitará el tipo de componentes a emplear (sensores).
10. El uso de un PLC con salidas a Relé no permite el control del motor paso a paso, por lo que el uso de un PLC con salidas a transistores fue de carácter obligatorio para el proyecto.
11. El número de entradas y salidas del PLC son una parte importante para la selección del mismo, pero en vista de la diferencia de costos mínima entre uno de 16 E/S y otro de 24 E/S (seleccionado) se opta por el segundo a fin de implementar mejoras en el proceso a futuro.
12. La elección de equipos de control, como el PLC y el variador de frecuencia, de la misma marca facilita de gran manera la comunicación entre ellos debido al soporte técnico permanente del fabricante a través de manuales y tutoriales presentes en la red.
13. Es importante realizar las pruebas de velocidad respecto al motor Paso a Paso más allá de las necesidades del proceso, debido a que éste puede presentar vibraciones o ruidos excesivos a bajas frecuencias (velocidades), por lo que un aumento de resolución en el driver de control es fundamental para minimizar esos inconvenientes.
14. Es necesario que la velocidad del sistema envolvente siempre sea mayor a la velocidad del sistema de transporte, a fin de evitar la caída de los envases.
15. La ejecución del proyecto implicó al diseñador el uso de diferentes ramas de la ingeniería, como es la ingeniería mecánica, eléctrica y electrónica, con lo cual se logra un desarrollo integral del profesional.

RECOMENDACIONES

1. Es importante que antes de energizar el sistema, ningún operador se encuentre manipulando parte de los componentes.
2. Antes de realizar cualquier modificación en el tablero de control, es obligatorio desenergizar el mismo a través de un selector ubicado en la parte superior derecha exterior del tablero.
3. A fin de evitar errores en la detección de etiquetas, se recomienda que la separación de estas sea como mínimo 2mm según especificaciones del sensor fotoeléctrico.
4. El cable de comunicación serial entre el PLC y variador de frecuencia debe respetar los pines de conexión establecidos por el estándar de comunicaciones, de lo contrario no se establecerá la comunicación entre ambos dispositivos.
5. Si bien es cierto, el driver de control del motor paso a paso puede ser alimentado tanto con corriente continua como alterna, es importante ver el funcionamiento del componente a diferentes niveles de alimentación.
6. Es importante siempre verificar el correcto funcionamiento del botón de parada de emergencia ubicado en la parte central del sistema de transporte, a fin de tener siempre una operación segura en el proceso.
7. Para realizar una modificación en el software de programación del PLC (So Machine Basic), es necesario que en el sistema operativo se encuentre en ejecución el “Gateway” del software por lo que se recurre a “herramientas administrativas” y “servicios locales” en el panel de control de Windows.
8. Es importante verificar diariamente la correcta orientación de las guías de envases presentes en el sistema de transporte, ya que ellas permiten que éstos puedan moverse de manera suave y uniforme al ingresar al área de etiquetado ubicado en la parte central del proceso.

9. Se recomienda tener una fuente de alimentación estabilizada a fin de evitar daños en los componentes del tablero eléctrico.
10. Es fundamental realizar un correcto pintado de la estructura mediante una aplicación de base de zincromato y otra de esmalte sintético a fin de proteger las partes del sistema de la corrosión.
11. Se recomienda ajustar las borneras de conexión del tablero de control periódicamente como mantenimiento preventivo a fin de evitar fallos posteriores en cuando al conexionado.
12. Asimismo, de realizar mejoras en el proceso a futuro, se recomienda utilizar materiales y equipos comercializables en el mercado nacional a fin de facilitar su implementación.



BIBLIOGRAFÍA

1. **ALVA**, Fortunato. Diseño de elementos de máquinas. 1ra edición. 2005.
2. **BEER, JOHNSTON y CLAUSEN**, Mecánica vectorial para ingenieros. Estática. 7ma edición. Ed. McGraw Hill. 2004.
3. **BOLTON**, William. Mecatrónica. Sistemas de Control Electrónico en Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Editorial Alfaomega. 2a Ed. México, 2001.
4. **CHACCA**, Edgar y **SILES**, Fernando. “Diseño e implementación de un módulo de caudal controlado por plc y supervisión de proceso mediante SCADA”. Tesis. (Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico). . Arequipa, Perú. Universidad Católica de Santa María. 2012.
5. **CORRIPIO**, Armando y **SMITH**, Carlos. Control Automático de Procesos Teoría y Práctica. Editorial Limusa - Noriega Editores. 1ªEd. México, 1996.
6. **CREUS**, Antonio. Instrumentación Industrial. Editorial Marcombo- Alfaomega. 8a Ed. Barcelona, 2011.
7. **CRIOLLO**, Fabián. “Estudio de una etiquetadora de botellas cilíndricas para mejorar la productividad en el prototipo de embotelladora en el laboratorio de automatización de la facultad de ingeniería civil y mecánica de la Universidad Técnica de Ambato”. Tesis. (Título profesional de Ingeniero Mecánico). Ecuador. 2013.
8. **DORF**, Richard y **BISHOP**, Robert. “Sistemas de Control Moderno”. 10 ma. Ed. Madrid. Pearson Education. 2005.
9. **FESTO**: “Fundamentos de la técnica de automatización”. Libro técnico. F. Ebel, S. Idler, G. Prede, D. Scholz. 2007
10. **MATA**, Julián. Técnicas de expresión gráfica. Rama del metal. 2da edición. Ediciones Don Bosco.
11. **PYTEL**, Andrew y **SINGER**, Ferdinand. Resistencia de materiales, introducción a la mecánica de sólidos. Cuarta edición. 2004
12. **SCHNEIDER ELECTRIC**. PLC Modicon M221. Guía de biblioteca de funciones avanzadas. 2016.

13. **SCHNEIDER ELECTRIC**. Variadores de Velocidad para Motores asíncronos.

Manual del usuario. 2009.

14. **SHIGLEY**, Diseño de ingeniería mecánica. 8va dicion. Mexico, McGraw Hill.



DIRECCIONES WEB

1. **Diseño de una máquina etiquetadora para botellas de agua mineral natural.** Universidad Autónoma Chapingo, Instituto de Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua, Chapingo, Texcoco, México. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542014000400013
2. **Sistemas de transporte modulares y de tablillas REXNORD.** Italia. Disponible en: <http://www.rexnordflattop.com/>
3. **Guía de ingeniería para transportadores modulares.** Disponible en: http://www.flexlink.com/zcms/zpublish/45/uploads/45/tech_lib/14236505049469264279_5798EN_Eng_Guide_lines.pdf
4. **Diseño de cadenas de platillos (tablillas).** Disponible en: <https://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/elementos/Tema07.pdf>
5. **Guía práctica de capacitación técnico comercial en motores eléctricos.** WEG. Disponible en: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-guia-practico-de-capacitacion-tecnico-comercial-50026117-catalogo-espanol.pdf>
6. **Control de motores paso a paso mediante microcontroladores.** Disponible en: <http://server-die.alc.upv.es/asignaturas/lased/2002-3/MotoresPasoapaso/Motorespasoapaso.pdf>
7. **Tutorial sobre motores paso a paso.** Disponible en: <http://www.todorobot.com.ar/informacion/tutorial%20stepper/stepper-tutorial.htm>
8. **Introducción a la metodología de diseño industrial: Norma VDI 2221.** Disponible en: <http://www.raquelserrano.com/wp-content/files/Metodo-t1.pdf>
9. **Procesos de manufactura:** Envasado de jugos y bebidas. Disponible en: http://procesosdemanufactura2.blogspot.pe/2011/04/envasado-de-jugos-y-bebidas_19.html

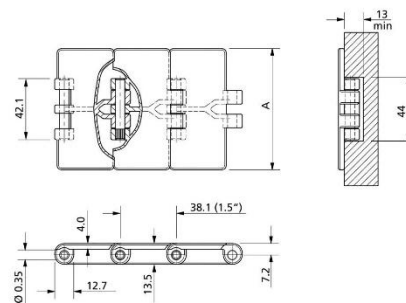
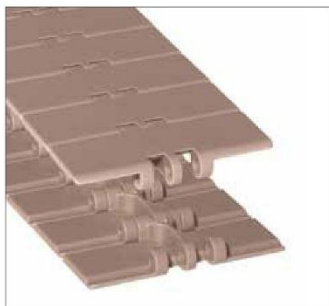


ANEXOS

ANEXO 1

CADENA DE TABLILLAS LF820-K325 TABLETOP REXNORD

Cadena recta Bisagra simple



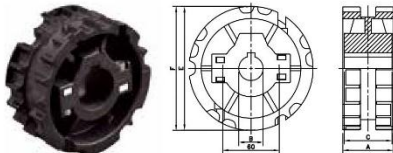
Tipo de cadena	N° de código	Ancho		Peso	Carga de trabajo (máx.)	Radio de giro opuesto a bisagra (min.)	Grosor de la tablilla		
		A							
		mm	pulgadas	kg/m	N (21°C)	mm	mm		
Acetal XL									
SH 250 XL	750.42.22	63.5	2.50	0.69	1230	50	4.0		
SH 325 XL	750.42.31	82.5	3.25	0.82					
SH 84 XL	750.42.35	83.8	3.30	0.82					
SH 350 XL	750.42.32	88.9	3.50	0.87					
SH 400 XL	750.42.40	101.6	4.00	0.95					
SH 450 XL	750.42.42	114.3	4.50	1.00					
SH 600 XL	750.42.60	152.4	6.00	1.20					
SH 750 XL	750.42.72	190.5	7.50	1.44					
Acetal LF									
LF 820-K250	L0820667731	63.5	2.50	0.73	1230	50	4.0		
LF 820-K325	L0820603761	82.5	3.25	0.83	1200				
LF 820-K325 pasador de plástico*	L0820613711	82.5	3.25	0.63					
LF 820-K343	L0820666361	87.0	3.43	0.85	1230				
LF 820-K350	L0820603771	88.9	3.50	0.87					
LF 820-K400	L0820603781	101.6	4.00	0.95					
LF 820-K450	L0820603791	114.3	4.50	1.03					
LF 820-K450 pasador de plástico*	L0820645211	114.3	4.50	0.83	1200				
LF 820-K600	L0820603801	152.4	6.00	1.25	1230				
LF 820-K750	L0820603811	190.5	7.50	1.47					
Acetal HP									
HP 820-K325	L0820613041	82.5	3.25	0.83	1230			50	4.0
HP 820-K343	L0820670561	87.0	3.43	0.85					
HP 820-K350	L0820669071	88.9	3.50	0.87					
HP 820-K400	L0820649231	101.6	4.00	0.95					
HP 820-K450	L0820613051	114.3	4.50	1.03					
HP 820-K600	L0820613061	152.4	6.00	1.25					
HP 820-K750	L0820613071	190.5	7.50	1.47					
PSX Advanced Performance Polymer Alloy									
PSX 820-K325	L0820655383	82.5	3.25	0.82	1230	50	4.0		
Compuesto De Poliamida BWX									
BWX 820-K325	L0820651513	82.5	3.25	0.83	1230	50	4.0		
BWX 820-K450	L0820648833	114.3	4.50	1.03					
BWX 820-K600	L0820653043	152.4	6.00	1.25					
BWX 820-K750	L0820651713	190.5	7.50	1.47					

* Pasadores fabricados con poliamida negra reforzada para aplicaciones no magnéticas o químicas. Rogamos se ponga en contacto con el servicio de atención al cliente para informarse sobre el pedido mínimo.
Longitud estándar: 3,048 m - 10 pies (80 eslabones).

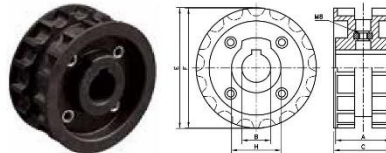
ANEXO 2

PIÑÓN MOTRIZ

NS 820



N 820



Tipo de piñón	N° de código	N° de dientes	Eje	Diámetro primitivo	Diámetro exterior	Ancho (dientes)	Ancho del cubo	Diámetro del cubo
			B	E	F	C	A	H
			mm/pulg.	mm	mm	mm	mm	mm

Piñones Partidos, Inyectados - NS 820

Ejes métricos								
NS820 21-25	L0820664341	21	25	129.3	129.5	52.0	51.0	60
NS820 21-30	L0820664351	21	30	129.3	129.5	52.0	51.0	
NS820 21-35	L0820664361	21	35	129.3	129.5	52.0	51.0	
NS820 21-40	L0820664371	21	40	129.3	129.5	52.0	51.0	
NS820 21-45	L0820664381	21	45	129.3	129.5	52.0	51.0	
NS820 23-25	L0820662531	23	25	141.2	142.0	52.0	51.0	
NS820 23-30	L0820662541	23	30	141.2	142.0	52.0	51.0	
NS820 23-35	L0820662551	23	35	141.2	142.0	52.0	51.0	
NS820 23-40	L0820662561	23	40	141.2	142.0	52.0	51.0	
NS820 23-45	L0820662571	23	45	141.2	142.0	52.0	51.0	
NS820 25-25	L0820665361	25	25	153.2	154.2	54.0	58.5	
NS820 25-30	L0820665371	25	30	153.2	154.2	54.0	58.5	
NS820 25-35	L0820665381	25	35	153.2	154.2	54.0	58.5	
NS820 25-40	L0820665391	25	40	153.2	154.2	54.0	58.5	
NS820 25-45	L0820665401	25	45	153.2	154.2	54.0	58.5	

Ejes en Pulgadas*

NS820 21-1	L0820664391	21	1.00"	129.3	129.5	52.0	51.0	60
NS820 21-1¼	L0820664411	21	1.25"	129.3	129.5	52.0	51.0	
NS820 23-1	L0820662741	23	1.00"	141.2	142.0	52.0	51.0	
NS820 23-1¼	L0820662761	23	1.25"	141.2	142.0	52.0	51.0	
NS820 25-1	L0820665611	25	1.00"	153.2	154.2	54.0	58.5	
NS820 25-1¼	L0820665631	25	1.25"	153.2	154.2	54.0	58.5	

Para series de cadenas de acero (opcional): Rexnord: 812 (excepto TAB y bisagra mini), 815.

MCC: Cadena recta con bisagra simple, bisagra simple Magnetflex.

Para series de cadenas d plástico: 820, SH; Nota: no para 831y SHD.

*Rogamos se ponga en contacto con el servicio de atención al cliente para informarse sobre el pedido mínimo de piñones con diámetros interiores en pulgadas.

Piñones Clásicos, Inyectados - N 820

Ejes métricos								
N820 15-25	L0820661451	15	25	93.7	92.2	50.0	50.0	43
N820 15-30	L0820661461	15	30	93.7	92.2	50.0	50.0	43
N820 17-25	L0820661681	17	25	105.5	104.7	51.0	48.0	43
N820 17-30	L0820661691	17	30	105.5	104.7	51.0	48.0	43
N820 19-20	L0820661911	19	20	117.4	117.1	50.0	50.0	60
N820 19-25	L0820661921	19	25	117.4	117.1	50.0	50.0	60
N820 19-30	L0820661931	19	30	117.4	117.1	50.0	50.0	60
N820 19-35	L0820661961	19	35	117.4	117.1	50.0	50.0	60
N820 19-40	L0820661941	19	40	117.4	117.1	50.0	50.0	60

Para series de cadenas de acero (opcional): Rexnord: 812 (excepto TAB y bisagra mini), 815.

MCC: Cadena recta con bisagra simple, bisagra simple Magnetflex.

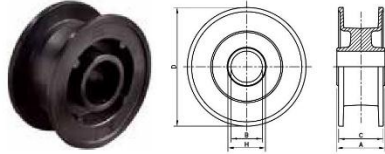
Para series de cadenas d plástico: 820, SH; Nota: no para 831y SHD.

Sprockets for TableTop® Chains

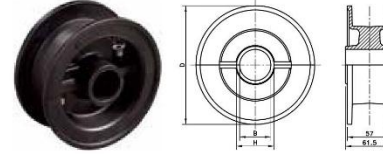
ANEXO 3

PIÑÓN DE RETORNO

NXT 820



NSXT 820



Tipo de piñón	N° de código	N° de dientes	Eje	Diámetro primitivo	Diámetro exterior	Ancho (dientes)	Ancho del cubo	Diámetro del cubo
			B	E	F	C	A	H
			mm/pulg.	mm	mm	mm	mm	mm

Tambores Locos Clásicos, Inyectados - NXT 820

Ejes métricos								
NXT820 15-25	L0820662461	15	25	--	95.5	55.0	92.0	40
NXT820 15-30	L0820662471	15	30	--	95.5	55.0	92.0	40
NXT820 17-25	L0820661701	17	25	--	106.5	53.0	57.0	42
NXT820 17-30	L0820661711	17	30	--	106.5	53.0	57.0	42
NXT820 18-25	L0820661801	18	25	--	113.0	57.0	92.0	40
NXT820 18-30	L0820661811	18	30	--	113.0	57.0	92.0	40
NXT820 19-25	L0820661471	19	25	--	118.0	57.0	57.0	42
NXT820 19-30	L0820661481	19	30	--	118.0	57.0	57.0	42
NXT820 19-40	L0820661491	19	40	--	118.0	57.0	57.0	51
NXT820 21-25	L0820662091	21	25	--	130.0	60.0	61.5	35
NXT820 21-30	L0820662101	21	30	--	130.0	60.0	61.5	40
NXT820 21-35	L0820662121	21	35	--	130.0	60.0	61.5	45
NXT820 21-40	L0820662111	21	40	--	130.0	60.0	61.5	50
NXT820 23-25	L0820661821	23	25	--	142.5	59.5	61.5	35
NXT820 23-30	L0820661831	23	30	--	142.5	59.5	61.5	40
NXT820 23-35	L0820661861	23	35	--	142.5	59.5	61.5	45
NXT820 23-40	L0820661841	23	40	--	142.5	59.5	61.5	50
NXT820 25-25	L0820661721	25	25	--	154.5	59.0	61.5	35
NXT820 25-30	L0820661731	25	30	--	154.5	59.0	61.5	40
NXT820 25-35	L0820661741	25	35	--	154.5	59.0	61.5	45
NXT820 25-40	L0820661751	25	40	--	154.5	59.0	61.5	50
Ejes en Pulgadas								
NXT820 21-1	L0820619132	21	1.00"	--	130.0	60.0	61.5	35
NXT820 21-1¼	L0820688801	21	1.25"	--	130.0	60.0	61.5	40
NXT820 21-1½	L0820688811	21	1.50"	--	130.0	60.0	61.5	45
NXT820 23-1¼	L0820661891	23	1.25"	--	142.5	59.5	61.5	40
NXT820 23-1½	L0820661881	23	1.50"	--	142.5	59.5	61.5	45
NXT820 25-1	L0820619142	25	1.00"	--	154.5	59.0	61.5	35
NXT820 25-1¼	L0820661761	25	1.25"	--	154.5	59.0	61.5	40
NXT820 25-1½	L0820661771	25	1.50"	--	154.5	59.0	61.5	45

Para series de cadenas de acero: **Rexnord**: 812 (excepto TAB y bisagra mini), 815, 881 (excepto TAB), 8811 (excepto TAB).

MCC: Cadena recta con bisagra simple, bisagra simple Magnetflex.

Para series de cadenas de plástico: 879-Bevel, 880-Bevel, 820, 831, SH, SHD, RHM, RHMD, RHMP, RHMDP, SHP.

Tambores Locos Partidos, Inyectados - NSXT 820

Ejes métricos								
NSXT 820 21-25	L0820665821	21	25	--	130.0	57.0	61.5	40
NSXT 820 21-30	L0820664861	21	30	--	130.0	57.0	61.5	40
NSXT 820 21-35	L0820664881	21	35	--	130.0	57.0	61.5	50
NSXT 820 21-40	L0820665841	21	40	--	130.0	57.0	61.5	50
NSXT 820 23-25	L0820665861	23	25	--	142.5	57.0	61.5	40
NSXT 820 23-30	L0820665881	23	30	--	142.5	57.0	61.5	40
NSXT 820 23-35	L0820665901	23	35	--	142.5	57.0	61.5	50
NSXT 820 23-40	L0820665921	23	40	--	142.5	57.0	61.5	50
NSXT 820 25-25	L082066591N	25	25	--	154.5	57.0	61.5	35
NSXT 820 25-30	L0820665941N	25	30	--	154.5	57.0	61.5	40
NSXT 820 25-35	L0820665961N	25	35	--	154.5	57.0	61.5	45
NSXT 820 25-40	L0820664901N	25	40	--	154.5	57.0	61.5	50
NSXT 820 25-45	L0820697961N	25	45	--	154.5	57.0	61.5	50

Sprockets for Tabletop® Chains

ANEXO 4

COMPONENTES DE SISTEMA DE TRANSPORTE – REXNORD

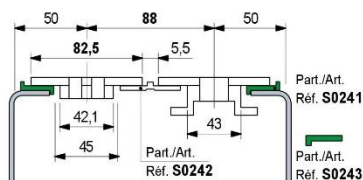
PERFIL GUÍA DE CADENA S0241

Perfiles Guía - Cadena **REXNORD**

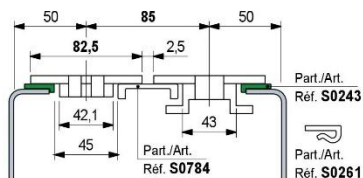
- **Material:** Polietileno UHMWPE de densidad molecular 5.600.000 g/mol.
Características nuevo material Polietileno ULF™ marron rojizo (UHMWPE): reducido coeficiente de roce, mayor resistencia al desgaste.
- **Coefficiente de dilatación lineal:** $2 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
Para el cálculo de la dilatación térmica ver Datos Técnicos.
- **Temperatura de ejercicio Verde Negro:**
En aire (- 40 a + 80 °C).
En agua caliente (+ 70 °C).
- **Temperatura de ejercicio ULF™ marron rojizo:**
En aire (- 40 a + 45 °C).
En agua caliente (+ 45 °C).
- **Polietileno ULF™ está aprobado por la FDA**
Polietileno ULF™ cumple con el Código de Regulaciones Federales Título 21, § 177.1520 "Polímeros de Olefinas" de la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) del 01 de abril del 2008.
- **Coefficiente de fricción entre la cadena POM y la guía deslizamiento ULF™:** 0,08.
Nota: para el cálculo de la tracción de la cadena, pongase en contacto con Soporte Técnico.
- **Posición respecto a las ruedas.** Ver Datos Técnicos.

- **Cadenas de bisagra TableTop® serie 812 - 815 - 820 - 831 - 881TAB - 8811TAB - 879TAB - 880TAB**

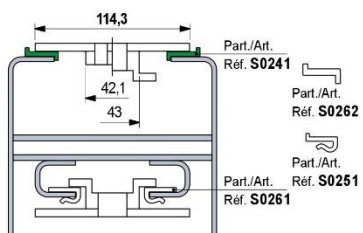
Largeur chaîne 82,5 mm (K 325) / Pas 88 mm



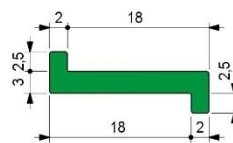
Largeur chaîne 82,5 mm (K 325) / Pas 85 mm



Largeur chaîne 114,3 mm (K 450)



■ Perfil guía-cadena



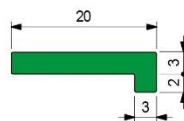
Part. **S0241**



Material UHMWPE	Confección metros	Code
Verde	80	63641
Negro	80	60356

- Etat de fourniture: en rouleaux.

■ Perfil guía-cadena

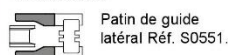


Part. **S0243**



Material UHMWPE	Confección metros	Code
Verde	90	63701

- Etat de fourniture: en rouleaux.
- Accessoires:



- Best Seller
- Standard

● A petición: cantidad mínima requerida. Consulte a nuestro Customer Service para conocer la disponibilidad.

RODILLO DE RETORNO DE CADENA S0556



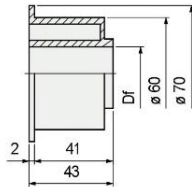
Rodillos para Retorno Cadena

Part. S0556



Ø 60 mm

Rodillo



Ø eje mm	Ø agujero Df mm	Code
15	15,5	695221
16	16,5	695231
18	18,5	695241
20	20,5	695251

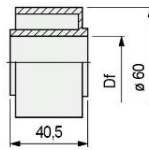
- Material: polietileno PE (negro).
- Confección: 100 piezas.

Part. S0554



Ø 60 mm

Rodillo



Ø eje mm	Ø agujero Df mm	Code
15	15,5	695141
16	16,5	695151
18	18,5	695161
20	20,5	695171

- Material: polietileno PE (negro).
- Confección: 100 piezas.

● Best Seller

● Standard

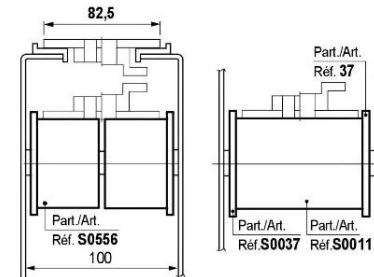
● A petición: cantidad mínima requerida. Consulte a nuestro Customer Service para conocer la disponibilidad.

Código para pedido = Part. + Code

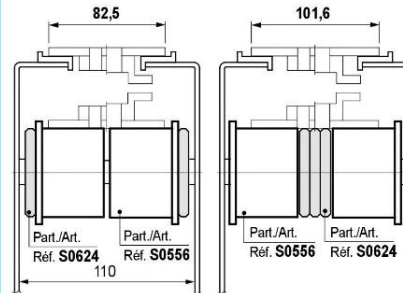
S036

• Cadenas de bisagra TableTop® / Cadenas PlateTop

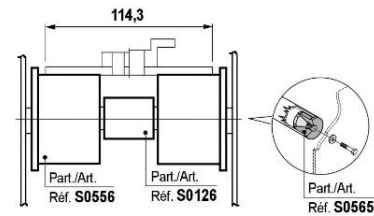
Ancho cadena 82,5 mm (K 325)



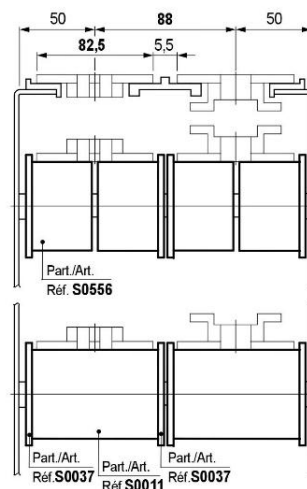
Ancho cadena 82,5 mm (K 325) / 101,6 mm (K400)



Ancho cadena 114,3 mm (K 450)



Ancho cadena 82,5 mm (K 325) / paso 88 mm

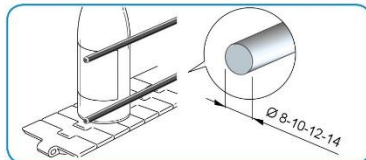


MORDAZA PORTA GUÍAS S0082



Mordazas Porta - Guías

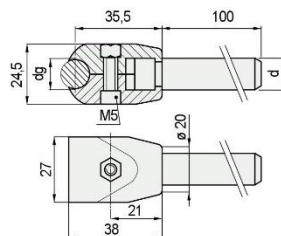
Mordazas Porta - Guías para
• Barra de acero con
sección redonda



Part. **S0082P**



■ Mordaza porta-guías



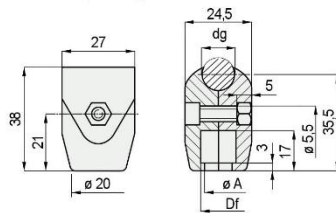
Ø perno d mm	Ø redondo dg mm	Code	Peso kg
	10	6827820	
12	12	6184910	0,12
	14	6185010	
14	10	6827920	0,15
	12	6185110	
	14	6185210	

- Material: mordaza de poliamida reforzada PA FV (negra).
Perno de acero inoxidable austenítico.
Tornillo de fijación de acero inoxidable austenítico,
tuerca de fijación de latón niquelado.
- Confección: 50 piezas.

Part. **S0082** Part. **S0082B**



■ Mordaza porta-guías



Impiego	Ø redondo dg mm	Code	Ø agujero Df mm	Ø A mm	Peso kg
---------	-----------------------	------	-----------------------	--------------	------------

Sin tornillo de fijación

	10	S0082682742			
para pernos Ø12	12	S008266861	12	10	0,01
	14	S008266871			
para pernos Ø14	10	S0082682752			0,01
	12	S008250930	13,5	11,5	
	14	S008250940			

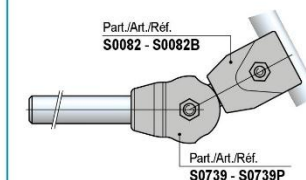
Con tornillo de fijación

	10	S0082B6827620			
para pernos Ø12	12	S0082B6683800	12	10	0,01
	14	S0082B6684800			
para pernos Ø14	10	S0082B6827720			0,01
	12	S0082B6072510	13,5	11,5	
	14	S0082B6072610			

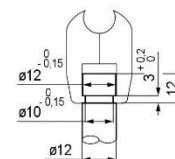
- Material: mordaza de poliamida reforzada PA FV (negra).
Tornillo de fijación de acero inoxidable austenítico,
tuerca de fijación de latón niquelado.
- Confección: 100 piezas.
- Accesorios: junta articulada Part. S0739 - S0739P.

• Junta articulada Part. S0739 - S0739P

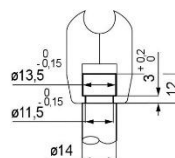
Se utiliza en los transportadores con (cambio de formato).
Permiten una fácil regulación de las guías-producto en los
tramos en curva.
Ver Pág. S112.



• Dimensiones perno para Part. S0082 - S0082B
Perno Ø 12 mm



Perno Ø 14 mm



- Best Seller
- Standard

● A petición: cantidad mínima requerida.
Consulte a nuestro Customer Service para
conocer la disponibilidad.

Código para pedido = Part. + Code

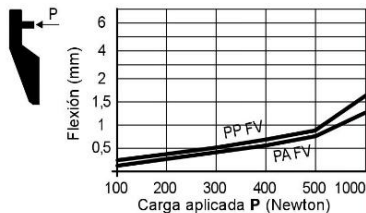
S128

SOPORTES LATERALES DE BARANDILLA

Soportes Laterales de Barandilla



Resistencia a la flexión del Part. S0107



Datos técnicos Part. S0107

Resistencia:	Carga de rotura:
Material en PA FV 2000 N (con d = 12) 3200 N (con d = 14)	Material en PA FV 4500 N
Material en PP FV 1300 N (con d = 12) 1700 N (con d = 14)	Material en PP FV 3300 N

Pruebas realizadas con par de apriete: 4 Kgm

Accesorios

Distanciador Part. S0061.
Aplicable a los Part. S0107.



Distanciador Part. S0142.
Aplicable al Part. S0599.

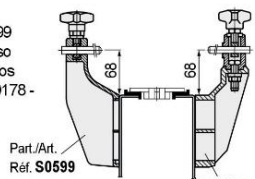


Montaje grupo soporte colector de líquidos

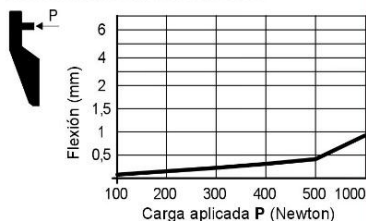
Part. S0226 - S0336.
Los Part. S0107 y S0599
permiten el uso del grupo
soporte colector de líquidos.



