

Tecnológico de Costa Rica
Área Académica Ingeniería Mecatrónica

TEC | Tecnológico
de Costa Rica



**"DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE MEJORA EN MÁQUINA ALIMENTADORA DE PINES
EN CONECTORES DE TIPO IDC"**

**Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniero en
Mecatrónica con el grado académico de Licenciatura**

César Luis López Porras

Alajuela Noviembre, 2015

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
PROYECTO DE GRADUACIÓN
ACTA DE APROBACIÓN

Proyecto de Graduación defendido ante el presente Tribunal Evaluador como requisito para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica con el grado académico de Licenciatura, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Miembros del Tribunal



Ing. Luis Carlos Rosales Alpizar

Profesor lector



Ing. Javier Pérez Rodríguez

Profesor lector



Ing. Ana Lucía Morera Barquero

Profesor asesor

Los miembros de este Tribunal dan fe de que el presente trabajo de graduación ha sido aprobado y cumple con las normas establecidas por la Carrera de Ingeniería Mecatrónica

Cartago, 13 de Noviembre, 2015

CARTA DE ENTENDIMIENTO

Señores

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Biblioteca José Figueres Ferrer

Yo César Luis López Porras carné 201018743, autorizo no autorizo a la Biblioteca José Figueres Ferrer del Instituto Tecnológico de Costa Rica disponer del Trabajo Final realizado por mi persona, con el título Diseño y Automatización de mejora en máquina alimentadora de pines en conectores tipo IDC para ser ubicado en el Repositorio Institucional y Catálogo SIBITEC para ser accesado a través de la red Internet.



Firma del estudiante

Cédula: 402090232

Resumen

SAMTEC es una empresa dedicada a la manufactura de componentes electrónicos, y está comprometida con el servicio al cliente, es por ello que siempre está en búsqueda de mejorar sus procesos de producción y por ende la calidad de sus productos.

En este documento se desarrolla la solución a un problema presente en el método de producción actual utilizado por SAMTEC. Inicialmente se estableció una cuantificación del impacto económico que representa para la empresa, el método utilizado para la producción de un tipo de cables y conectores. En este proceso existen entre otros problemas, la falta de pines en el conector final, pérdida de tiempo en ajustes mecánicos y pérdida de material por fallas de la máquina. Además, se requiere de una interfaz de usuario para los operarios, ya que se busca evitar que se deban realizar ajustes mecánicos frecuentemente.

El sistema actual consiste en empujar un carrete de pines, para darle avance lineal; esto se logra gracias a un cilindro neumático y una placa de tope ajustable. Como propuesta solución se desarrolló un sistema que utiliza un actuador lineal eléctrico, el mismo es programable, esto facilita los ajustes necesarios y además se diseñó un sistema de empuje que extiende un pin cuando realiza movimiento de avance y se contrae cuando se devuelve, lo cual evita un desgaste tanto en el material como en la máquina.

Palabras clave: SAMTEC, cables, conectores, actuador lineal eléctrico, interfaz de usuario, alimentación de pines, carrete de pines.

Abstract:

SAMTEC is a company dedicated to the manufacture of electronic components, and is committed to customer service, which is why they are always looking to improve their production processes and thus the quality of their products.

This paper develops the solution to a problem present in the current production method used by SAMTEC. Initially it was established a quantification of the economic impact for the company representing the method used for the production of a type of cables and connectors. In this process there are among other problems, the lack of pins on the connector, lost time in mechanical settings and material loss due to failures of the machine. In addition, it requires a user interface for operators, as it seeks to avoid to be carried out mechanical adjustments frequently.

The current system involves pushing a reel of pin to give linear feed; this is achieved thanks to a pneumatic cylinder and an adjustable stop plate. As proposed solution a system that uses an electric linear actuator is developed, it is programmable, this makes easier the necessary adjustments and also a push system that extends a pin when performing forward motion and shrinks the pin when it returns was designed, which prevents wear on both the material and the machine.

Key words: SAMTEC, cables, connectors, electric linear actuator, user interface, pin feed, reel of pin.

Dedicatoria

Dedico este trabajo principalmente a Dios. Siempre estuvo a mi lado y es quien me dio la fortaleza en los momentos más difíciles.

A mis padres, que siempre me apoyaron y alentaron a continuar, proveyendo todo lo necesario para cumplir exitosamente mis estudios.

A mi madre Sonia Porras Alpízar, por enseñarme con amor y dedicación el camino correcto para ser una mejor persona.

A mi padre Hernán Lopez Marín, por mostrarme la importancia de la disciplina y que el esfuerzo para conseguir nuestras metas, siempre vale la pena.

Agradecimiento

A mis padres por su amor y apoyo incondicional. Por todo el tiempo que dedicaron a enseñarme los principios más importantes de la vida. Por todo el sacrificio que han hecho para hacer posible el logro de mis metas.

A mis hermanas, que siempre me han demostrado su amor y compañía.

A mis amigos que han estado conmigo durante todos estos años y de una u otra manera, me han demostrado su aliento y confianza.

Al Ing. Ronald Morera Soto, que me brindó su ayuda durante mis estudios y se convirtió en un amigo.

A toda mi familia que ha estado a mi lado, y me han compartido sus consejos y conocimientos.

A los profesores que me guiaron durante la realización de este proyecto.

Índice General

Capítulo 1. Introducción	1
1.1 Reseña de la empresa	1
1.1.1 Actividad que realiza la empresa	1
1.1.2 Ubicación	1
1.1.3 Orígenes	1
1.1.4 Productos	2
1.2 Justificación	2
1.2.1 Descripción del proyecto	2
1.2.2 Beneficiarios	8
1.2.3 Antecedentes	8
1.2.4 Situación que da origen al proyecto	8
1.2.5 Problema	9
1.2.6 Diagrama causa-efecto	9
1.2.7 Síntesis del problema	10
Capítulo 2. Objetivos	11
2.1 Objetivo general	11
2.2 Objetivos específicos	11
Capítulo 3. Funcionamiento actual de la máquina	12
3.1 Pines	12
3.2 Track	15
3.3 Sistema de empuje	17
3.4 Salida del track y corte del carrete	19
Capítulo 4. Propuestas	21
4.1 Descripción general de propuestas de proyecto	21

4.1.1 Propuesta 1	22
4.1.2 Propuesta 2	23
4.2 Requerimientos	24
4.3 Estudio propuesta 1	27
4.3.1 Rueda de pines.....	28
4.3.2 Reductor	29
4.3.3 Motor	29
4.3.4 Sensor de posición angular	29
4.4 Estudio propuesta 2	30
4.4.1 Actuador lineal eléctrico	30
4.4.2 Pin de empuje	31
4.4.3 Sistema de sujeción.....	31
4.3 Propuesta seleccionada	32
Capítulo 5. Diseño de propuesta seleccionada	35
5.1 Selección de componentes	35
5.1.1 ROBO Cylinder	35
5.1.2 Cilindro del pin de empuje	36
5.1.3 Sensor detector de pines	37
5.2 Diseño mecánico	39
Capítulo 6. Control del proceso	43
6.1 Control actual	43
6.2 Control propuesto	44
6.2.1 PLC.....	45
6.2.2 Interfaz de usuario	45
6.2.3 Controlador del “ROBO Cylinder”	45

6.3 Programación	46
6.3.1 Lógica del PLC	49
6.3.2 Programación de la pantalla	50
6.3.3 Configuración del controlador del R.C.	53
6.4 Conexión eléctrica	54
Capítulo 7. Análisis económico.....	56
7.1 Costo de la implementación.....	56
7.2 Pérdidas actuales del proceso	57
7.2.1 Tiempos muertos de la máquina.	57
7.2.2 Material defectuoso.....	58
7.2.3 Ritmo de producción.....	60
7.2.4 Pines faltantes (problemas de calidad reportados)	62
7.2.5 Seguridad	62
7.2.6 Pérdida de pines.....	63
7.3 Recuperación de la inversión	64
7.4 Resultados	65
7.4.1 Indicadores	66
Capítulo 8. Conclusiones y recomendaciones	68
8.1 Conclusiones	68
8.2 Recomendaciones	69
Bibliografía.....	70
Apéndices.....	72
Apéndice A.1. Glosario	72
Apéndice A.2. Planos del diseño mecánico	73
Apéndice A.3. Diagrama en escalera de la programación del PLC	74

Apéndice A.4. Interfaz de usuario	80
Apéndice A.5. Símbolos del diagrama de flujo	82
Apéndice A.6. Plano eléctrico	83
Anexos	85
Anexo B.1. Hoja de datos del ROBO Cylinder	85
Anexo B.2. Hoja de datos del PLC.....	87
Anexo B.3. Diagrama en escalera de la programación actual del PLC	88
Anexo B.4. Hoja de datos del controlador del ROBO Cylinder	93
Anexo B.5. Hoja de datos de la pantalla táctil.....	96

Índice de figuras

Figura 1.1 Carrete de pines (TCSD).	3
Figura 1.2 Cuerpo de conector (sin pines).	4
Figura 1.3. Conector con pines (TCMD).	4
Figura 1.4. Cable con conector.	5
Figura 1.5. Máquina actual con implementación de ingreso de pines automático.	7
Figura 1.6 Diagrama causa-efecto del problema.	9
Figura 3.1 Detalle de pines para TCSD.	12
Figura 3.2 Detalle de pines para TCMD.	13
Figura 3.3 Detalle de pines para FFSD.	14
Figura 3.4 Detalle de pines para FFMD.	14
Figura 3.5 Track utilizado para la serie TCSD.	16
Figura 3.6 Track utilizado para la serie TCMD.	16
Figura 3.7 Track utilizado para la serie FFSD.	17
Figura 3.8 Sub ensamble de empuje actual.	18
Figura 3.9. Salida del carrete del track y corte de carrier.	19
Figura 3.10. Contact hold down.	20
Figura 4.1. Entrada de pines al proceso sin mejora de ingreso de pines.	21
Figura 4.2. Entrada de pines al proceso con mejora de ingreso de pines.	22
Figura 4.3. Propuesta de solución 1.	23
Figura 4.4. Propuesta de solución 2.	24
Figura 4.5. Esquema de fuerza de empuje.	25
Figura 4.6. Diagrama presión-fuerza.	25
Figura 4.7. Velocidad media de los émbolos sin carga	26
Figura 4.8. Sistema utilizado por SAMTEC.	27
Figura 4.9. Sub ensamble de rueda con pines.	28
Figura 4.10. Curva de rendimiento del Motor Velocidad – Torque.	29
Figura 4.11. Actuador lineal Intelligent Actuators ROBO Cylinder.	30
Figura 4.12. Sistema de empuje con rueda de sentido único.	32
Figura 4.13. Bosquejo solución de propuesta 1.	33
Figura 4.14. Bosquejo solución de propuesta 2.	33

Figura 5.1. Selección de actuador neumático.	37
Figura 5.2 Ubicación del haz de luz entre pines de la serie FFSD.....	38
Figura 5.3. Montaje del “ROBO Cylinder”.	39
Figura 5.4 Detalle de sub-ensamble del pin de empuje.	40
Figura 5.5. Detalle de sub-ensamble de sujeción 2.	40
Figura 5.6 Detalle de sub-ensamble de sujeción 3.	41
Figura 5.7 Vista isométrica del diseño propuesto.	42
Figura 6.1 Conexión eléctrica del control.	44
Figura 6.2 Controlador del ROBO Cylinder	45
Figura 6.3 Diagrama de programación del PLC.....	48
Figura 6.4 Diagrama de flujo que describe la programación de la pantalla en Crimson 3.	52
Figura 6.5 Configuración inicial del controlador del ROBO Cylinder.	53
Figura 6.6 Configuración del puerto de comunicación de la pantalla.	55
Figura 7.1 Producto desechado por fallas eléctricas.	60
Figura 7.2 Suciedad provocada por el arrastre de los pines de empuje.....	61
Figura 7.3 Ausencia de 3 pines en un conector.	62
Figura 7.4 Pérdida de pines por ajustes o falta de posiciones.	63
Figura 7.5 Evaluación de impacto esfuerzo.	66

Índice de tablas

Tabla 1.1 Estimación costo beneficio.	6
Tabla 4.1 Tiempo de carrera del pistón.	26
Tabla 4.2 Resumen requerimientos.	27
Tabla 4.3 Cotización estimada de propuesta 1	32
Tabla 4.4 Cotización estimada de propuesta 2	32
Tabla 4.5 Comparación de propuestas.....	34
Tabla 5.1 Comparación entre series de "ROBO Cylinder"	36
Tabla 5.2 Características generales de los sensores BGL.	38
Tabla 6.1 Entradas y salidas del PLC actual.	43
Tabla 6.2 Entradas y salidas del PLC del diseño propuesto.	46
Tabla 6.3 Memorias y temporizadores utilizados.....	47
Tabla 6.4 Configuración entradas/salidas del "ROBO Cylinder"	54
Tabla 7.1 Cotización de componentes necesarios.	56
Tabla 7.2 Cotización de componentes mecanizados.....	57
Tabla 7.3 Tiempos muertos de la máquina relacionados al problema.....	58
Tabla 7.4 Pérdidas económicas debidas a producto defectuoso.....	59
Tabla 7.5 Tiempo de producción perdido anual.....	61
Tabla 7.6 Pérdidas anuales por tiempo limpiando el track.....	62
Tabla 7.7 Ahorro estimado de la propuesta.....	64
Tabla 7.8 Depreciación del proyecto.....	64
Tabla 7.9 Ventas por serie en los últimos tres años.....	65
Tabla 7.10 Flujo de efectivo anual con un crecimiento del 5%.....	66
Tabla 7.11 Indicadores del análisis económico del proyecto.....	67

Capítulo 1. Introducción

1.1 Reseña de la empresa

1.1.1 Actividad que realiza la empresa

SAMTEC es una compañía dedicada al diseño y manufactura de componentes electrónicos, específicamente conectores y cables, por ejemplo cables de alta velocidad de transferencia de datos, así como conectores con pines, cuyas dimensiones y distancias de separación son menores a 1 mm.

1.1.2 Ubicación

Las plantas de producción se ubican en Estados Unidos, China, Malaysia, Singapur y Costa Rica. Esta última en el Parque Industrial ZETA Montecillos, 500 m oeste y 500 m sur de Coopemontecillos R.L. Alajuela.

1.1.3 Orígenes

A mediados de los años 1970 Sam Shine era el Vicepresidente de Ventas y Mercadeo en una mediana empresa de conectores, que estaba atravesando una creciente ola de demanda, y decidió asumir esta demanda uniéndose a la Bolsa de Valores. Poner a los accionistas a crecer a cualquier costo, se convirtió en el trabajo de todos los días. Como la producción automatizada se convertía cada vez más inflexible, Sam se frustraba y recordaba los días cuando su padre Ira estaba en el negocio de los servicios. Sam estaba cansado de decirle a los clientes que había una mínima cantidad de productos, largos tiempos de entrega y hasta semanas para entregar muestras. Él pensó en que debía haber una manera de mejorar esto, por ello Sam decidió crear su propia empresa dedicada a la producción de conectores electrónicos, pero enfocado en servicio al cliente.

1.1.4 Productos

En SAMTEC se desarrollan básicamente dos tipos de productos: conectores y cables, sin embargo existe una gran variedad de tipos de conectores, pueden variar en tamaño, forma, cantidad de pines, aplicaciones, forma de conectarse, almacenamiento, tipo de pines, entre muchos otros. Igualmente los cables pueden variar en aspectos como longitud, material, cantidad, calidad, aplicación, color, recubrimiento, indicadores, formas, diseño, entre otros. Para mayor información se recomienda visitar la página en internet de la empresa.

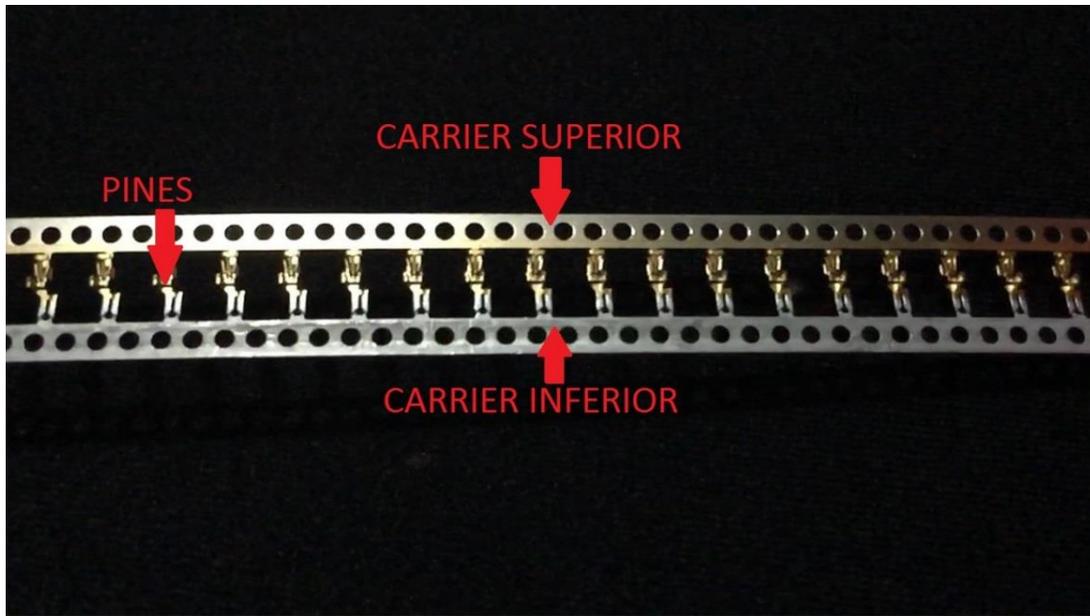
1.2 Justificación

1.2.1 Descripción del proyecto

Dentro de la empresa existe una sub-área llamada IDC (insulated displacement connectors) donde se realiza el ensamble tanto de los conectores con los pines como con el cable. Estos tres componentes se construyen en la empresa en procesos apartes, y cada uno de ellos posee un número de parte que los identifica. Gracias a un plano de ensamble, el operario puede saber cuáles son los pines, el cuerpo del conector y el cable que se requieren para el proceso; también se le indica la cantidad de posiciones o pines del conector; además de otros detalles que no afectan este proyecto.