Uso Part. S0599
Posibilidad de uso
en alternativa a los
Part. S0163 - S0178 -
S0257



Resistencia a la flexión del Part. S0599

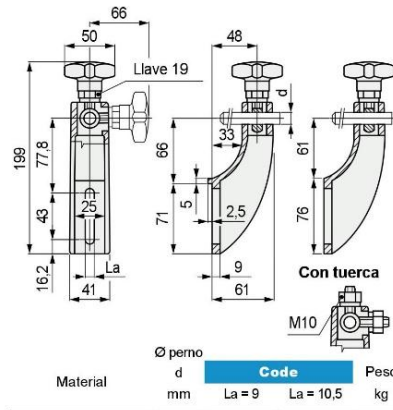


Datos técnicos Part. S0599

Resistencia:	Carga de rotura:
Material en PA FV 2000 N (con d = 12)	Material en PA FV 3000 N

Pruebas realizadas con par de apriete: 4 Kgm

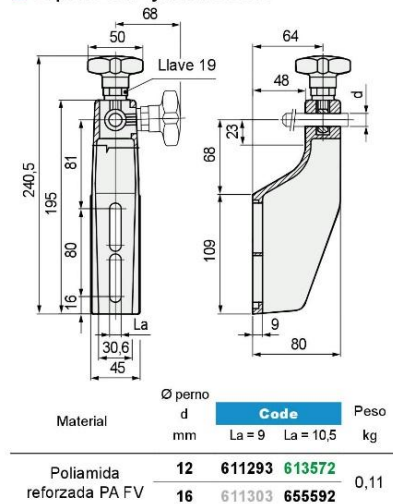
Soporte con ajuste roscado



Material	Ø perno d mm	Code		Peso kg
		La = 9	La = 10,5	
Con borde de apoyo				
Poliamida reforzada PA FV	12	50710N	68200N	0,15
	14	67811N	67821N	
	16	655512N	655522N	
Sin borde de apoyo				
Poliamida reforzada PA FV	12	650453N	650513N	0,15
	14	650463N	650522N	
	16	650473N	650533N	

- A petición versión con tuerca M10, sin pomo.
- Material: pomo en poliamida reforzada (negra), inserto exagonal (para llave 19) en latón niquelado, ajuste roscado en acero inoxidable austenítico.
- color: negro
- Par máx. de apriete aconsejado: 4 Kgm.
- Confección: 50 piezas.

Soporte con ajuste roscado



Material	Ø perno d mm	Code		Peso kg
		La = 9	La = 10,5	
Poliamida reforzada PA FV	12	611293	613572	0,11
	16	611303	655592	

- Material: pomo en poliamida reforzada (negra), inserto exagonal (para llave 19) en latón niquelado, ajuste roscado en acero inoxidable austenítico.
- color: negro
- Par máx. de apriete aconsejado: 4 Kgm.
- Confección: 50 piezas.

Part. S0107



Part. S0599



- Best Seller
- Standard
- A petición: cantidad mínima requerida. Consulte a nuestro Customer Service para conocer la disponibilidad.

Código para pedido = Part. + Code

S141

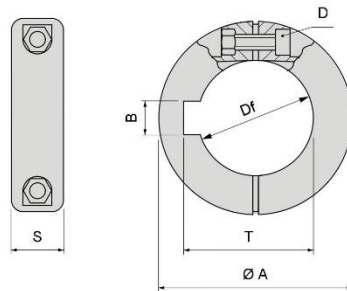
ANILLOS DE FIJACIÓN

REXNORD

Anillos de fijación

Part. S0612

■ Anillo de fijación (con orificio redondo)



Ø orificio		Ø A	S	B	T	D	Code	Peso kg
Df								
mm	inch	mm	mm	mm	mm	mm		
Sin chavetero								
12	-	30	11,7	-	-	M4	655062	-
-	1/2"	30	11,7	-	-	M4	655072	-
14	-	30	11,7	-	-	M4	655082	-
16	5/8"	35	11,7	-	-	M4	655092	-
18	-	40	14	-	-	M4	614712	0,018
-	3/4"	40	14	-	-	M4	655102	-
20	-	40	14	-	-	M4	614722	0,019
25	-	45	14	-	-	M4	619452	0,022
30	-	50	16	-	-	M4	640602	0,026
-	1 1/4"	50	16	-	-	M4	608463	-
35	-	63,5	18	-	-	M5	621553	0,030
-	1 1/2"	63,5	18	-	-	M5	611283	-
40	-	63,5	18	-	-	M5	686232	0,040
Con chavetero								
25	-	45	14	8	28,3	M4	683812	0,022
-	1"	45	14	6,4	28,58	M4	655112	-
30	-	50	16	8	33,3	M4	614732	0,026
-	1 1/4"	50	16	6,4	34,98	M4	655122	-
35	-	63,5	18	10	38,3	M5	614742	0,030
-	1 7/8"	63,5	18	9,58	41,02	M5	605043	-
-	1 1/2"	63,5	18	9,58	42,65	M5	655132	-
40	-	63,5	18	12	43,3	M5	615012	0,040

- Material: anillo en poliamida reforzada PA FV (negra), tornillería de ajuste en acero inoxidable austenítico.
- Par máx de apriete aconsejado: 0,3 Kgm.
- Confección: 100 piezas.

- Best Seller
- Standard

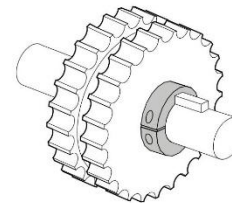
● A petición: cantidad mínima requerida. Consulte a nuestro Customer Service para conocer la disponibilidad.

Código para pedido = Part. + Code

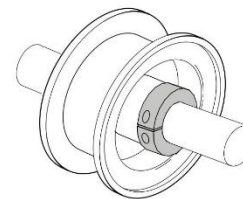
S212

• Montaje Part. S0612 (con orificio redondo)

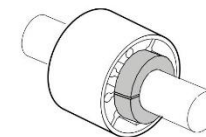
- Con piñones de tracción



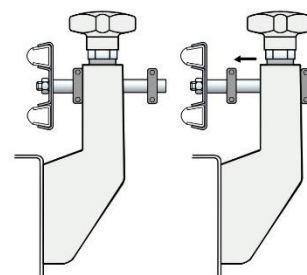
- Con ruedas de reenvío



- Con rodillos



- Con soportes para guía-producto



PIE DE RÓTULA

REXNORD

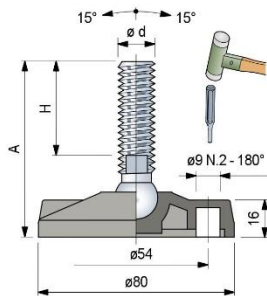
Ø80

Pies con Rótula en poliamida reforzada

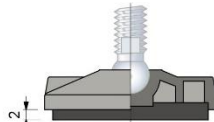
Part. **R0323**



Agujeros de fijación, obtenible mediante rotura del "diafragma".

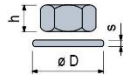


Accesorios
Antideslizante



- Code: **R000630042**.
- Material: goma NBR (negra), 70 Shore.
- Fijación: a presión.
- Confección: 24 piezas.

Tuerca + Arandela



	Code		h	s	ØD	s
	Acero Inox AISI 304	Acero zincado				
M8	-	R000630102	6,5	13	17	1,6
M10	R000630182	R000630112	8	17	21	2
M12	R000630192	R000630122	10	19	24	2,5
M14	R000630202	R000630132	11	22	28	2,5
M16	R000630212	R000630142	13	24	30	3
M20	R000630222	R000630152	16	30	37	3
M24	R000630232	R000630162	19	36	44	4

Confección: 24 piezas (por M8, M10),
8 piezas (por M12, M14, M16, M20, M24).

R18

- Best Seller
- Standard
- A petición



Espárrago en acero inoxidable							Code	pies suministrados sin antideslizante	Fmax. N
M	h	H	Tipo de espárrago			mm			
M10	95	70	1	-	-	8	626993	8000	
M12	95	70	1	-	-	10	627003		
	155	130	1	-	-	10	627013		
M14	105	76	-	1a	-	13	626572	10000	
	M16	95	64	-	1a	-	13		626582
		110	81	-	1a	-	13		626592
M20	155	124	-	1a	-	13	626602		
	180	151	-	1a	-	13	626612		
M24	115	84	-	1a	-	16	626622		
	180	149	-	1a	-	16	626632		
M24	180	146	-	1a	-	19	626642		

Espárrago en acero zincado							Code	pies suministrados sin antideslizante	Fmax. N
M	h	H	Tipo de espárrago			mm			
M8	65	40	-	-	2a	12	678901N	9000	
	60	33	-	-	2a	12	61384N		
M10	95	71	-	-	2a	12	60464N		
	145	118	-	-	2a	12	61404N		
M12	70	48	-	-	2a	12	61414N		
	95	69	-	-	2a	12	62313N		
M14	120	96	-	-	2a	12	678941N	10000	
	M16	85	56	-	1a	-	11		626662
		90	61	-	1a	-	13		626672
M20	125	96	-	1a	-	13	626682		
	145	116	-	1a	-	13	626692		
M24	180	151	-	1a	-	13	626702		
	230	201	-	1a	-	13	627023		
M10	130	100	-	1a	-	16	626712	10000	
	180	150	-	1a	-	16	626722		
M12	245	214	-	1a	-	16	626732		
	115	81	-	1a	-	19	626742		
M24	180	146	-	1a	-	19	626752		

Código para pedido = Part. + Code

- Material de la base: poliamida reforzada PA FV (negra).
- Nota: Espárrago tipo 1 con esfera en poliamida reforzada.
- Confección: 24 piezas.
- Antideslizante suministrado a parte.
- Largos diferentes bajo pedido.
- Fmax. = carga máxima aplicable en condiciones estáticas.

ANEXO 6

TABLAS DE FRICCIÓN DE CADENA DE TABLILLAS REXNORD

TABLA DE FRICCIÓN ENTRE CADENA Y PRODUCTO

Base Material	Chain Material		Product Material						
	Chain Material	Lubrication Condition	Aluminum	Returnable Glass Bottles**	Non-Returnable Glass Bottles	Paper	Plastic (crates, shrink)	Plastic (PET)	Steel
Acetal	PS	Dry	0.18	0.20	0.12	0.23	0.18	0.16	0.18
		Water	0.14	0.18	0.11	NR	0.16	0.15	0.16
		Soap & Water	0.12	0.14	0.10	NR	0.14	0.14	0.13
		Oil	-	-	-	NR	-	-	0.10
	PSX	Dry	0.16	0.20	0.12	0.23	0.18	0.16	0.16
		Water	0.13	0.18	0.11	NR	0.16	0.15	0.14
		Soap and & Water	0.12	0.14	0.10	NR	0.14	0.14	0.12
		Oil	-	-	-	NR	-	-	0.10
	HP, WHP	Dry	0.18	0.20	0.12	0.23	0.18	0.18	0.18
		Water	0.14	0.18	0.11	NR	0.16	0.16	0.16
		Soap & Water	0.12	0.14	0.10	NR	0.14	0.14	0.13
		Oil	-	-	-	NR	-	-	0.10
	LF, WLF, XL, XLA, XLG	Dry	0.20	0.20	0.15	0.30	0.20	0.20	0.25
		Water	0.15	0.18	0.13	NR	0.18	0.18	0.20
		Soap & Water	0.12	0.14	0.10	NR	0.15	0.15	0.15
		Oil	-	-	-	NR	-	-	0.10
	D, WD, MLF	Dry	0.25	0.27	0.20	0.33	0.25	0.25	0.30
		Water	0.17	0.20	0.15	NR	0.20	0.20	0.22
		Soap & Water	0.12	0.14	0.10	NR	0.15	0.15	0.15
		Oil	-	-	-	NR	-	-	0.10

TABLA DE FRICCIÓN ENTRE CADENA Y BANDA DE DESGASTE

Base Material	Chain Material		Wearstrip Material			
	Chain Material	Lubrication Condition	Steel and Stainless Steel	UHMWPE	Nylatron	ULF
Acetal	PS	Dry	0.22	0.18	0.18	0.12
		Water	0.20	0.16	0.16	0.11
		Soap & Water	0.15	0.14	0.14	0.11
		Oil	0.10	0.10	0.10	0.10
	PSX	Dry	0.22	0.18	0.18	0.12
		Water	0.20	0.16	0.16	0.11
		Soap & Water	0.15	0.14	0.14	0.11
		Oil	0.10	0.10	0.10	0.10
	HP, WHP	Dry	0.22	0.18	0.18	0.14
		Water	0.20	0.16	0.16	0.12
		Soap & Water	0.15	0.14	0.14	0.11
		Oil	0.10	0.10	0.10	0.10
	LF, WLF, XL, XLA, XLG	Dry	0.25	0.20	0.20	0.16
		Water	0.20	0.18	0.18	0.14
		Soap & Water	0.15	0.15	0.15	0.13
		Oil	0.10	0.10	0.10	0.10
	D, WD, MLF	Dry	0.30	0.25	0.25	0.20
		Water	0.23	0.21	0.21	0.18
		Soap & Water	0.15	0.15	0.15	0.15
		Oil	0.10	0.10	0.10	0.10

ANEXO 7

VARIADOR DE VELOCIDAD SCHNEIDER ELECTRIC ATV12-H075M2

Product data sheet
Characteristics

ATV12H075M2

variable speed drive ATV12 - 0.75kW - 1hp -
200..240V - 1ph - with heat sink



Main

Range of product	Altivar 12
Product or component type	Variable speed drive
Product destination	Asynchronous motors
Product specific application	Simple machine
Assembly style	With heat sink
Component name	ATV12
Quantity per set	Set of 1
EMC filter	Integrated
Built-in fan	Without
Network number of phases	Single phase
[Us] rated supply voltage	200...240 V (-15...+10 %)
Motor power kW	0.75 kW
Motor power hp	1 hp
Communication port protocol	Modbus
Line current	8.5 A at 240 V 10.2 A at 200 V
Speed range	1...20
Transient overtorque	150...170 % of nominal motor torque depending on drive rating and type of motor
Asynchronous motor control profile	Quadratic voltage/frequency ratio Sensorless flux vector control Voltage/Frequency ratio (V/f)
IP degree of protection	IP20 without blanking plate on upper part
Noise level	0 dB

Complementary

Supply frequency	50/60 Hz (+/- 5 %)
Type of connector	1 RJ45 for Modbus on front face
Physical interface	2-wire RS 485 for Modbus
Transmission frame	RTU for Modbus
Transmission rate	38400 bit/s 19200 bit/s 9600 bit/s 4800 bit/s
Number of addresses	1...247 for Modbus
Communication service	Read device identification (43) Read/Write multiple registers (23), messaging: 4/4 words maximum Write multiple registers (16), messaging: 27 words maximum Write single register (06), messaging: 29 words maximum Read holding registers (03), messaging: 29 words maximum
Prospective line I _{sc}	≤ 1 kA
Continuous output current	4.2 A at 4 kHz
Maximum transient current	6.3 A for 60 s
Speed drive output frequency	0.5...400 Hz
Nominal switching frequency	4 kHz

Mar 9, 2013

Schneider
Electric

1

The information provided in this documentation contains general descriptions and/or technical characteristics of the performance of the products contained herein. This documentation is not intended as a substitute for and is not to be used for determining suitability or reliability of these products for specific user applications. It is the duty of any such user or integrator to perform the appropriate and complete risk analysis, evaluation and testing of the products with respect to the relevant specific application or use thereof. Neither Schneider Electric Industries SAS nor any of its affiliates or subsidiaries shall be responsible or liable for misuse of the information contained herein.

ANEXO 8

SENSOR DE ETIQUETAS LBX-50

SPECIFICATIONS	
Light source	High intensity IR min.100,000 hours
Fork width	3mm
Min. gap /label size	2mm
Response time	<40uS
Switching Frequency	12.5kHz
Controls	Teach-in key
Light ON/Dark ON control	By connections
Digital Output	PNP / NPN, 100mA
Detect indicator	Green LED
2-press teach indicator	Yellow LED
Key lock indicator	Red LED
Fault indicator	Flashing red/green
Programming indicator	Yellow/green LED
Data retention	EEPROM non-volatile memory
Dimensions	1.5" (38mm) x 3.2" (80mm) x 0.5" (12mm)
Weight	0.21 lbs. (95 g)
Supply Voltage	10...30 VDC
Operating Current	40mA, (not including output)
Short Circuit Protection	Discrete output
Overload / Reverse Polarity Protection	Supply voltage
Operating temperature	-20°C...55°C
Storage temperature	-20°C...70°C
Connector	M8, 4 pin
Housing	Plastic
Mechanical protection	IP65

LabelX

LBX-50 and LBX-100
LABEL SENSOR

OPERATING INSTRUCTIONS

MATERIALS SUPPLIED

- Operating Instructions
- LBX-50 or LBX-100 label sensor

GENERAL DESCRIPTION

The LabelX sensor combines small spot size and fast response to achieve high-speed label detection. LabelX is capable of detecting a wide variety of adhesive labels on various backings. The Teach key provides Standard Teach-in, Thin Teach-in and Custom Teach-in. Custom Teach-in provides a separate measurement on the gap and on the label to allow for optimal detection of difficult labels.

Status LEDs provide visual indication of teach and error conditions. Key lock mode is available to lock the Teach key. Remote teach input is provided. Light-ON / Dark-ON functionality is provided via the wiring connections (see M8 Connections section).

The sensor provides a discrete output that can be connected for NPN and PNP operation. A PLC can be used to monitor the status of the discrete output signal indicating label or gap presence as required.

TEACH-IN

The Teach-in key (or remote Teach input) is used to set the detection level for a specific label during set-up.

Standard Teach-in:

- Place the label gap in the sensor slot using the alignment marks as a reference. For standard paper or foil labels press the Teach-in key one time.

Thin Teach-in:

- Place the label gap in the sensor slot using the alignment marks as a reference. For thin paper press the Teach-in key two times.

CAUTIONS AND WARNINGS

CAUTION: The discrete output must not be connected to outputs from other sensors (i.e. outputs from multiple sensors must not be connected in parallel). Parallel connections may damage sensor output circuitry.

CAUTION: Sensor is not suitable for wash down or hazardous environments; a separate enclosure with the appropriate ratings is recommended for these applications.

IMPORTANT: This product is an accessory or part of a system. Always read and follow the manufacturer's instructions for the equipment before connecting this product. Comply with all applicable codes and safety regulations. Failure to do so may result in damage, injury or death.

EMX
INDUSTRIES, INC.

4564 Johnston Parkway
Cleveland, Ohio 44126
United States of America
WEB <http://www.emxinc.com>
E-mail salesupport@emxinc.com
Telephone (216) 518-9888
Fax (216) 518-9884

LabelX Operating Instructions
Document no. 10210104 REV.1.6

11.30.2011

Custom Teach-in (LBX-100 only):

- Place the label gap in the sensor slot using the alignment marks as a reference. Press the Teach-in key three times.
- Place the lightest area of the label in the sensor slot using the alignment marks as a reference. Press the Teach-in key.

Place the label then the gap in the sensor slot to verify that the Yellow led indicates the presence of the label.

INSTALLATION

Install the sensor to allow the labels to pass through the fork using the alignment marks on the sensor.

Connect a standard M8 cable to power and output as required. Do not use other cable without verifying connections and wire colors or damage to the sensor may occur.

CONTROLS

Status LEDs Normal operation:

- GREEN: Detect indicator
- RED: Teach-in key locked

Status LEDs Programming operation:

- RED flashing: Standard Teach-in
- GREEN flashing: Thin Teach-in

Status LEDs Error indications:

- RED and GREEN flashing: Output short circuit

TEACH key

- 1 press: Standard Teach-in
- 2 presses: Thin Teach-in
- 3 presses: Custom Teach-in
- 5 second press: Locks/unlock Teach key

OUTPUT SIGNALS

Discrete output

The discrete output is a PNP/NPN configuration allowing the user to provide a load on this output that is either pulled high to VDC or low to ground. The load cannot exceed 100mA. This output is typically connected to a PLC.

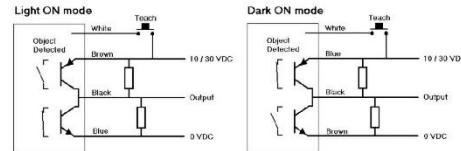
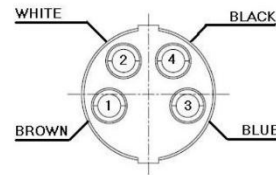
CAUTION:

Do not connect the discrete output to outputs from other sensors (i.e. outputs from multiple sensors to be connected in parallel) without verifying the voltages and connections prior to applying power.

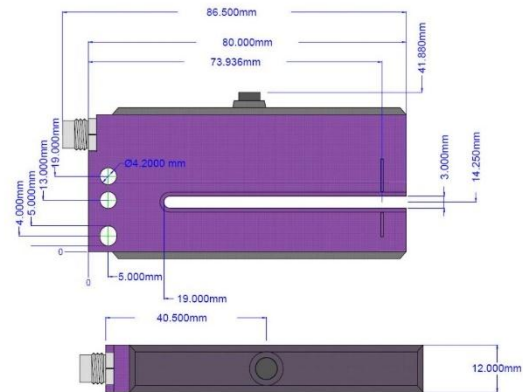
CLEANING

Isopropyl alcohol with a soft cloth may be used to clean the optics area.

M8 CONNECTIONS



DIMENSIONAL DETAILS



WARRANTY

EMX Industries Incorporated warrants all products to be free of defects in materials and workmanship for a period of two years under normal use and service from the date of sale to our customer. This warranty does not cover normal wear and tear, abuse, misuse, overloading, altered products, damage caused by incorrect connections, lightning damage, or use other than intended design.

There is no warranty of merchantability. There are no warranties expressed or implied or any affirmation of fact or representation except as set forth herein.

EMX Industries Inc. sole responsibility and liability, and the purchaser's exclusive remedy shall be limited to the repair or replacement at EMX Industries option of a part or parts found not conforming to the warranty. In no event shall EMX Industries Inc. be liable for damages of any nature, including incidental or consequential damages, including but not limited to damages resulting from non-conformity, defect in material or workmanship.

effective date January 1, 2002



ANEXO 9

ENVASE PET 500ML INDUCOS



FICHA TÉCNICA

VERSIÓN: 01

NÉCTAR 500

- ✓ Botella con diseño atractivo, el cual le brinda una mejor exposición de su producto. Ideal para bebidas, aguas, gaseosas, néctares, refrescos, jugos, entre otros.

CARACTERÍSTICAS	ESPECIFICACIONES GENERALES
MATERIAL	Tereftalato de Polietileno (PET)
COLOR	Transparente
TIPO DE FINISH	Short Finish PCO 28 mm
TIPO DE TAPA	ROSCA
ALTURA (mm)	229.00
CAPACIDAD (ml)	
Nominal (a 40 mm)	500.00
DIÁMETRO (mm)	
Mayor	61.73
PESO (g)	16.2/17.7



ANEXO 10

ESPECIFICACIONES DE TUBO ESTRUCTURAL DE ACERO LAC ASTM A500

tubos

Los Tubos Aceros Arequipa son los únicos que poseen un acabado perfecto, limpio de rebordes y costura uniforme. No tienen abolladuras en los extremos, lo que permite aprovechar todo el tubo. Libres de óxido y corrosión.

Contamos con una gama completa de medidas y acabados para todos los usos. Se abastecen largos especiales a pedido.

Tubo LAC ASTM A500



Designación Nominal		Dimensión exterior (mm)	Espesores (mm)								
pulgadas			1.5	1.8	2	2.5	3	4	4.5	6	
REDONDO	DIAM. NOMINAL	1/2	21.3		0.866	0.952	1.159				
		3/4	26.7		1.105	1.218	1.492				
		1	33.4		1.403	1.549	1.905	2.249			
		1 1/4	42.2		1.793	1.983	2.448	2.900			
		1 1/2	48.3		2.064	2.284	2.824	3.351			
		2	60.3		2.597	2.876	3.564	4.239			
		2 1/2	73.0			3.502	4.347	5.179			
		3	88.9			4.285	5.327	6.355			
		4	114.3			5.539	6.892	8.234			
		-	25x25	1.061		1.460					
CUADRADO	L.E.	-	30x30	1.300		1.700					
		-	40x40	1.770		2.244		3.320			
		-	50x50	2.250		3.122		3.872	4.316		
		2	50.8			3.122	3.872	4.316			
		-	75x75			4.500	5.560	6.810			
		4	101.6					9.174	12.133	13.594	
		-	100x100			6.165	7.675	9.174	12.133	13.594	16.980
		-	20x40	1.354		1.700					
		-	25x50	1.650		2.261					
		-	40x60	2.260		3.033	3.600	4.250			
RECTANGULAR	L.E.	-	40x80	2.710		3.660	4.390	5.190			
		-	50x75					5.423			
		-	50x100					6.600	8.590		
		-	50x150			6.165	7.676	9.174	11.730		

NORMAS TÉCNICAS DE FABRICACIÓN:

Las dimensiones, pesos y espesores se fabrican según la Norma ASTM A500.

DESCRIPCIÓN:

Tubo fabricado con acero al carbono laminado en caliente (LAC), utilizando el sistema de soldadura por resistencia eléctrica por inducción de alta frecuencia longitudinal (ERW).

Las secciones de fabricación son redondas, cuadradas y rectangulares.

PRESENTACIÓN:

Longitud : 6.40 y 6 m.
Redondos : 6 m.
Cuadrados : 6 m.
Rectangulares : 6 m.
Otras longitudes a pedido.

Acabado de extremos: Refrentado (plano), limpio de rebordes.
Recubrimiento : Negro Galvanizado (mínimo 120 gr / m²)

USOS:

Estructuras livianas y pesadas diversas, tijerales, postes, cercos perimétricos, carrocerías, etc.

PROPIEDADES MECÁNICAS:

Redondo:
Resistencia a la Tracción (Mpa) : Grado A 310, Grado B 400
Límite de Fluencia (Mpa) : 230, 290

Cuadrado y Rectangular:
Resistencia a la Tracción mín. (Mpa) : Grado A 310, Grado B 400
Límite de Fluencia mín. (Mpa) : 270, 315

Tubo LAF ASTM A513



Dimensiones (pulgadas)		Espesores (mm)							
		0.6	0.7	0.75	0.8	0.9	1.0	1.2	1.5
REDONDO	1/2	0.179	0.207	0.221	0.235	0.262	0.289		
	5/8	0.226	0.262	0.280	0.298	0.332	0.367	0.434	
	3/4	0.273	0.317	0.338	0.360	0.403	0.445	0.528	0.649
	7/8		0.372	0.397	0.423	0.473	0.523	0.622	0.766
	1			0.456	0.485	0.544	0.602	0.716	0.884
	1 1/4			0.573	0.611	0.685	0.758	0.904	1.119
	1 1/2			0.691	0.736	0.826	0.915	1.092	1.354
	1 3/4			0.808	0.861	0.967	1.072	1.280	1.589
	2			0.926	0.986	1.108	1.228	1.468	1.824
	3							2.220	
CUAD.	5/8		0.319	0.341	0.363	0.406	0.449	0.533	
	3/4	0.342	0.425	0.452	0.507	0.560	0.666	0.822	
	7/8	0.429	0.515	0.548	0.614	0.680	0.810	1.001	
	1	0.459	0.572	0.609	0.683	0.756	0.901	1.115	
	1 1/4		0.718	0.765	0.858	0.951	1.136	1.408	
	1 1/2			0.920	1.035	1.148	1.371	1.703	
RECT.	1/2 x 1 1/2		0.573	0.615	0.689	0.763	0.910	1.126	
	1 x 2		0.865	0.928	1.042	1.155	1.381	1.715	

NORMA TÉCNICA DE FABRICACIÓN:

Las dimensiones y espesores se fabrican según la Norma ASTM A513 Tipo 2.

DESCRIPCIÓN:

Tubo fabricado con acero al carbono laminado en frío (LAF), utilizando el sistema de soldadura por resistencia eléctrica por inducción de alta frecuencia longitudinal (ERW).

Las secciones de fabricación son redondas, cuadradas y rectangulares.

PRESENTACIÓN:

Longitud : 6 m. Otras longitudes a pedido.
Acabado de extremos : Refrentado (plano), limpio de rebordes.
Recubrimiento : Aceitado.

USOS:

Tubo para estructuras ligeras, muebles, cerrajería en general y usos ornamentales.

TOLERANCIAS DIMENSIONALES:

Espesor : Según Norma ASTM A513
Longitud : + 20 mm, - 5 mm
Rectitud :
• Redondo : Variación máxima 0.76 mm/m
• Cuadrado y Rectangular : Variación máxima 1.70 mm/m

ANEXO 11

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MOTOR/REDUCTOR TRIFÁSICO 0.5 HP.

MS SERIES GLONG ELECTRIC

TECHNICAL DATA AT 50Hz

TYPE	Power (KW)	Current (A)			Speed (r/min)	Eff (%)	Power Factor	Tstart/Tn (Times)	Tmax/Tn (Times)	Ist/In (Times)
		220V	380V	660V						
MS561-4	0.06	0.55	0.32		1320	48.5	0.59	2.3	2.4	6
MS562-4	0.09	0.77	0.45		1320	50	0.61	2.3	2.4	6
MS563-4	0.12	0.96	0.56		1320	52	0.63	2.2	2.4	6
MS631-4	0.12	0.86	0.50		1350	57	0.64	2.2	2.4	6
MS632-4	0.18	1.23	0.71		1350	59	0.65	2.2	2.4	6
MS633-4	0.25	1.66	0.96		1350	60	0.66	2.2	2.4	6
MS711-4	0.25	1.52	0.88		1350	60	0.72	2.2	2.4	6
MS712-4	0.37	2.02	1.17		1370	65	0.74	2.2	2.4	6
MS713-4	0.55	2.92	1.69		1380	66	0.75	2.2	2.4	6
MS801-4	0.55	2.87	1.66		1370	67	0.75	2.2	2.4	6
MS802-4	0.75	3.50	2.03		1380	72	0.78	2.2	2.4	6
MS803-4	1.1	4.86	2.81		1390	76.2	0.78	2.2	2.4	6
MS90S-4	1.1	4.80	2.78		1400	76.2	0.79	2.2	2.4	6
MS90L-4	1.5	6.27	3.63		1400	78.5	0.8	2.2	2.4	6
MS90L2-4	2.2	8.91	5.16		1400	81	0.8	2.2	2.3	7
MS100L1-4	2.2	8.80	5.09		1420	81	0.81	2.2	2.3	7
MS100L2-4	3	11.77	6.81		1420	82.6	0.81	2.2	2.2	7
MS100L3-4	4		8.80	5.07	1430	84.2	0.82	2.2	2.2	7
MS112M-4	4		8.70	5.01	1430	84.2	0.83	2.2	2.2	7
MS112L-4	5.5		11.75	6.76	1440	85.7	0.83	2.2	2.2	7
MS132S-4	5.5		11.61	6.68	1450	85.7	0.84	2.2	2.2	7
MS132M-4	7.5		15.41	8.87	1450	87	0.85	2.2	2.2	7
MS132L1-4	9.2		18.79	10.82	1460	87.5	0.85	2.2	2.2	7.5
MS132L2-4	10		20.31	11.69	1460	88	0.85	2.2	2.2	7.5
MS132L3-4	11		21.98	12.66	1460	88.4	0.86	2.2	2.2	7.5
MS160M-4	11		21.73	12.51	1460	88.4	0.87	2.2	2.2	7
MS160L-4	15		29.63	17.06	1460	88.4	0.87	2.2	2.2	7.5
MS631-6	0.09	0.92	0.53		840	42	0.61	2	2	3.5



ANEXO 12

CONTACTOR CHINT

CHINT



NC1 - Contactores 9~95A

1. General

- 1.1 Certificados: CE, VDE, EK, ESC, UKSEPRO, GOST, RCC, UL;
- 1.2 Tensión nominal: 50/60Hz, hasta 690V;
- 1.3 Corrientes nominales (AC-3):
9,12,18,25,32,40,50,65,80,95A
- 1.4 Uso: maniobra de circuitos a distancia; protección de circuitos contra sobrecargas, en combinación con un relé térmico; maniobra y control de motores.
- 1.5 Categorías de empleo: AC-3, AC-4;
- 1.6 Altitud: $\leq 2000\text{m}$;
- 1.7 Temperatura ambiente: $-5^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$;
- 1.8 Categoría de montaje: III
- 1.9 Condiciones de montaje: la inclinación entre el plano de montaje y el plano vertical no debe superar los $\pm 5^{\circ}$;
- 1.10 Norma: UNE-EN 60947-4-1.

Contadores, Relés, Arrancadores Contactores

2. Designación de modelo

NC1-□□□□□□

Vacio: Corriente alterna -
Z: Corriente continua

Número de contactos

- 10: 3 contactos principales NA +
1 contacto auxiliar NA (en contactores de 9A, 12A, 18A, 25A, 32A)
- 01: 3 contactos principales NA +
1 contacto auxiliar NC (en contactores de 9A, 12A, 18A, 25A, 32A)
- 11: 3 contactos principales NA + 2
contactos auxiliares: 1NA+1NC
(en contactores de 40A, 50A, 65A, 80A, 95A)
- 04: 4 contactos principales NA
(en contactores de 9A, 12A, 25A, 40A, 50A, 65A, 80A, 95A)
- 08: 2 contactos principales NA + 2
contactos principales NC (en contactores de 9A, 12A, 25A, 40A, 50A, 65A, 80A, 95A)

Corriente nominal en AC3 380V/400V

Número de diseño

ANEXO 13

GUARDAMOTOR EATON



MOTOR PROTECTION, START.PKZM0

Part no. PKZM0-2,5

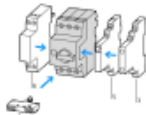
Article no. 072736



Delivery programme

Connection technique			Screw terminals
220 – 240 V			
AC-3			
220 V 230 V 240 V	P	kW	0.37
380 V 400 V 415 V	P	kW	0.75
440 V	P	kW	1.1
500 V	P	kW	1.1
660 V 690 V	P	kW	1.5
Rated uninterrupted current	I_u	A	2.5
Setting range			
Overload releases	I_r	A	1.6 ... 2.5
Short-circuit releases	I_{sc}	A	

Notes



Accessories

3 Standard auxiliary contact # 072896
 5 Trip-indicating auxiliary contact # 072898
 6 Shunt release, undervoltage release # 073187
 Single-phasing sensitivity to IEC/EN 60947-4-1
 Can be snap-fitted to IEC/EN 60715 top-hat rail with 7.5 or 15 mm height # 266164



PTB 02 ATEX 3151, see manual

ANEXO 14

PLC MODICON M221 SCHNEIDER

Hoja de datos del producto TM221CE24T

Características

Controlador M221 24 E/S transistor PNP
Ethernet



Principal

Gama de producto	Modicon M221
Tipo de producto o componente	Autómata programable
[Us] tensión de alimentación nominal	24 V CC
De pie conducto	14 entrada discreta de acuerdo con IEC 61131-2 tipo 1 incluyendo 4 entrada rápida
Número de entrada analógica	2 en el rango de entrada: 0...10 V
Tipo de salida digital	Transistor
Número de salidas discretas	10 transistor incluyendo 2 salida rápida
Tensión de salida	24 V CC
Montado en la pared del conducto	0.5 A

Complementario

Número de E/S digitales	24
Numero de E/S del módulo de expansión	<= 7 para salida transistor <= 7 para salida del relé
Límites tensión alimentación	20.4...28.8 V
Corriente de entrada	<= 35 A
Consumo de energía en W	<= 14 W en 24 V módulo de expansión con número máximo de E/S <= 4.8 W en 24 V sin módulo de expansión E/S
Corriente de salida fuente de alimentación	0.52 A en 5 V para bus de expansión 0.2 A en 24 V para bus de expansión
Entrada lógica	Receptor o suministro (positivo/negativo)
Tensión de entrada digital	24 V
Tipo de voltaje entrada discreto	CC
Resolución de entrada analógica	10 bits
Valor LSB	10 mV
Tiempo conversión	1 ms por canal + 1 controlador del ciclo de tiempo para entrada analógica
Sobrecarga permitida em entradas	+/- 30 V CC para entrada analógica con 5 min máximo +/- 13 V CC para entrada analógica permanente
Estado de tensión 1 garantizado	>= 15 V para entrada
Posición de conexión libre	>= 2.6 mA para entrada rápida >= 4.2 mA para entrada digital
Estado de tensión 0 garantizado	<= 5 V para entrada
Transmisión de datos codificada	<= 1.3 mA para entrada digital <= 0.6 mA para entrada rápida
Corriente de entrada discreta	7 mA para entrada digital 5 mA para entrada rápida
Tapa de conexiones trasero	4.9 kOhm para entrada rápida 3.4 kOhm para entrada digital 100 kOhm para entrada analógica
Tiempo respuesta	35 µs turn-off operación para entrada; I2...I5 terminal 5 µs turn-on operación para entrada rápida; I0, I1, I6, I7 terminal 35 µs turn-on operación para entrada; otros terminales terminal 5 µs turn-off operación para entrada rápida; I0, I1, I6, I7 terminal 100 µs turn-off operación para entrada; otros terminales terminal 5 µs encender, apagar operación para salida; Q0...Q1 terminal 50 µs encender, apagar operación para salida; Q2...Q3 terminal 300 µs encender, apagar operación para salida; otros terminales terminal

La información suministrada en esta documentación contiene descripciones generales y/o características técnicas de los productos incluidos y sus prestaciones. Esta documentación no pretende ser un sustituto de, y no se va a usar para determinar la idoneidad y la fiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuario. Es responsabilidad de los usuarios o integradores realizar el análisis de riesgos adecuada y completamente, evaluar y testear los productos en relación con la aplicación específica pertinente o uso del mismo. NI Schneider Electric Industries SAS ni ninguna de sus filiales o subsidiarias serán responsables por el mal uso de la información contenida en el presente documento.

ANEXO 16 DRIVER MOTOR A PASOS

2. Specifications

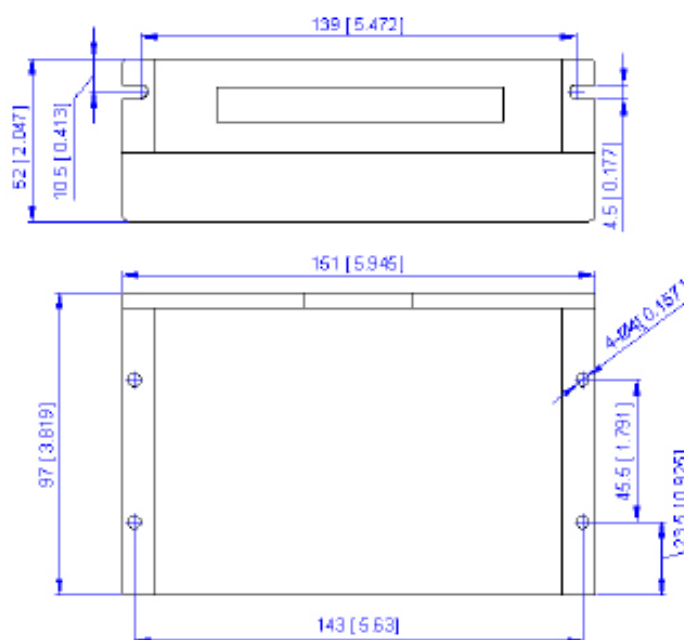
Electrical Specifications ($T_j = 25^{\circ}\text{C}/77^{\circ}\text{F}$)

Parameters	MA860H			
	Min	Typical	Max	Unit
Output current	1.8	-	7.2 (5.1 RMS)	A
Supply voltage	36	48	80	VAC
	+50	+68	+110	VDC
Logic signal current	7	10	16	mA
Pulse input frequency	0	-	300	KHz
Isolation resistance	500			$M\Omega$

Operating Environment and other Specifications

Cooling	Natural Cooling or Forced cooling	
Operating Environment	Environment	Avoid dust, oil fog and corrosive gases
	Ambient Temperature	$0^{\circ}\text{C} - 50^{\circ}\text{C}$ ($32^{\circ}\text{F} - 122^{\circ}\text{F}$)
	Humidity	40%RH - 90%RH
	Operating Temperature	70°C (158°F) Max
	Vibration	5.9m/s^2 Max
Storage Temperature	$-20^{\circ}\text{C} - 65^{\circ}\text{C}$ ($-4^{\circ}\text{F} - 149^{\circ}\text{F}$)	
Weight	Approx. 580g (20.46oz)	

Mechanical Specifications (unit: mm[inch])



ANEXO 17

MOTOR DC SISTEMA ENVOLVENTE

SPECIFICATIONS

25W continuous rating, four poles

Model	Voltage (V)	Frequency (Hz)	Current (A)	Start T. (N·m/Kgf·Cm)	Rated T. (N·m/Kgf·Cm)	Speed (rpm)	Condenser (μF)	
K8□25NJ(-T, -T5)	100	50	0,59	0,11/1,1	0,195/1,95	1250	7	
		60	0,54		0,16/1,6	1550		
	K8□25NU(-T, -T5)	110	60	0,48	0,09/0,9	0,165/1,65	1500	5
				0,5				
	K8□25NL(-T, -T5)	200	50	0,28	0,115/1,15	0,195/1,95	1250	1,8
			60	0,28		0,16/1,6	1550	
K8□25NC(-T, -T5)	220	50	0,28	0,11/1,1	0,195/1,95	1250	1,5	
		60	0,25		0,16/1,6	1550		
	230	50	0,29	0,12/1,2	0,195/1,95	1250		
		60	0,26		0,16/1,6	1550		
K8□25ND(-T, -T5)	240	50	0,3	0,11/1,1	0,195/1,95	1250	1,2	
K8□25NT(-T, -T5)	200	50	0,27	0,5/5	0,19/1,9	1300	-	
		60	0,24	0,4/4	0,16/1,6	1550		
K8□25NH(-T, -T5)	220	50	0,28	0,6/6	0,185/1,85	1350	-	
		60	0,24	0,48/4,8	0,155/1,55	1600		
	230	50	0,29	0,65/6,5	0,185/1,85	1350		
		60	0,25	0,52/5,2	0,155/1,55	1600		
K8□25NM(-T, -T5)	380	50	0,17	0,6/6	0,19/1,9	1300	-	
		60	0,14	0,48/4,8	0,155/1,55	1600		
K8□25NV(-T, -T5)	400	50	0,17	0,73/7,3	0,19/1,9	1300	-	
		60	0,15	0,6/6	0,155/1,55	1600		
K8□25NQ(-T, -T5)	415	50	0,13	0,55/5,5	0,19/1,9	1300	-	
		60	0,11	0,4/4	0,155/1,55	1600		
K8□25NZ(-T, -T5)	440	50	0,14	0,63/6,3	0,19/1,9	1300	-	
		60	0,12	0,5/5	0,155/1,55	1600		

* □ : SHAFT SHAPE (S : STRAIGHT, G : PINION)

RATED TORQUE OF GEARHEAD

● 50Hz

unit = above : N·m / below : kgfcm

Model	Speed(rpm)	500	416	300	250	200	166	150	120	100	83	75	60	50	41	37	30	25	20	16	15	12,5	10	8,3	7,5	6
Motor/ Gearhead	Ratio	3	3,6	5	6	7,5	9	10	12,5	15	18	20	25	30	36	40	50	60	75	90	100	120	150	180	200	250
K8□25N□(-T, -T5) K8G□B(C)		0,45	0,54	0,75	0,90	1,12	1,35	1,50	1,87	2,25	2,70	2,70	3,37	4,05	4,86	5,39	6,07	7,28	8	8	8	8	8	8	8	8
		4,5	5,4	7,5	9,0	11,2	13,5	15,0	18,7	22,5	27,0	27,0	33,7	40,5	48,6	53,9	60,7	72,8	80	80	80	80	80	80	80	80

● 60Hz

unit = above : N·m / below : kgfcm

Model	Speed(rpm)	600	500	360	300	240	200	180	144	120	100	90	72	60	50	45	36	30	24	20	18	15	12	10	9	7,2
Motor/ Gearhead	Ratio	3	3,6	5	6	7,5	9	10	12,5	15	18	20	25	30	36	40	50	60	75	90	100	120	150	180	200	250
K8□25N□(-T, -T5) K8G□B(C)		0,38	0,45	0,63	0,75	0,94	1,13	1,26	1,57	1,88	2,26	2,26	2,82	3,39	4,07	4,52	5,08	6,10	7,63	8	8	8	8	8	8	8
		3,8	4,5	6,3	7,5	9,4	11,3	12,6	15,7	18,8	22,6	22,6	28,2	33,9	40,7	45,2	50,8	61,0	76,3	80	80	80	80	80	80	80

- * Gearhead and decimal gearhead are sold separately.
- * The code in □ of gearhead model is for gear ratio.
- * ■ color indicates that the output shaft of the geared motor rotates in the same direction as the output shaft of the motor. Others indicate rotation in the opposite direction.
- * If you are to have less ratio than the ratio in the table, you can install the decimal gearhead, which has one tenth of the ratio, between the gearhead and the motor. In this case, the permissible torque is 8N·m/80kgfcm. But, if you install 1/25~1/40 gearhead, the permissible torque is 6N·m/60kgfcm.
- * RPM is based on motor's synchronous rpm (50HZ:1500rpm, 60HZ:1800rpm) and calculated by dividing gear ratio. Actual rpm is 2~20% less than indicating rpm according to load size.

ANEXO 18 RELÉ INTERFASE

Product data sheet Characteristics

RSL1AB4BD

slim interface plug-in relay - Zelio RSL - 1 C/O
standard - 24 V DC - 6 A



Main

Range of product	Zelio Relay
Series name	Slim interface relay
Product or component type	Plug-in relay
Device short name	RSL
Contacts type and composition	1 C/O
Contacts operation	Standard
Control circuit voltage	24 V DC
[I _{th}] conventional enclosed thermal current	6 A at ≤ 55 °C
Status LED	Without
Control type	Without pushbutton

Complementary

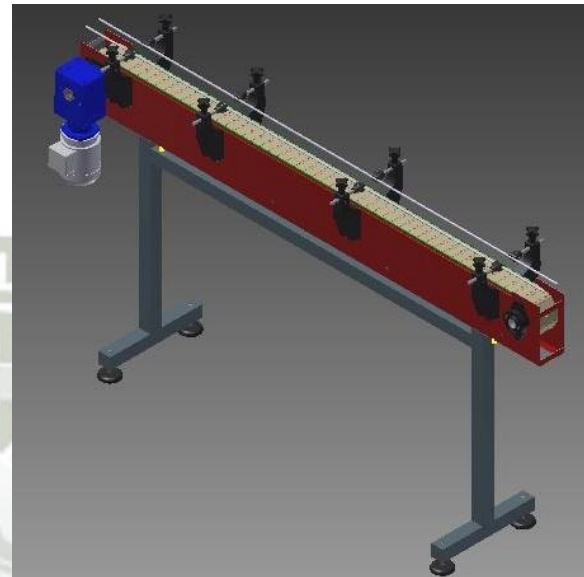
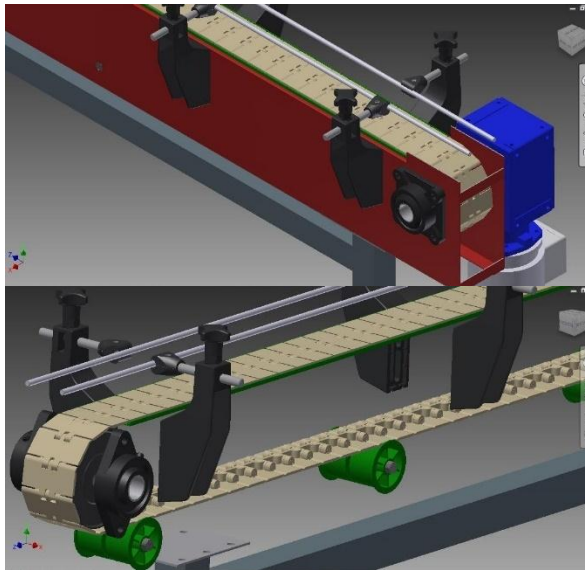
Shape of pin	Flat (PCB type)
Average resistance	3390 Ohm (DC) at 23 °C +/- 10 %
Rated operational voltage limits	16.8...33.6 V DC
[U _i] rated insulation voltage	250 V conforming to EN/IEC
[U _{imp}] rated impulse withstand voltage	6 kV conforming to IEC
Contacts material	Silver alloy (AgSnO ₂)
[I _e] rated operational current	6 A (AC-1/DC-1) conforming to IEC/UL
Minimum switching current	100 mA
Maximum switching voltage	300 V DC 400 V AC
Minimum switching voltage	12 V
Maximum switching capacity	1500 VA (AC) 18...150 W (DC)
Minimum switching capacity	120 mW
Operating rate	≤ 1200 cyc/mn (no-load) ≤ 6 cyc/mn (under load)
Mechanical durability	1000000 cycles
Electrical durability	50000 cycles for inductive load (3 A at 250 V, AC-15) NO 60000...2000000 cycles for resistive load (0.5...6 A at 250 V, AC-1)
Operating time	12 ms (between coil energisation and making of the On-delay contact)DC 5 ms (between coil de-energisation and making of the Off-delay contact)DC
Protection category	RT III
Operating position	Any position
CAD overall width	5 mm
CAD overall height	28 mm
CAD overall depth	18.5 mm
Terminals description ISO n°1	(11-12-14)OC (A1-A2)CO
Product weight	0.006 kg
Load current	6 A at 250 V AC for 0.5 mm mounting distance
Average consumption	DC: 0.17 W
Drop-out voltage threshold	≥ 0.05 U _c (DC)

The information provided in this documentation contains general descriptions and/or technical characteristics of the performance of the products contained herein. This documentation is not intended as a substitute for and is not to be used for determining suitability or reliability of these products for specific user applications. It is the duty of any such user or integrator to perform the appropriate and complete risk analysis, evaluation and testing of the products with respect to the relevant, specific application or use thereof. Neither Schneider Electric Industries SAS nor any of its affiliates or subsidiaries shall be responsible or liable for misuse of the information contained herein.

ANEXO 19

IMÁGENES DE DISEÑO Y FABRICACIÓN

DISEÑO PREVIO DE SISTEMA DE TRANSPORTE – AUTODESK INVENTOR



FABRICACIÓN DEL PROYECTO



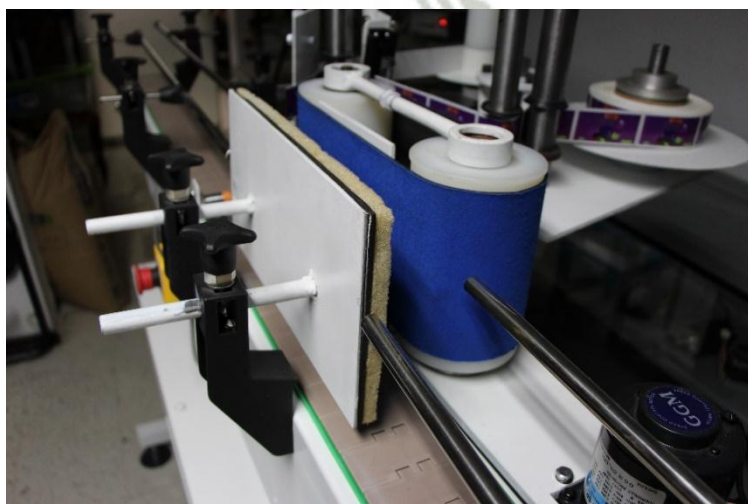
SISTEMA DE TRANSPORTE POR TABLILLAS



CABEZAL DE ETIQUETADO



SISTEMA ENVOLVENTE



TABLERO DE CONTROL



PUESTA EN MARCHA



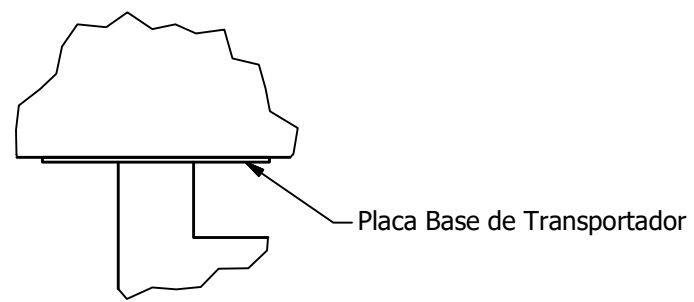
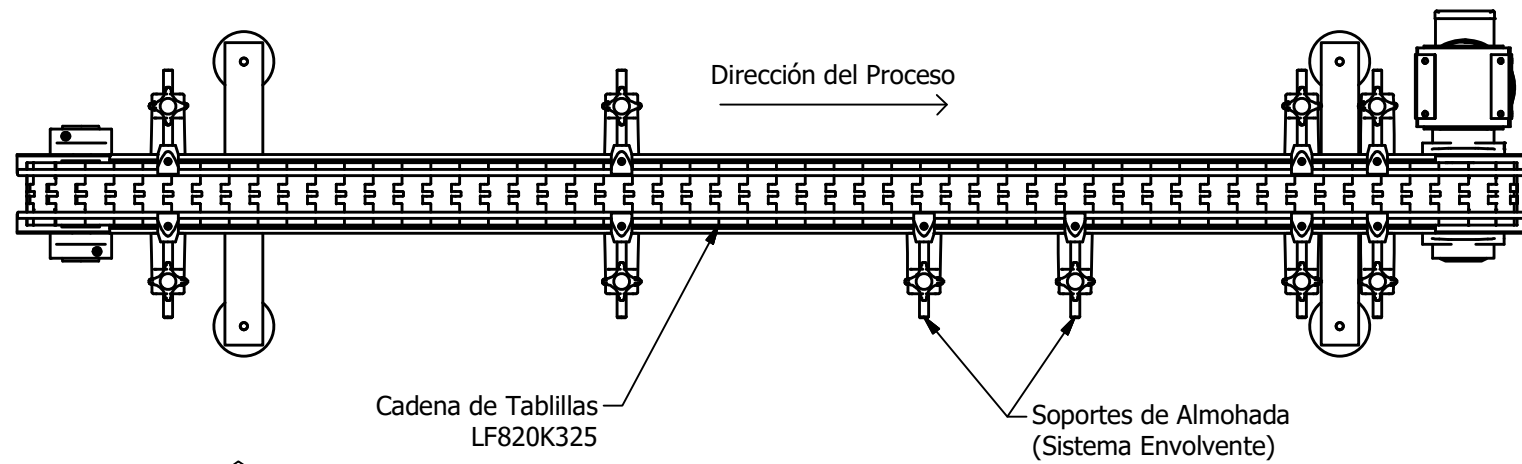
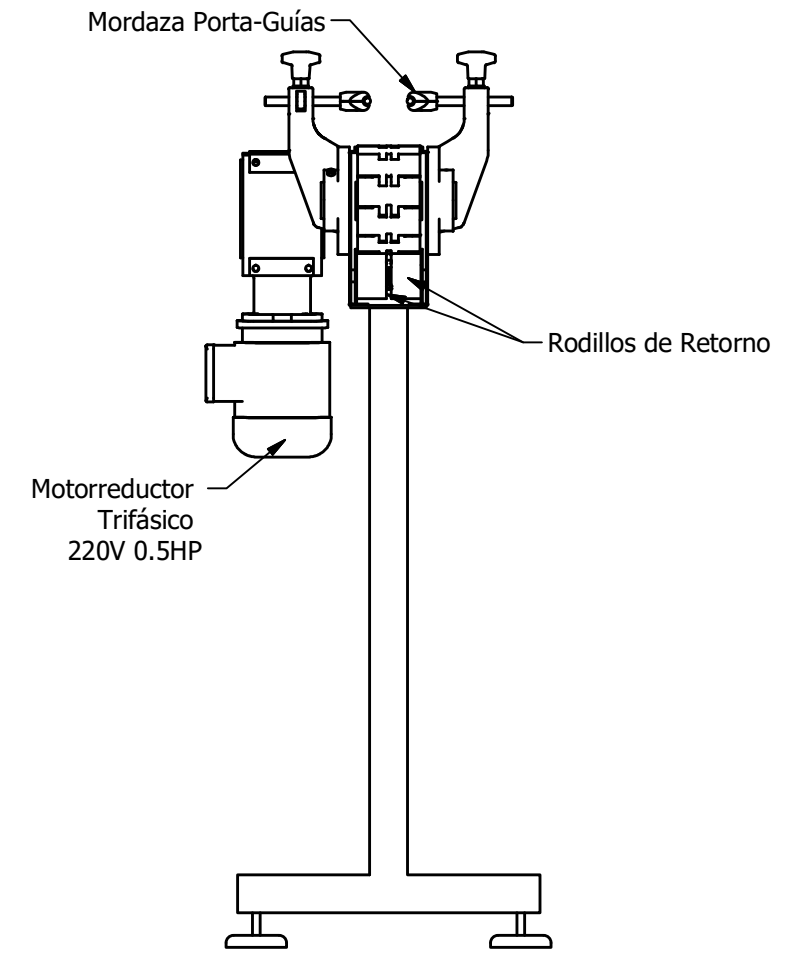
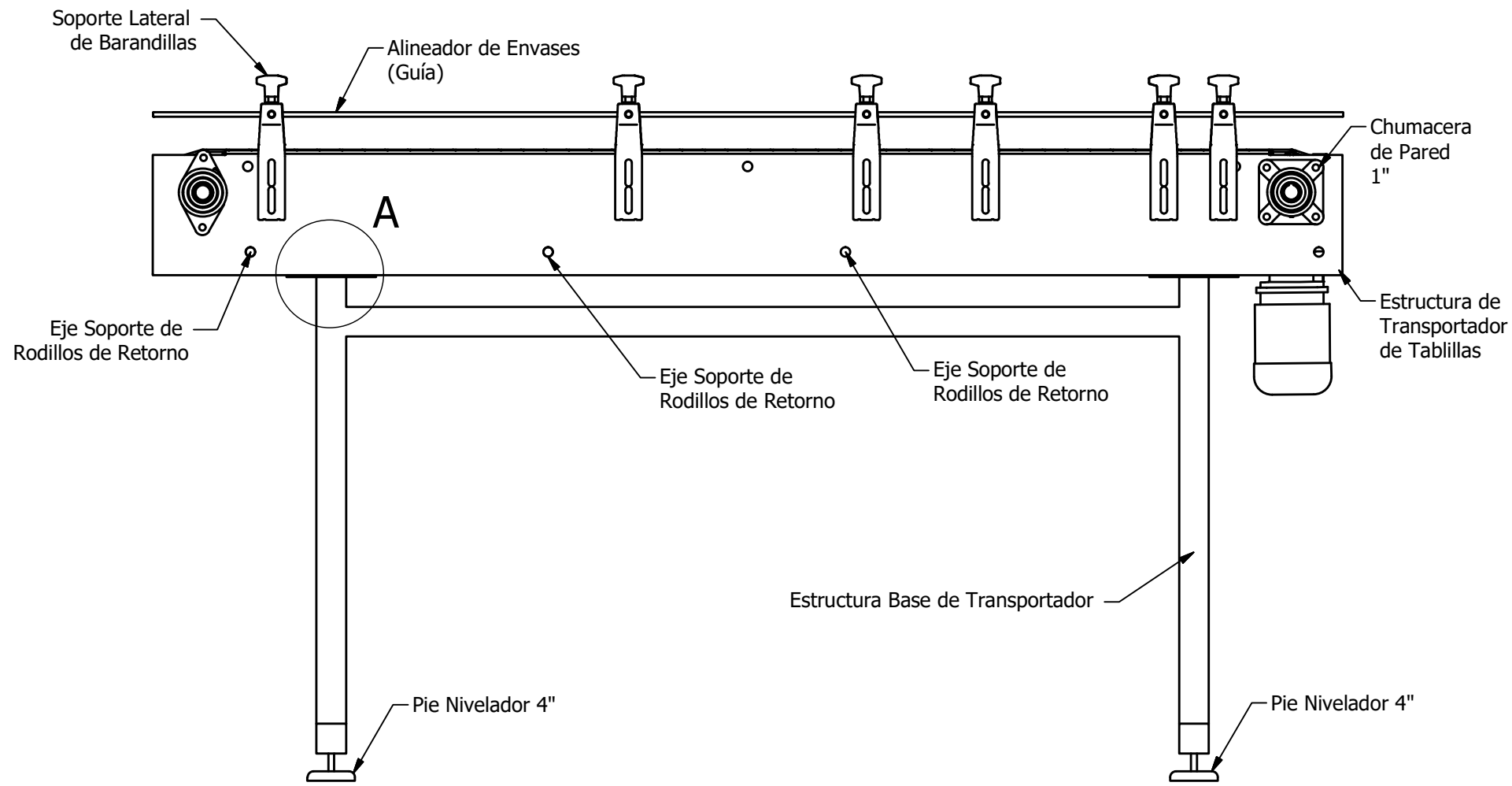
SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET



ANEXO 20

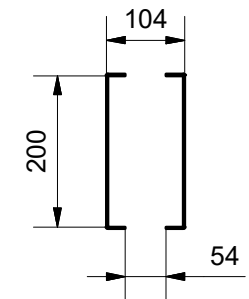
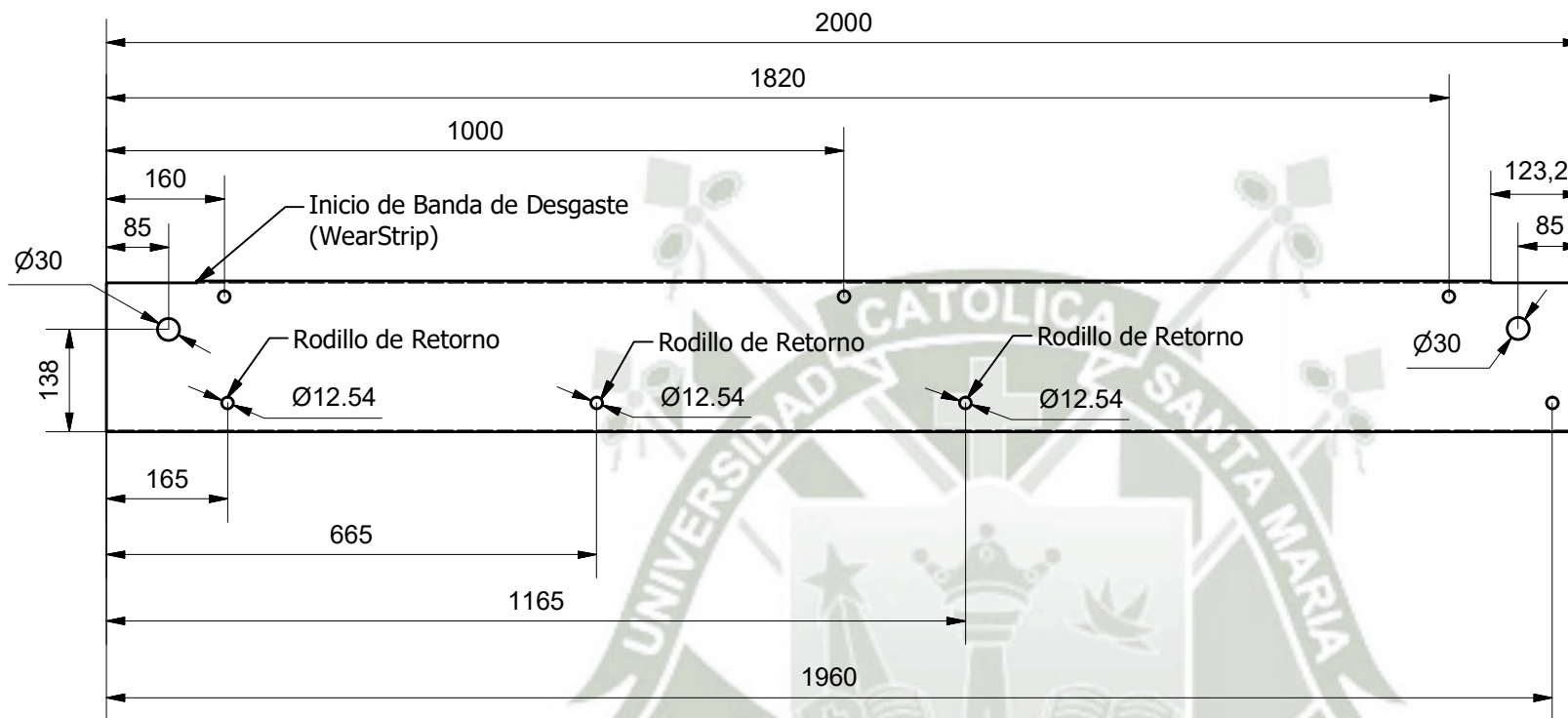
PLANOS DE DISEÑO Y MONTAJE