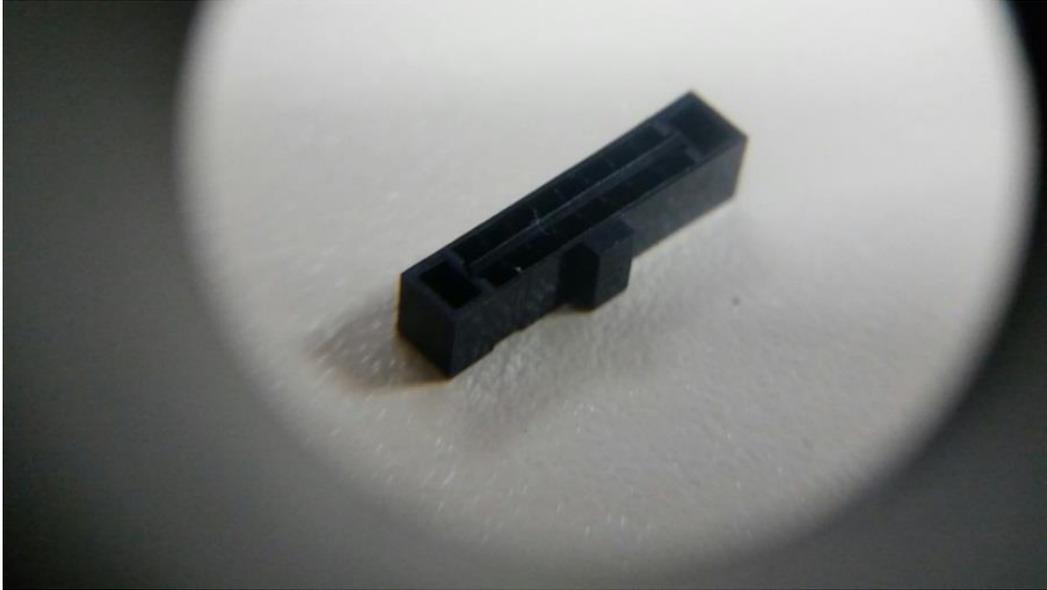
El conector se clasifica en macho o hembra (terminal o socket) y en este proceso se utilizan dos series, las llamadas TCXD y FFXD, donde la variable X define si es macho (M) o hembra (S). En este proceso se realiza el ensamble de las series TCMD, TCSD y FFSD, la serie FFMD se realiza en otro proceso diferente al que se explicará a continuación.

Los pines están unidos a un carrete por medio de sus dos extremos, como se muestra en la figura 1.1, tanto la parte superior como inferior del carrete (de ahora en adelante carrier superior e inferior) se desprenden durante el proceso de ensamblaje. En el caso de la serie TCMD solo posee carrier inferior.

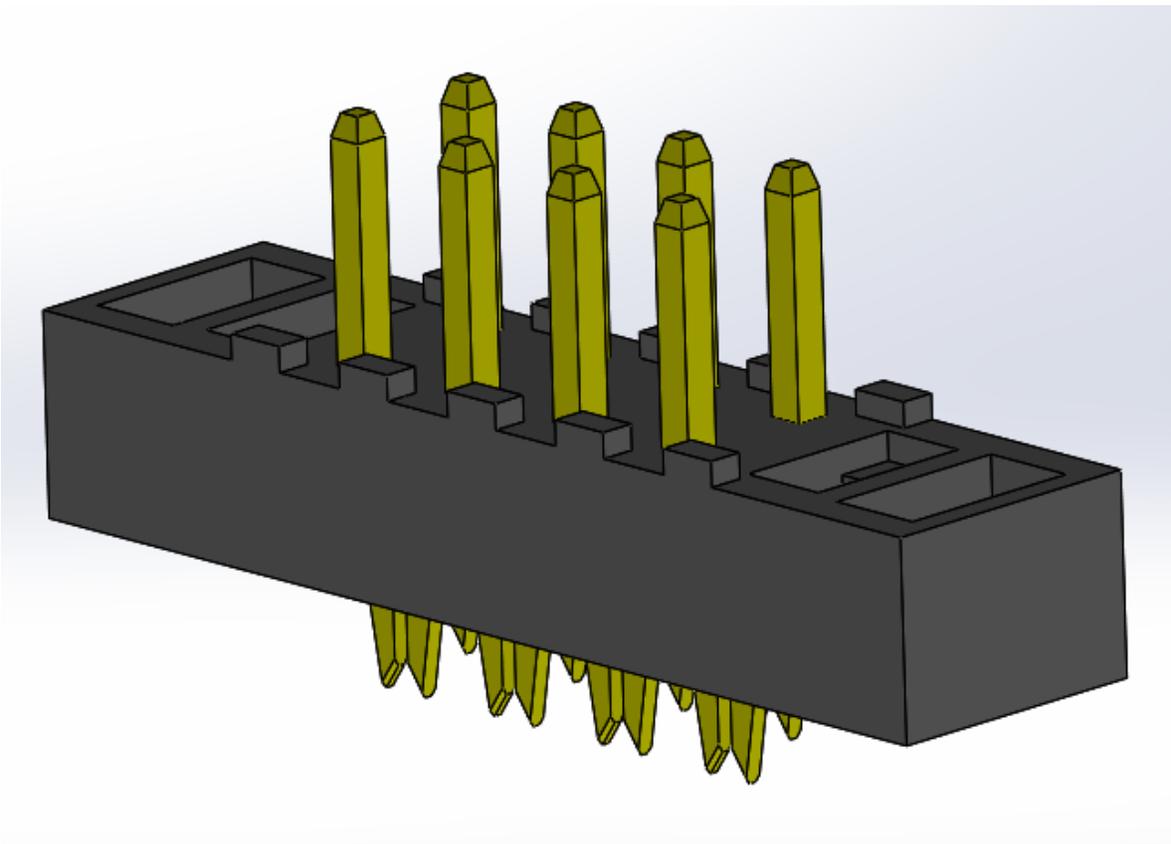


Fuente: Autor. Tomada en SAMTEC.
Figura 1.1 Carrete de pines (TCSD).

El proceso se realiza mediante una máquina a la que se le ingresa el carrete de pines manualmente, seguidamente por medio de un sistema neumático y de resortes se logra hacer avanzar los pines linealmente. El carrete atraviesa una pieza metálica diseñada especialmente con un canal, con la cual se logra desprender el carrier superior, esta pieza es conocida como track. Luego el carrete pasa a un canal donde entra el carrier inferior, se utiliza presión neumática para cortar el mismo y dejar la cantidad de pines deseada. Por último el operario coloca el cuerpo del conector (figura 1.2) sobre los pines y los inserta a presión utilizando un sistema con una prensa manual, en el caso de la serie TCMD esta prensa debe tener un dado con la forma de los pines para no dañarlos al ensamblar el cuerpo del conector. Al final de este proceso se obtiene el conector/terminal con pines (figura 1.3).



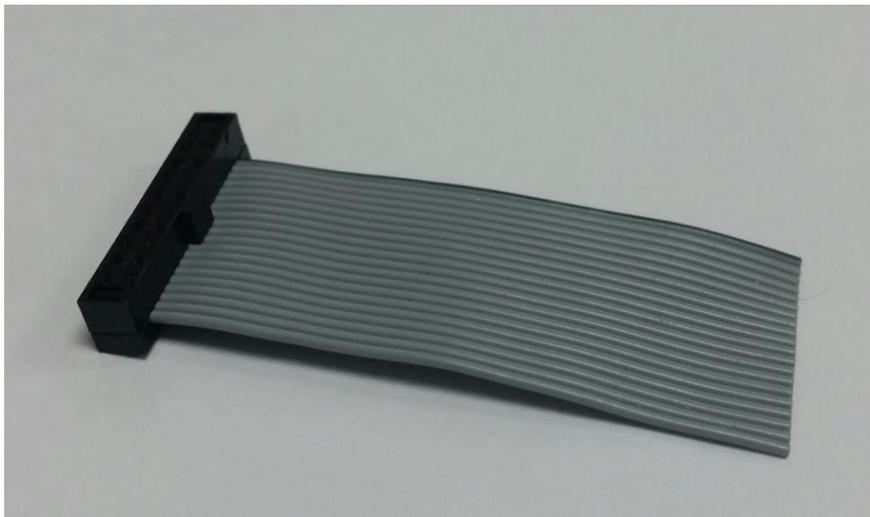
Fuente: Autor. Tomada en SAMTEC
Figura 1.2 Cuerpo de conector (sin pines).



Fuente: Recuperada de: www.samtec.com.
Figura 1.3. Conector con pines (TCMD).

Como se mencionó anteriormente el número de posiciones o de pines es variable, por lo cual existe una placa de tope con agujeros para ajustar mecánicamente el final de carrera del pistón neumático y así controlar el avance del carrete para obtener la cantidad de pines deseada para el conector. Las piezas que están en contacto con esta placa de tope son dos tornillos, donde su función es limitar tanto la expansión como la contracción del embolo del pistón. Debido a que estos tornillos están en constante golpeteo, el ajuste de los mismos como el de la placa de tope debe ser muy preciso y realizado por un técnico con experiencia, esto provoca que se pierda material y tiempo al realizar la calibración.

Luego de ensamblar el cuerpo del conector con los pines, se pasa a otra prensa donde se inserta en el cable, esta inserción se logra gracias a que los pines poseen un extremo puntiagudo para perforar el recubrimiento del cable, el resultado de esta etapa se observa en la figura 1.4. Esta inserción del conector en el cable, es externa a la máquina en cuestión.



Fuente: Autor. Tomada en SAMTEC.

Figura 1.4. Cable con conector.

Como proceso final antes de empacar el producto, a una muestra de los cables se les aplica una prueba de continuidad, para corroborar que cumplen con los estándares de calidad de la empresa. Sin embargo, los conectores se revisan visualmente.

Por medio de varios indicadores (ver tabla 1.1) se determinó que el proceso de producción de esta máquina presenta problemas tanto en el ingreso de pines a la máquina como en la alimentación (feed) para la inserción (ver figura 1.5 detalle A).

Tabla 1.1 Estimación costo beneficio.

Problema	Descripción	Costo anual estimado	Costo anual estimado	Notas (10%-20% de la información por Travis Loazier/ Jeff Eileer
		(con el volumen de producción actual)	(con un 20% de crecimiento)	
Velocidad de producción (RATE)	6 % del tiempo de inactividad debido a la alimentación manual	\$25,999	\$31,199	<i>Costo de trabajo de 2 operarios</i>
Falta de pines	5 problemas de calidad externos (eQPs) en los últimos 4 años	\$3,050	\$3,660	<i>El dato de Phil Eckert, AVG por EQP del 1er trimestre fue de \$610</i>
Tiempos muertos	16% (3% Track, 3% Altura, 3% Inclinación, 6% incorrecta alimentación de pines)	\$12,039	\$14,447	<i>Costo laboral operario + técnico</i>
Material defectuoso (SCRAP)	Falta de pines y malfuncionamiento de la máquina	\$24,750	\$29,700	<i>Favor notar que el 100% de las fallas eléctricas no están relacionadas a este proyecto, el % debió ser estimado</i>
Seguridad	Caso INC#2-2014; mano herida de la manipulación del carrete , no requiere atención médica	\$0	\$0	
		\$65,839	\$79,006	

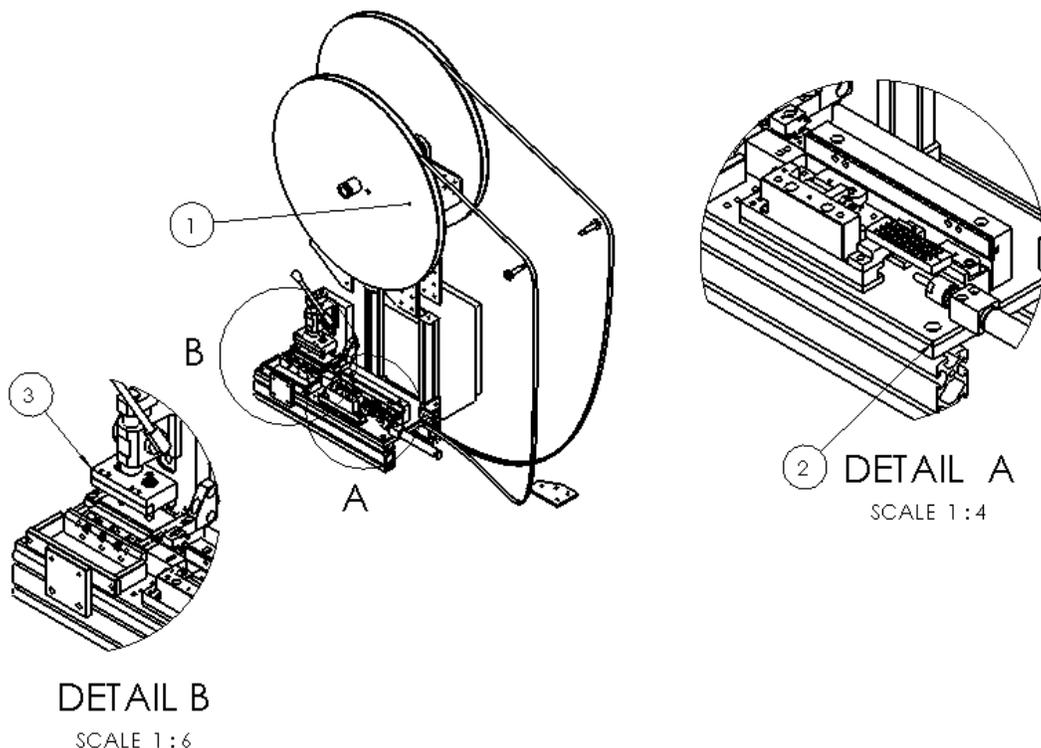
Fuente: Erick Hidalgo (SAMTEC)

Estos problemas le generan a SAMTEC una pérdida anual de aproximadamente \$65000; y se estima que con un crecimiento del 20% de la producción se genere una pérdida de aproximadamente \$79000; en estos momentos existen 8 máquinas en SAMTEC Costa

Rica que realizan este proceso, debido a esto, es viable invertir una suma que no supere los \$8000, en una posible solución que mejore el proceso y sea posible recuperar la inversión en un año, esta solución se aplicaría a una máquina para evaluar los resultados.

Para evitar esta pérdida se requiere una renovación de la máquina, de tal manera que el movimiento de los pines sea lo más preciso posible y con adecuada repetitividad, además que incluya la automatización del proceso y posea una interfaz que le permita al operario interactuar con la máquina, para ajustarla a los parámetros requeridos.

Los datos en la tabla 1.1 generaron dos posibles causas raíz del problema, el ingreso y el avance de los pines. Para mejorar la parte del ingreso de pines, SAMTEC realizó un diseño de ingreso de pines semi-automático (ver figura 1.5, sub-ensamble 1), lo cual soluciona una parte de los problemas, este diseño actualmente se encuentra en etapa de pruebas. El actual proyecto se enfocará en la parte del avance o alimentación de pines (ver figura 1.5, detalle A).



Fuente: SAMTEC.

Figura 1.5. Máquina actual con implementación de ingreso de pines automático.

1.2.2 Beneficiarios

El principal beneficiario es SAMTEC, su principal beneficio es el de poder realizar un producto mediante un proceso que le garantice la mayor cantidad de piezas aprobadas para su venta; otro importante beneficio es el de reducir los tiempos perdidos por ajustes mecánicos, mantenimiento correctivo y limpieza de piezas en continuo roce.

Los clientes de SAMTEC serán beneficiarios indirectos ya que recibirán un producto de igual calidad y con la garantía de que a sus conectores y cables funcionen correctamente.

Otros beneficiarios serán los operarios que controlan la máquina, ya que contarán con una máquina más sencilla de ajustar y con una interfaz de usuario que les permitirá un mejor control del proceso.

1.2.3 Antecedentes

Existen muchos procesos en SAMTEC que poseen sistemas de movimiento de pines que se asemejan al proyecto en cuestión, es por ello que se debe realizar una investigación interna acerca de otros proyectos que se han desarrollado para diferentes procesos realizados en la empresa. A pesar de ello, muchos productos difieren en aspectos que influyen en la manera en que son construidos; por ejemplo, el material, tamaño, cantidad, forma, demanda, características opcionales, aplicación, entre muchos otros.

Se debe tomar en cuenta que SAMTEC diseña y construye sus propios procesos de producción, por lo cual la mayoría de máquinas están relacionadas entre sí, utilizando sistemas y productos similares.

1.2.4 Situación que da origen al proyecto

SAMTEC realizó un estudio para cuantificar las pérdidas anuales que se generan mediante el proceso de producción de cables IDC, con un resultado desfavorable para la empresa. Luego se hizo un análisis causa-raíz para determinar el origen del problema, lo cual señala como principales causas tanto a la manera en que ingresan los pines a la máquina como el sistema de empuje de los mismos.

1.2.5 Problema

El proyecto de mejora en el proceso de producción en IDC nace ante la necesidad de renovar un proceso de fabricación que se diseñó muchos años atrás, y para una demanda de producción muy diferente a la actual. SAMTEC está consciente que la manera en que se realiza la construcción de este tipo de conectores no es óptima, y que existe una pérdida de material que representa \$79000 anuales aproximadamente.

La ingeniería mecatrónica reúne las condiciones para dar soluciones óptimas a casos como este, donde se involucran aspectos como el diseño mecánico, automatización, interfaz hombre-máquina y adquisición de datos, así como selección de sensores y actuadores.

1.2.6 Diagrama causa-efecto



Fuente: Autor. Elaborada en <http://creately.com/>
Figura 1.6 Diagrama causa-efecto del problema.

1.2.7 Síntesis del problema

Reducir tanto el volumen de productos con fallas de manufactura como los tiempos de producción perdidos debido a ajustes mecánicos, a través de mejoras en el proceso de producción.

Capítulo 2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Diseñar un sistema automatizado del proceso de la máquina alimentadora de pines en conectores de tipo IDC.

Entregables: Planos mecánicos y eléctricos, diagrama de control y presupuesto.

2.2 Objetivos específicos

1. Plantear un esquema del ensamble mecánico y componentes necesarios para la propuesta a desarrollar.

Entregable: Documento escrito con los detalles de la propuesta a desarrollar.

2. Diseñar un sub-sistema electromecánico que mejore el proceso de empuje del carrete de pines.

Entregable: Planos mecánicos del diseño.

3. Diseñar un sub-sistema electrónico de control automático para el sub-sistema diseñado en el objetivo 2.

Entregable: Plano eléctrico del sistema y diagramas de la programación utilizada.

4. Realizar un análisis del ahorro económico de implementarse el diseño propuesto en la línea de producción.

Entregable: Análisis económico del proyecto.

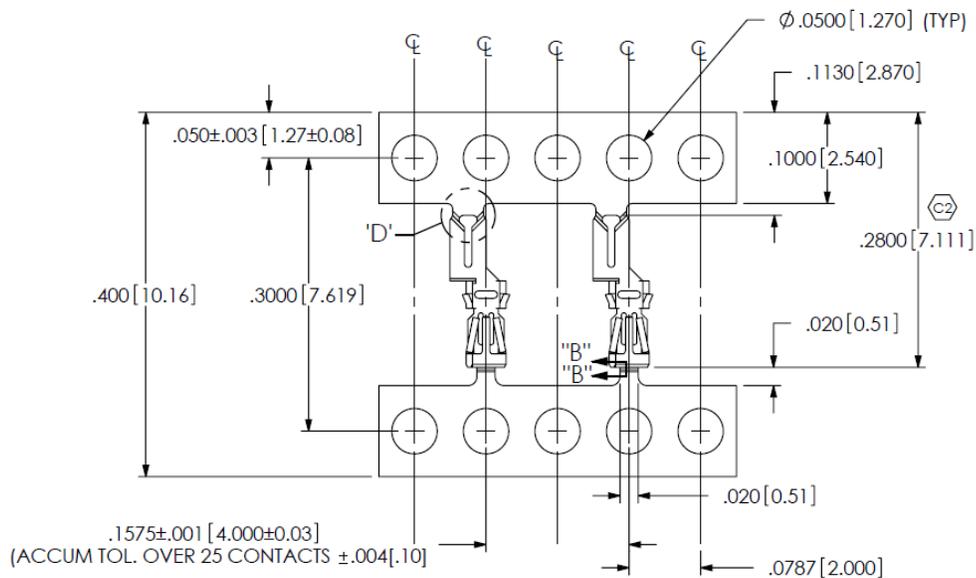
Capítulo 3. Funcionamiento actual de la máquina

Para empezar a desarrollar el proyecto se definirán conceptos necesarios para comprender el proceso que se realiza.

3.1 Pines

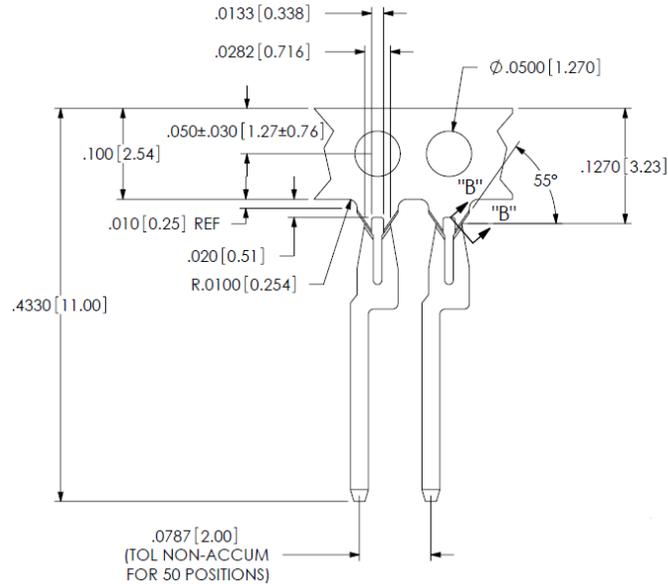
Los productos que se construyen en la sub-área de la empresa llamada IDC, son cables que cuentan con conectores/terminales en ambos extremos, estos se clasifican en dos series llamadas TCSD/TCMD y FFSD/FFMD, estos cables pueden variar tanto en longitud como en cantidad de pines, el cliente puede escoger el tipo de terminal del cable, ya sea macho o hembra.

La serie llamada TCSD/TCMD son cables de alta confiabilidad, donde el paso o la distancia entre pines, se ofrece a los clientes medida en milímetros y es de 2.00 mm (0.0500 in). Los componentes utilizados para su construcción son el cable, los pines, el cuerpo del conector y la tapa del conector. El cable utilizado es 28 AWG gris, el cuerpo y la tapa del conector son de plástico, moldeados por inyección, los pines son de una aleación de bronce, pueden ser recubiertos por otros componentes para darles mejor conductividad, estos pines se forman mediante estampado. Para este proyecto solo será necesario enfocarse en las dimensiones y propiedades de los pines.



Nota. Dimensiones dadas en in [mm]. Fuente: SAMTEC.

Figura 3.1 Detalle de pines para TCSD, conectores.



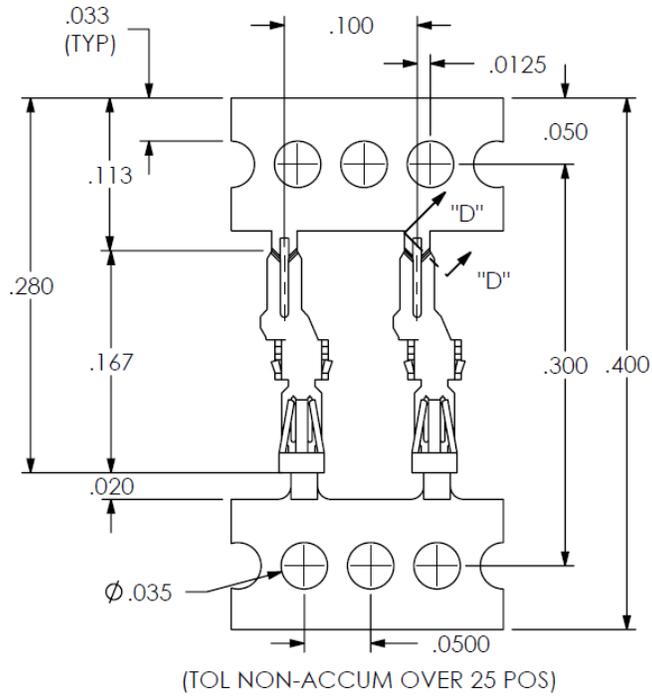
Nota. Dimensiones dadas en in [mm]. Fuente: SAMTEC.

Figura 3.2 Detalle de pines para TCMD, terminales.

En las figuras 3.1 y 3.2 se pueden observar los pines utilizados para construir los conectores y terminales respectivamente. En cuanto a los conectores se aprecia que los pines están distanciados entre ellos uno de por medio, esto debido a que la distancia entre ellos es de tan solo 2.00 mm (0.0787 in) y es necesario el material a los costados para lograr el estampado con que son formados; es por ello que como se verá más adelante, es necesario utilizar dos carretes paralelos para hacer el llenado de los conectores.

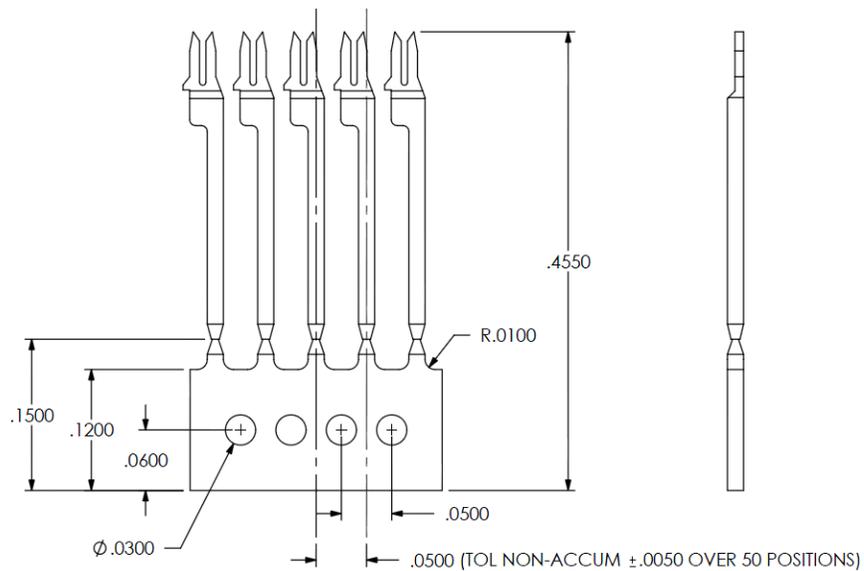
Es importante mencionar que las figuras 3.1 y 3.2 están dispuestas al revés de cómo son ingresados los pines al sistema, en otras palabras cuando se hace mención al carrier inferior o superior en este documento, se refiere a los mostrados en la figura 1.1. Nótese en la figura 3.1 el detalle 'D' el cual es el punto de separación de los pines del resto del carrier, esta separación se realiza manualmente luego de hacer el llenado de pines en el cuerpo del conector o terminal. El carrier superior en el caso de la serie TCSD es separado mediante el proceso que se detallará más adelante.

Las dimensiones importantes a tomar en cuenta son el diámetro de los agujeros en el carrier inferior 1.27 mm (0.0500 in), la altura del carrier 2.54 mm (.100 in) y la distancia entre agujeros o paso 2 mm (0.0787 in).



Nota. Dimensiones dadas en in [mm]. Fuente: SAMTEC.

Figura 3.3 Detalle de pines para FFSD.



Nota. Dimensiones dadas en in [mm]. Fuente: SAMTEC.

Figura 3.4 Detalle de pines para FFMD.

En las figuras 3.3 y 3.4 se pueden observar los pines utilizados para construir los conectores y terminales de la serie FFSD y FFMD respectivamente. En cuanto a los conectores se aprecia que los pines están distanciados entre ellos uno de por medio, esto debido a que la distancia entre ellos es de tan solo 1.27 mm (0.0500 in) y es necesario el material a los costados para lograr el estampado con que son formados; es por ello que como se verá más adelante, es necesario utilizar dos carretes paralelos para hacer el llenado de los conectores.

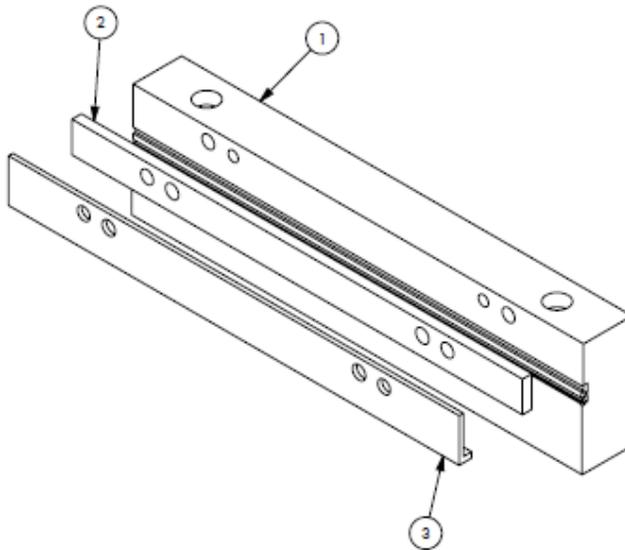
Es importante mencionar que las imágenes 3.3 y 3.4 están dispuestas al revés de cómo son ingresados los pines al sistema, en otras palabras cuando se hace mención al carrier inferior o superior en este documento, se refiere a los mostrados en la figura 1.1. Nótese en la figura 3.3 donde se encuentra el corte de sección “D” el cual es el punto de separación de los pines de su carrete, esta separación se realiza manualmente luego de hacer el llenado de pines en el cuerpo del conector o terminal. El carrier superior en el caso de la serie FFSD es separado mediante el proceso que se detallará más adelante.

Las dimensiones importantes a tomar en cuenta son el diámetro de los agujeros en el carrier inferior 0.889 mm (0.0350 in), la altura del carrier 2.54 mm (.100 in) y la distancia entre agujeros o paso 1.27 mm (0.0500 in).

Los terminales FFMD (figura 3.4) no se construyen con esta máquina entre otras razones debido a que el llenado se hace al revés de las otras 3 series y no posee carrier inferior, el cual es utilizado para el empuje del carrete.

3.2 Track

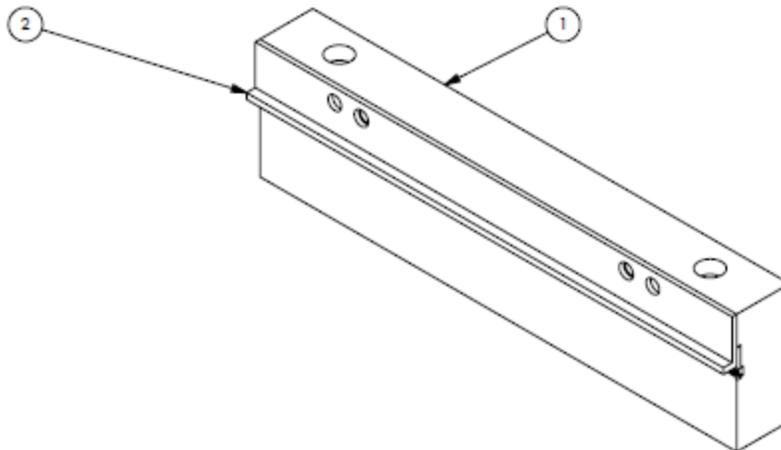
El track es un sub-ensamble utilizado para alinear los pines y en el caso de los conectores remover el carrier superior.



Fuente: SAMTEC.

Figura 3.5 Track utilizado para la serie TCSD.

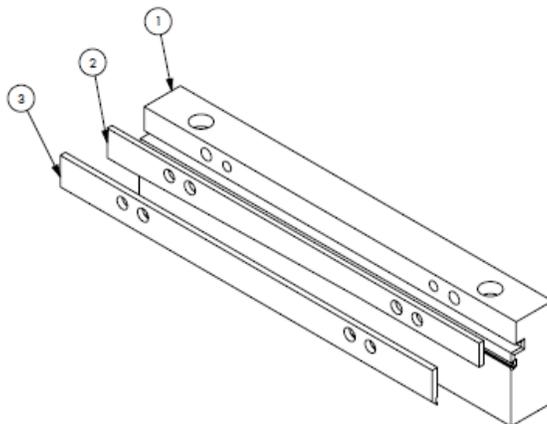
En la serie TCSD se utiliza un track formado por tres partes, la pieza número 1 (feed track) es el canal por donde viaja el carrete, la pieza número 2 (carrier strip) es la que cumple la función de desprender el carrier superior del carrete, esto se logra estrangulando su paso por el canal; la pieza número 3 (track cover) solamente es un cobertor del canal.



Fuente: SAMTEC.

Figura 3.6 Track utilizado para la serie TCMD.

El track utilizado para la serie TCMD consta de dos partes, la número 1 es la misma que se indicó en la figura 3.5, mientras que la número 2 es igual a la número 3 de la figura 3.5, cumple la misma función pero con una diferente colocación. En la serie TCMD no se cuenta con carrier superior, por lo que no es necesaria una tercera pieza.



Fuente: SAMTEC.

Figura 3.7 Track utilizado para la serie FFSD.

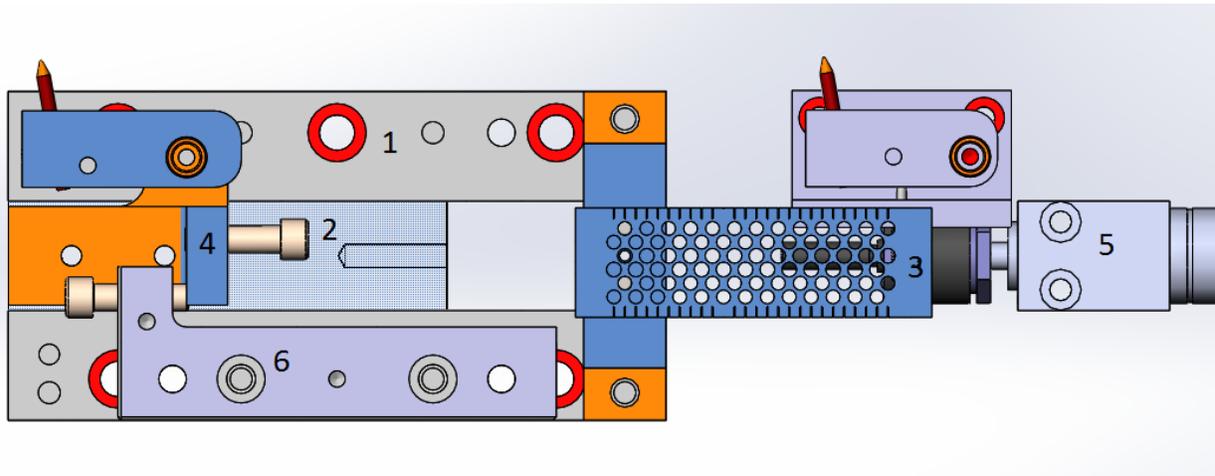
El track utilizado para la serie FFSD en concepto es igual al de la figura 3.5, la diferencia radica en el perfil del canal; los nombres de las partes son iguales a los de la figura 3.5.

3.3 Sistema de empuje

El sistema de empuje como se explicó un poco en la descripción del proyecto, consiste en un pistón neumático (5 en figura 3.8) conectado a una base deslizante (2 y 4 en figura 3.8) donde se encuentra un pin llamado “finger” o pin de empuje, el cual empuja el carrete hacia adelante gracias a los agujeros que posee, esto lo hace cuando el pistón se extiende y cuando se contrae este dedo que apunta hacia adelante, solamente se desliza sobre el carrier; esto es lo que provoca el raspado de metal indeseado en el proceso. El pin que se observa a la derecha de la figura 3.8 es para evitar el movimiento hacia atrás del carrete, este siempre presiona el carrier contra el track, esto también provoca un raspado de metal indeseado.

La cantidad de pines o posiciones por conector/terminal se determina por medio de una placa llamada “stop plate” (3 en figura 3.8) la cual está sujeta a una guía (1 en figura 3.8)

por donde se desliza 2; este ajuste es realizado tanto por los técnicos como por los operarios al inicio de la producción. Esta placa limita la carrera del pistón cuando se contrae el embolo al chocar con el tornillo enroscado en 4; la carrera del pistón cuando se extiende es limitada por el tornillo enroscado en 6 que choca con 4.