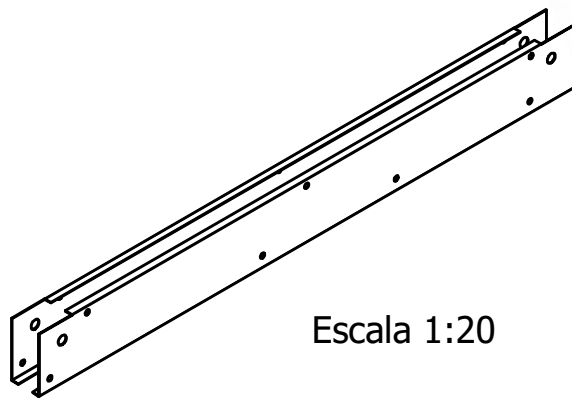


DETALLE A
ESCALA 1:5

ACABADO SUPERFICIAL		MATERIAL
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Ensamble de Sistema de Transporte	ESCALA
		1:10
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	FECHA: 5/12/2016
		LÁMINA: A4 N.º 1

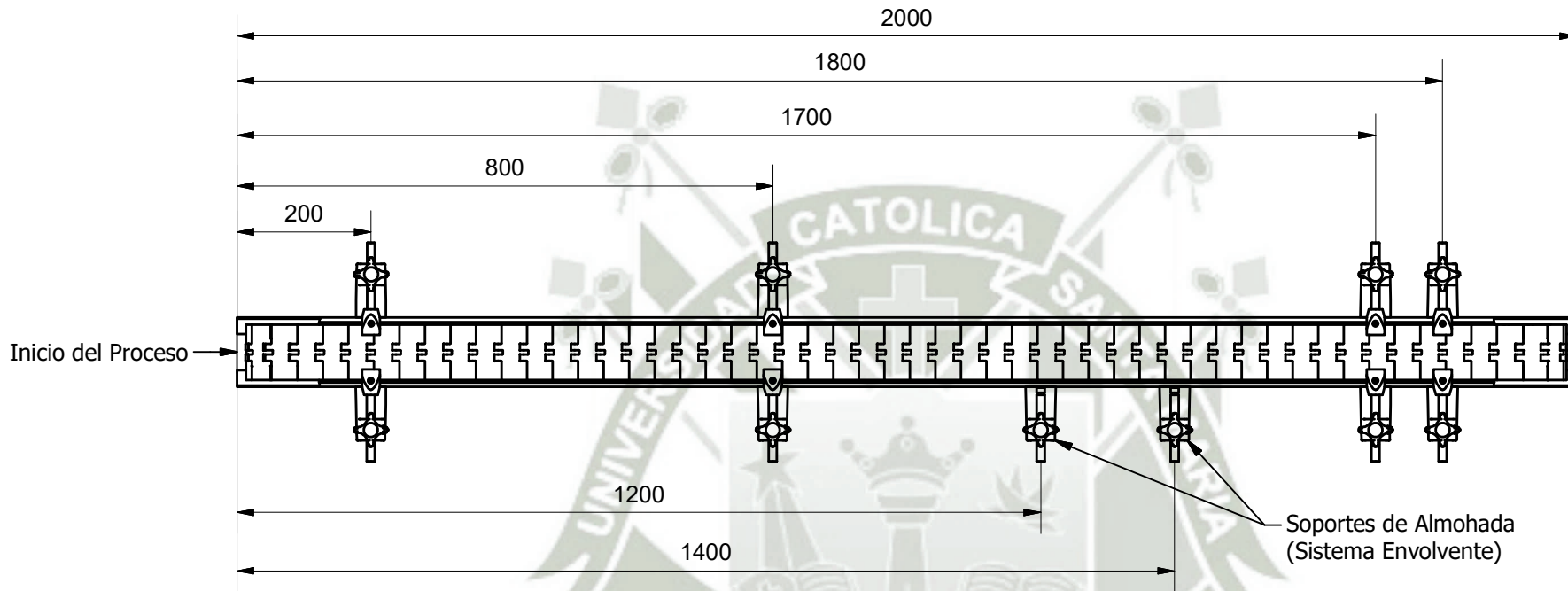


Plancha de Acero
ASTM A-36
e=3.175mm

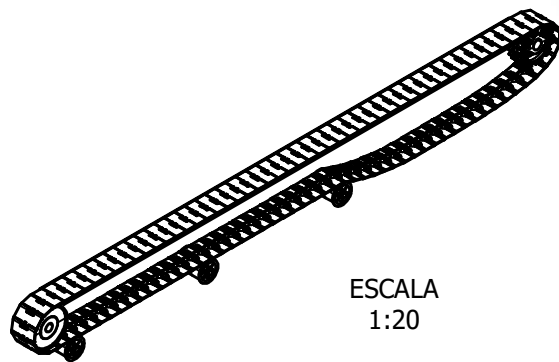
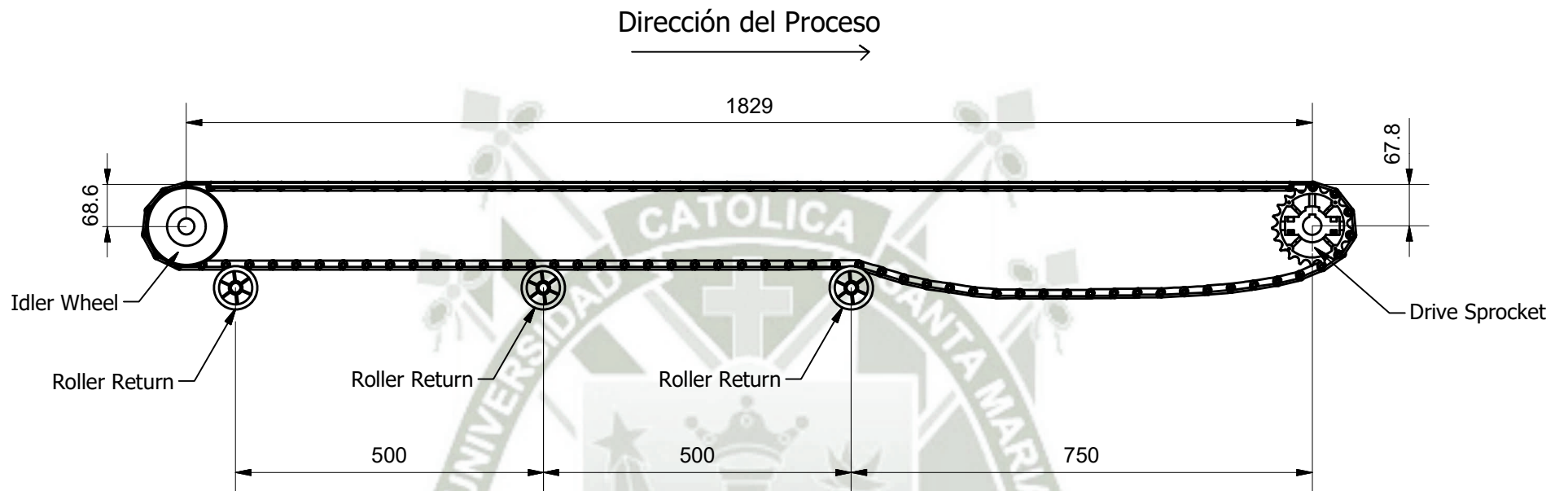


Escala 1:20

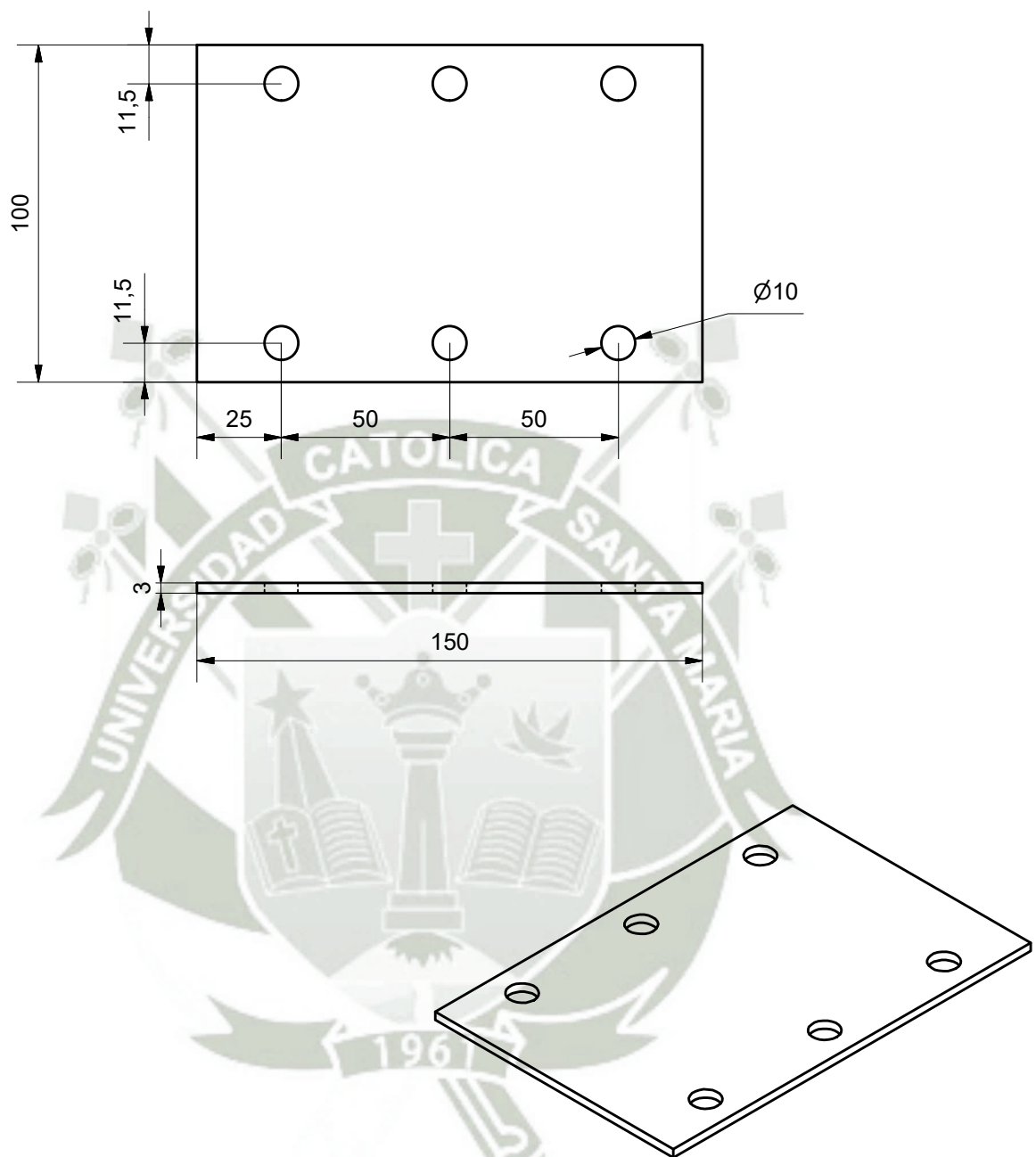
ACABADO SUPERFICIAL		MATERIAL ASTM A-36
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Bastidor de Sistema de Transporte	ESCALA 1:10
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	FECHA: 1/12/2016
		LÁMINA: A4 N.º 2

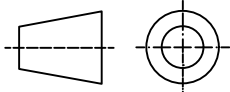


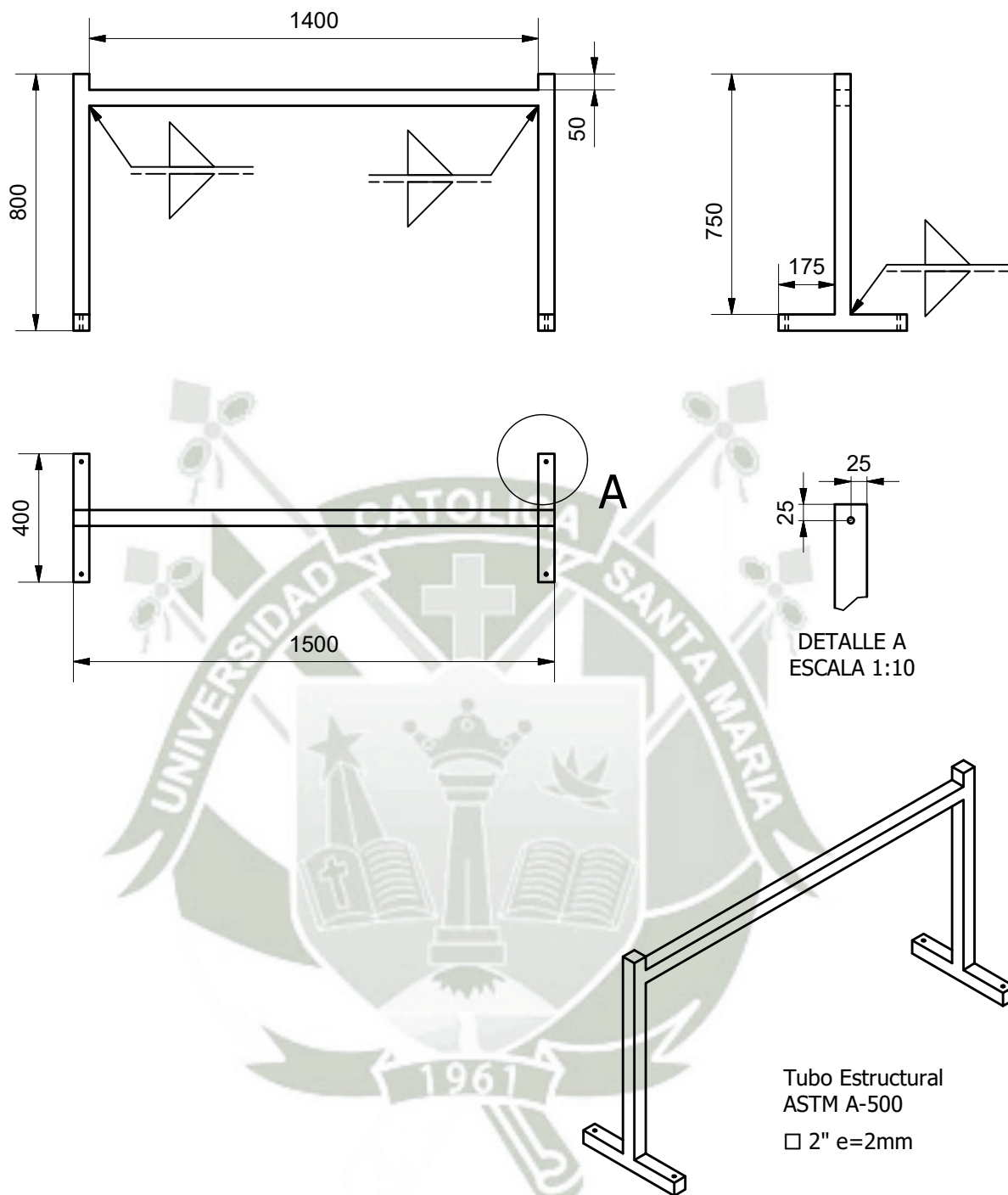
ACABADO SUPERFICIAL		MATERIAL
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Distribución de Soportes Laterales	ESCALA 1:10
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	FECHA: 1/12/2016
		LÁMINA: A4 N.º 3



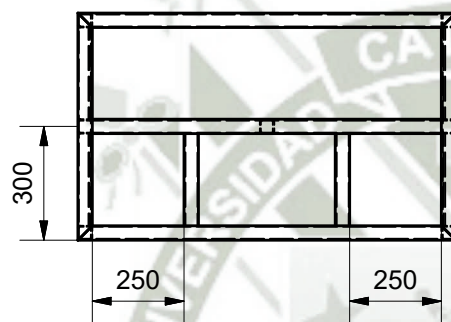
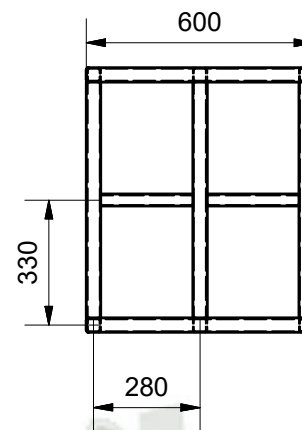
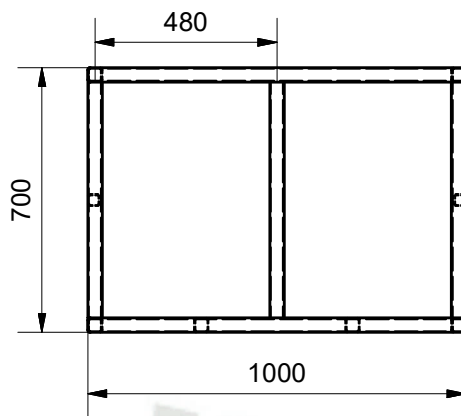
ACABADO SUPERFICIAL		MATERIAL
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Ensamble de Cadena a Transmisión	ESCALA 1:10
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	FECHA: 1/12/2016
		LÁMINA: A4 N.º 4



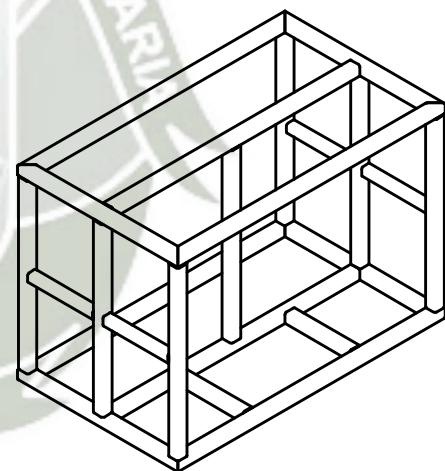
ACABADO SUPERFICIAL		MATERIAL ASTM A-36
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Placa Soporte de Estructura de Transportador	ESCALA 1:2
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	FECHA: 2/12/2016
		LÁMINA: A4 N.º 5



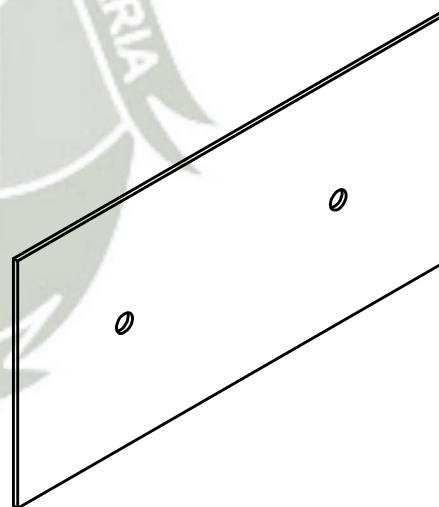
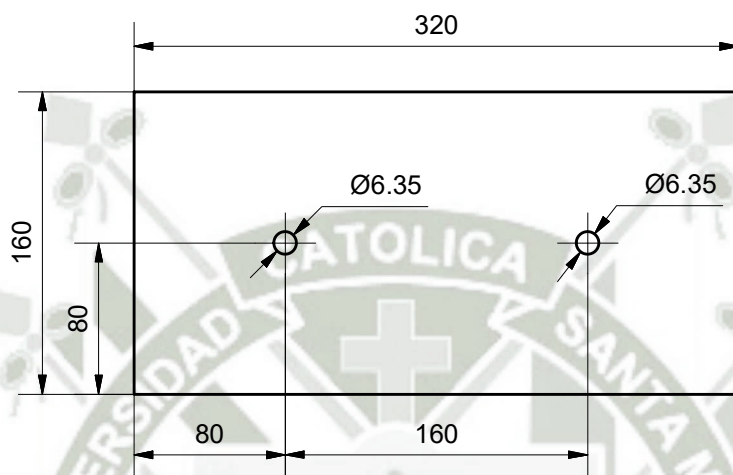
ACABADO SUPERFICIAL		MATERIAL ASTM A-500
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Base de Sistema de Transporte	ESCALA 1:20
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	FECHA: 2/12/2016
		LÁMINA: A4 N.º 6

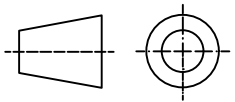


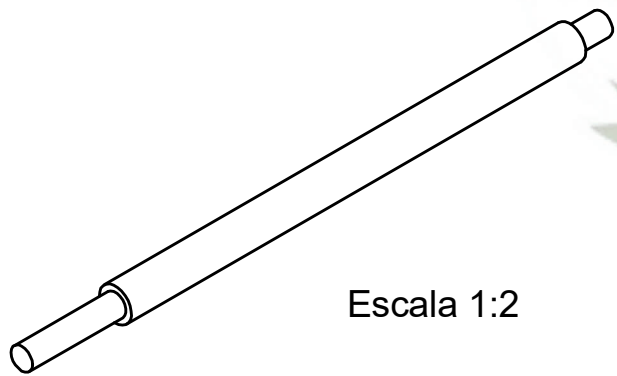
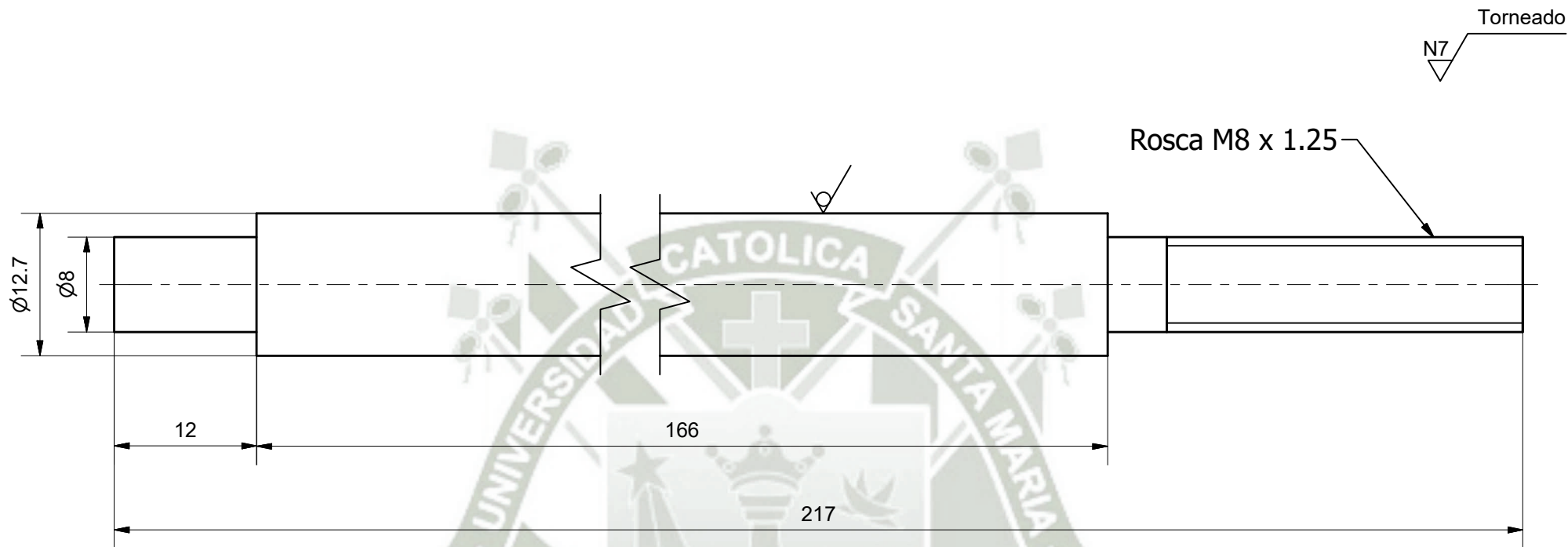
Tubo Estructural Cuadrado
□ 1 1/2" LAC ASTM A500
e=1.8mm



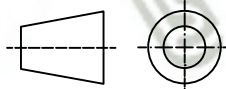
ACABADO SUPERFICIAL		MATERIAL ASTM A-500
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Mesa Soporte de Cabezal de Etiquetado	ESCALA 1:20
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	FECHA: 1/02/2017
		LÁMINA: A4 N.º 7

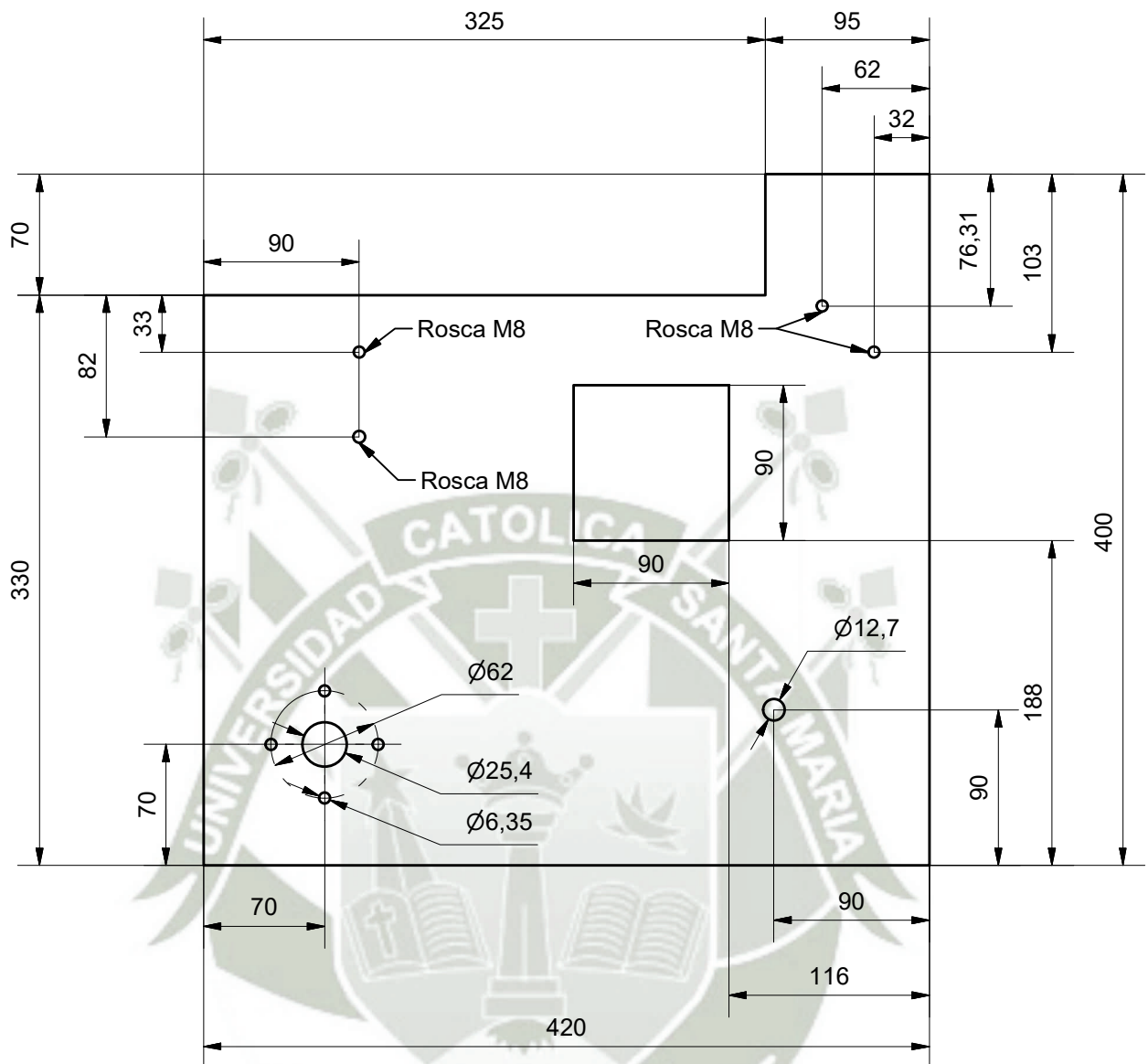


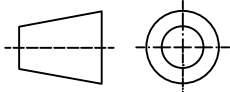
ACABADO SUPERFICIAL N3		MATERIAL ASTM A-36 (PI e=1/8")
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Placa Envolvente	ESCALA 1:4
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	FECHA: 19/12/2016
		LÁMINA: A4 N.º 8

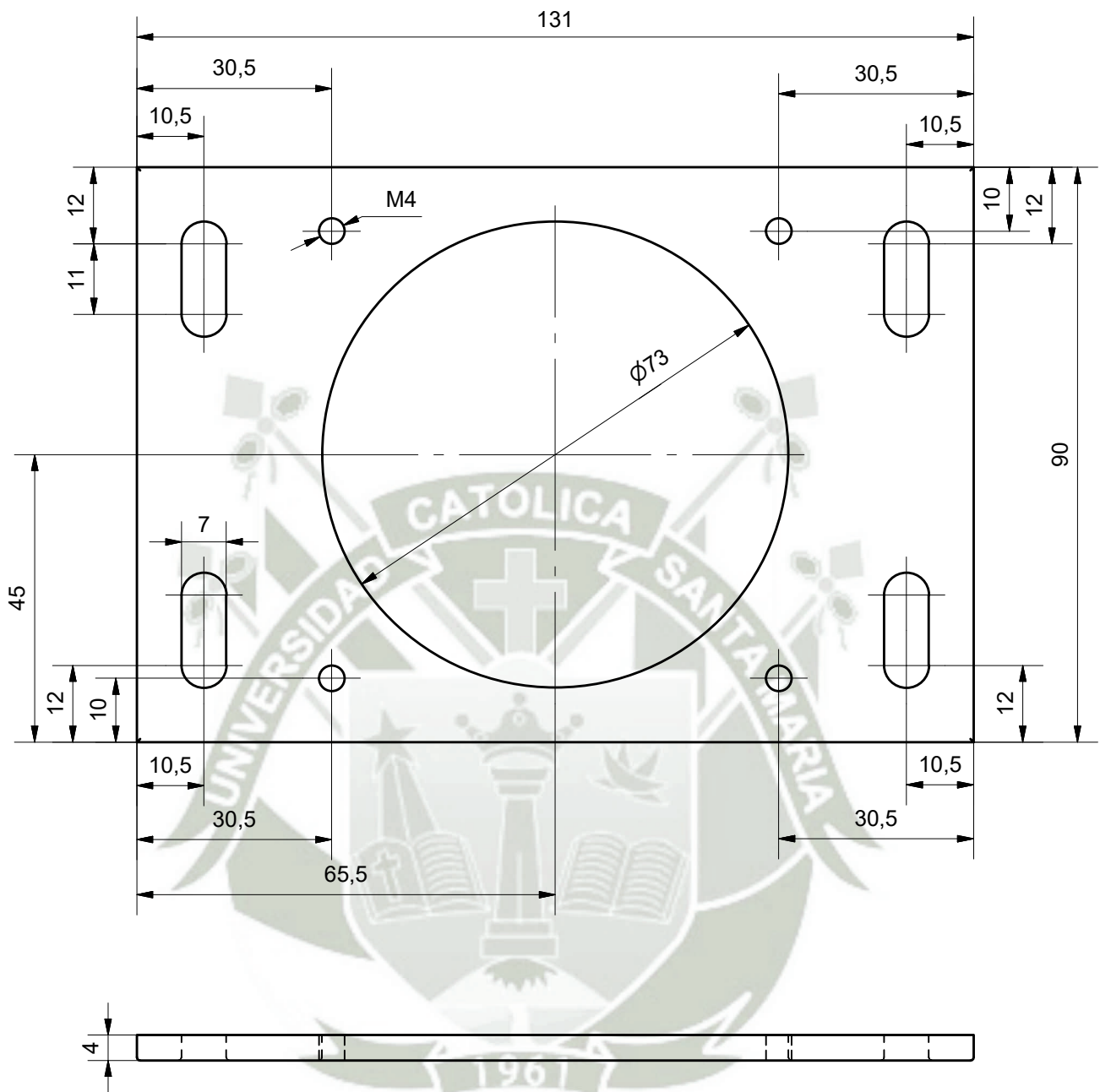


Escala 1:2

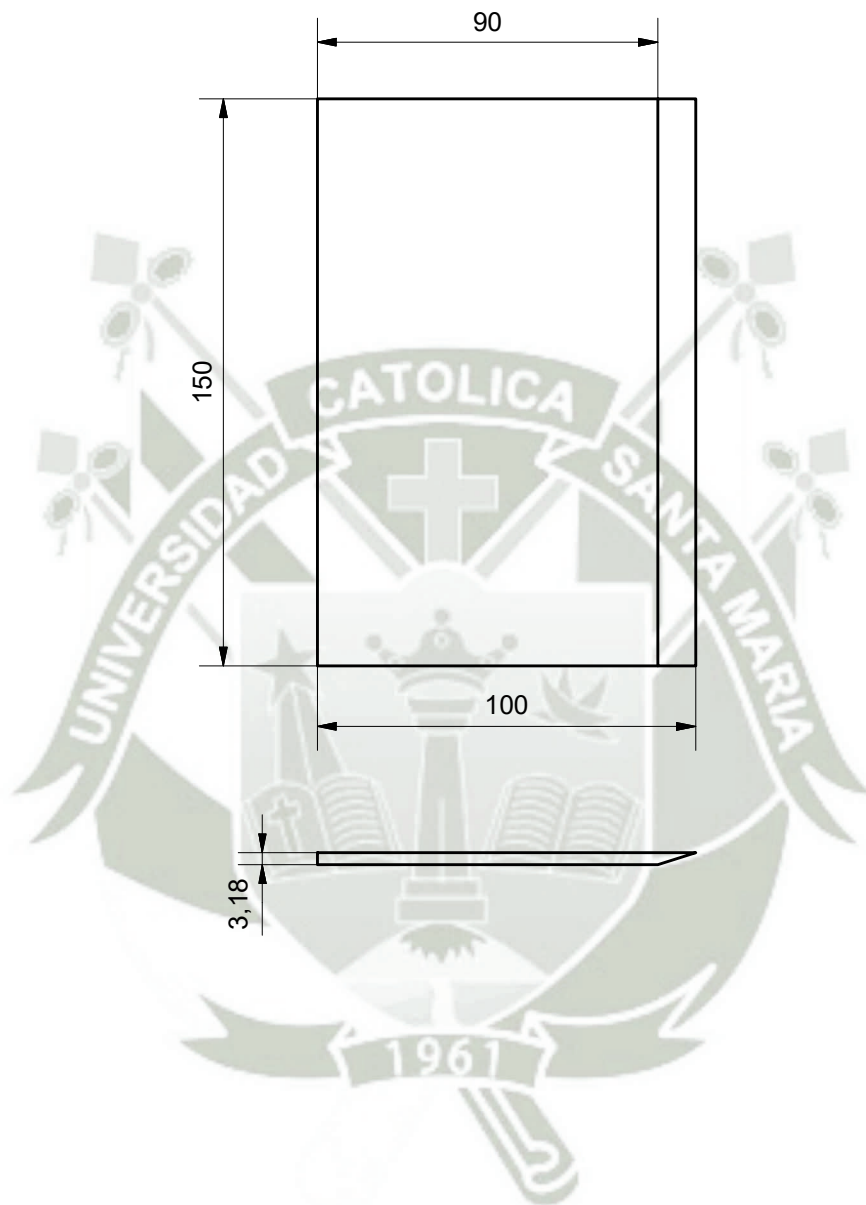
ACABADO SUPERFICIAL N7	MATERIAL ACERO DE TRANSMISIÓN AISI 1018 (EJE Ø=1/2")	
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Eje de rodillo guía	ESCALA 2:1
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	FECHA: 1/12/2016
		LÁMINA: A4 N.º 9