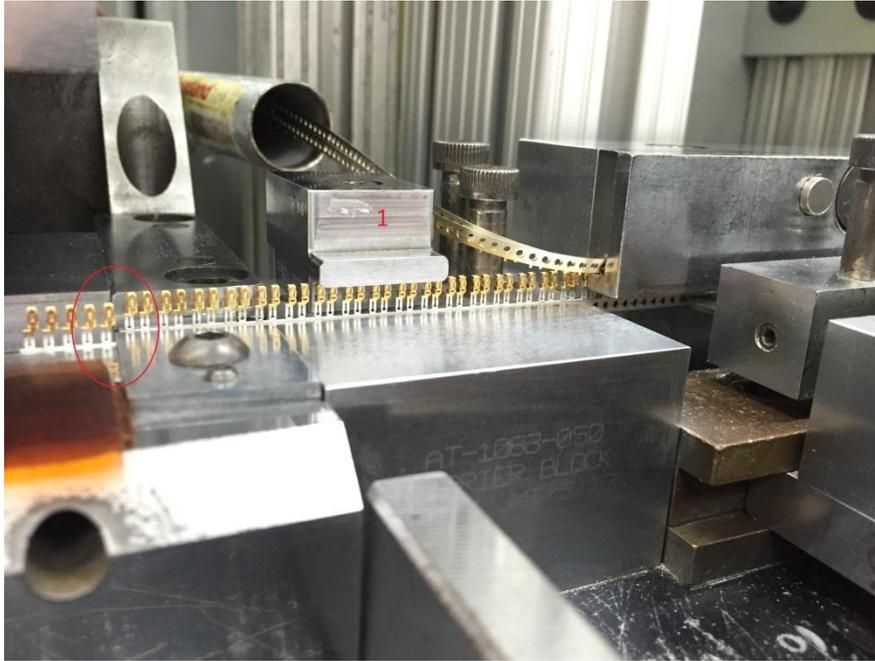


Fuente: SAMTEC.

Figura 3.8 Sub ensamble de empuje actual.

Este sistema funciona muy bien, sin embargo, como se mencionó anteriormente se genera mucha suciedad que afecta tanto el proceso como el mantenimiento de la máquina. Además, el ajuste de los tornillos que se utilizan de topes, no es sencillo de alcanzar y afecta directamente a una pérdida de material, tiempo y energía.

3.4 Salida del track y corte del carrete

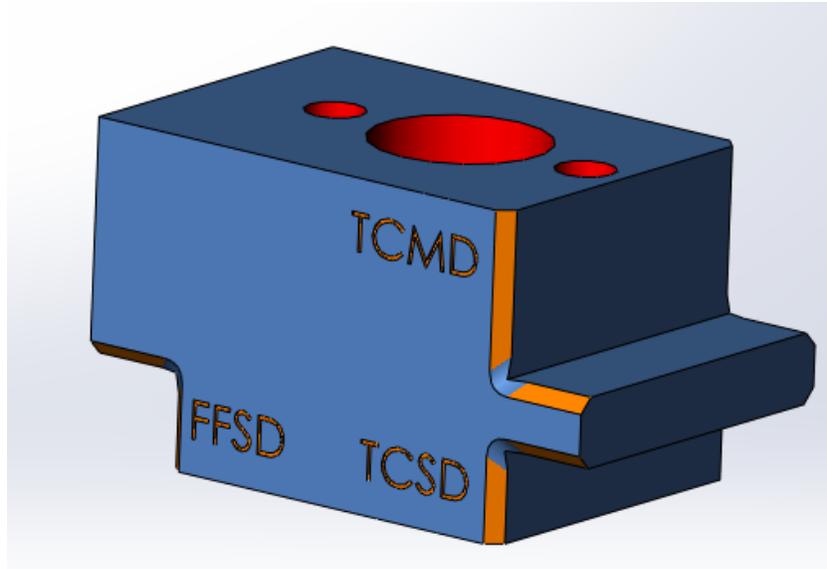


Fuente: Autor. Tomada en SAMTEC.

Figura 3.9. Salida del carrete del track y corte de carrier.

Fuente: Autor.

Como se observa en la figura 3.9 el carrier superior sale del track desprendido de los pines y guiado a través de un tubo que lo conduce a un depósito para luego ser reciclado. La pieza indicada como 1 en la figura 3.9 funciona como tope superior de los pines, esta pieza es la misma para las tres series producidas por la máquina, el ajuste que se debe realizar es su colocación según sea la serie (ver figura 3.10).



Fuente: SAMTEC.

Figura 3.10. Contact hold down.

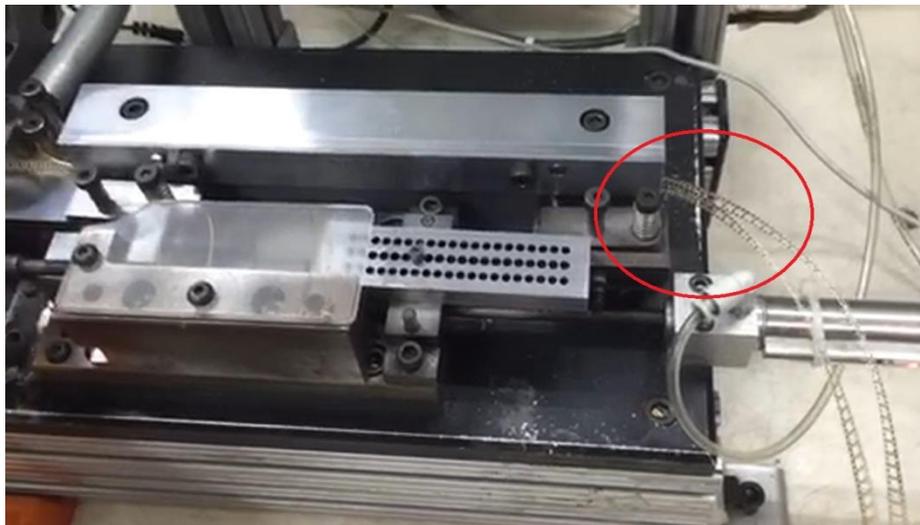
En la figura 3.9 también se puede apreciar la mordaza que se desliza hacia adelante (perpendicular al avance del carrete) y corta el carrier, dejando así solo los pines que van a ser llenados en el conector/terminal, en este caso son 5 pines o 5 posiciones.

Capítulo 4. Propuestas

Para seleccionar una propuesta se procedió a realizar cálculos cinemáticos del sistema actual y diseñar dos propuestas de manera tal que cumplan con los requerimientos calculados o en su defecto que sobrepasen los valores y afecten el proceso.

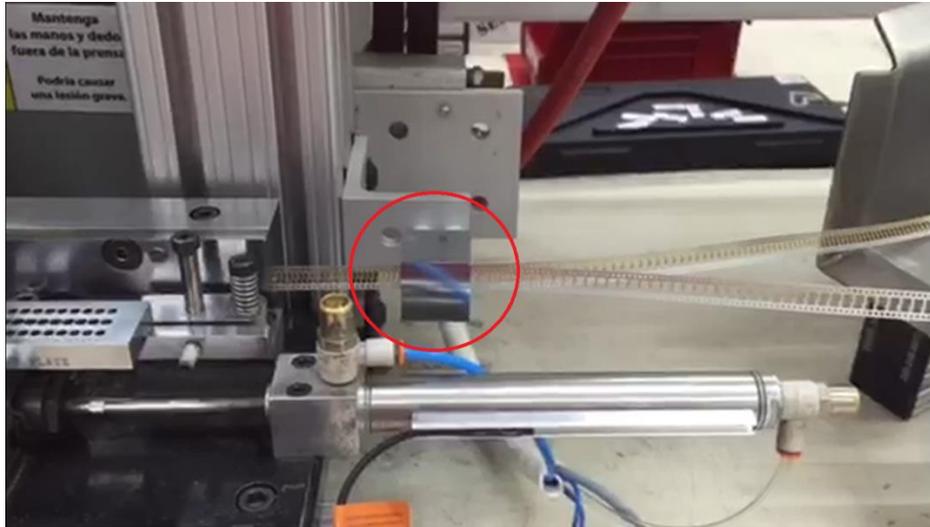
4.1 Descripción general de propuestas de proyecto

Antes de definir la posible solución se debe tomar en cuenta que el sistema semi-automático del ingreso de pines se encuentra en etapa de pruebas, por lo que, esta inserción actualmente se realiza manualmente, sin embargo; para este proyecto el ingreso de pines se asume alineado con el track.



Fuente: Autor. Tomada en SAMTEC.

Figura 4.1. Entrada de pines al proceso sin mejora de ingreso de pines.



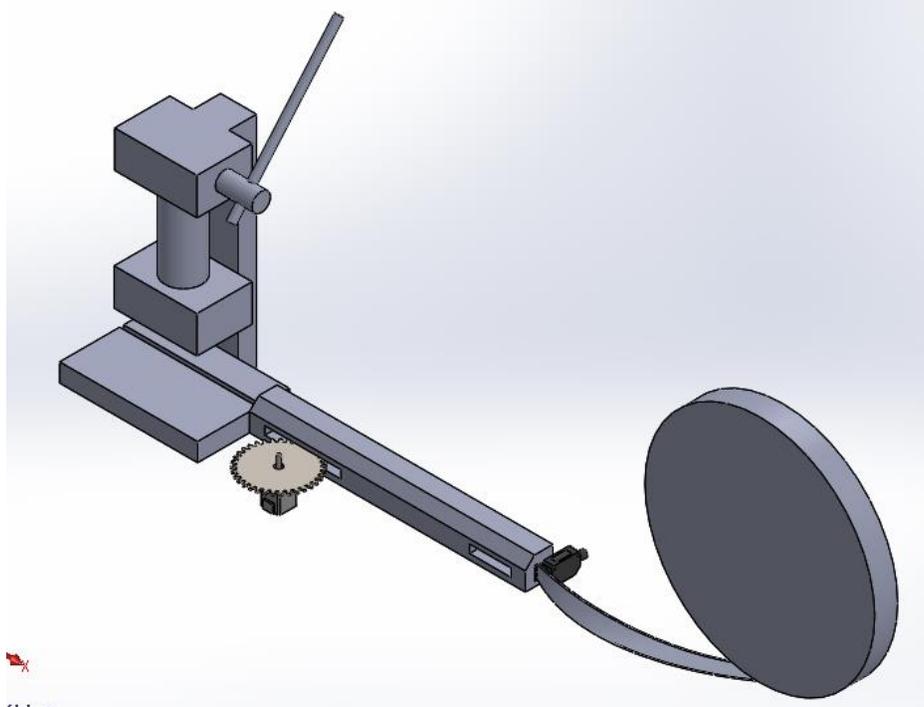
Fuente: Autor. Tomada en SAMTEC.

Figura 4.2. Entrada de pines al proceso con mejora de ingreso de pines.

4.1.1 Propuesta 1

En la primera propuesta a tomar en cuenta será el diseño de una rueda dentada, que gire gracias a un motor (el cual puede ser a pasos o de corriente continua) y le permita a esta rueda transformar movimiento radial en movimiento lineal, los dientes o pines de la rueda son los que empujan el carrete de pines linealmente, gracias a los agujeros en el carrier del carrete.

El avance del carrete será medido con un sensor fotoeléctrico, colocado de tal manera que su haz de luz sea interrumpido por el patrón de círculos en el carrier del carrete. La automatización se realizará con un PLC y la interfaz por medio de un sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition).



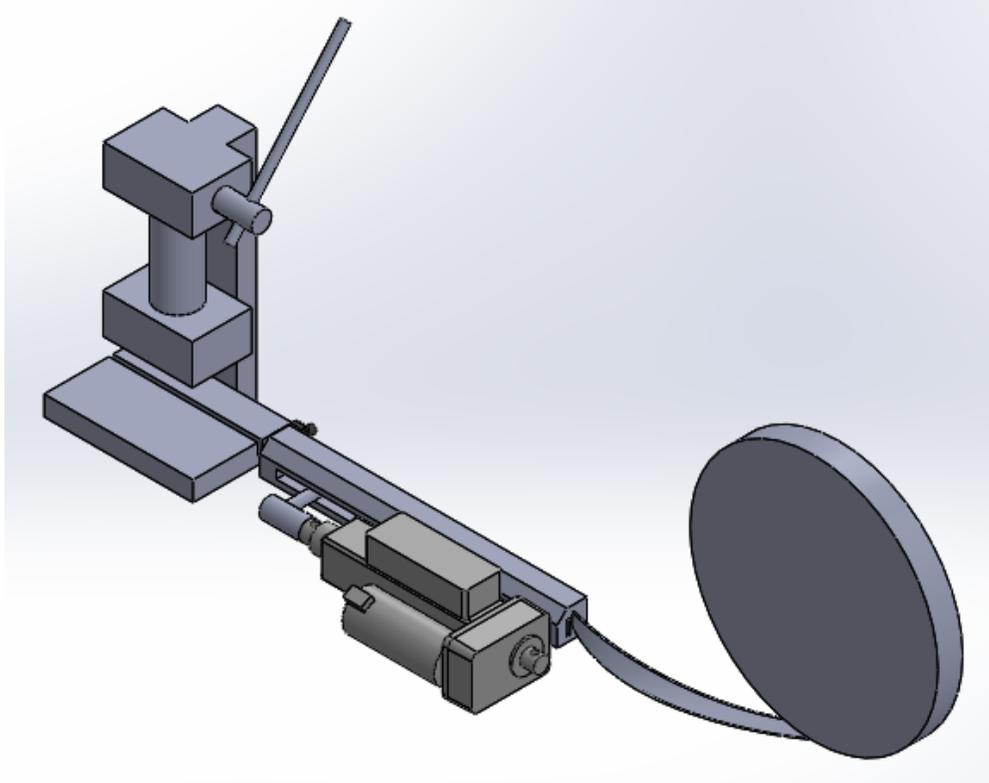
Fuente: Autor. SolidWorks.
Figura 4.3. Propuesta de solución 1.

4.1.2 Propuesta 2

En una segunda propuesta se analiza el caso en el que se implemente un sistema de avance por medio de un cilindro neumático, en el cuál se pueda medir y controlar su avance por medio de un servomotor, así se logra una mayor exactitud al ajustar la cantidad de posiciones del conector. Se utilizaría un sensor tanto para contar las posiciones como para determinar si falta algún pin y así indicar que no se haga el llenado de pines en el cuerpo del conector.

Para el empuje del carrete se utilizará un pequeño solenoide que se expanda cuando se va realizar el arrastre y se contraiga cuando se devuelve el cilindro, esto evita que al devolverse el cilindro realice fuerzas indeseadas sobre el carrete en dirección opuesta.

En cuanto al control, se valora la opción de realizarlo con un sistema embebido de baja potencia, utilizando un micro controlador.



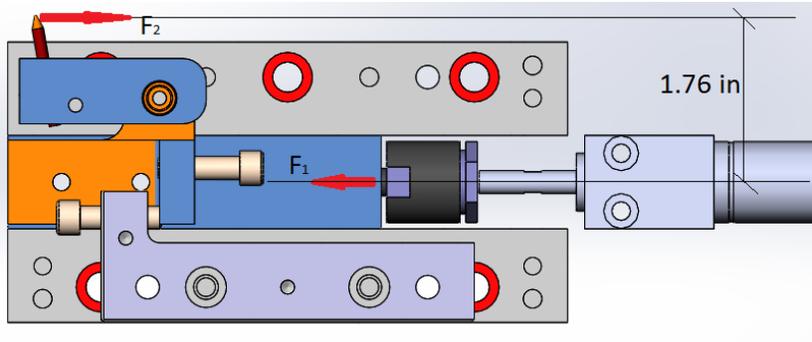
Fuente: Autor. SolidWorks.
Figura 4.4. Propuesta de solución 2.

4.2 Requerimientos

Para iniciar un análisis de propuestas es necesario establecer una serie de condiciones iniciales con las que cuenta el sistema para tomarlas como requerimientos.

El pistón utilizado para el avance del carrete es de marca “humprey products” con número de serie 7-BFD-4M, este número indica que el cilindro es de doble efecto con un diámetro interno de 19.05 mm [$\frac{3}{4}$ in], con una carrera máxima de 101.6 mm [4 in] y con un imán interno para determinar su posición. El diámetro del émbolo es de 6.35 mm [$\frac{1}{4}$ in].

El área efectiva de empuje al extender el émbolo es de 11.176 mm [0.44 in] y el área de empuje al contraerlo es de 9.906 mm [0.39 in], y se trabaja a una presión de 0.552 Mpa [80 psi]; con lo cual se puede calcular la fuerza de empuje y es de 157.2 N [35.34 lb] al extender el émbolo y 139.76 N [31.42 lb] al contraerlo.

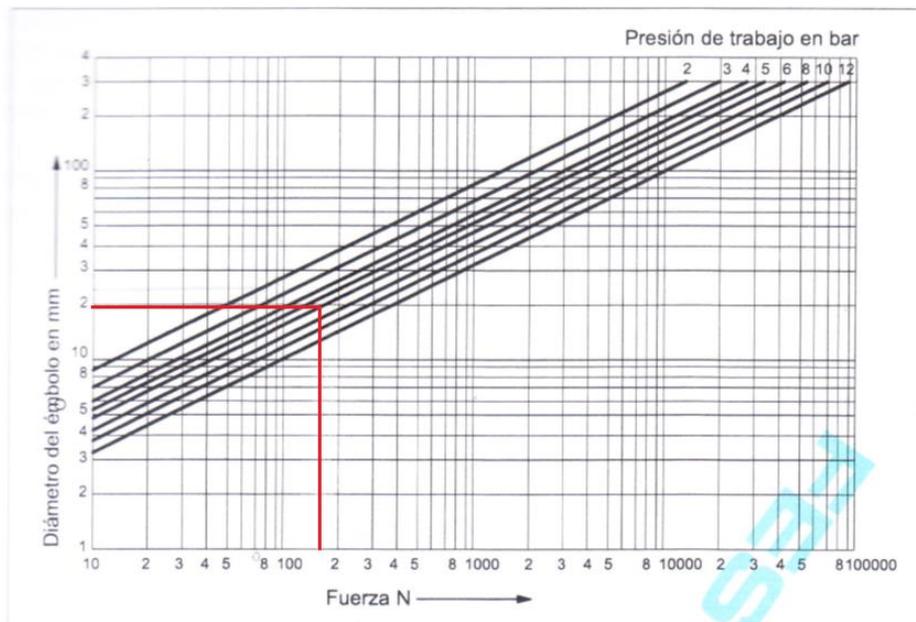


Fuente: Autor. SolidWorks.

Figura 4.5. Esquema de fuerza de empuje.

La masa que está en movimiento es de 0.6 kg (valor calculado de SolidWorks 2015), por lo tanto su peso es de 5.88 N [1.32 lb]; tomando un coeficiente de fricción de 0.16 (Oberg, Jones, Horton & Ryffel, 2008) teniendo en cuenta que los materiales en roce son aceros y la lubricación se realiza con "vanishing oil 96/4"; se obtiene como resultado una fuerza de fricción de 0.94 N [0.21 lb], la cual es mucho menor al 10% de la fuerza del pistón por lo tanto se desprecia.

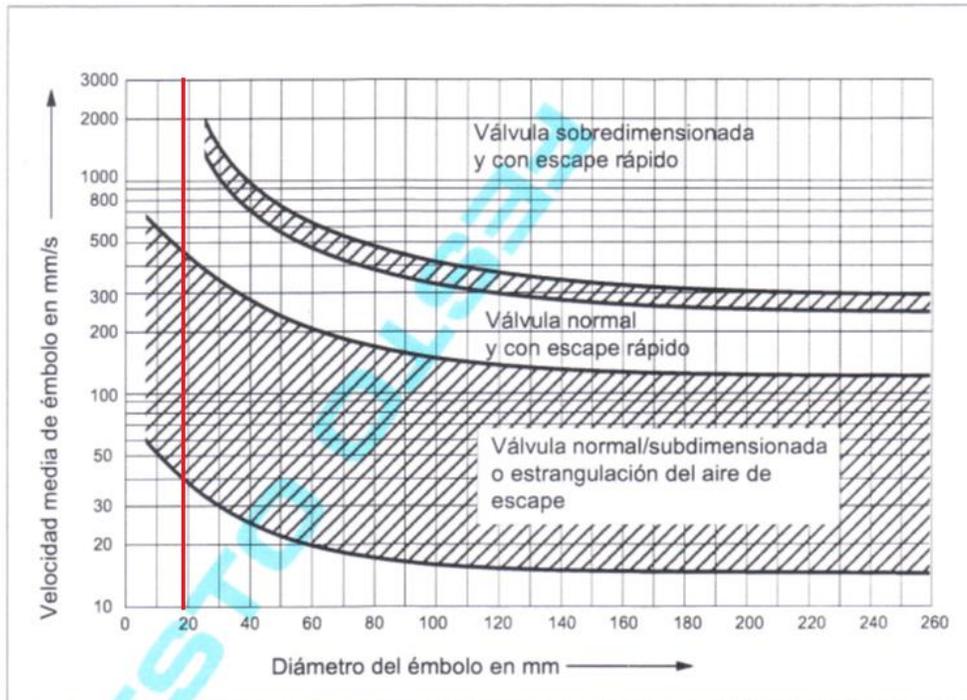
Las fuerzas F1 y F2 de la figura 4.5 son iguales en magnitud (157.2 N [35.34 lb]) y F2 genera un momento en el pistón de $157.2 \text{ N} \times 0.045 \text{ m} = 7.027 \text{ Nm}$ [35.34 lb x 1.76 in = 62.198 lb in] sobre el eje saliente de la figura 4.5 y de $157.2 \text{ N} \times 0.02 \text{ m} = 3 \text{ Nm}$ [35.34 lb x 0.768 in = 27.14 lb in] sobre el eje vertical de la figura 4.5.



Fuente: "Introducción a la neumática". Sensores y actuadores. Festo.

Figura 4.6. Diagrama presión-fuerza.

La velocidad del pistón es un dato importante para tomar como requerimiento, debido a que no se quiere disminuir la velocidad de producción, ni la velocidad de corte del carrier superior.



Fuente: "Introducción a la neumática". Festo.

Figura 4.7. Velocidad media de los émbolos sin carga

La velocidad de un pistón puede variar de 0.1 a 1.5 m/s (Meixner, H., Kobler, R., & Didactic, F. 1988) y según la figura 4.7 para una válvula normal/sub-dimensionada la velocidad puede variar de 40 a 500 mm/s. Experimentalmente se tomaron datos del tiempo de carrera del pistón, los datos se presentan en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Tiempo de carrera del pistón.

Carrera 40 mm	Tiempo (s)	Carrera 1 in	Tiempo (s)
1	0.51	1	0.44
2	1.05	2	0.7
3	0.39	3	0.31
4	0.55	4	0.62
5	0.59	5	0.31
6	0.76	6	0.32
Promedio	0.64	Promedio	0.45

Fuente: Autor. Excel.

La velocidad del pistón se calcula como $40/0.55 = 72.73$ mm/s en el primer caso y $25.4/0.45 = 56.44$ mm/s en el segundo caso. Sin embargo estos datos de tiempo fueron tomados con un cronómetro por lo cual presentan una precisión muy baja.

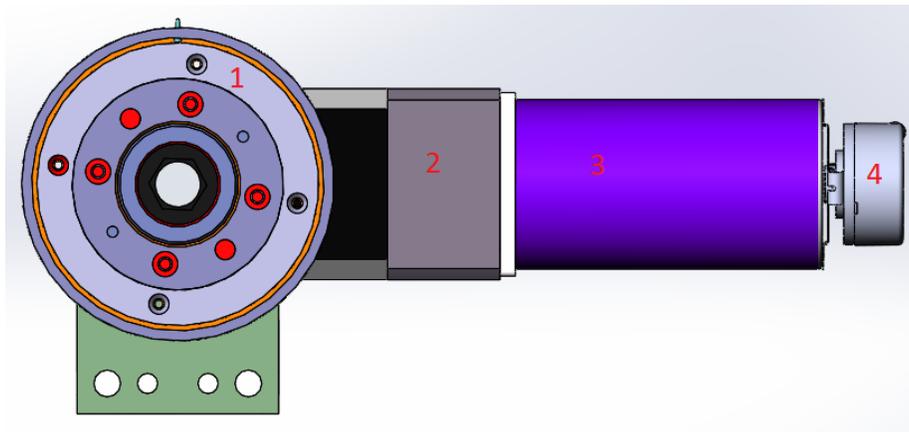
Tabla 4.2 Resumen requerimientos.

Requerimiento	Valor
Fuerza	157.20 N
Momento (z)	7.03 Nm
Momento (y)	3.06 Nm
Velocidad máx	500 mm/s

Fuente: Autor. Excel.

4.3 Estudio propuesta 1

Para el análisis de esta propuesta, se estudió el funcionamiento de otra máquina en SAMTEC en la cual se realiza un proceso similar al proyecto en cuestión. Esto con el fin de diseñar una propuesta basada en un método ya utilizado por la empresa.



Fuente: SAMTEC.

Figura 4.8. Sistema utilizado por SAMTEC.

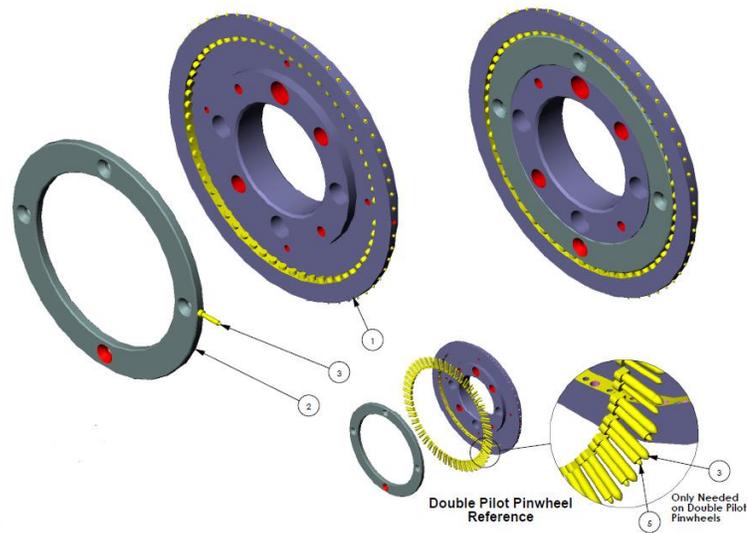
Antes de realizar cálculos se hizo una evaluación de los componentes necesarios; en la figura 4.8 se muestra el sub-ensamble utilizado en un proceso similar. En general es necesario utilizar 4 componentes fundamentales.

- Una rueda con pines de empuje (en la figura solo se muestra un pin para simplificar la vista).
- Reductor para lograr la relación de engranes.
- Motor a pasos.
- Un sensor de posición angular del motor.

Cabe mencionar que durante esta etapa no se hicieron muchos cálculos dinámicos debido a que es una etapa de evaluación de propuestas.

4.3.1 Rueda de pines

Esta rueda de pines fue diseñada por SAMTEC y es utilizada para diferentes tipos de carretes, donde las mayores variaciones dependen del paso o distancia entre pines, diámetro de los agujeros del carrier y velocidad de avance. En la figura 4.9 se observa una configuración de un sub ensamble de dicha rueda.



Fuente: SAMTEC.

Figura 4.9. Sub ensamble de rueda con pines.

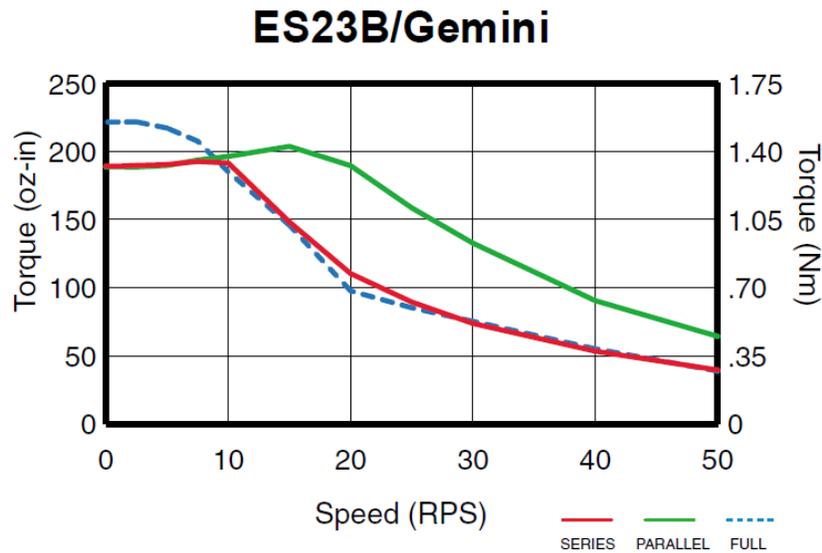
Existe en SAMTEC una base de datos donde se encuentran los planos de estas ruedas, sin embargo no existe una rueda con las características de paso que se requieren para las series FFXD ni TCXD. Por lo que sería necesario diseñar una nueva rueda que cumpla con dichas características, además se hace necesario diseñar una rueda para la serie FFXD y otra para la serie TCXD ya que las medidas del paso y del agujero del carrier son diferentes, sería necesario entonces un ajuste mecánico para cambiar de serie en producción.

4.3.2 Reductor

Este reductor es necesario para lograr la fuerza de empuje y la velocidad de avance, teniendo estos dos requerimientos y habiendo diseñado la rueda se procede a seleccionar este reductor, o viceversa ya que es un proceso de diseño, todas estas partes son dependientes. El reductor utilizado en el sub-ensamble mostrado en la figura 4.8 es de marca “Bayside” con número de serie PS60-005-LB el cual posee una relación 5:1.

4.3.3 Motor

Igualmente el motor debe ser seleccionado según sean los requerimientos de torque y de relación de transmisión, el motor utilizado en el sub-ensamble mostrado en la figura 4.8 es de marca “Parker” con número de serie ES23B-DNR10-EC.



Fuente: Recuperado de <http://www.parkermotion.com>.

Figura 4.10. Curva de rendimiento del Motor Velocidad – Torque.

4.3.4 Sensor de posición angular

Comúnmente llamado encoder es el encargado de medir o controlar la posición angular del eje del motor, por lo tanto el avance lineal del carrete, lo que se debe tomar en cuenta para seleccionarlo es la precisión angular relacionada al avance mínimo del carrete, el cual es de 2.54 mm [0.1 in] y de igual manera se hace necesaria la selección previa de los componentes anteriores.

El sensor mostrado en la figura 4.8 es de marca “Encoder products” con número de serie 15T-01-SF-0500-N-5-A-OC-F00.

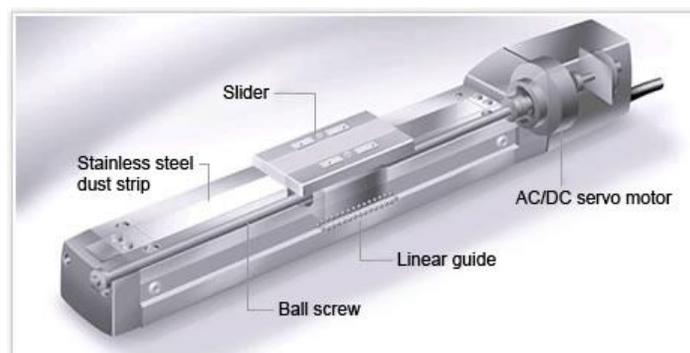
4.4 Estudio propuesta 2

La propuesta 2 inicial consistía en diseñar un sistema que limitara el tope de carrera del pistón neumático, para lograr esto es necesario un servomotor controlado por el operario con un sistema de engrane y cremallera para ajustar el o los topes del cilindro. Esta opción se descartó por la complejidad de diseño mecánico que esto implicaría y se optó por sustituir el empuje neumático del carrete por uno eléctrico, esto se logra con un actuador lineal que convierte el movimiento giratorio de un motor en empuje axial gracias a un tornillo sin fin.

A pesar de que este sistema no se utiliza actualmente para realizar este proceso en SAMTEC, si se utilizan actuadores similares para otros procesos de colocación, empuje y ubicación de componentes.

4.4.1 Actuador lineal eléctrico

Para seleccionar el actuador lineal a utilizar se tomó en cuenta la fuerza necesaria de empuje, la velocidad, la carrera y los momentos de inercia del sistema actual. También se consideró el tamaño y el limitado espacio físico donde podría ser ubicado. Teniendo en cuenta estos aspectos y las recomendaciones por parte de la empresa acerca de utilizar componentes usuales en SAMTEC, se decidió seleccionar un actuador de marca “Intelligent Actuators” llamados “ROBO Cylinder”.



Fuente: Recuperado de <http://intelligentactuator.com>

Figura 4.11. Actuador lineal Intelligent Actuators ROBO Cylinder.

4.4.2 Pin de empuje

Al mantener el sistema de empuje lineal se hace necesario para este proyecto evitar el arrastre existente del pin de empuje que se explicó anteriormente. Es por ello que se decide utilizar un actuador que extienda el pin cuando se empuja el carrete y que contraiga el pin cuando se hace el retroceso del mismo. Inicialmente se pensó en un solenoide de empuje axial sin embargo se optó por un pistón neumático por su mayor vida útil y fuerza de empuje.

De igual manera por recomendaciones de la empresa y por otras características se seleccionó un cilindro neumático de marca “BIMBA”.

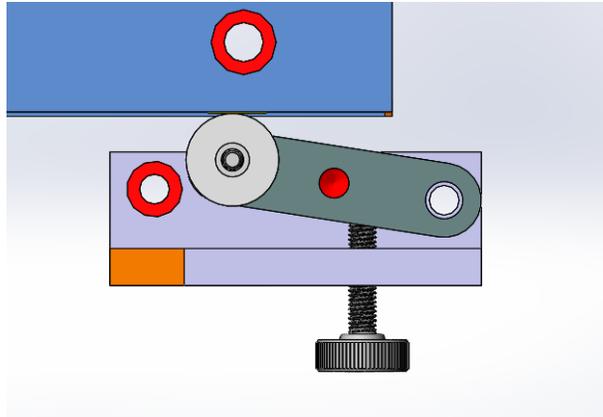
4.4.3 Sistema de sujeción

El sistema actual posee un pin que evita el retroceso del carrete, al implementar esta propuesta, se elimina este pin que raspa el carrier inferior, aun así, se hace necesario que exista un sistema que sujete el carrete y evite que los carretes pierdan su alineamiento, por vibraciones u otro tipo de movimiento. Se pensó en tres posibilidades para solucionar esto.

La primera consiste en no utilizar nada para sujetarlo, pues el canal en el track es estrecho y relativamente largo, por lo que el carrete siempre tiene cierta presión que lo sostiene, el problema de esta solución es que no se garantiza que alguna fuerza externa pueda mover el carrete.

La segunda posibilidad es la de utilizar otro pistón que extienda un pin parecido al actual, pero que lo contraiga cuando el “ROBO Cylinder” empuja el carrete y así no raspe los pines; el problema de esta solución es que se necesita otro actuador y ocuparía más espacio.

La tercera opción es utilizar un ajuste mecánico, esto sería una rueda de hule que gira tangencialmente al carrete, acoplada sobre un cojinete con un solo sentido de rotación, esto evitaría que el carrete se mueva tangencialmente en el otro sentido de giro del cojinete. El problema de esta solución es que el operario es quien debe ajustar la presión con que esta rueda empuja el carrete por medio de un tornillo. Ver figura 4.12.



Nota. Vista superior del sub-ensamble. Fuente: Autor. SolidWorks.
Figura 4.12. Sistema de empuje con rueda de sentido único.

4.3 Propuesta seleccionada

Se realizó una estimación de costos de ambas propuestas para usar el aspecto económico como factor determinante de decisión. Las tablas a continuación presentan estimaciones de costos, no definitivas, que se utilizaron para comparar las propuestas, más adelante se analizarán más a detalle los costos reales.

Tabla 4.3 Cotización estimada de propuesta 1

Componente	Descripción	Precio
Motor	Bayside	\$750.00
Rueda de pines (pinwheel)	Diseño requerido 2 unidades	\$800.00
Acople rueda-motor	Diseño mecánico	\$250.00
Reductor	Relación de transmisión	\$800.00
Sensor del motor	Posición del motor	\$220.00
Sensor fotoeléctrico	Pines faltantes	\$100.00
SCADA	Automatización	\$1,000.00
Total		\$3,920.00

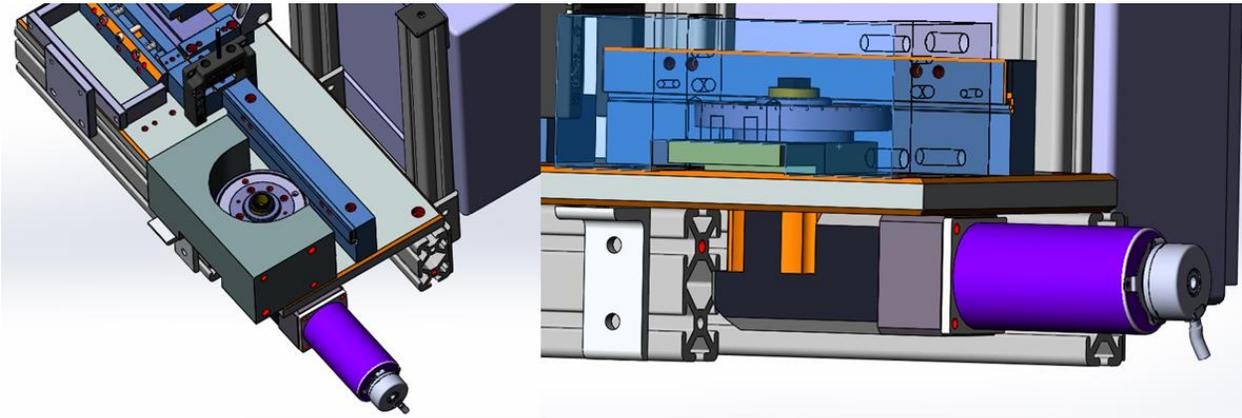
Fuente: Autor. Excel.