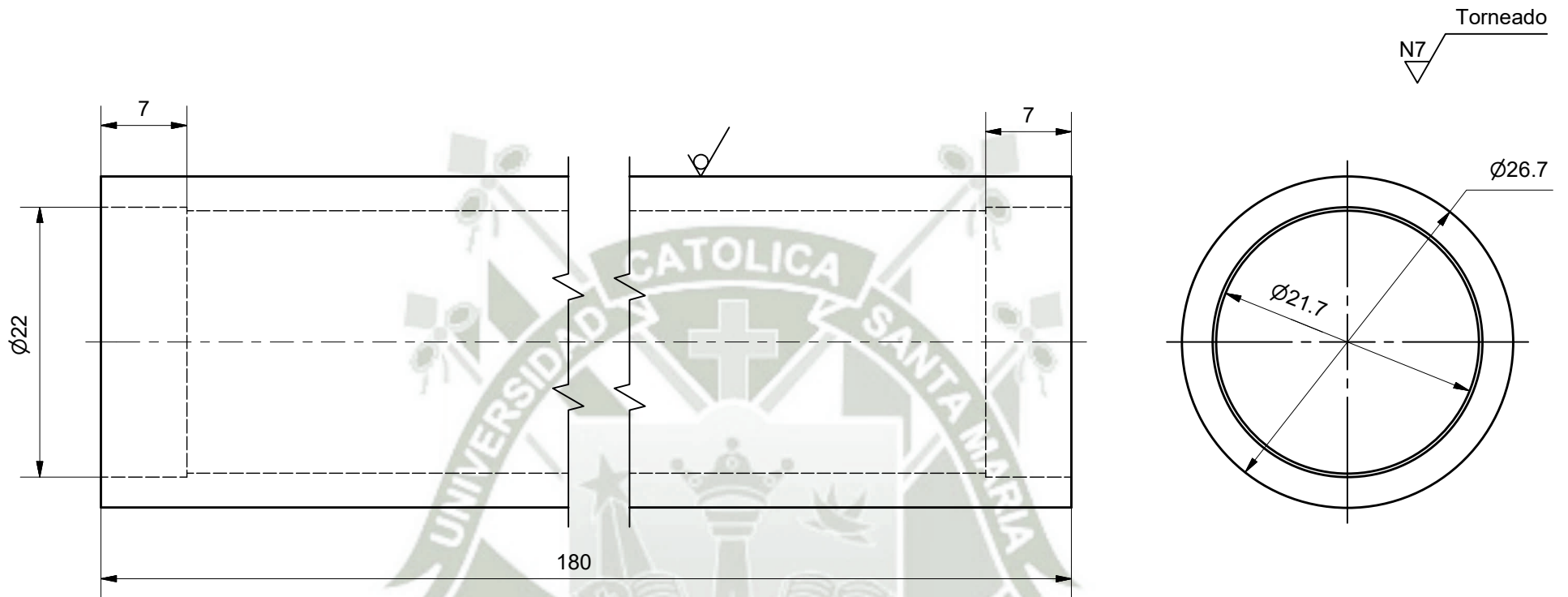
ACABADO SUPERFICIAL N3		MATERIAL ASTM A-36 (Plancha e=1/4")
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Base de cabezal de etiquetado	ESCALA 1:4
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	FECHA: 2/01/2017 LÁMINA: A4 N.º 10



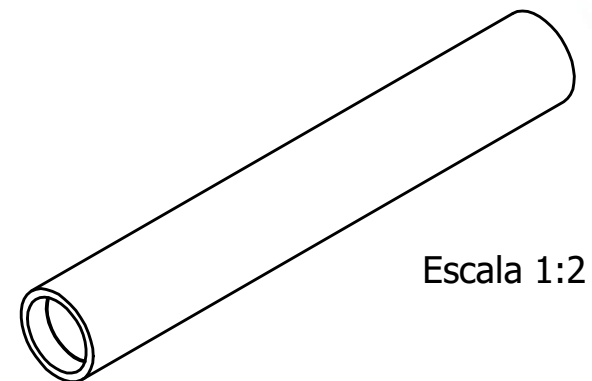
ACABADO SUPERFICIAL N3		MATERIAL ASTM A-36
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Placa base de motor paso a paso	ESCALA 1:1
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	FECHA: 2/01/2017
		LÁMINA: A4 N.º 11



ACABADO SUPERFICIAL		MATERIAL ASTM A-36
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Placa de separación	ESCALA 1:2
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	FECHA: 2/01/2017
		LÁMINA: A4 N.º 12

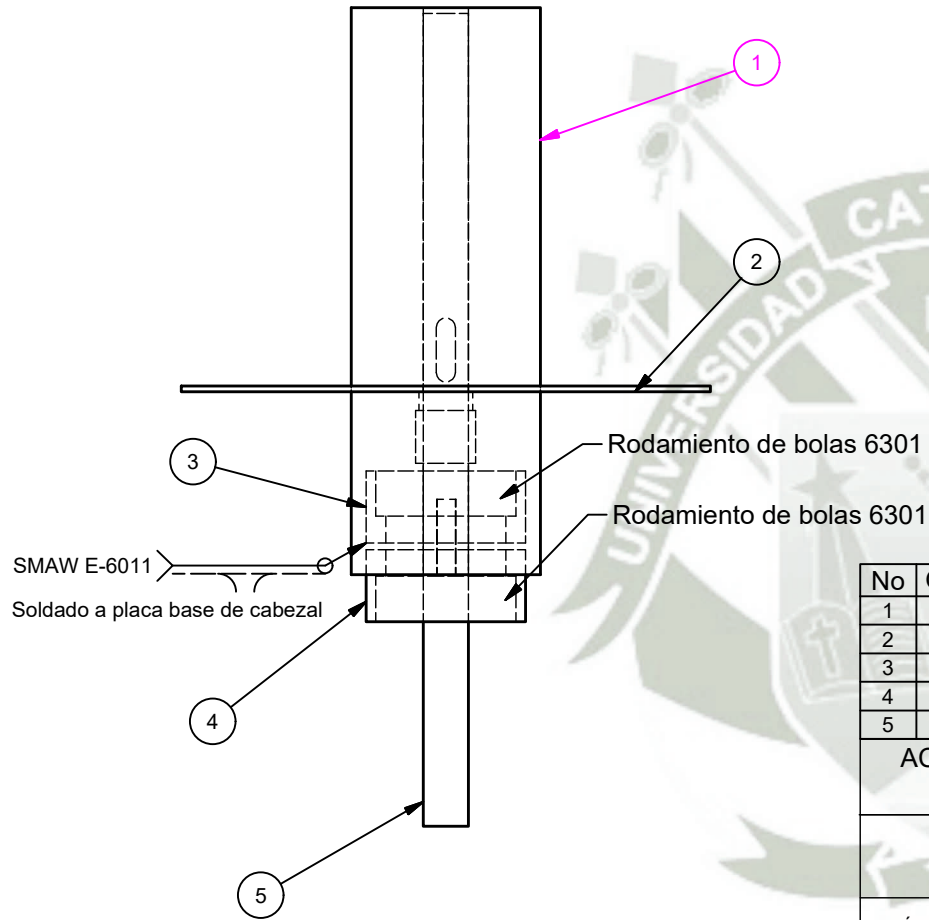


Torneado
N7



Escala 1:2

ACABADO SUPERFICIAL N7	MATERIAL Tubo Redondo ASTM A-500 Ø3/4" e=2.5mm	
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Rodillo guía de etiquetas	ESCALA 2:1
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	FECHA: 1/12/2016
		LÁMINA: A4 N.º 13



No	QT	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
1	1	Rodillo bobinador		Nylon	Torneado
2	1	Plato bobinador	ASTM A-36	Acero	Cortado/Taladrado
3	1	Brida superior de bobinador	ASTM A-36	Acero	Torneado/Roscado
4	1	Brida inferior de bobinador	ASTM A-36	Acero	Torneado/Roscado
5	1	Eje bobinador	AISI 1018	Acero	Torneado

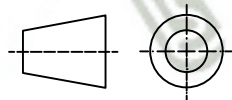
ACABADO SUPERFICIAL

MATERIAL

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES

MÉTODO DE PROYECCIÓN



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA,
MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA

SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET

Ensamble de sistema bobinador

ESCALA

1:2

2005221371

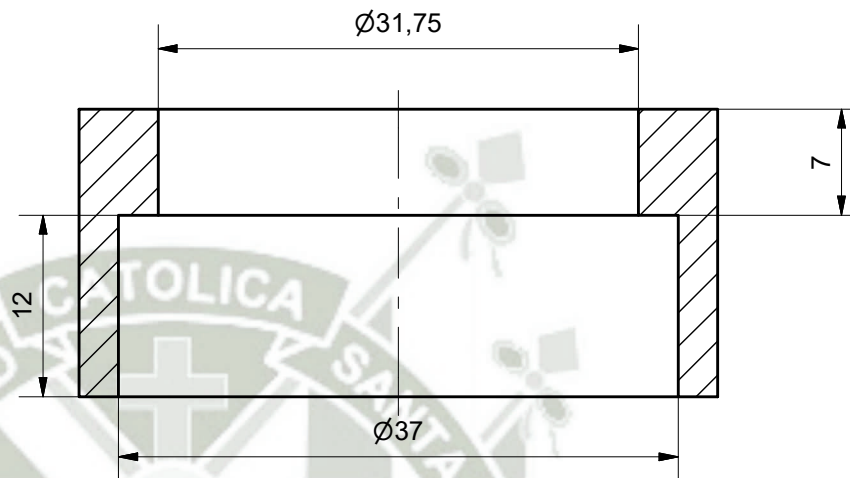
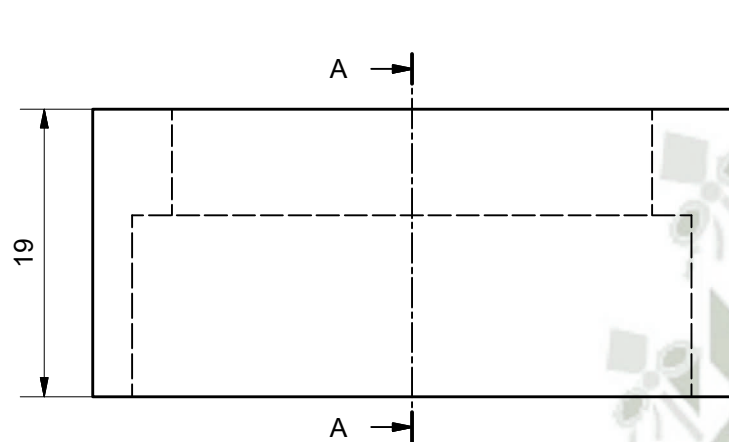
DIBUJADO POR:

OJEDA F.

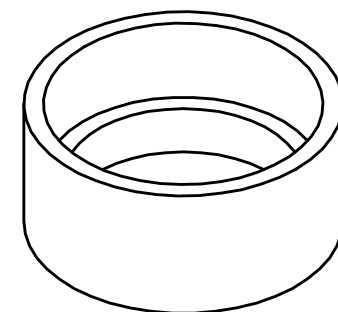
FECHA:
1/12/2016

LÁMINA: A4
N.º 14

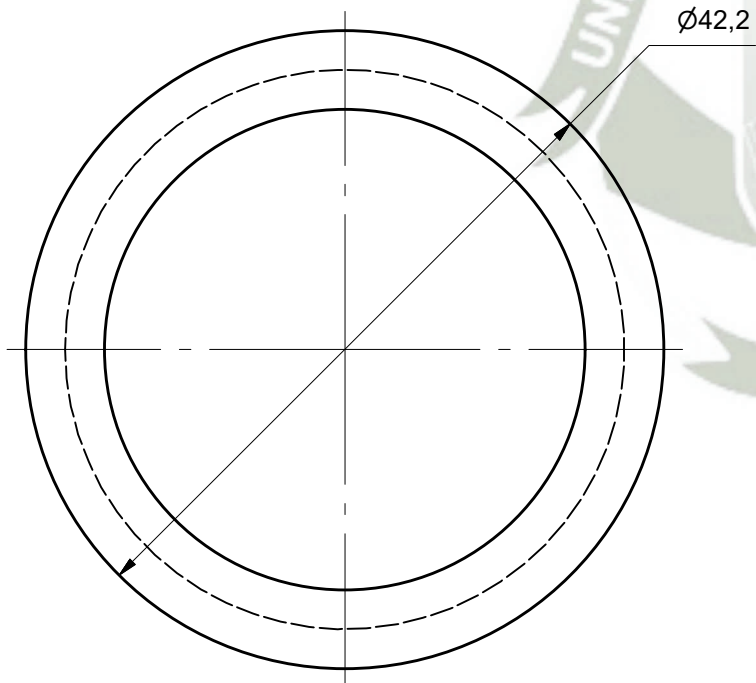
N7 Torneado

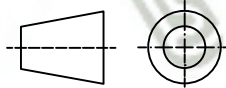


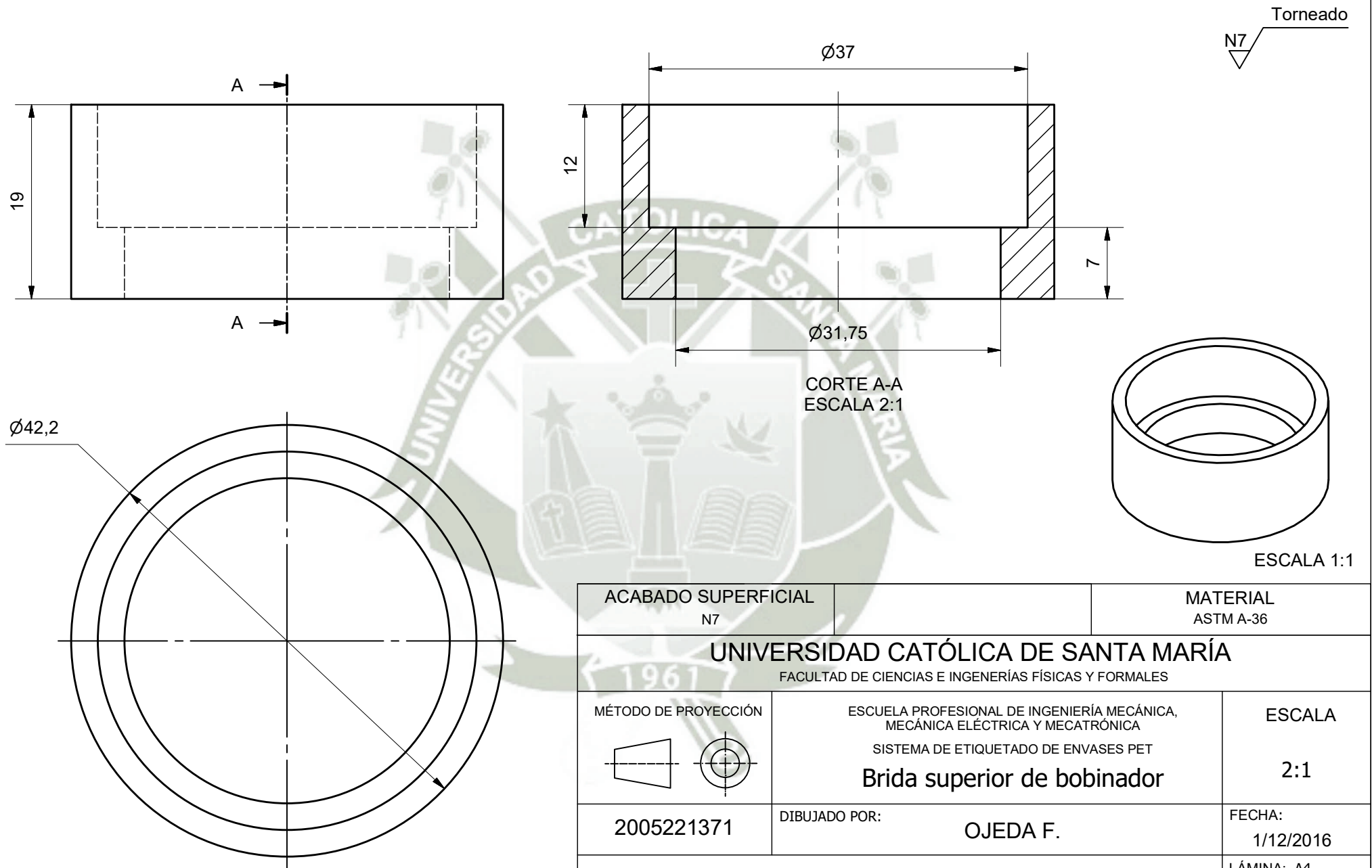
CORTE A-A
ESCALA 2:1



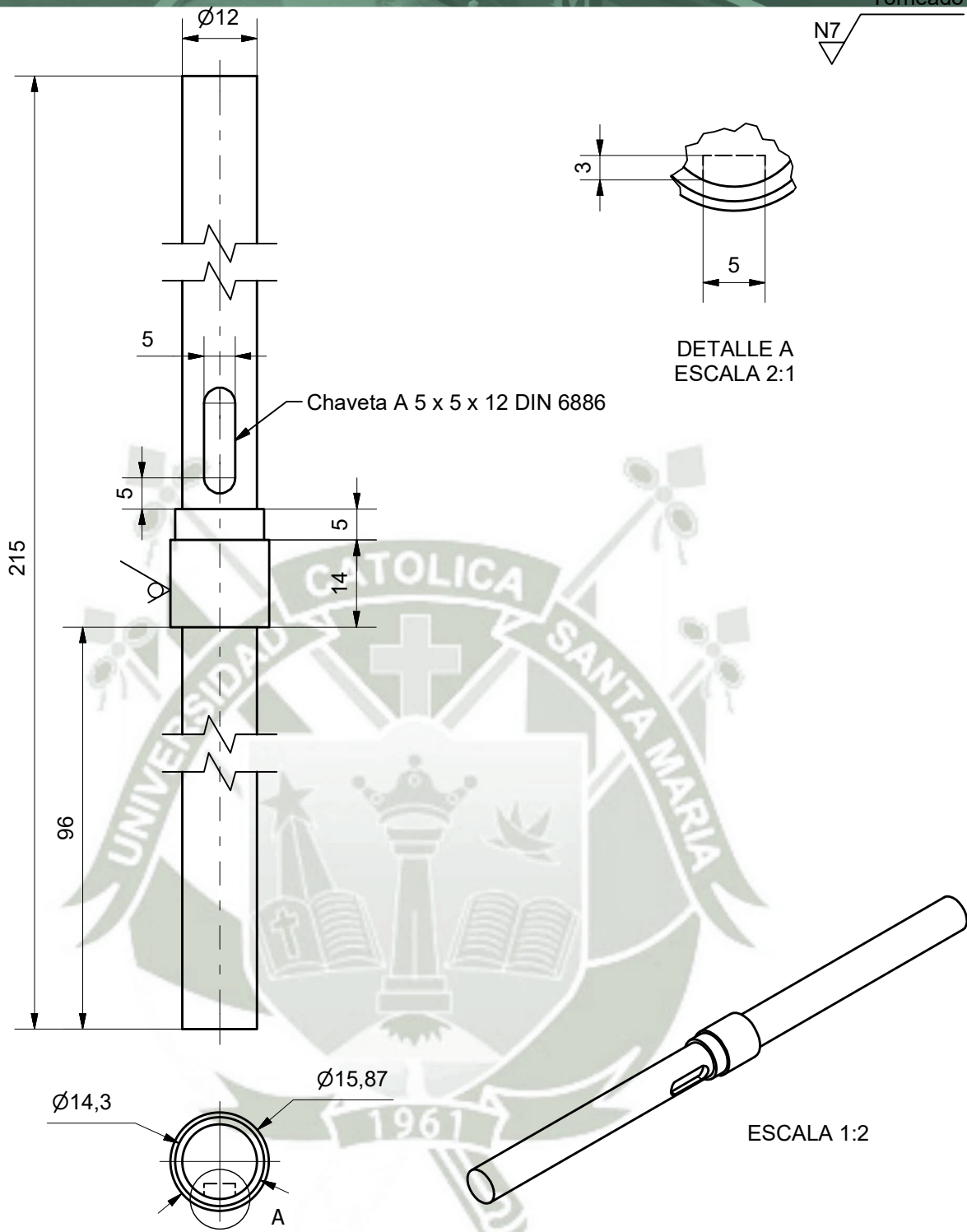
ESCALA 1:1



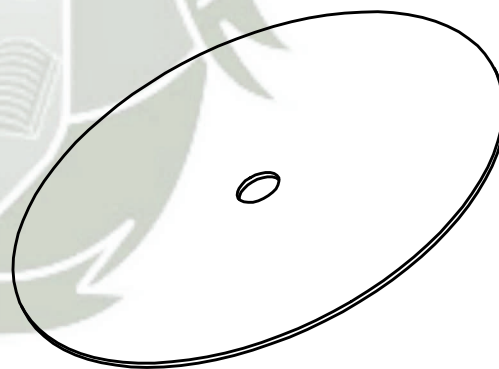
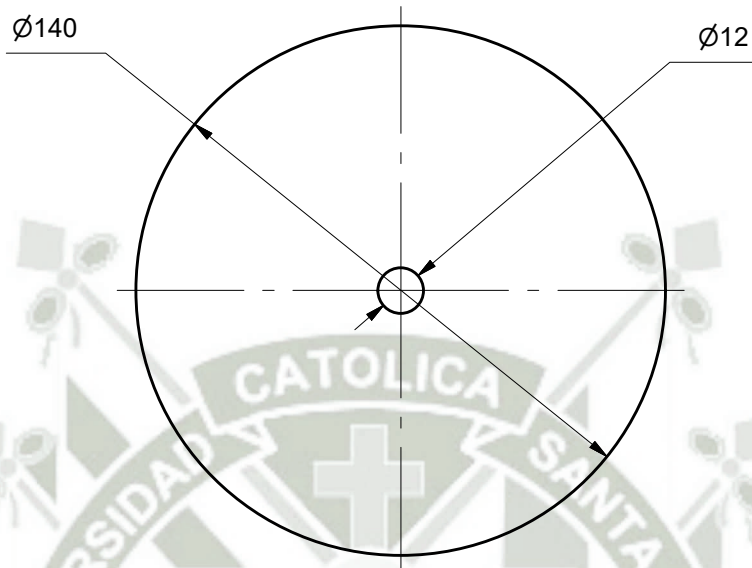
ACABADO SUPERFICIAL N7	MATERIAL ASTM A-36
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES	
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Brida inferior de bobinador
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.
	ESCALA 2:1 FECHA: 1/12/2016 LÁMINA: A4 N.º 15

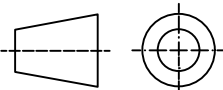


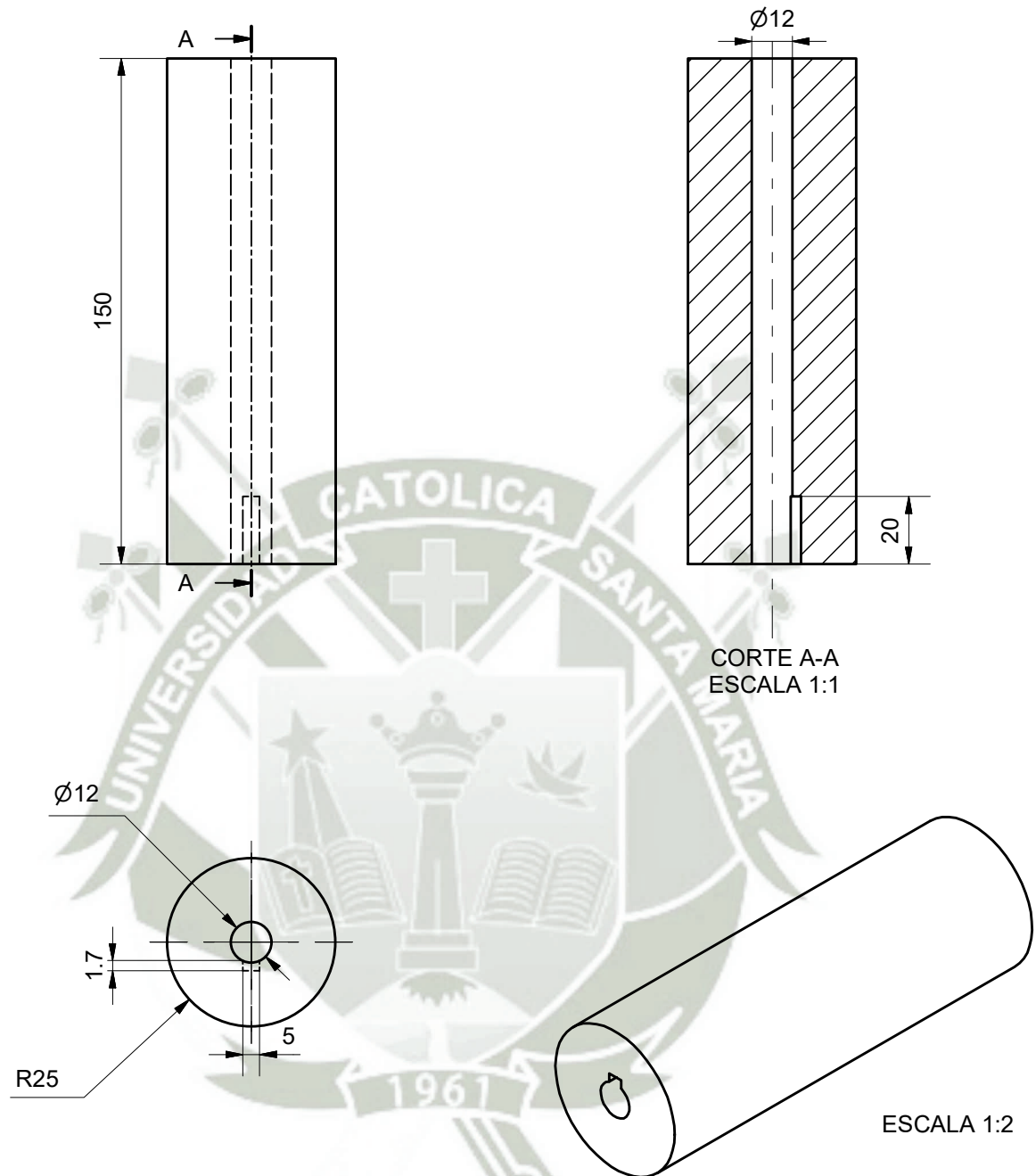
ACABADO SUPERFICIAL N7		MATERIAL ASTM A-36
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Brida superior de bobinador	ESCALA 2:1
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	FECHA: 1/12/2016
		LÁMINA: A4 N.º 16



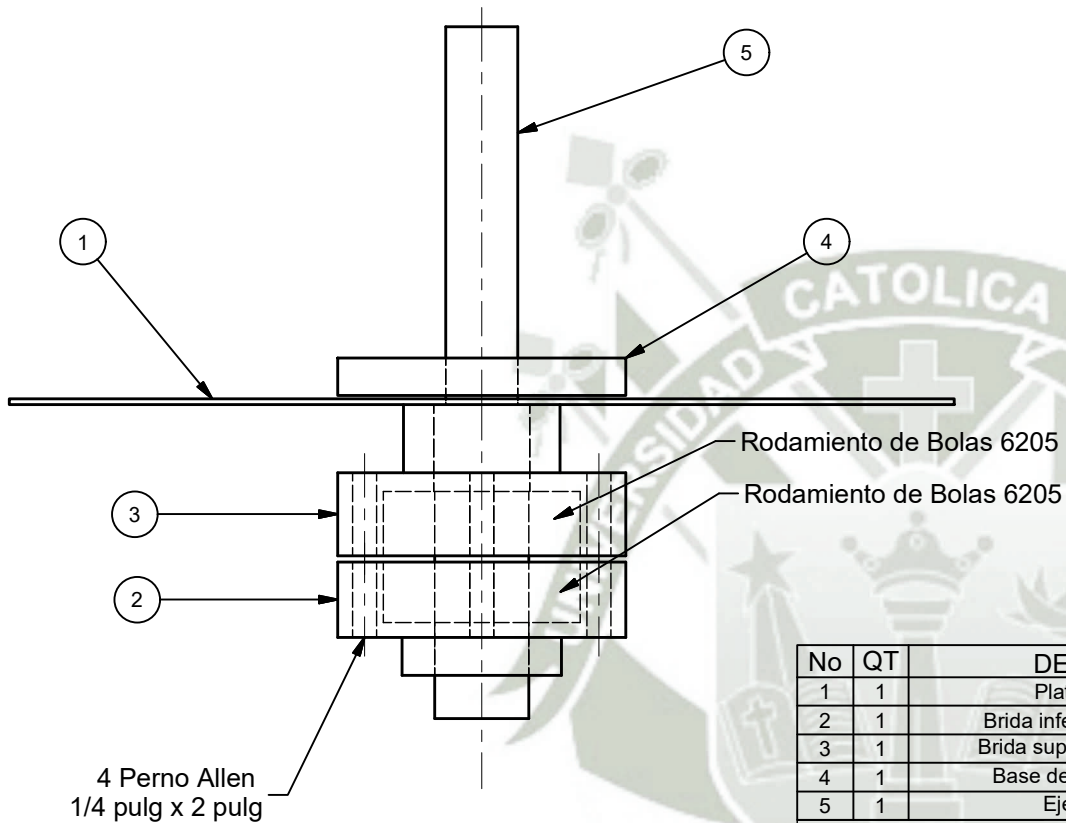
ACABADO SUPERFICIAL N7	MATERIAL ACERO AISI 1045 (EJE 5/8")
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES	
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Eje bobinador ESCALA 1:1
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F. FECHA: 1/12/2016