Tabla 4.4 Cotización estimada de propuesta 2

Componente	Descripción	Precio
Actuador eléctrico	ROBO Cylinder	\$1,200.00
Pistones	2 unidades	\$100.00
Ensamble de pin de empuje	Diseño mecánico	\$500.00
Sensor fotoeléctrico	Pines faltantes	\$100.00
SCADA	Automatización	\$1,000.00
Total		\$2,900.00

Fuente: Autor. Excel.

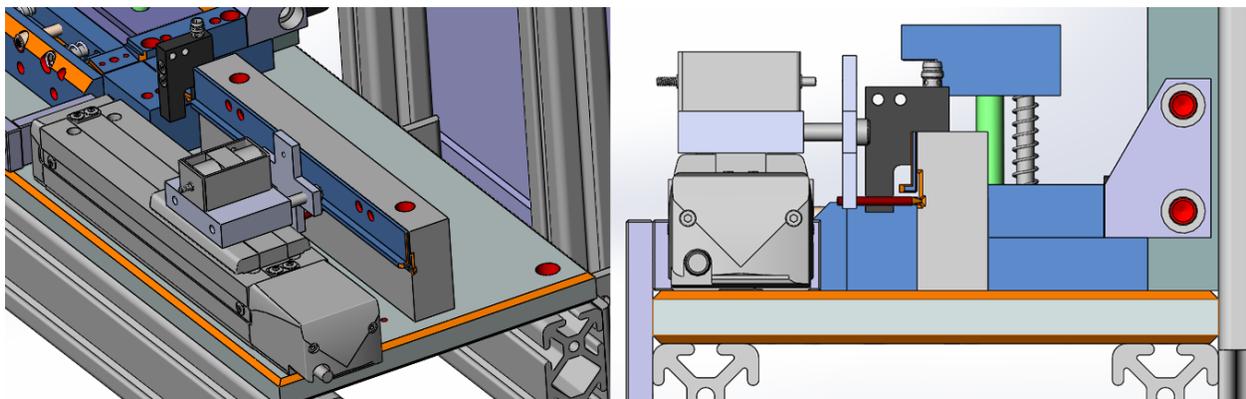
Se realizó además un bosquejo del ensamble para cada propuesta para exponerlos ante un grupo de ingenieros de SAMTEC para tomar una decisión de que propuesta desarrollar como optima solución, para esto se tomó en cuenta el espacio físico con que se dispone para no afectar el espacio de trabajo del operario y facilitar los trabajos de ajustes por parte de los técnicos.



Fuente: Autor. SolidWorks.

Figura 4.13. Bosquejo solución de propuesta 1.

En la figura 4.13 se observa el concepto que se explicó anteriormente, el cual consistiría en utilizar una rueda con una serie de pines alrededor de la misma equidistanciados para lograr encajar con la forma del carrete y así darle un empuje lineal. También se observa un motor (en morado) el cual se debería adaptar a un sistema de engranes reductor para lograr la relación de transmisión deseada sobre la rueda, además del sensor de posición angular en la parte trasera del motor.



Fuente: Autor. SolidWorks.

Figura 4.14. Bosquejo solución de propuesta 2.

En la figura 4.14 se observa un bosquejo de la propuesta número 2, la cual consiste en utilizar un actuador eléctrico lineal para realizar el empuje de los pines y sobre el un pequeño sub-ensamble para extender y contraer el pin de empuje y así evitar el arrastre hacia atrás de los pines. Por cuestiones de espacio en este bosquejo no se ensambló el sistema de sujeción.

El propósito del sensor es de detectar la falta de pines por lo cual se contempló la posibilidad de utilizarlo en ambas propuestas.

Se descartó la opción de utilizar un sistema embebido para el control del sistema, ya que se complicaría demasiado la comunicación y transmisión de potencia con los componentes existentes y los seleccionados en las propuestas. En ambos casos se utilizaría un PLC, que se seleccionará posteriormente.

Uno de los requerimientos es la interfaz de comunicación del operario con la máquina, para esto inicialmente se pensó en un panel con botones, sin embargo esto aumentaría significativamente las entradas del sistema y complicaría la manera en que se ajusta la máquina, por ello se optó por utilizar una pantalla táctil para simplificar la comunicación con el operario.

Tabla 4.5 Comparación de propuestas

	Propuesta 1	Propuesta 2
Ventajas	Sistema usado por SAMTEC Movimientos graduales continuos Solo un actuador	Más barata Facilidad de ajustes de producto Fácil instalación
Desventajas	Se requiere diseño de rueda Se requieren 2 ruedas diferentes	Se desaprovecha el movimiento hacia atrás Necesita sistema de sujeción

Fuente: Autor. Excel.

Después de presentar estos resultados y discutirlos internamente con ingenieros en SAMTEC, se decidió optar por la propuesta número 2, debido a aspectos económicos, de simplicidad técnica y para disminuir ajustes mecánicos al cambiar la serie del producto.

Capítulo 5. Diseño de propuesta seleccionada

5.1 Selección de componentes

5.1.1 ROBO Cylinder

Para empezar con el diseño mecánico de la propuesta se procedió a seleccionar los actuadores y sensores a utilizar. El actuador principal de la propuesta es el “ROBO Cylinder”, este se seleccionó de un catálogo en línea. Para esto se tomó como referencia los datos de la tabla 4.2, los cuales son las características generales que debe cumplir el sistema.

Al seleccionar un “ROBO Cylinder” se deben clasificar las diez siguientes características:

1. Serie

Básicamente existen tres series: ERC, RCS y RCP2. La serie ERC se caracteriza por tener una operación suave y posicionamiento de alta precisión. La serie RCS se caracteriza por mantener la velocidad al variar la carga. La serie RCP2 se caracteriza por ser de bajo costo y de alta fuerza de empuje.

2. Tipo

En el tipo se indica su método de empuje, el tamaño y la función.

3. Tipo de codificación

Absoluta: Su punto de inicio siempre es el mismo, no se puede configurar.

Incremental: su punto inicial es configurable.

4. Salida del motor

Indica la potencia de salida del motor en Watts o PM para indicar que el motor es de pulsos.

5. Guía

Es para indicar la guía en caso de que el tipo sea de émbolo (rod).

6. Avance/velocidad

Se indica la relación de transmisión del motor al tornillo sin fin.

7. Carrera

Indica la carrera máxima del actuador en milímetros.

8. Controlador

Indica el tipo de controlador T1 o P1. Esto se explicará más adelante.

9. Longitud de cable

Indica la longitud del cable del actuador al controlador.

10. Opciones

Indica opciones adicionales como la ubicación del cable, del motor, uso de freno, entre otros.

A continuación se presenta una tabla comparación entre la serie RCS y RCP2.

Tabla 5.1 Comparación entre series de “ROBO Cylinder”.

Application	RCS	RCP2
Motor	AC servo motor	Pulse motor
Control	AC servo control	AC servo control
Features (motor characteristics)	Constant thrust (The speed remains constant even when the load changes.)	High thrust at low speed (The thrust changes according to the speed)
Vibration upon stop	Stops	Stops completely
Push & hold for clamping, press-fitting, etc.	Supports push & hold operation (297N max.)	Supports push & hold operation (800N max.)
Space-saving options	Motor-reversing (slider/rod) Short type, slim type, flat type	Motor-reversing (slider only)
Dustproof, splash-proof type	Not available	Available
High-speed movement	Maximum speed: 1000mm/s	Maximum speed: 666mm/s
Power-supply voltage	24VDC, 100VAC, 200VAC	24VDC
Field networks	Supports DeviceNet, CC-Link and ProfiBus	Field networks not supported

Fuente: Recuperada de http://www.intelligentactuador.com/pdf/ROBO_General.pdf

Después de revisar todas las opciones disponibles y los requerimientos del sistema se optó por utilizar el siguiente actuador:

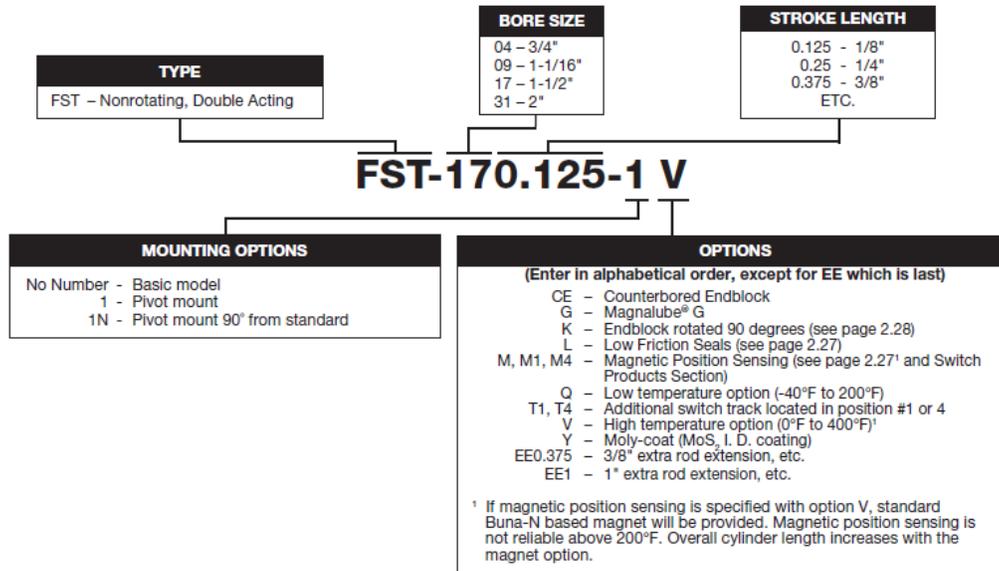
RCP2-SA6-IPM-12-100-P1-M, para más detalles ver anexo B.1.

5.1.2 Cilindro del pin de empuje

Para escoger este actuador se tomó en cuenta principalmente el tamaño, la marca y la pequeña carrera necesaria, la cual debe ser aproximadamente 3 mm mayor al espesor de los carretes.

El tamaño debe ser lo más pequeño posible para no ocupar mayor espacio del utilizado actualmente y así no afectar el espacio de trabajo del operario. Se seleccionó este actuador tomando en cuenta una marca utilizada por SAMTEC.

El pistón neumático seleccionado es de marca BIMBA con número de serie FST-040.125-M.



Fuente: Recuperada de www.bimba.com.
Figura 5.1. Selección de actuador neumático.

5.1.3 Sensor detector de pines

Este sensor como se explicó anteriormente cumplirá la función de detectar la ausencia de pines y así indicarle al operario que no se realice el llenado en el cuerpo del conector/terminal.

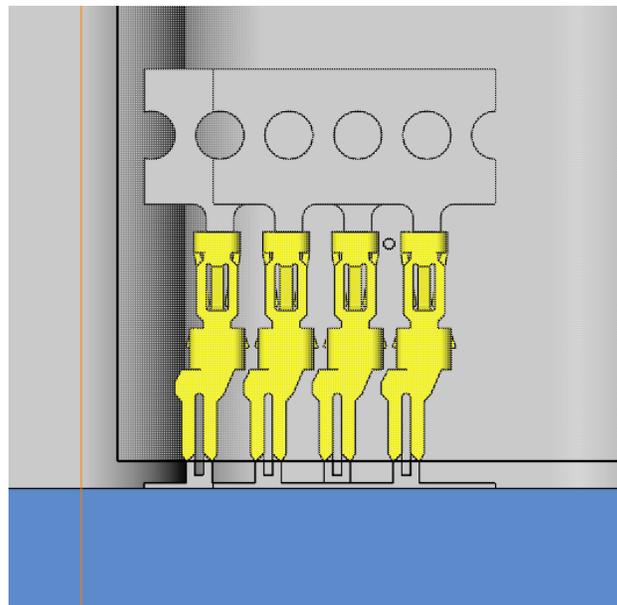
Al seleccionar este componente se tomó en cuenta la velocidad a la que se mueve el carrete, la pequeña distancia entre pines, el material de los pines y la ubicación del sensor. Por ello se escogió utilizar un sensor fotoeléctrico.

Para seleccionar el sensor fotoeléctrico se consideró la distancia entre el sensor y el objeto a detectar, el haz de luz, la frecuencia de conmutación, la ubicación y la marca. Se seleccionó el sensor de marca Balluff con número de serie BGL 30A-004-S49.

Tabla 5.2 Características generales de los sensores BGL.

Type	Slot opening	Resolution	Light type				Output		Output function		Switching frequency	U _b	Conne- ction
			Red light	Laser light	Infrared	Red and green light	PNP-Transistor	NPN-Transistor	Light-on	Dark-on			
 Slot Sensors													
BGL 5A-001-S49	5 mm	0.3 mm	■				■		■	■	3 kHz	■	■
BGL 5A-002-S49	5 mm	0.3 mm	■					■		■	3 kHz	■	■
BGL 10A-001-S49	10 mm	0.3 mm	■				■		■	■	3 kHz	■	■
BGL 10A-002-S49	10 mm	0.3 mm	■					■	■	■	3 kHz	■	■
BGL 20A-001-S49	20 mm	0.3 mm	■				■		■	■	1.5 kHz	■	■
BGL 20A-002-S49	20 mm	0.3 mm	■					■	■	■	1.5 kHz	■	■
BGL 30A-001-S49	30 mm	0.3 mm	■				■		■	■	1.5 kHz	■	■
BGL 30A-002-S49	30 mm	0.3 mm	■					■	■	■	1.5 kHz	■	■
BGL 30A-003-S49	30 mm	50 μm		■			■		■	■	5 kHz	■	■
BGL 30A-004-S49	30 mm	50 μm		■			■		■	■	5 kHz	■	■

Fuente: Recuperada de www.balluff-ua.com/pdf/optic_slot_en.pdf



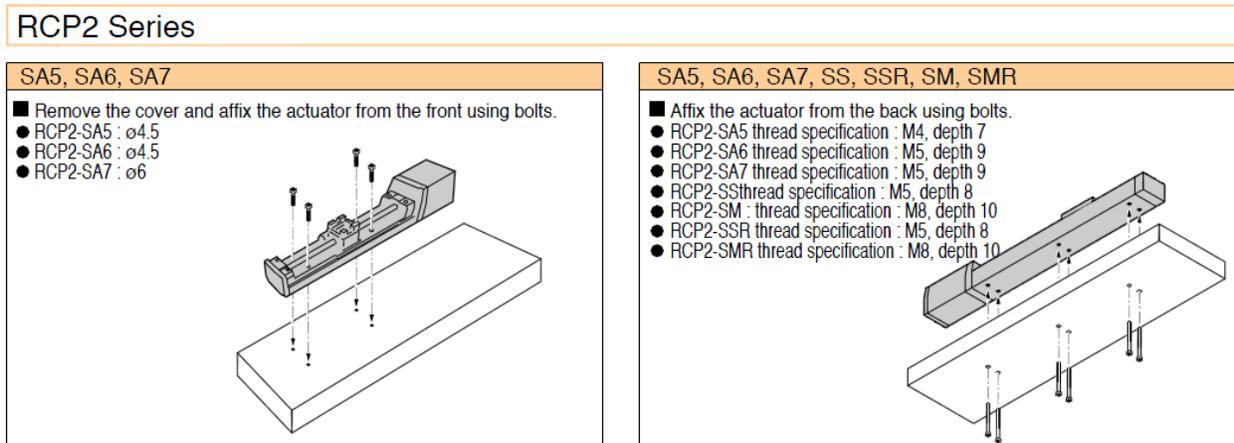
Fuente: Autor. SolidWorks.

Figura 5.2 Ubicación del haz de luz entre pines de la serie FFSD.

5.2 Diseño mecánico

A continuación se presenta el diseño de las partes que se requiere construir, así como de las partes actuales que requieren maquinado.

Para ubicar el actuador lineal se utilizará un perfil de la marca 80/20, los cuales son perfiles utilizados por SAMTEC para las estructuras. Sobre este perfil se ubica la base del “ROBO Cylinder”, el cual se sujeta utilizando tornillos, como se indica en la figura 5.3.

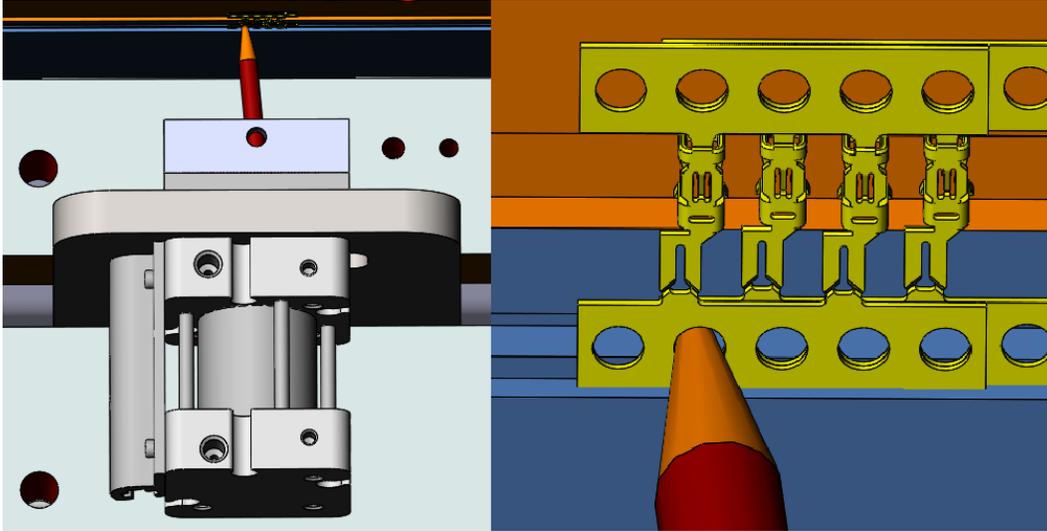


Fuente: Recuperada de http://www.intelligentactuador.com/pdf/ROBO_General.pdf

Figura 5.3. Montaje del “ROBO Cylinder”.

Sobre la base que se desliza del actuador se ubica la pieza que soporta el sub-ensamble del pin de empuje. Este sub ensamble estará en constante movimiento, es por ello que se hace necesario tomar consideraciones como crear una ranura en la placa base de la máquina y crear un cobertor que evite posibles accidentes al operar el sistema.