ACABADO SUPERFICIAL		MATERIAL ASTM A-36 (Placa e=1.5 mm)
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Plato bobinador	ESCALA 1:2
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	FECHA: 1/12/2016
		LÁMINA: A4 N.º 18



ACABADO SUPERFICIAL N7		MATERIAL NYLON (POLIAMIDA)
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Rodillo bobinador	ESCALA 1:2
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	FECHA: 1/12/2016 LÁMINA: A4 N.º 19



No	QT	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
1	1	Plato desbobinador	ASTM A-36	Acero	Cortado/Taladrado
2	1	Brida inferior de desbobinador	ASTM A-36	Acero	Torneado/Roscado
3	1	Brida superior de desbobinador	ASTM A-36	Acero	Torneado/Roscado
4	1	Base de porta desbobinador	ASTM A-36	Acero	Torneado
5	1	Eje desbobinador	AISI 1018	Acero	Torneado

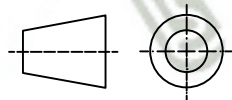
ACABADO SUPERFICIAL

MATERIAL

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES

MÉTODO DE PROYECCIÓN



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA,
MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA

SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET

Ensamble de sistema desbobinador

ESCALA

1:2

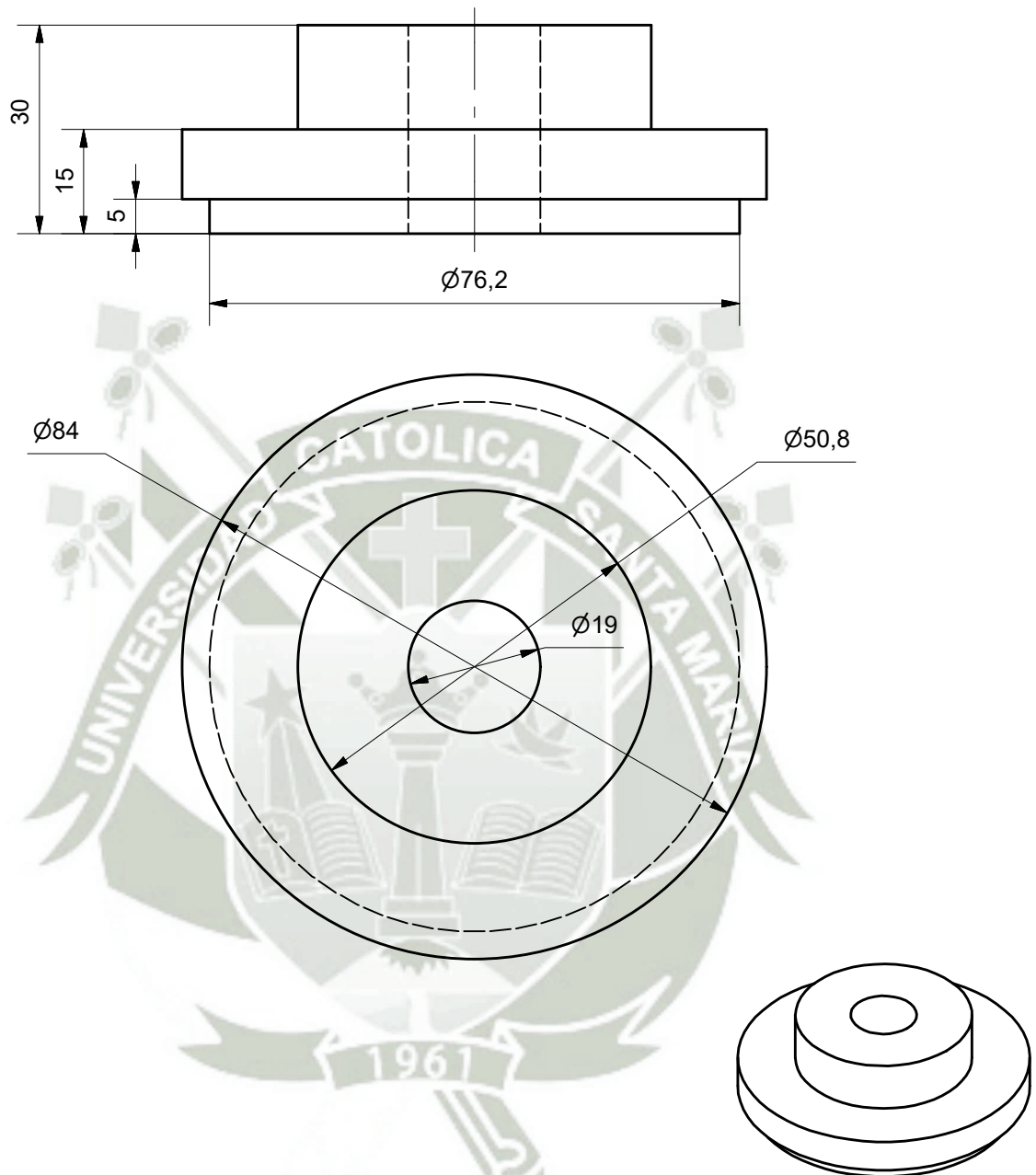
2005221371

DIBUJADO POR:

OJEDA F.

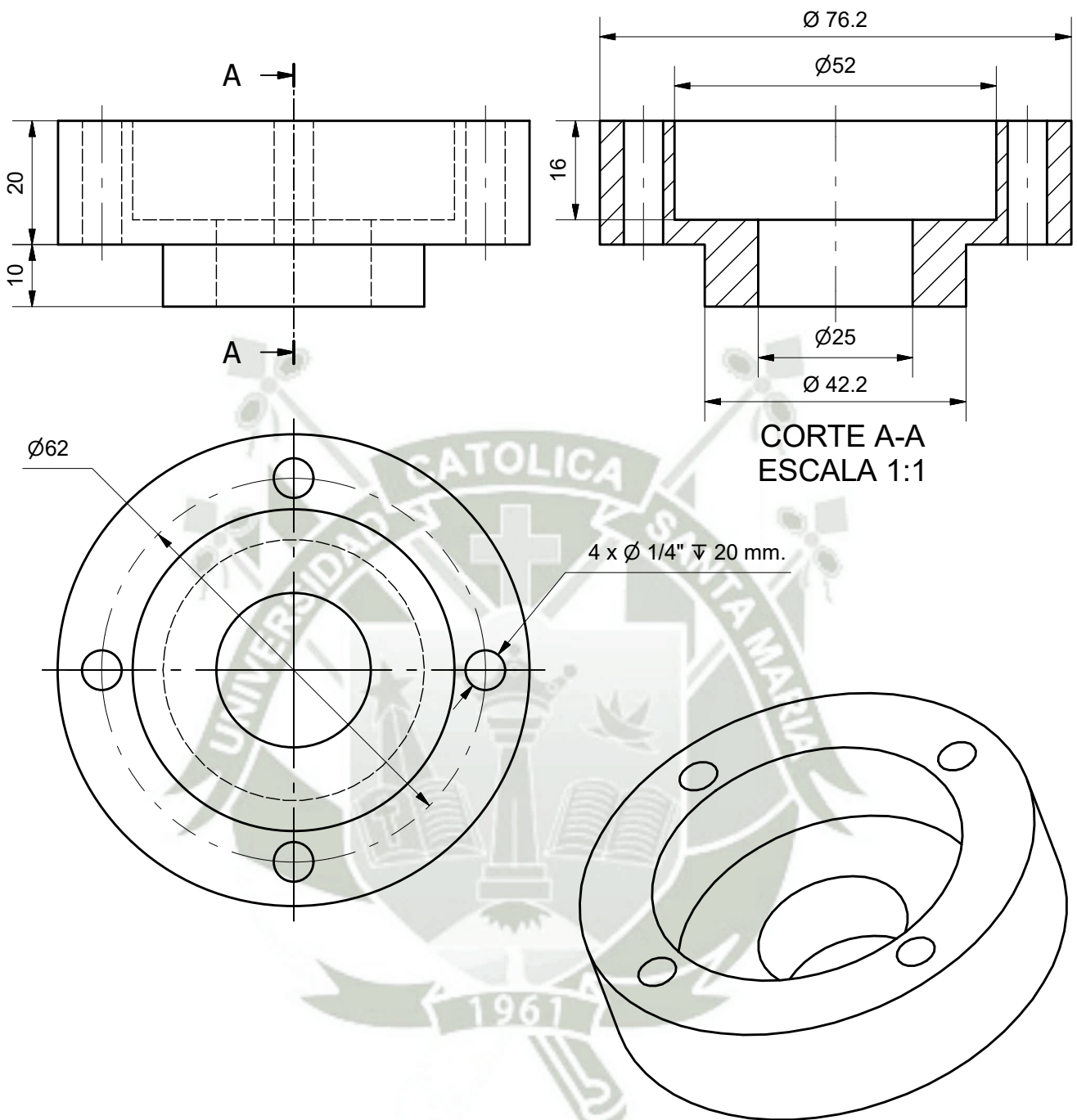
FECHA:
1/12/2016

LÁMINA: A4
N.º 20

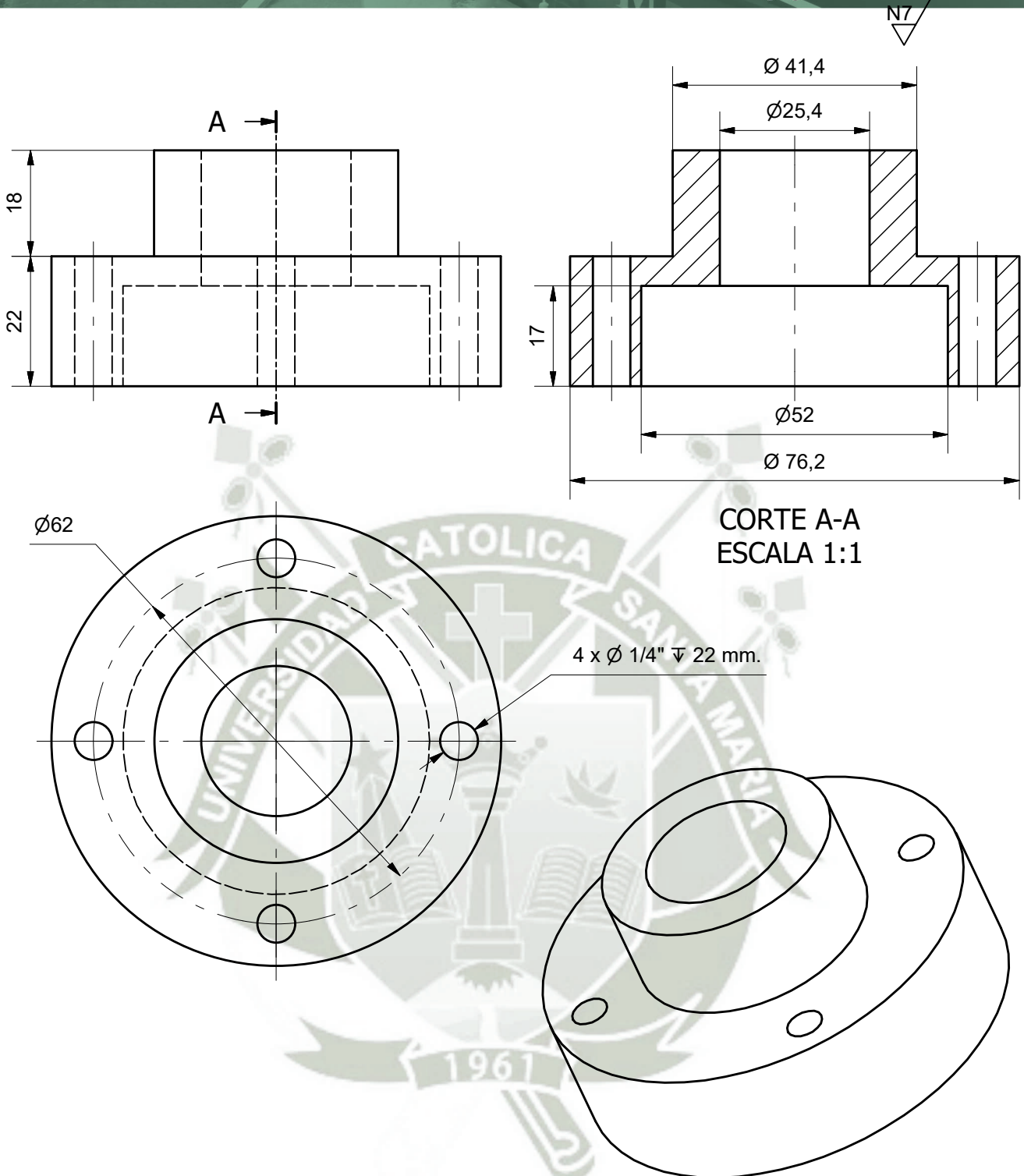


ACABADO SUPERFICIAL N3		MATERIAL Aluminio
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Alineador de Rollo de Etiquetas	ESCALA 1:1
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	FECHA: 2/01/2017 LÁMINA: A4 N.º 21

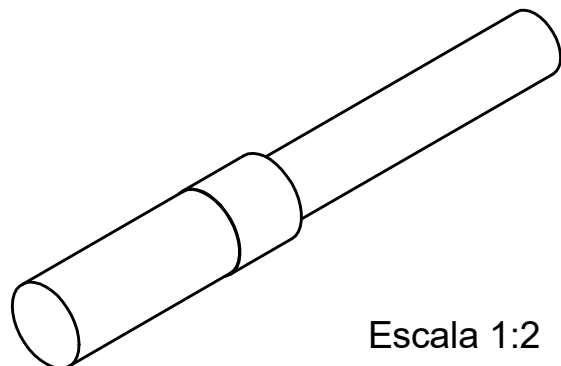
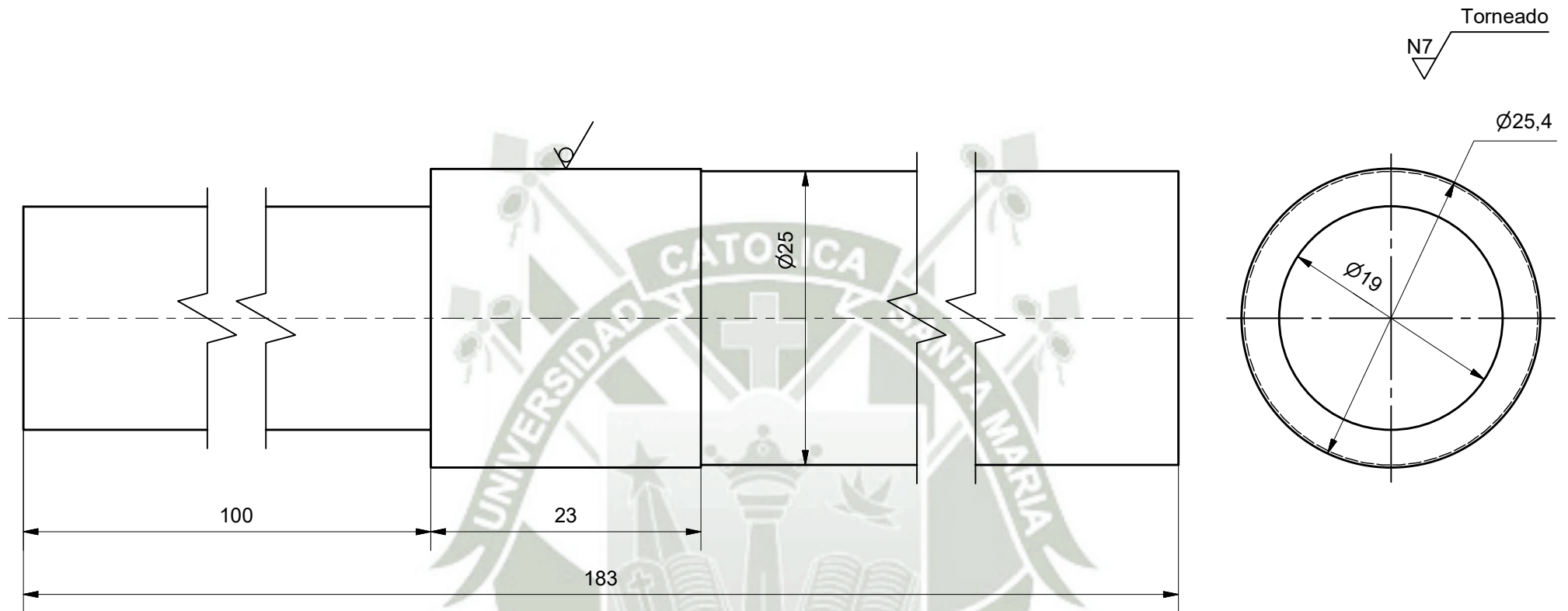
N7



ACABADO SUPERFICIAL N7		MATERIAL ASTM A-36
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Brida inferior de desbobinador	ESCALA 1:1
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	FECHA: 1/12/2016 LÁMINA: A4 N.º 22

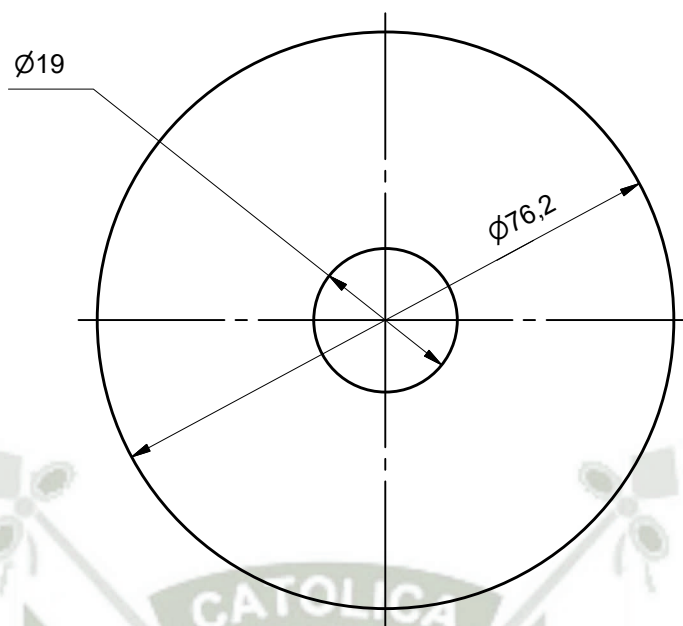


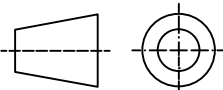
ACABADO SUPERFICIAL N7		MATERIAL ASTM A-36
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Brida superior de desbobinador	ESCALA 1:1
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	FECHA: 1/12/2016 LÁMINA: A4 N.º 23

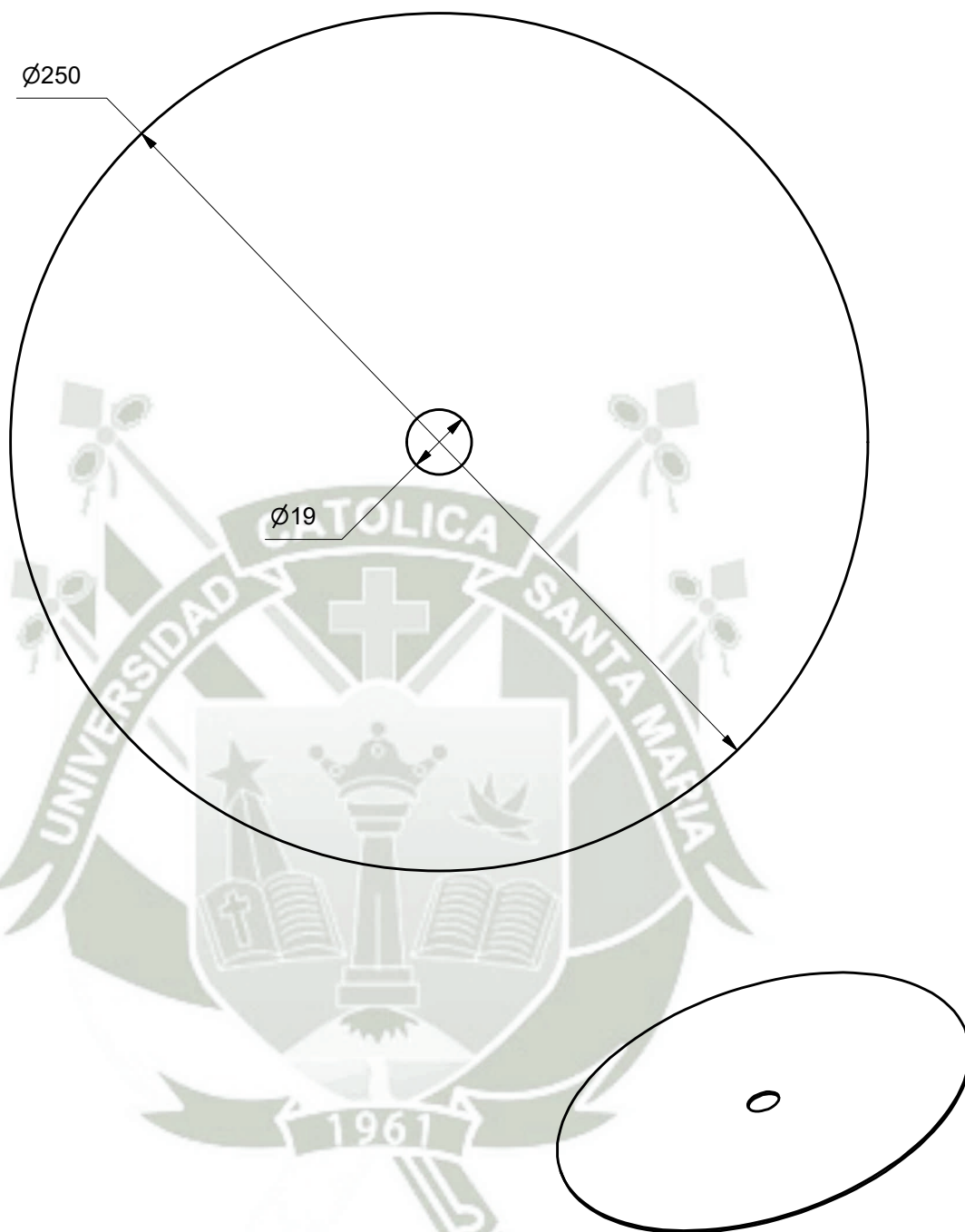


Escala 1:2

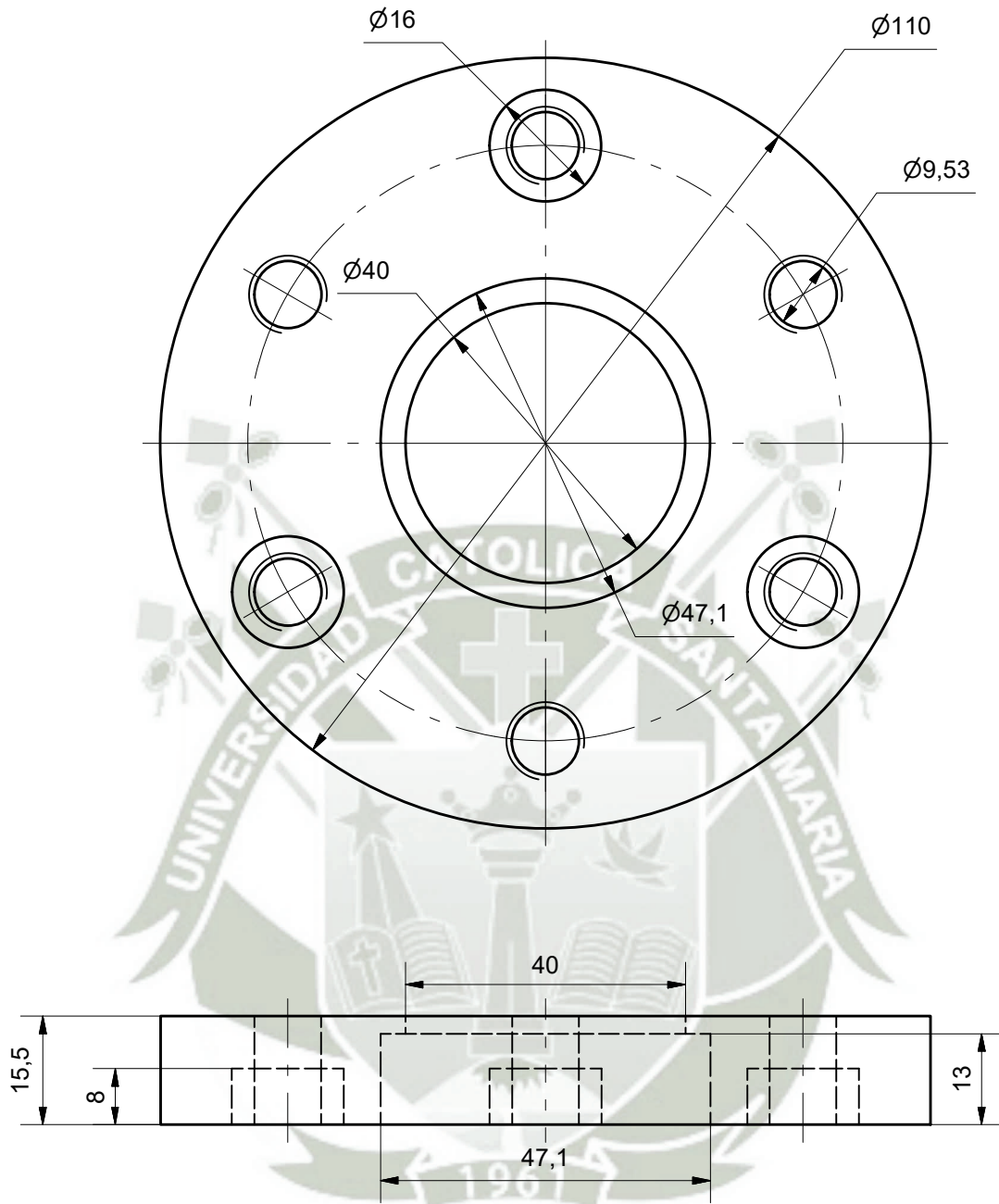
ACABADO SUPERFICIAL N7		MATERIAL ACERO AISI 1045 (EJE 1")
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Eje desbobinador	ESCALA 2:1
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	FECHA: 1/12/2016
		LÁMINA: A4 N.º 24



ACABADO SUPERFICIAL N7		MATERIAL ASTM A-36
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Base de desbobinador	ESCALA 1:1
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	FECHA: 1/12/2016
		LÁMINA: A4 N.º 25

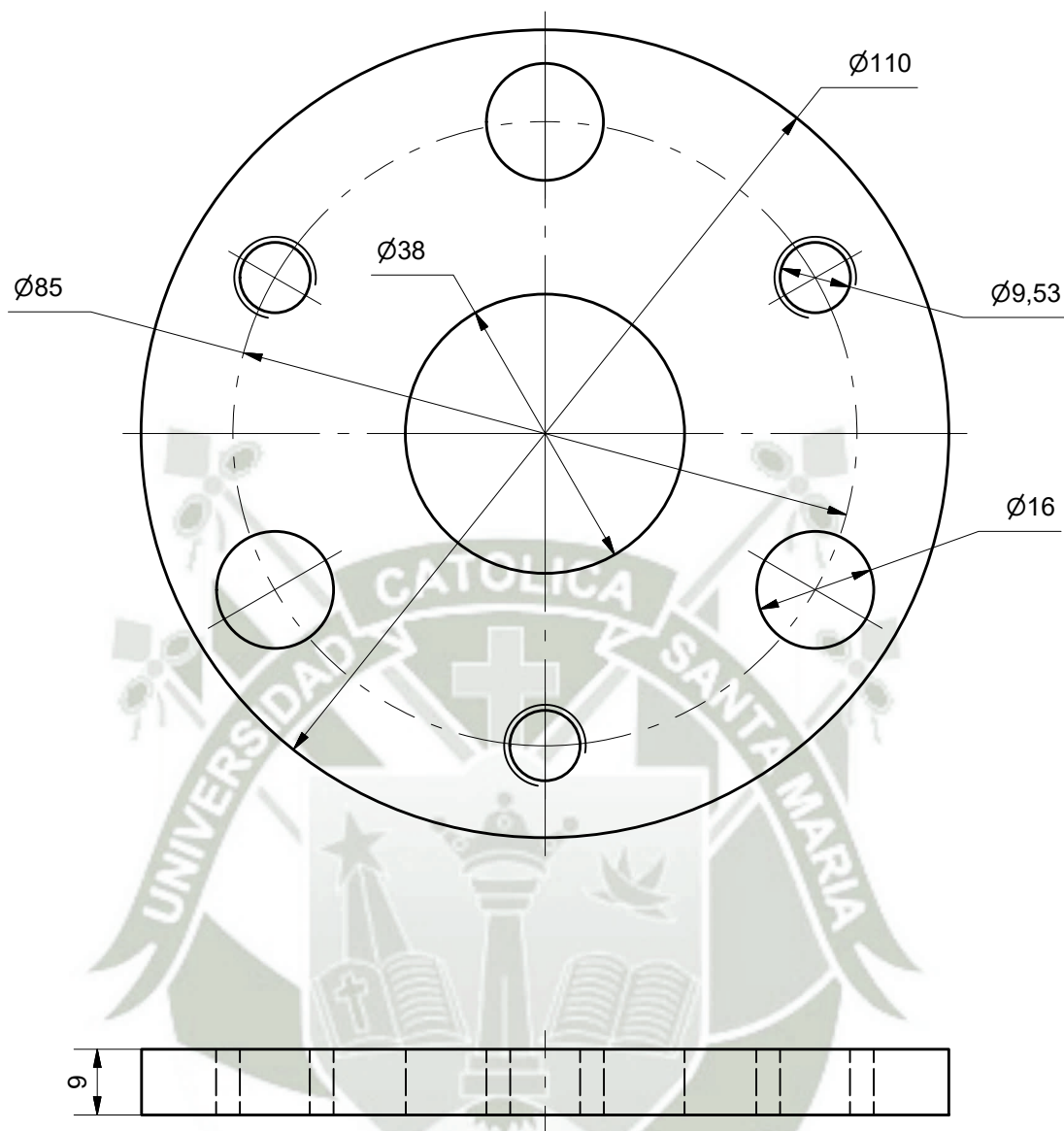


ACABADO SUPERFICIAL		MATERIAL Plancha de Acero ASTM A-36 e=1.5 mm
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Plato de desbobinador	ESCALA 1:2
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	FECHA: 1/12/2016
		LÁMINA: A4 N.º 26

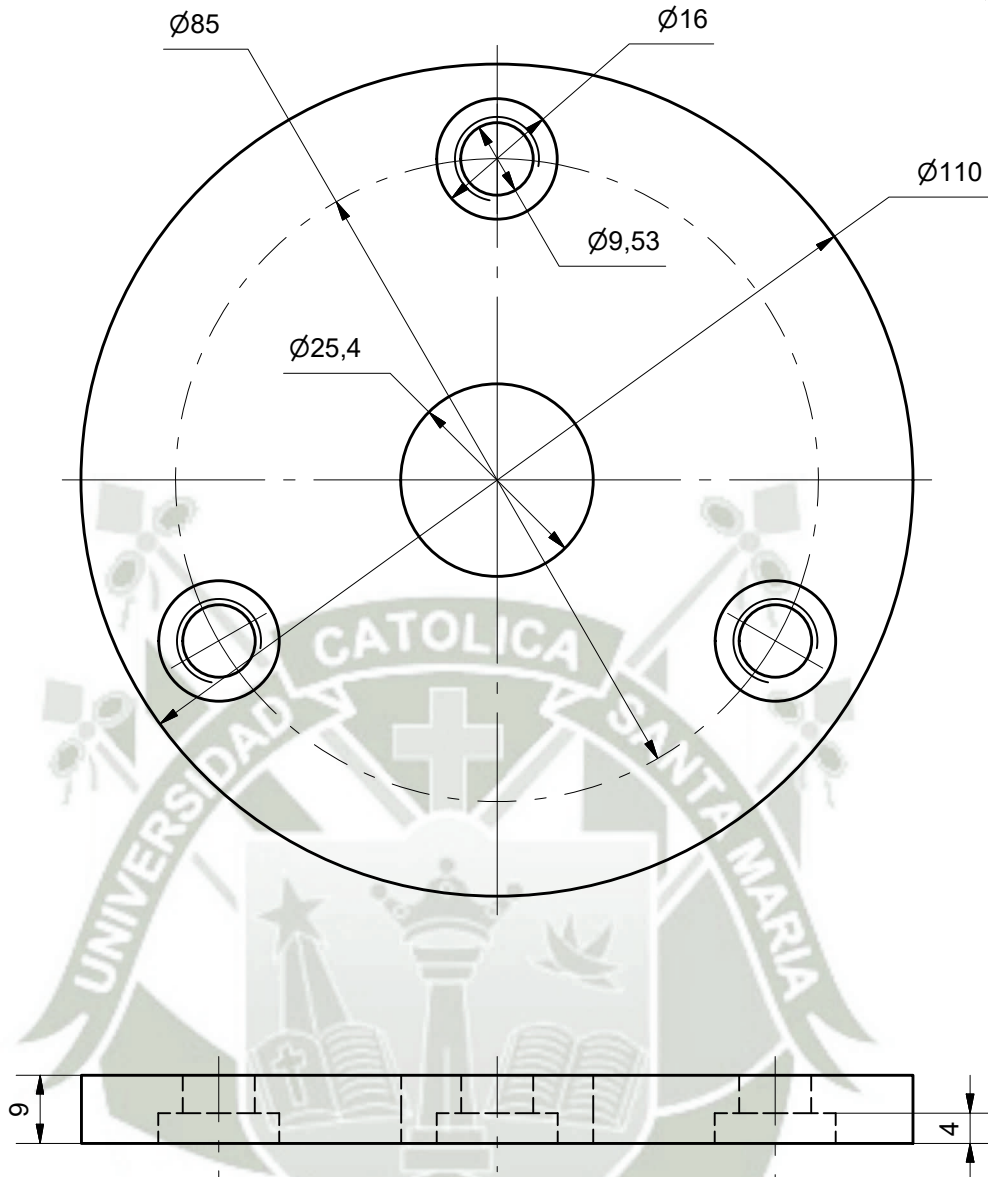


ACABADO SUPERFICIAL N7		MATERIAL ASTM A-36
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Brida base de sistema elevador	ESCALA 1:1
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	FECHA: 1/02/2017
		LÁMINA: A4 N.º 27

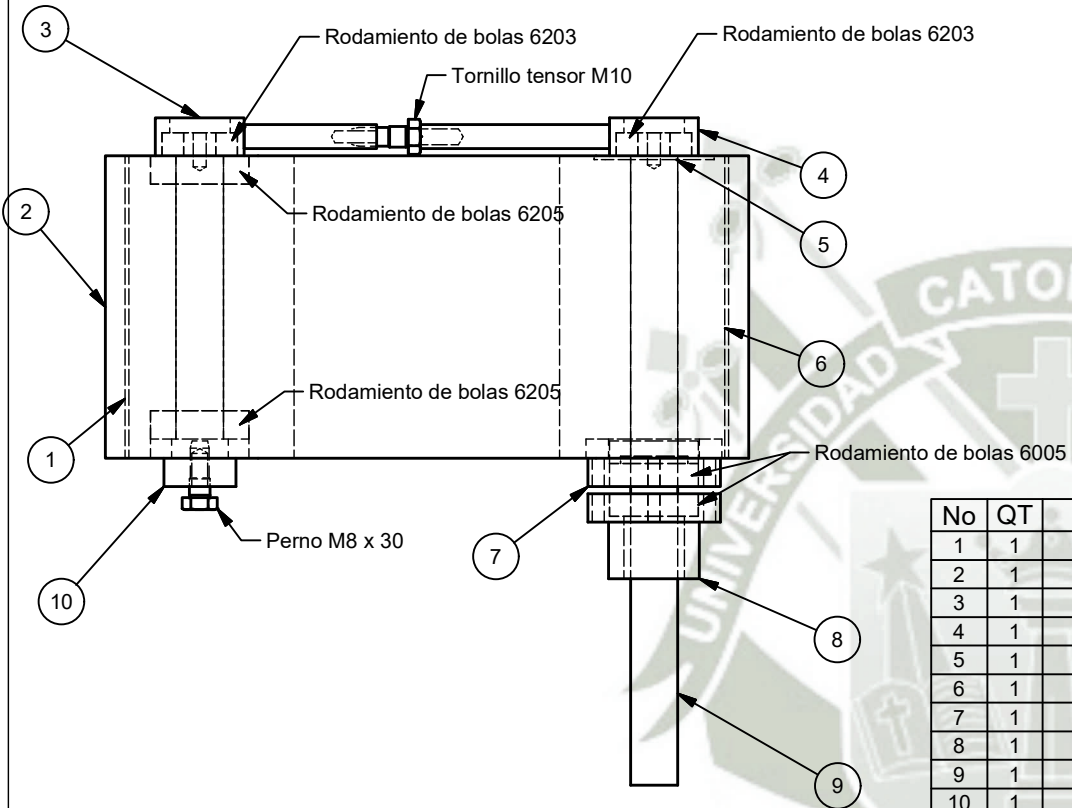
N7



ACABADO SUPERFICIAL N7		MATERIAL ASTM A-36
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Brida central de sistema elevador	ESCALA 1:1
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	FECHA: 1/02/2017
		LÁMINA: A4 N.º 28



ACABADO SUPERFICIAL N7		MATERIAL ASTM A-36
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Brida superior de sistema elevador	ESCALA 1:1
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	FECHA: 1/02/2017
		LÁMINA: A4 N.º 29



No	QT	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
1	1	Banda plana		Poliuretano 2mm	Comprado
2	1	Rodillo libre		Nylon	Torneado
3	1	Tensor fijo	AISI 1045	Acero	Torneado/Taladrado/Soldado
4	1	Tensor motriz	AISI 1045	Acero	Torneado/Taladrado/Soldado
5	1	Plato de sujeción	ASTM A-36	Acero	Cortado/Taladrado
6	1	Rodillo motriz		Nylon	Torneado
7	1	Brida superior	ASTM A-36	Acero	Torneado/Taladrado/Roscado
8	1	Brida inferior	ASTM A-36	Acero	Torneado/Taladrado/Roscado
9	1	Eje motriz	AISI 1045	Acero	Torneado/Taladrado/Roscado
10	1	Eje fijo	AISI 1045	Acero	Torneado/Taladrado/Roscado

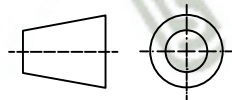
ACABADO SUPERFICIAL

MATERIAL

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES

MÉTODO DE PROYECCIÓN



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA,
MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA

SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET

Ensamble de sistema desbobinador

ESCALA

1:2

2005221371

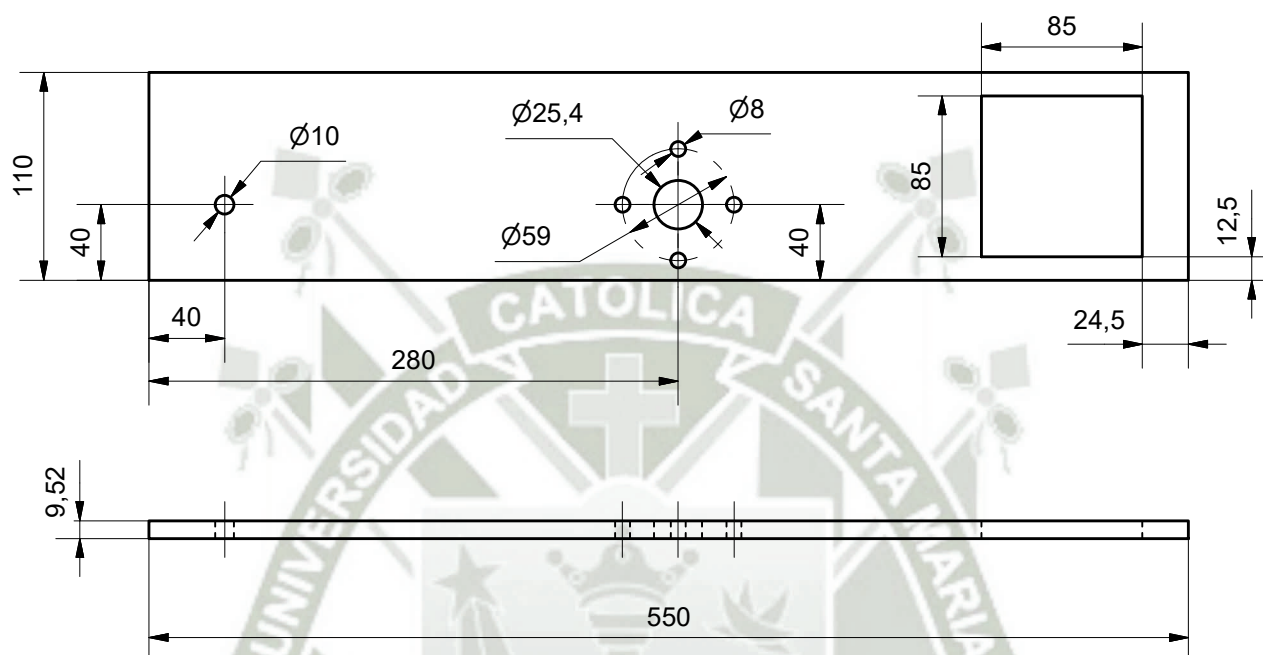
DIBUJADO POR:

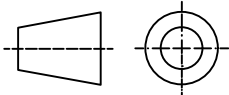
OJEDA F.

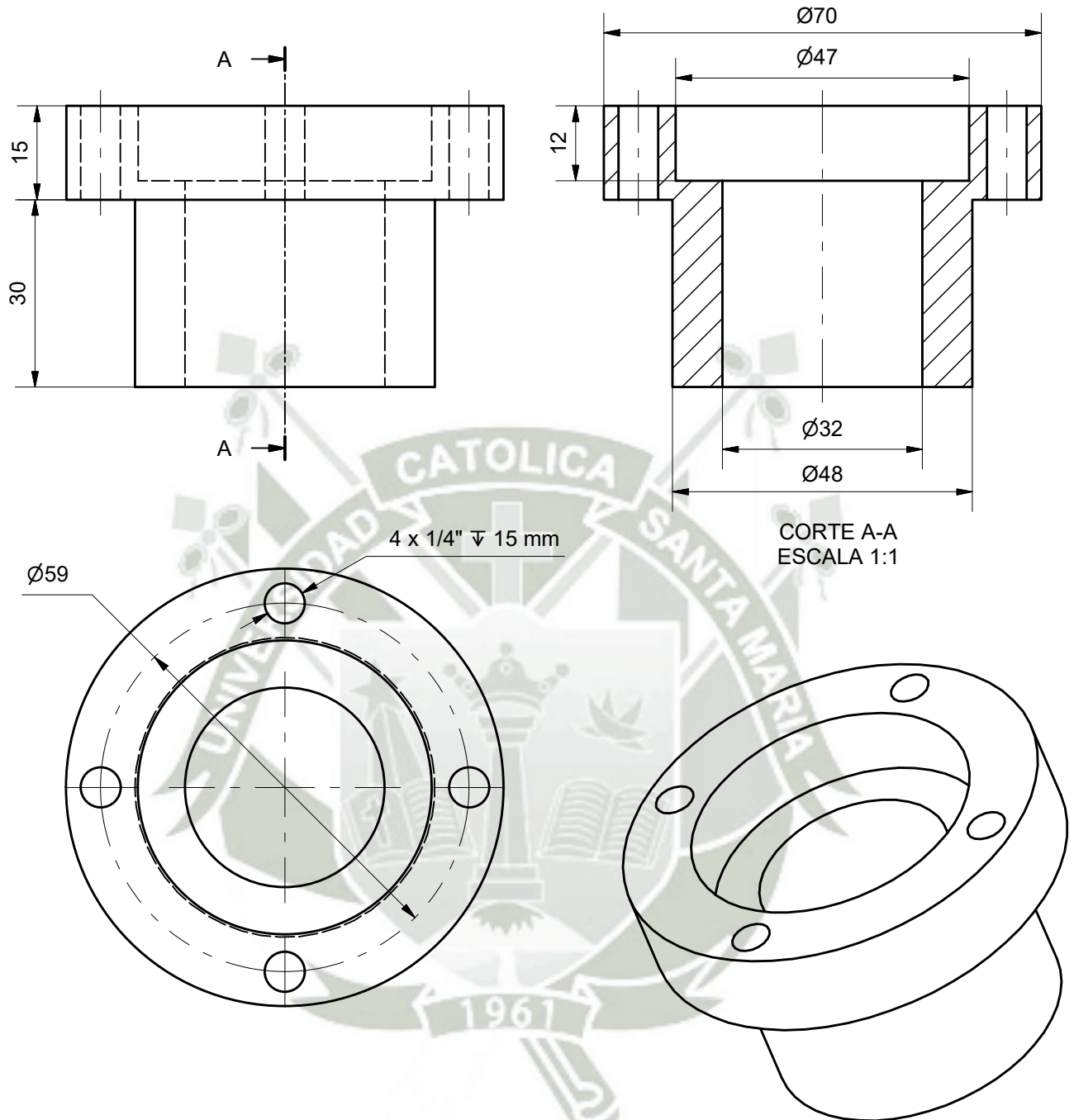
FECHA:

1/12/2016

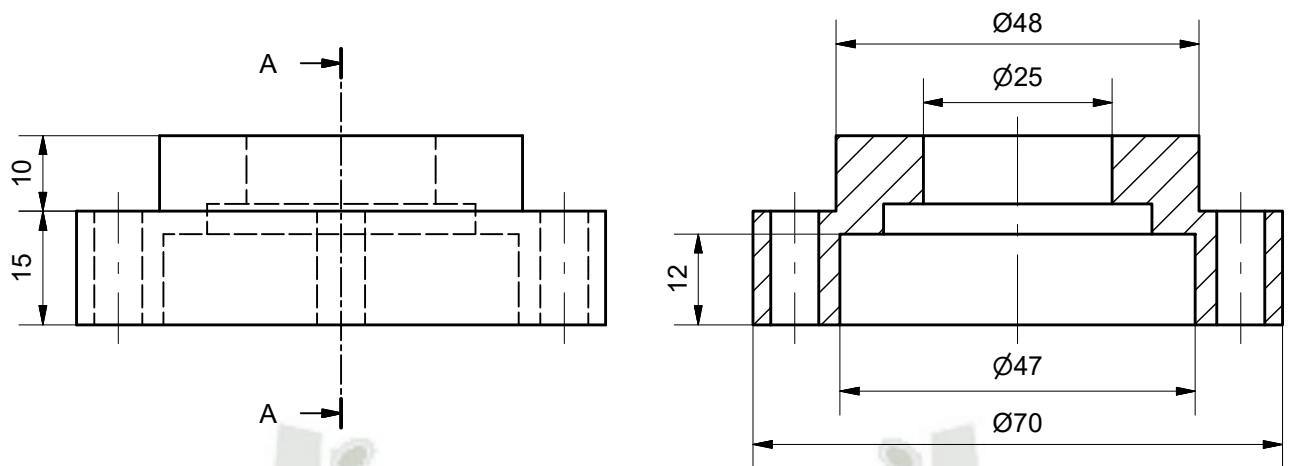
LÁMINA: A4
N.º 30



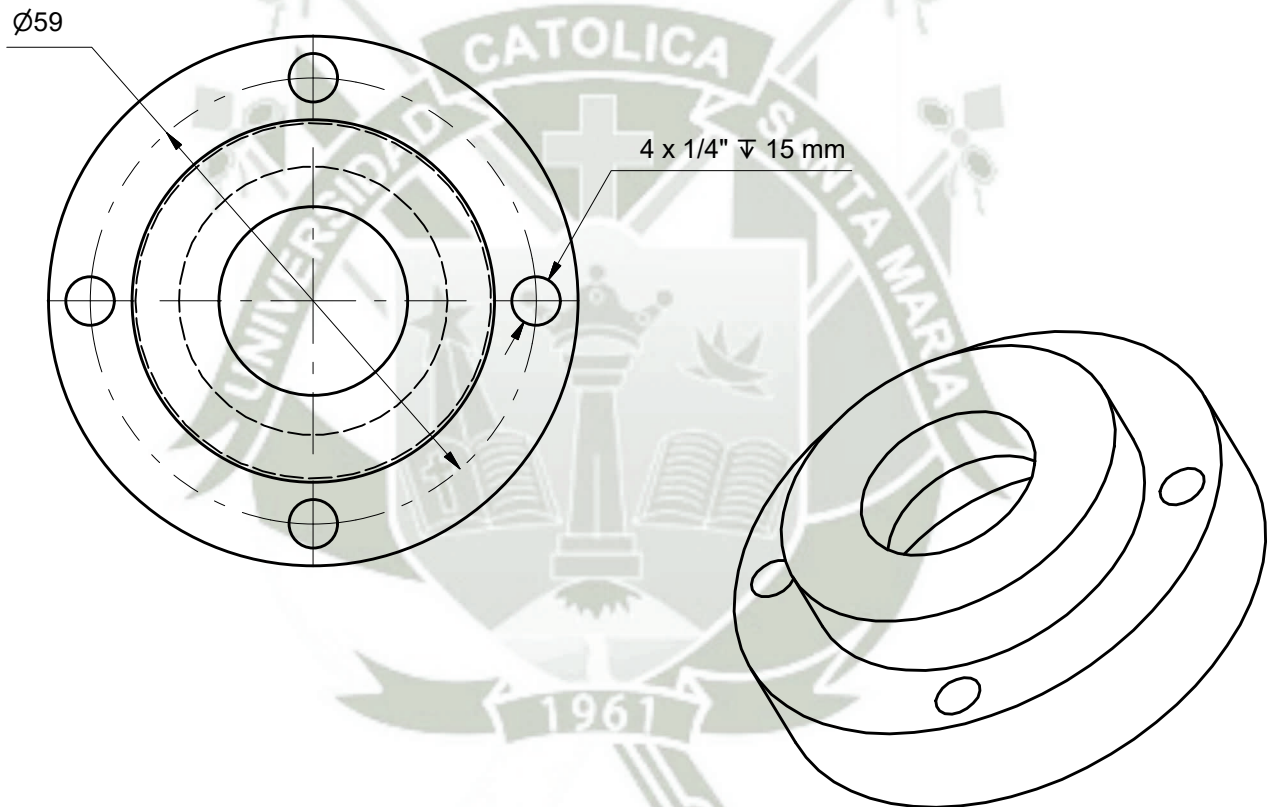
ACABADO SUPERFICIAL N3		MATERIAL ASTM A-36
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Placa base de Sistema Envolverte	ESCALA 1:4
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	FECHA: 1/02/2017
		LÁMINA: A4 N.º 31



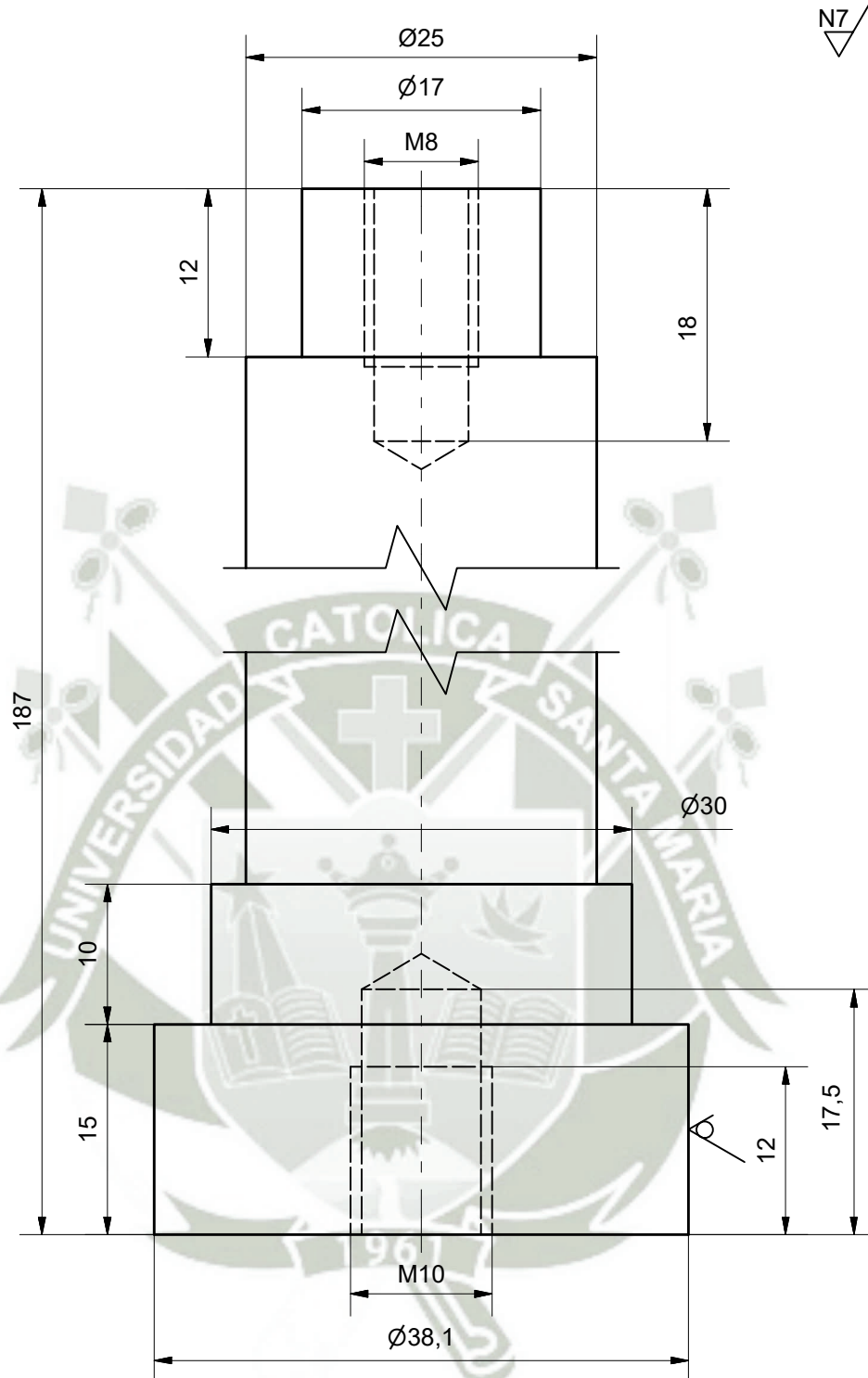
ACABADO SUPERFICIAL N7		MATERIAL ASTM A-36
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Brida inferior de sistema envolvente	ESCALA 1:1
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	FECHA: 15/12/2016
		LÁMINA: A4 N.º 32



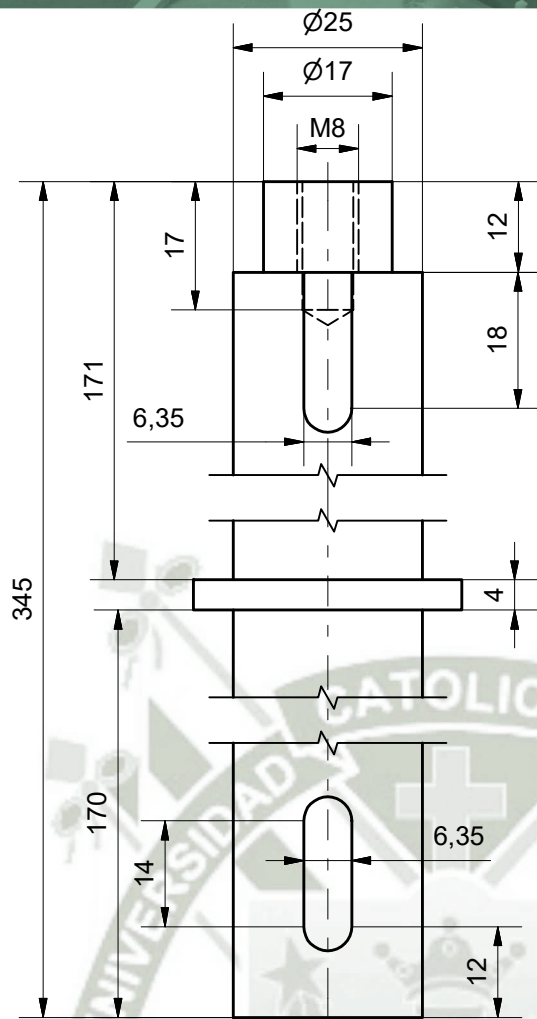
CORTE A-A
ESCALA 1:1



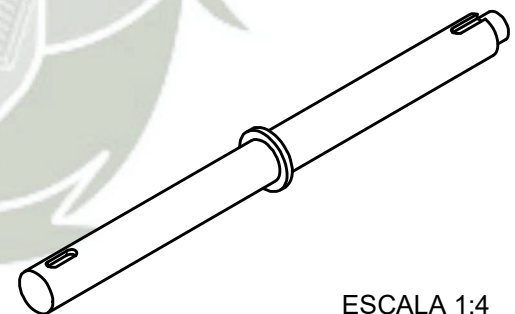
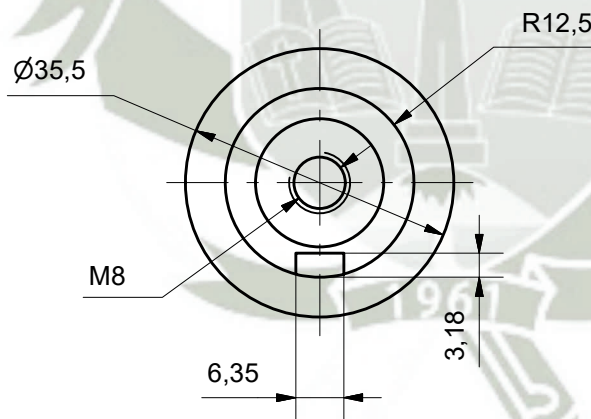
ACABADO SUPERFICIAL N7		MATERIAL ASTM A-36
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Brida superior de sistema envolvente	ESCALA 1:1
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	FECHA: 15/12/2016
		LÁMINA: A4 N.º 33



ACABADO SUPERFICIAL N7		MATERIAL ACERO AISI 1045 (Eje 1 1/2")
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Eje fijo de sistema envolvente	ESCALA 2:1
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	FECHA: 15/12/2016
		LÁMINA: A4 N.º 34

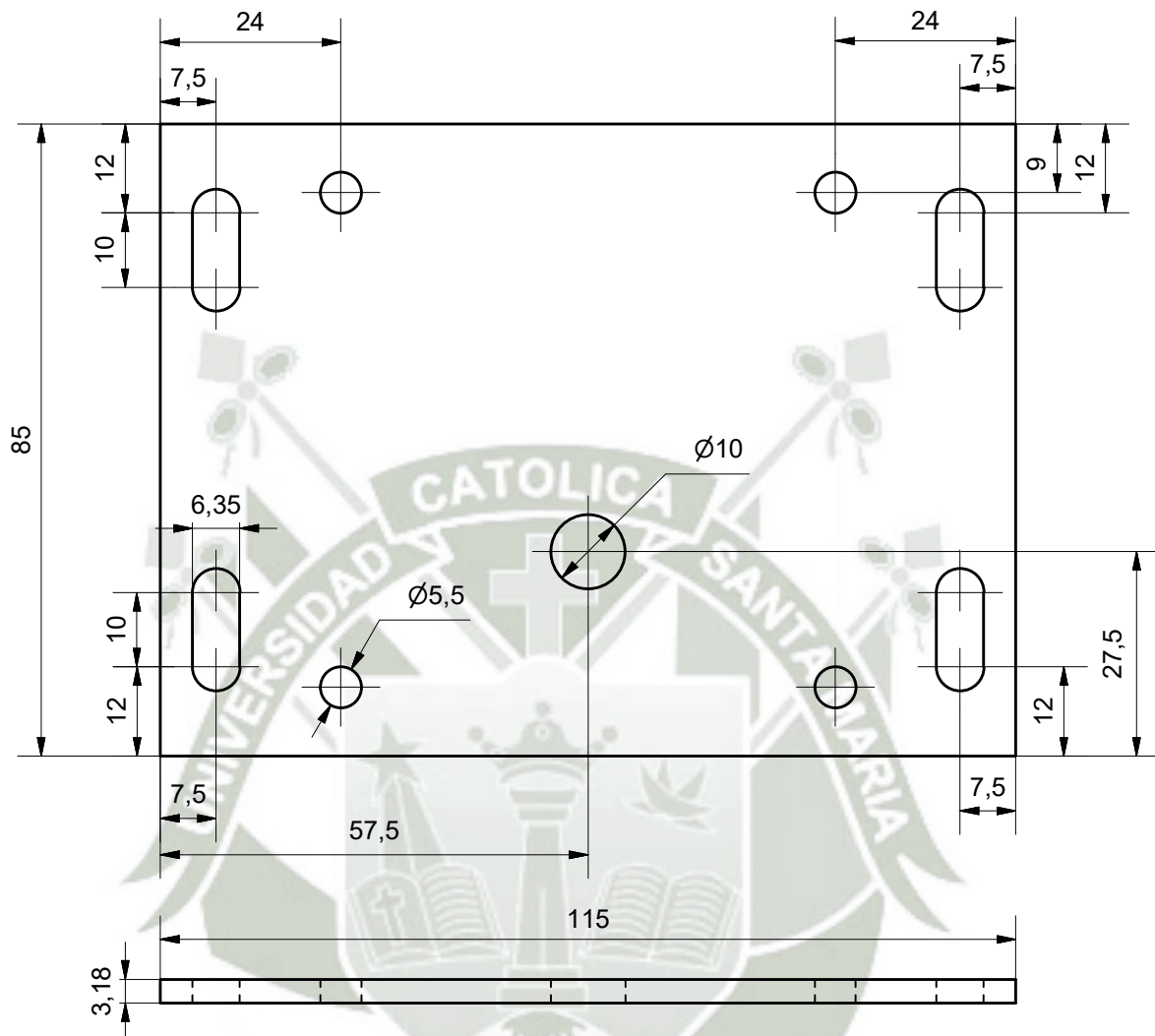


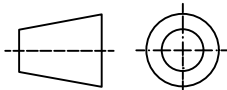
N7 Torneado



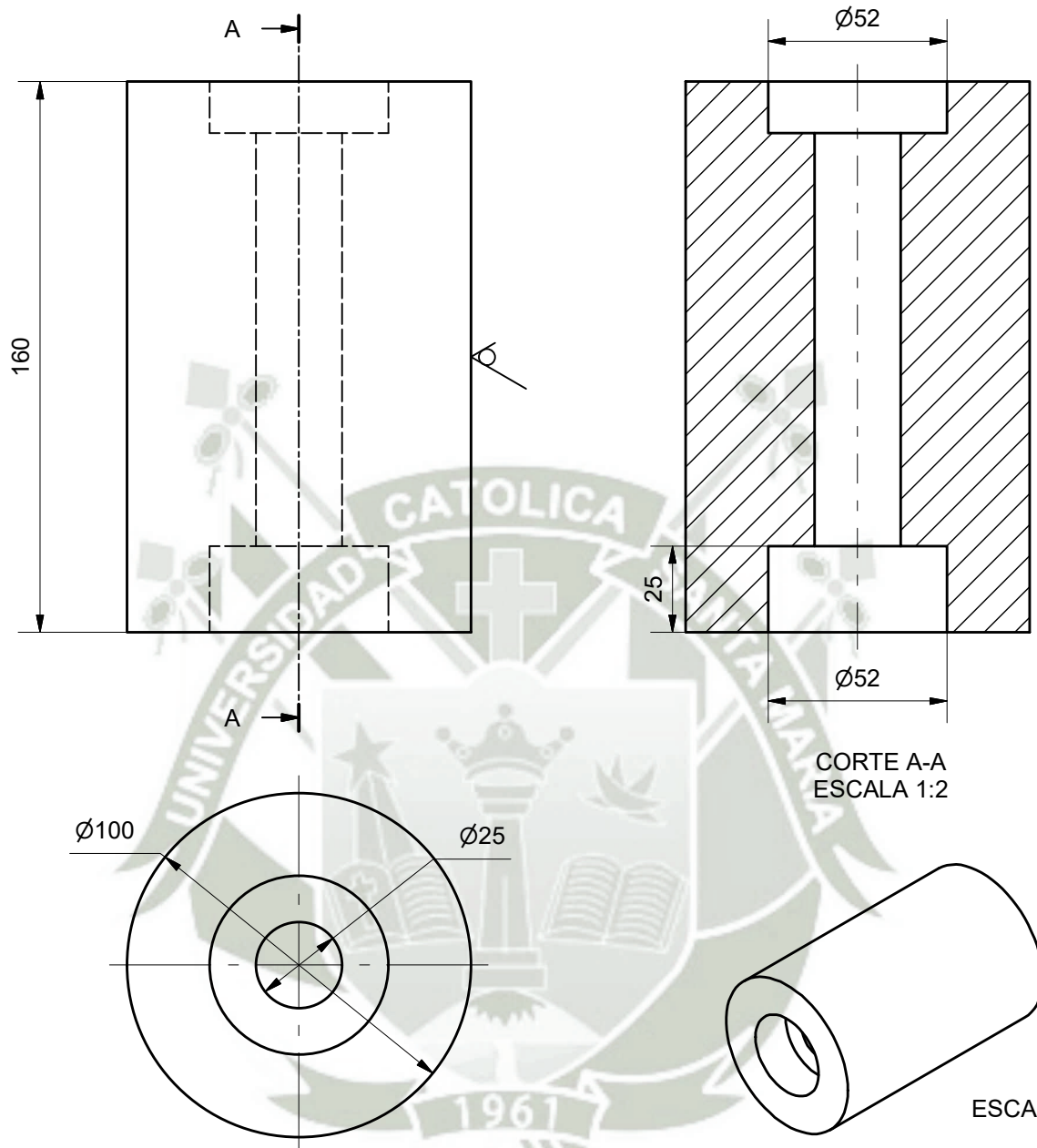
ESCALA 1:4

ACABADO SUPERFICIAL N7		MATERIAL ACERO AISI 1045 (Eje 1 1/2")
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Eje motriz de sistema envolvente	ESCALA 1:1
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	FECHA: 15/12/2016
		LÁMINA: A4 N.º 35