El cilindro que empuja el pin posee doble vástago, y al final del mismo se ubica la pieza donde se sujeta el pin de empuje por medio de un tornillo prisionero. Al accionarse el cilindro, el extremo del pin de empuje pasa por un agujero del carrier inferior, donde será el punto de contacto para el empuje. Como se muestra en la siguiente figura.

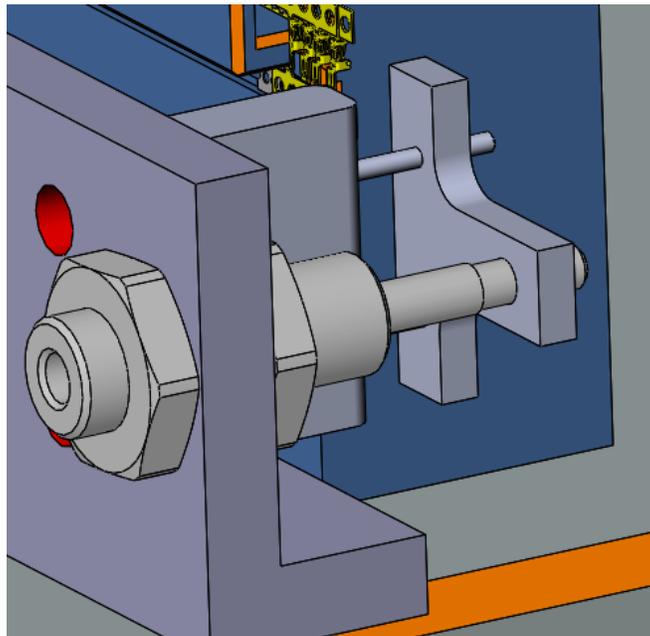


Fuente: Autor. SolidWorks.

Figura 5.4 Detalle de sub-ensamble del pin de empuje.

Se diseñaron los sub-ensambles para sujetar los carretes cuando el pin de empuje no está en contacto con los mismos, el concepto general de estos sub-ensambles se comentó anteriormente.

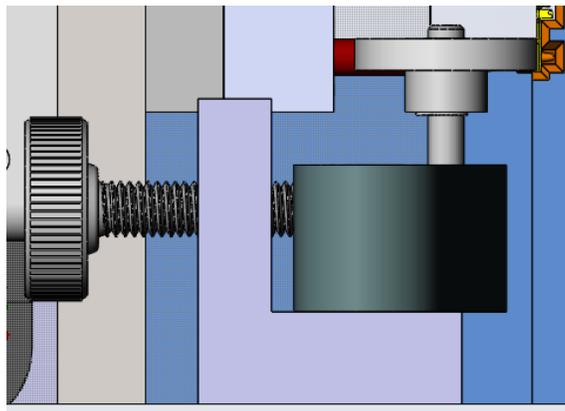
En la siguiente figura se observa el sub-ensamble de la opción dos del apartado 4.2.3, que consta de un cilindro neumático, dos piezas que funcionan de prensas y dos pines de alineamiento.



Fuente: Autor. SolidWorks.

Figura 5.5. Detalle de sub-ensamble de sujeción 2.

En la siguiente figura se observa una vista lateral del sub-ensamble de la opción tres del apartado 4.4.3, que consta de un tornillo para ajustar la presión manualmente, un eje sobre el cual gira un rodamiento de sentido único, y una rueda de hule que presiona los pines contra el track.



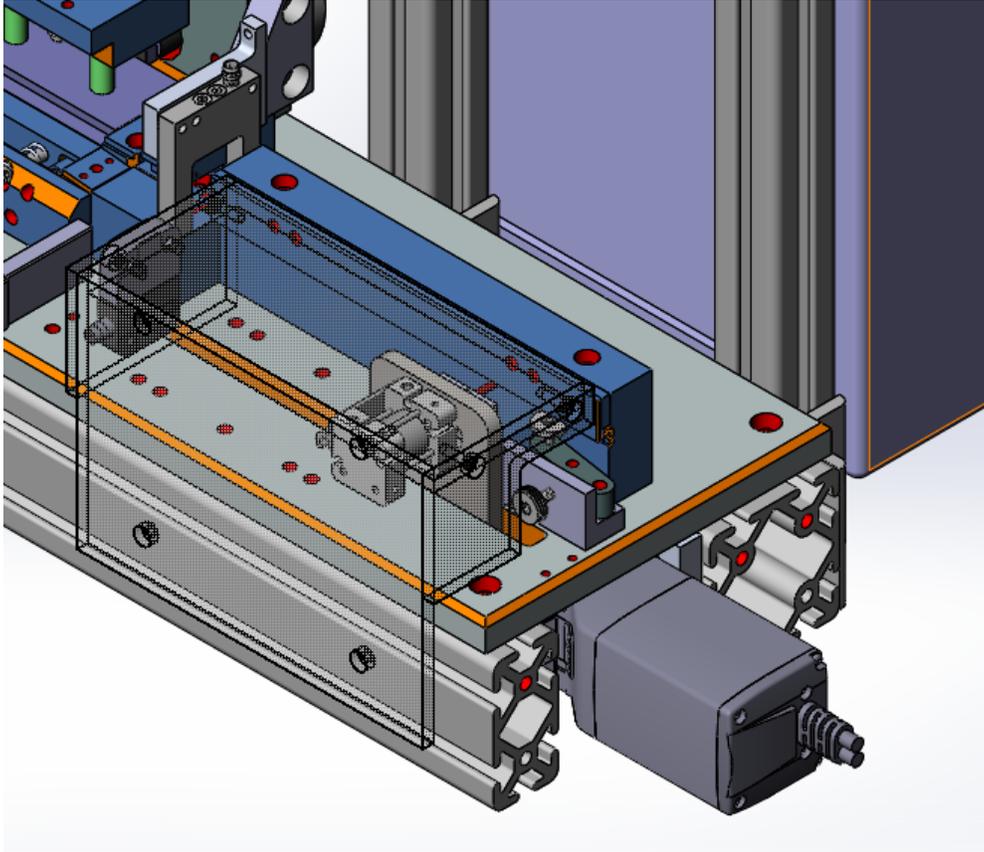
Fuente: Autor. SolidWorks.

Figura 5.6 Detalle de sub-ensamble de sujeción 3.

Se seleccionó esta última opción de sub-ensamble para evitar el uso de un actuador que requiere energía neumática y eléctrica, además el sub-ensamble de la figura 5.5 obstruye el ingreso de pines al track manualmente, lo cual se hace al inicio del proceso.

Para proteger el sistema se diseñó una tapa construida con un material llamado Lexan, esta puede ser removida por los técnicos, para realizar ajustes o trabajos de mantenimiento. Para poder operar la máquina es necesario que esta tapa esté correctamente colocada, debido a que cuenta con un sensor inductivo el cual habilita el control de la máquina. Esto se detallará más en el plano eléctrico.

A continuación se muestra una vista del modelo del conjunto mecánico diseñado, los planos se muestran en el apéndice A.2.



Fuente: Autor. SolidWorks.
Figura 5.7 Vista isométrica del diseño propuesto.

Capítulo 6. Control del proceso

6.1 Control actual

El sistema actual es controlado con un PLC Koyo DirectLogic D0-05DD, el cual se programa con el software DirectSoft, dentro de sus características básicas cuenta con 8 entradas digitales y 6 salidas digitales, dos de las entradas cuentan con un tiempo de respuesta menor a 100 μ s (Anexo B.2). En la tabla 7.1 se presentan las entradas y salidas del sistema actual.

Tabla 6.1 Entradas y salidas del PLC actual.

Entradas		Salidas	
X0	-	Y0	On/Reset Lamp
X1	On/Reset PB	Y1	Cut Cyl
X2	-	Y2	Feed Cyl
X3	Front Touch Plat	Y3	Front Poff Motor
X4	Back Touch Plat	Y4	Back Poff Motor
X5	Cut Cyl Back	Y5	Takeup Motor
X6	Feed FWD Prox	-	-
X7	Foot Pedal	-	-

Fuente: Autor. Excel.

Las entradas X3, X4 y las salidas Y3, Y4, Y5 forman parte del sistema que hace el ingreso de los pines, este sistema es casi independiente del resto del proceso, por lo que no se hará énfasis en esta parte, para comprender su funcionamiento se puede observar el diagrama en escalera del control actual (Anexo B.3).

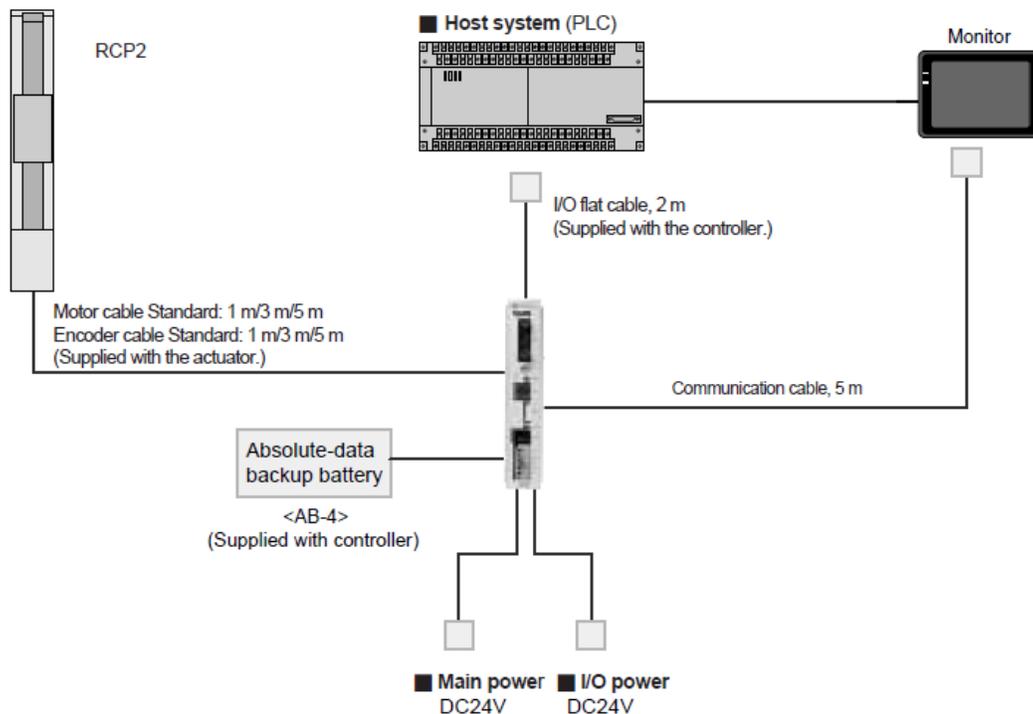
La entrada X1 es un botón pulsador que enciende y reinicializa la máquina, la entrada X5 es el sensor inductivo de proximidad del cilindro que corta el carrete, la entrada X6 es el sensor inductivo de proximidad del cilindro de avance y la entrada X7 es el pedal con el que el operario controla la máquina.

El proceso inicia cuando el operario ajusta la máquina para la serie y cantidad de pines del producto, luego coloca los carretes en el sistema que alimenta la máquina de pines, inicialmente el operario ingresa los pines manualmente, una vez ingresados los empuja con el pistón de avance activándolo con el pedal.

El pedal tiene dos funciones dentro del ciclo, primero activa el pistón de avance y luego de un tiempo de 2 ms se activa el cilindro de corte, pasados 4 ms se devuelve el cilindro de avance; el cilindro de corte no solo corta el carrete sino también funciona de mordaza para mantener los pines presionados mientras el operario hace el llenado de pines en el cuerpo del conector, luego de este llenado manual. El operario activa nuevamente el pedal para contraer el cilindro de corte y repetir el ciclo. En el anexo B.3 se encuentra la programación de este proceso.

6.2 Control propuesto

El control se hará por medio de tres dispositivos primordiales, un PLC, una pantalla táctil y el controlador del “ROBO Cylinder”. Esta comunicación se hará como se muestra en la figura 6.1.



Nota. Imagen modificada de la original. Fuente: Recuperada de http://www.intelligentactuator.com/pdf/ROBO_General.pdf

Figura 6.1 Conexión eléctrica del control.

6.2.1 PLC

Se utilizará el PLC actual esto gracias a que dicho controlador posee un puerto serial por el cual se comunicará con la pantalla, además es posible añadirle un módulo de entradas y salidas, el cual es necesario para el sistema diseñado. La comunicación con el controlador del actuador se hace por medio del puerto de entradas y salidas. Ver anexo B.4.

El módulo necesario es el D0-08CDD1 de la misma serie del PLC, el cual cuenta con cuatro entradas digitales y cuatro salidas digitales.

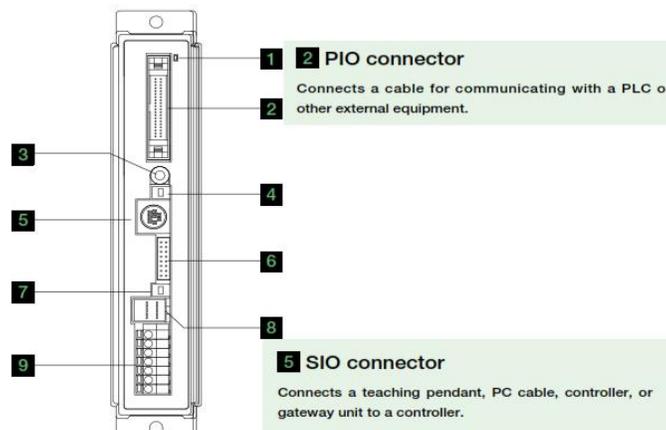
6.2.2 Interfaz de usuario

Se utilizará una pantalla táctil de la marca RedLion modelo G304K2, la cual posee dos puertos de comunicación serial (RS-485 y RS-232/422/485), uno de ellos para comunicarse con el PLC y el otro para comunicarse con el controlador del “ROBO Cylinder”.

A través de la pantalla el usuario podrá definir la serie y la cantidad de pines del conector/terminal que requiera, la misma se encargará de hacer los cálculos necesarios y descargar la tabla de posiciones en el controlador del actuador.

6.2.3 Controlador del “ROBO Cylinder”

Este controlador se comunicará con el PLC a través del puerto llamado PIO (puerto de entradas y salidas), y la comunicación con la pantalla será a través del puerto llamado SIO (puerto de configuración de entradas y salidas)



Fuente: Recuperada de http://www.intelligentactuador.com/pdf/ROBO_General.pdf

Figura 6.2 Controlador del ROBO Cylinder

6.3 Programación

Como se mencionó, la programación del PLC se realiza mediante el software DirectSoft, utilizando diagrama en escalera. Para comprender este diagrama se presenta una tabulación de las etiquetas utilizadas en el PLC (Tabla 6.2) y en el apéndice A.3 se presenta el diagrama de programación.

El sensor de detección de pines no se utilizó, debido a que, las posiciones de los conectores/terminales son variables mientras que el punto de corte y la posición del sensor son fijas; esto provoca que eventualmente un pin podría detenerse justamente en el haz del sensor o detenerse en medio de las posiciones totales del conector/terminal, por lo cual se hace imposible indicar a cuál de ellos pertenece un pin ausente. Este problema se puede solucionar de otras maneras, sin embargo no se desarrollan en este proyecto, ya que no es un sistema completamente automático y el descarte de pines lo debe hacer el operario visualmente.

Tabla 6.2 Entradas y salidas del PLC del diseño propuesto.

Entradas			Salidas		
X0	Enable Payoff	Habilita alimentación de pines	Y0	On/Reset Lamp	Luz de encendido
X1	On/Reset PB	Reinicializa la máquina	Y1	Cut Cyl	Cilindro de corte
X2			Y2	Push Pin	Cilindro del pin
X3	Front Touch Plat	Carrete frontal	Y3	Front Payoff Mot	Motor de carrete frontal
X4	Back Touch Plate	Carrete trasero	Y4	Back Payoff Mot	Motor de carrete trasero
X5	Cut Cyl Back	Cilindro de corte contraído	Y5	Takeup Motor	Motor recoge papel
X6	Move Complete	Posición del RC completada	Y6	POS 1 RoboC	Posición 1 RC (B)
X7	Foot Pedal	Pedal operario	Y7	POS 2 RoboC	Posición 2 RC (A)
X10	Home Complete	Posición de inicio del RC	Y10	Start RoboC	Mover RC a la posición AB
X11	Pin Fwd	Cilindro del pin extendido			

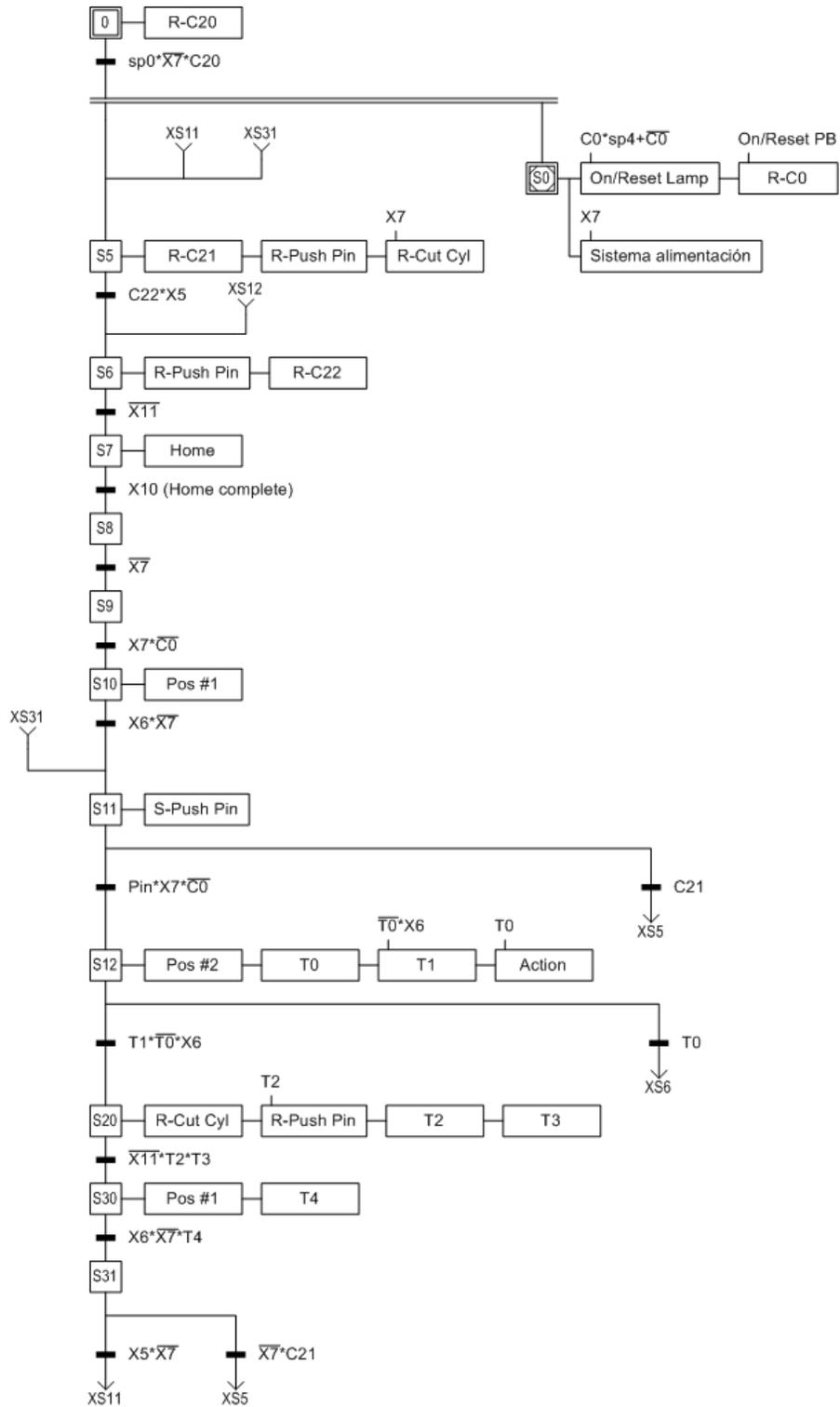
Fuente: Autor. Excel.