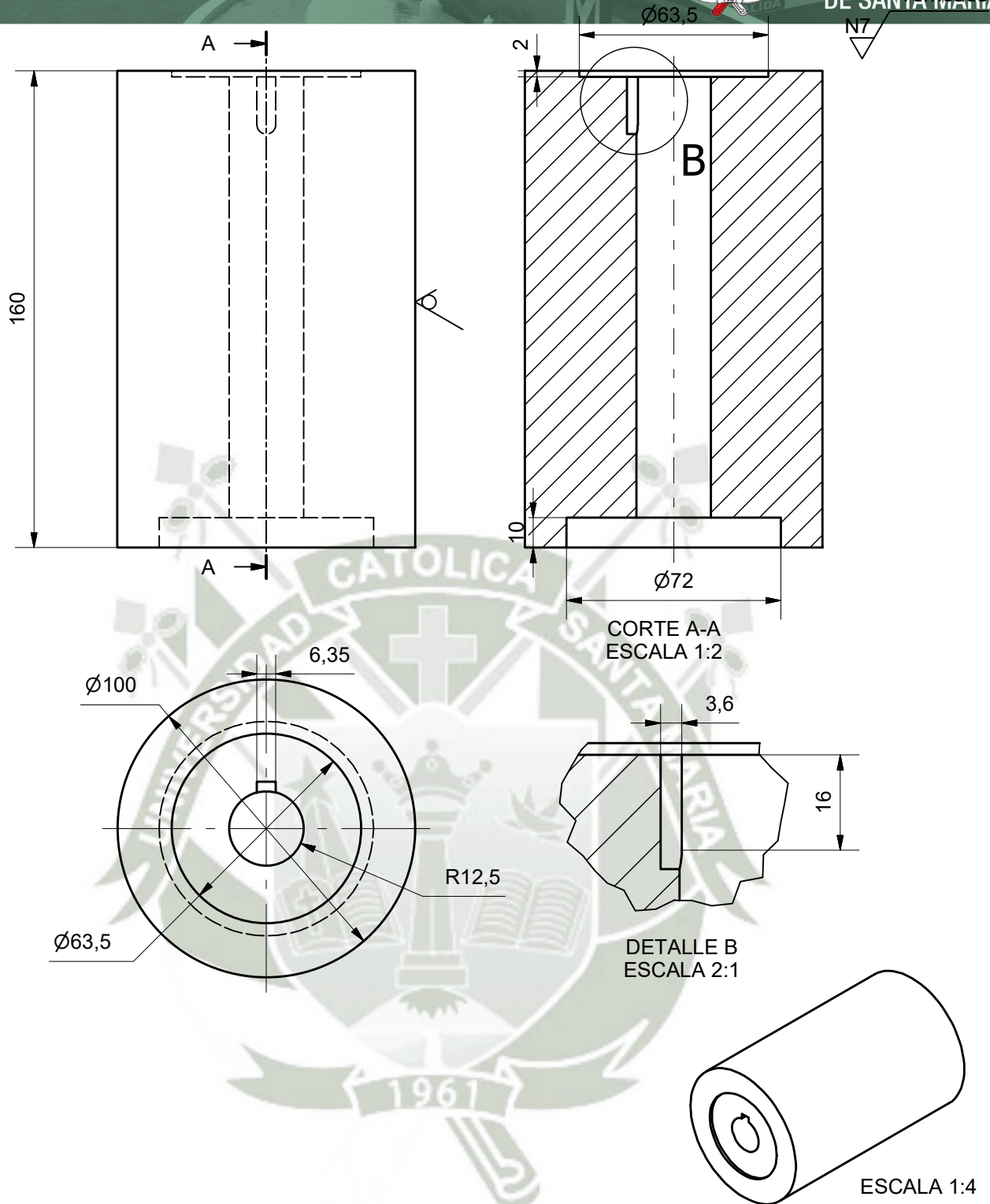


ACABADO SUPERFICIAL N3		MATERIAL ASTM A-36
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Placa de montaje de motor	ESCALA 1:1
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	FECHA: 1/02/2017
		LÁMINA: A4 N.º 36

N7

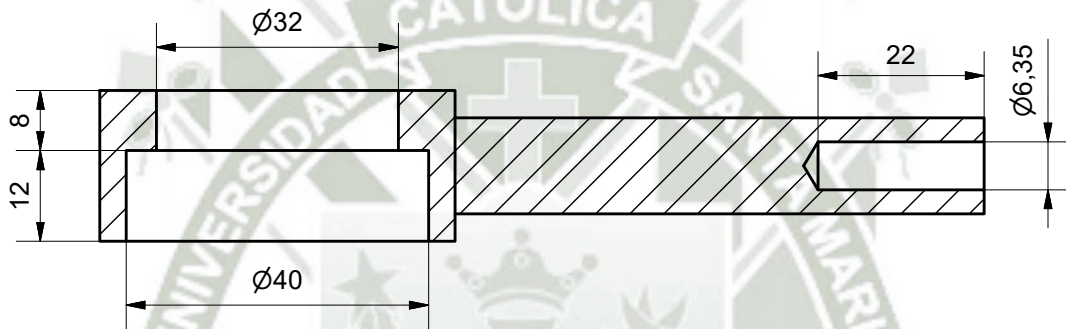
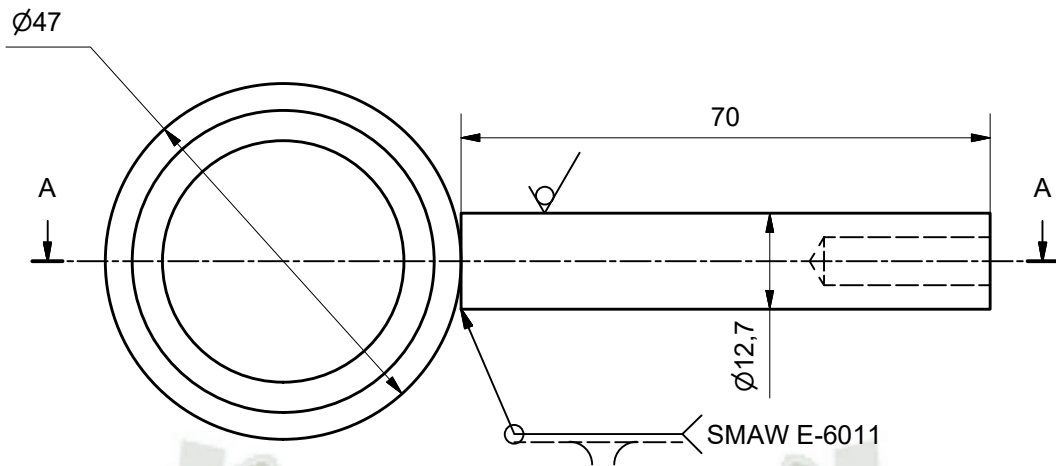


ACABADO SUPERFICIAL N7	MATERIAL NYLON (POLIAMIDA Ø 75 mm) Ø 75 mm	
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Rodillo libre de sistema envolvente	ESCALA 1:2
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	FECHA: 15/12/2016
		LÁMINA: A4 N.º 37

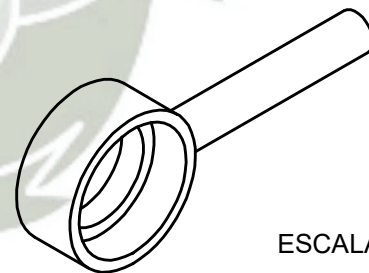


ACABADO SUPERFICIAL N7		MATERIAL NYLON (POLIAMIDA $\text{Ø} 75 \text{ mm}$) $\text{Ø} 75 \text{ mm}$
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Rodillo motriz de sistema envolvente	ESCALA 1:2
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	FECHA: 15/12/2016 LÁMINA: A4 N.º 38

N7

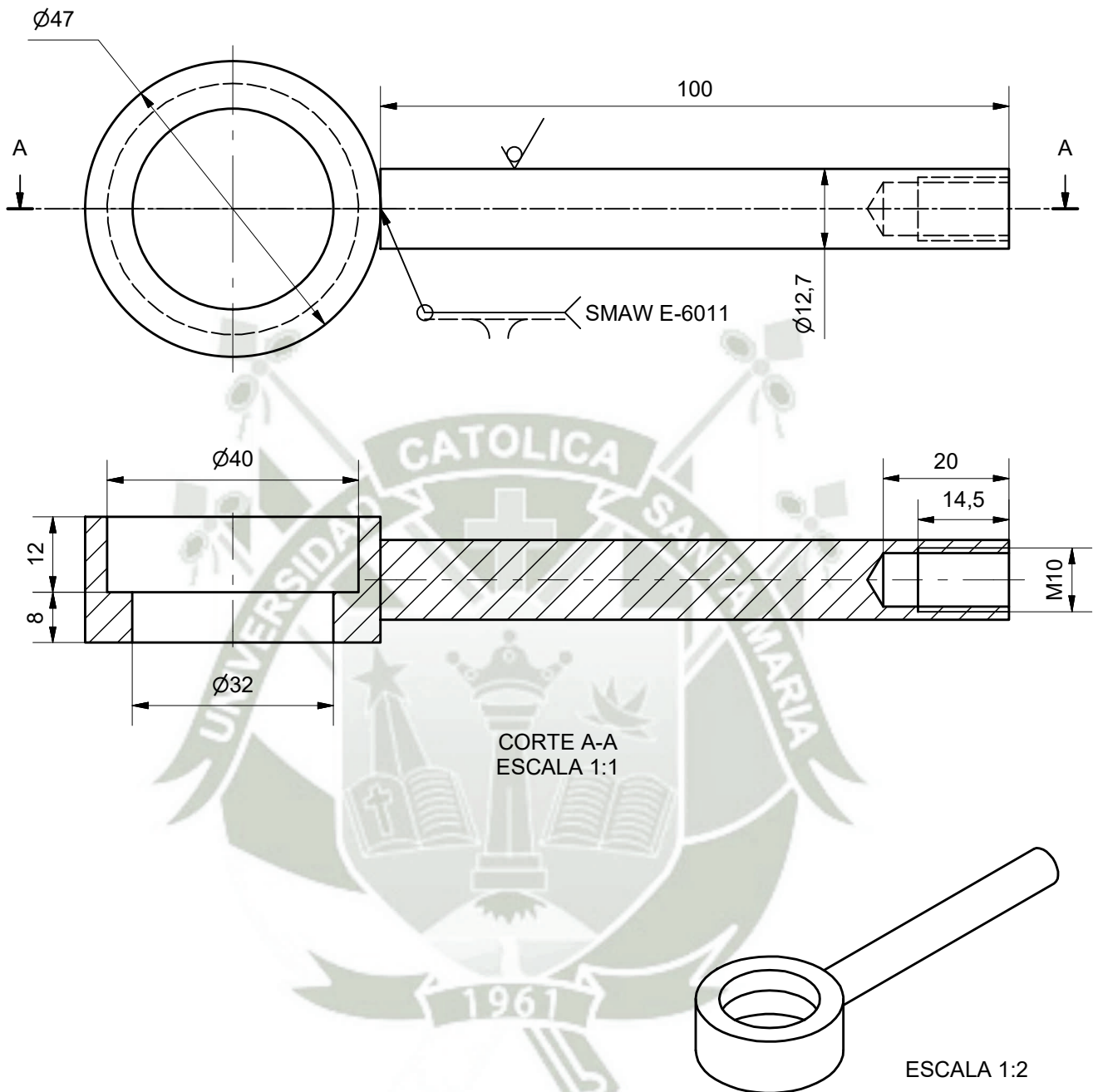


CORTE A-A
ESCALA 1:1

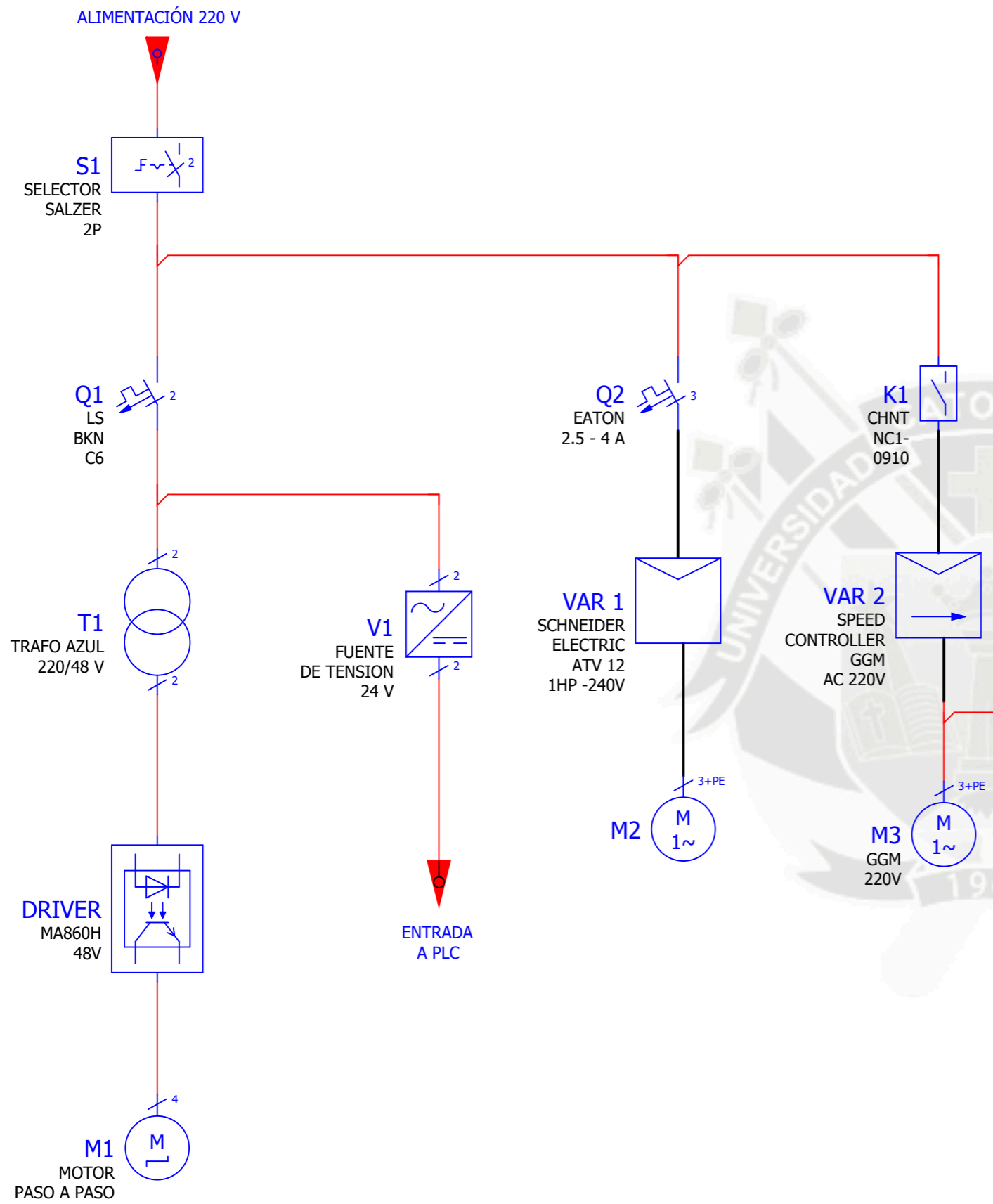


ESCALA 1:2

ACABADO SUPERFICIAL N7		MATERIAL ACERO AISI 1045 (Ø 1/2")
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Tensor fijo de sistema envolvente	ESCALA 1:1
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	FECHA: 15/12/2016
		LÁMINA: A4 N.º 39

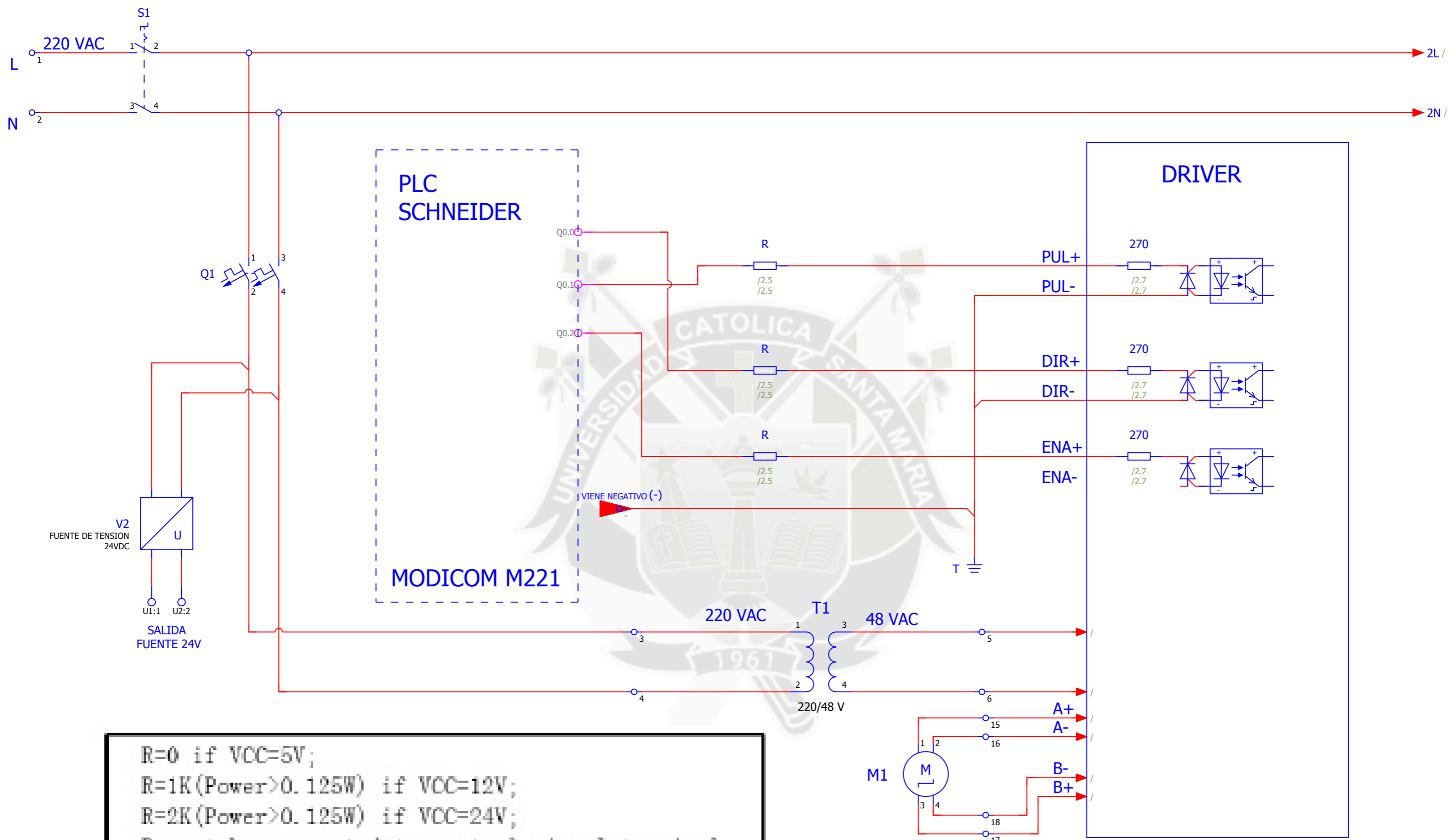


ACABADO SUPERFICIAL N7		MATERIAL ACERO AISI 1045 ($\text{Ø} 1/2''$)
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA SISTEMA DE ETIQUETADO DE ENVASES PET Tensor motriz de sistema envolvente	ESCALA 1:1
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	FECHA: 15/12/2016
		LÁMINA: A4 N.º 40

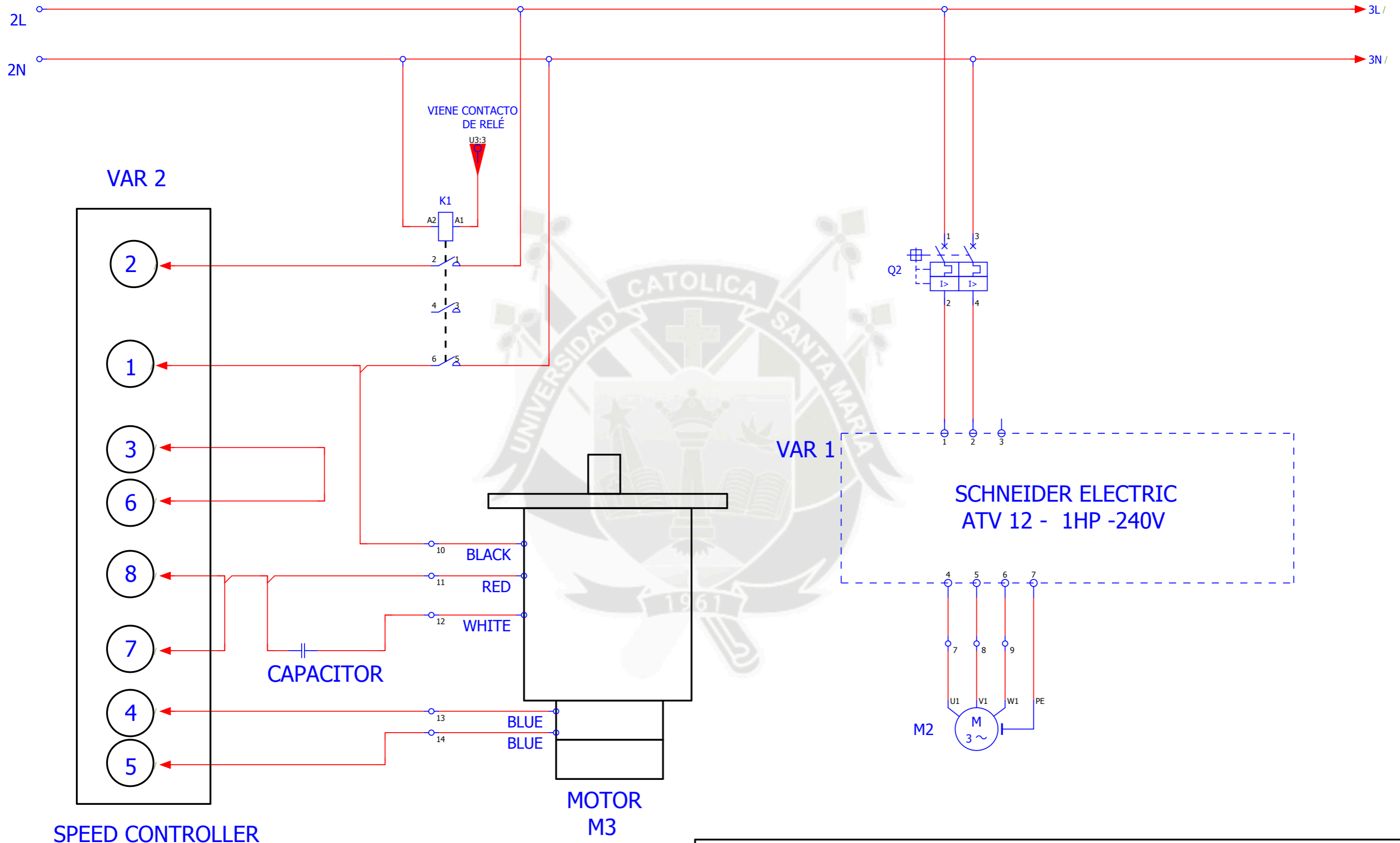


LEYENDA	
	SELECTOR 2 POSICIONES
	INTERRUPTOR MONOFASICO
	GUARDAMOTOR TRIFASICO
	TRANSFORMADOR MONOFASICO
	FUENTE DE 24 V
	VARIADOR DE FRECUENCIA / CONTROLADOR DE VELOCIDAD
	CAPACITOR
	DRIVER
	MOTOR PASO A PASO / MOTOR

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA		
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS FISICAS Y FORMALES		
 Universidad Católica Santa María	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA	ESCALA: 1:1
	SISTEMAS DE ETIQUETADO DE ENVASES PET DIAGRAMA UNIFILAR	FECHA: 16/04/2017
2005221371	DIBUJADO POR: OJEDA F.	PAGINA: 01



R=0 if VCC=5V;
 R=1K (Power>0.125W) if VCC=12V;
 R=2K (Power>0.125W) if VCC=24V;
 R must be connected to control signal terminal.



SPEED CONTROLLER

MOTOR
M3

SCHNEIDER ELECTRIC
ATV 12 - 1HP -240V

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS FISICAS Y FORMALES



Universidad
Católica
Santa María

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA
MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA

SISTEMAS DE ETIQUETADO DE ENVASES PET
DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE VARIADORES

ESCALA:
1:1

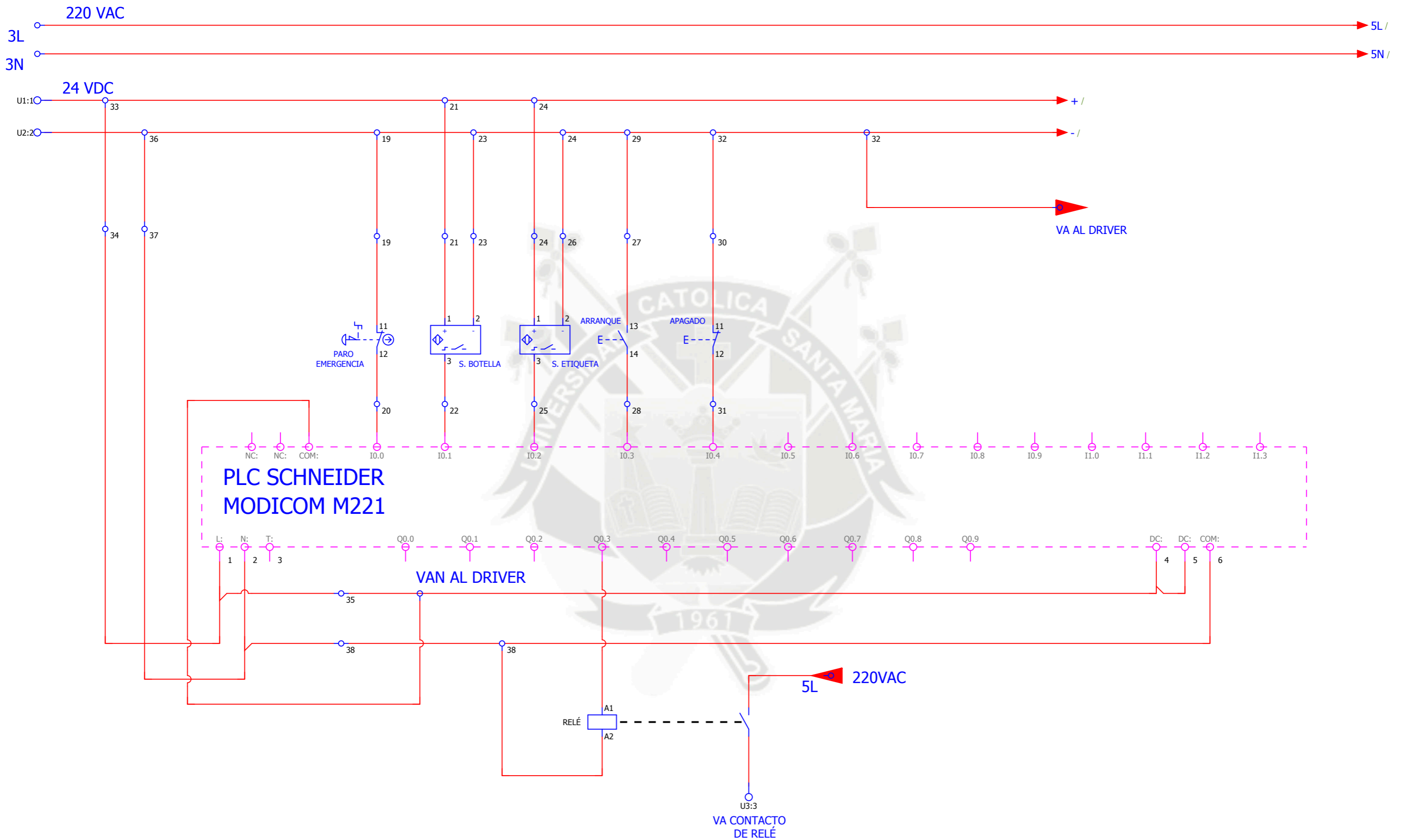
FECHA:
16/04/2017

2005221371

DIBUJADO POR:

OJEDA F.

PAGINA:
03



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS FISICAS Y FORMALES



Universidad Católica Santa María

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA
MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA

SISTEMAS DE ETIQUETADO DE ENVASES PET

ESQUEMA DE CONTROL PLC

ESCALA:
1:1

FECHA:
16/04/2017

2005221371

DIBUJADO POR:

OJEDA F.

PAGINA:
05