Tabla 6.3 Memorias y temporizadores utilizados.

Memorias			Temporizadores		
C0	Mach Error	Error en el proceso	T0	Mach Error TMR	2 seg
C1	tchplate LATCH	Memoria interna	T1	Cut Delay TMR	0.2 seg
C2	Payoff OK FRONT	Memoria interna	T2	Reset Pin	0.4 seg
C4	Front Error Sig	Memoria interna	T3	Back Axis X	0.8 seg
C10	Tchplate LATCH B	Memoria interna	T10	Delay ON	0.8 seg
C11	Payoff OK BACK	Memoria interna	T11	Delay Off1	1 seg
C14	Back Error Sig	Memoria interna	T15	Payoff Timeout F	15 seg
C20	Red Lion Ready	Pantalla lista	T17	NoPinsFrom Ken	2 seg
C21	Change Series	Botón activado por operario	T20	Delay ON BK	0.8 seg
C22	Download Done	Comunicación pantalla-RC	T21	Delay Off BK	0.1 seg

Fuente: Autor. Excel.

Las variables etiquetadas con la letra S son las etapas del proceso. Para realizar este diagrama primero se planteó la solución utilizando "grafcet", mostrado en la figura 6.3.



Fuente: Autor. Elaborada en SFCEdit.
Figura 6.3 Diagrama de programación del PLC.

6.3.1 Lógica del PLC

Como se puede observar en el diagrama anterior, el programa inicializa la memoria C20 en cero, la cual es una bandera que la pantalla enciende una vez que sea encendida y funcione correctamente. Una vez dada esta condición y un contacto de tiempo interno del PLC sp0, se activan la etapa principal S0 y la etapa inicial del ciclo S5. La etapa principal S0 siempre está activa y es en donde se controla la inicialización de la máquina utilizando la memoria C0 (error en la máquina) y el botón de encendido.

La lógica del ciclo se basa en que una vez programado el controlador del ROBO Cylinder con las dos posiciones a las que debe moverse, el PLC es quien le indicará cuando moverse a las mismas. Esto se detallará más en la programación de la pantalla.

El proceso de movimiento inicia en la etapa S5 donde se desactiva el pin de empuje y se asegure que no empuje ni jale el carrete. Luego se hará un movimiento al "Home" o posición inicial del R.C, el cual es el punto inicial o 0 mm, dicho punto está configurado por el proveedor como la posición 00 en binario. La etapa S8 es de transición, para evitar que el R.C comience el movimiento si el pedal está presionado.

Luego de presionar el pedal el R.C irá a la posición #1 o 01 en binario, una vez ahí se activa el pin de empuje, de nuevo se debe asegurar que el pedal no se mantiene presionado y que el pin de empuje se extendió para iniciar el movimiento hacia la posición #2 o 10 en binario, luego de presionar el pedal.

En la etapa S12 si el movimiento del R.C dura más de 2s o por algún motivo no se mueve, se indicará un error en la máquina con la memoria C0 y se activa la etapa S6. Cuando se alcanza la posición #2 en la etapa S20, por medio de temporizadores se activan secuencialmente el cilindro de corte, se desactiva el pin de empuje y se activa el movimiento a la posición #1 del R.C.

Manualmente el operario debe colocar el cuerpo del conector sobre los pines y retirarlos y presionar el pedal para contraer el cilindro de corte y continuar con el ciclo desde la etapa S11. En este punto si el operario reajustó la máquina desde la pantalla, el proceso se repite desde la etapa S5.

6.3.2 Programación de la pantalla

Como se mencionó se utilizará una pantalla táctil de marca RedLion (Anexo B.5), la misma se programa utilizando el software llamado Crimson 3, para efectos de este informe se presentará un diagrama de flujo de la programación realizada en dicha pantalla, además de algunos cálculos y funciones.

La comunicación con el PLC se realiza mediante un enlace RS-232, las etiquetas necesarias para dicha comunicación son las siguientes:

- a) C20 (pantalla lista): Etiqueta de estado lógico. Igual a 1 cuando la pantalla está funcionando.
- b) C21 (cambio de serie): Etiqueta de estado lógico. Igual a 1 cuando el operario selecciona la opción de cambiar de serie o bien detener el proceso. Igual a 0 cuando el ciclo se encuentra en la etapa S5.
- c) C22 (descarga completa): Etiqueta de estado lógico. Igual a 1 cuando los parámetros del R.C fueron descargados al controlador exitosamente. Igual a 0 cuando el operario selecciona la opción de cambiar de serie.

La comunicación con el controlador del R.C. se realiza mediante un enlace RS-485, los parámetros que se ajustan desde la pantalla son descargados en una tabla con los siguientes datos:

- a. Posición en mm.
- b. Velocidad en mm/s.
- c. Aceleración en mm/s^2 .
- d. Movimiento incremental o absoluto.
- e. Dirección de memoria donde se almacenan los parámetros.

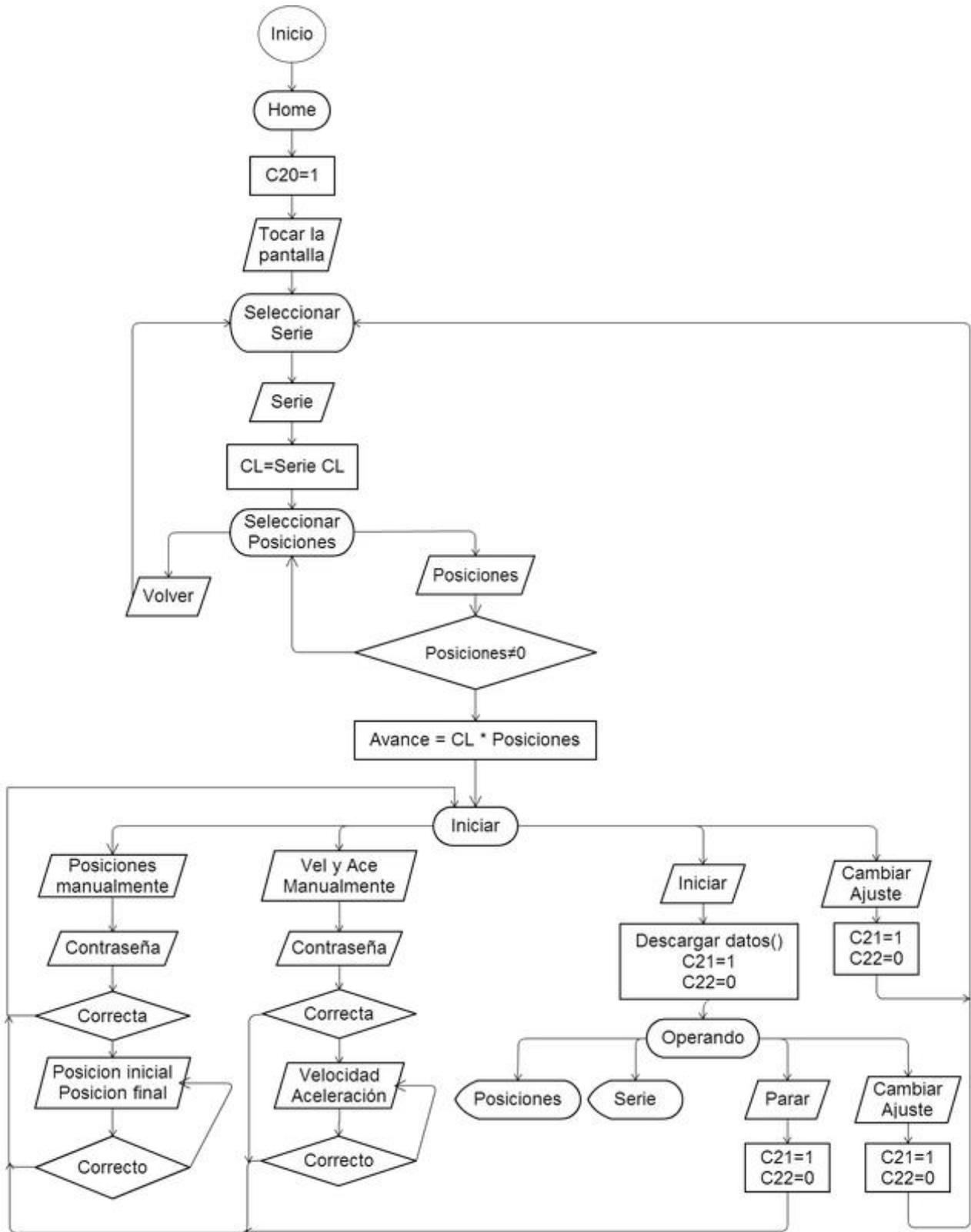
En la figura 6.4 se muestra la secuencia lógica que seguirá la pantalla, en el apéndice A.4 se muestran cada una de las pantallas que se mostrarán y en el apéndice A.5 el significado de los símbolos utilizados en el diagrama de flujo.

La pantalla inicial servirá para inicializar el sistema y la variable C20, en la segunda pantalla el operario deberá seleccionar la serie requerida, esta selección está asociada con el paso o distancia entre pines (CL en figura 6.4), en la tercer pantalla el operario deberá seleccionar las posiciones o cantidad de pines, con la multiplicación de estos dos valores se obtiene el avance, este valor es utilizado para configurar las dos posiciones entre las que se desplazará el R.C; de la siguiente manera:

Posición 2= 96 mm.

Posición 1= $(96 - CL * Posiciones)$ mm = $(96 - Avance)$ mm.

Se utiliza la posición 2 con un valor fijo para que el funcionamiento de la máquina se asemeje al sistema actual, el cual tiene el tope de final de carrera del pistón como fijo y el tope de inicio de carrera variable. Además el punto de empuje del carrete debe estar cerca del punto de corte del carrier superior dentro del track.



Fuente: Autor. Elaborada en <https://caco.com>

Figura 6.4 Diagrama de flujo que describe la programación de la pantalla en Crimson 3.

La velocidad y la aceleración del R.C. serán valores fijos, 350 mm/s y 9800 mm/s² [1 G] respectivamente (valores calculados de la figura 4.7), sin embargo estos valores pueden ser configurables por los técnicos, así como dos puntos cualesquiera del R.C. para ajustes manuales.

6.3.3 Configuración del controlador del R.C.

Es necesario configurar una tabla de parámetros dentro del controlador, esto se realiza mediante un software llamado “ROBO Cylinder PC Software”, dicha configuración se hace una vez y antes de conectar el controlador al resto del sistema. Esta configuración se muestra en la figura 6.5.

No	Name	Value
11	Default MAX ACC(G) flag	0
12	Default positioning current limit [%]	35
13	Default home current limit [%]	35
14	(For future expansion)	0
15	Disable 'STOP' Input [0:Enable/1:Disable]	0
16	SIO Baudrate[bps]	115200
17	Min delay for activating local transmitter[msec]	5
18	(For future expansion)	0
19	(For future expansion)	0
20	(For future expansion)	0
21	Disable 'ServoON' Input [0:Enable/1:Disable]	1
22	Home offset[mm]	0.00
23	Zone Output Position(2) + [mm]	100.30
24	Zone Output Position(2) - [mm]	-0.30
25	PIO pattern	1
26	PIO Jog speed[mm/sec]	100
27	Move command type[0:Level/1:Edge]	0
28	Pole sense initial moving direction[0:opposite/1:default]	0

Fuente: Autor. Tomada de ROBO Cylinder PC Software.
Figura 6.5 Configuración inicial del controlador del ROBO Cylinder.

“PIO Pattern”

Este es el parámetro de mayor importancia en este caso, ya que el mismo es el que determina las funciones de las entradas y salidas que serán utilizadas en la programación del PLC y en la conexión eléctrica. Se configuró el “PIO Pattern” 1 (ver anexo B.4-“6 I/O Signal Table”). Otro parámetro importante es el de la velocidad de comunicación que tendrá con la pantalla, el cual debe ser igual en ambas configuraciones; se utilizó 115200 Bd.

En la tabla 6.4 se muestran las entradas y salidas del R.C. utilizadas por el PLC, las señales no comentadas en esta tabla se detallan en la conexión eléctrica.

Tabla 6.4 Configuración entradas/salidas del "ROBO Cylinder"

Nombre de señal	Abreviación en controlador	Nombre en PLC	Descripción
Comando del número de posición	PC1	Y6	Número binario, primer bit (LSB)
	PC2	Y7	Número binario, segundo bit
	PC4	0V	Número binario, tercer bit
	PC8	0V	Número binario, cuarto bit (MSB)
Inicio	CSTR	Y10	Ejecuta el movimiento indicado
Posición completada	PEND	X11	Indica posición alcanzada
Posición inicial completada	HEND	X10	Indica posición de inicio alcanzada

Fuente: Autor. Excel.

6.4 Conexión eléctrica

Se desarrolló un plano eléctrico que detalla la manera en que se debe implementar el diseño propuesto. Este plano se modificó del ya existente, es decir, no se creó desde cero; se eliminaron componentes que no serán utilizados, se modificaron las entradas y salidas del PLC, además se agregaron los componentes que serán utilizados.

Componentes eliminados:

- Pistón de avance.
- Sensor de posición del pistón de avance.

Componentes agregados:

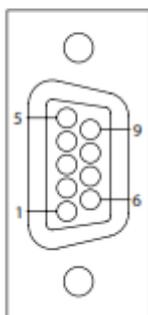
- Controlador del ROBO Cylinder.
- ROBO Cylinder.
- Pantalla táctil.
- Sensor de seguridad y relé.
- Pistón de pin.
- Sensor de posición del pistón de pin.
- Módulo de entradas y salidas del PLC.

El controlador del ROBO Cylinder se comunica con el PLC a través del PIO, el cual se configuró como se mencionó anteriormente, además se debe conectar con el R.C. como se muestra en el plano.

En cuanto a la pantalla táctil se debe tomar en cuenta que la misma posee un solo conector DB9-M configurable, para obtener dos enlaces, como se muestra en la figura 6.6. Se utiliza el “com3 (RS-485)” para la comunicación con el controlador del R.C. y el “com1 (RS-232)” para la comunicación con la pantalla táctil.

The G304K2 has two serial ports combined into a single DB9-M connector.

PC (RS-232)



DB9-M

PIN	SYMBOL	COM1 (RS-485) 4 wire	COM1 (RS-485) 2 wire	COM1 (RS-232)	COM3 (RS-485)
1	RxA	Rx-	Data-		
2	RxB	Rx+	Data+		
3	TxA	Tx-			
4	TxB	Tx+			
5	GND	Signal Ground			
6	Tx			Transmit	
7	RxA				Data-
8	RxB				Data+
9	Rx			Receive	

Fuente: Recuperada de http://files.redlion.net/filedepot_download/213/3780.

Figura 6.6 Configuración del puerto de comunicación de la pantalla.

El plano eléctrico se puede consultar en el apéndice A.6.

Capítulo 7. Análisis económico.

En este capítulo se hará un análisis de la relación costo-beneficio del proyecto, a través de índices para estimar el periodo de recuperación de la inversión, además se utiliza un índice interno de la empresa llamado impacto-esfuerzo, el cual se utiliza para clasificar proyectos por orden de prioridad.

El presente proyecto se clasifica como de renovación. "La renovación, una alternativa para el reemplazo, implica reconstruir, retardar o adaptar un activo fijo existente." (Gitman, 2007, p. 318).

7.1 Costo de la implementación

Anteriormente se estimó un costo de los componentes necesarios para el análisis de propuestas, a continuación se presentan la cotización de los componentes a comprar y de los que requieren mecanizado.

Tabla 7.1 Cotización de componentes necesarios.

Ítem	Número de parte	Marca	Unidades	Precio total dolares	Precio colones
ROBO Cylinder	RCP2-SA6-I-42P-100-P1-P	I.A.I	1	\$1.113,75	¢588.126,83
Controlador R.C.	PCON-CA-42PWAI-NP2-0	I.A.I	1	\$303,75	¢160.398,23
Pistón neumático	FST-040.125	BIMBA	1	\$76,25	¢40.264,58
Sensor posición	HSC	BIMBA	1	\$30,00	¢15.841,80
Sensor seguridad	BNS 260-02ZG-ST-L	SCHMERSAL	1	\$130,00	¢68.647,80
Pantalla Tactil (HMI)	G304K200	RedLion	1	\$411,00	¢217.032,66
Modulo entradas/salidas PLC	D0-08CDD1	Automaton Direct	1	\$64,00	¢33.795,84
Tornillo cabeza moleteada	98704A535	McMaster	10	\$8,43	¢4.451,55
Pin espiga (eje)	99010A127	McMaster	1	\$1,47	¢776,25
Rodamiento sentido único	2489K21	McMaster	1	\$14,62	¢7.720,24
Arandela de caucho (Buna-N)	90133A032	McMaster	100	\$11,56	¢6.104,37
Caja pantalla (HMI)	A806CH	Hoffman	1	\$69,00	¢36.436,14
Total				\$2.233,83	¢1.179.596,27

Fuente: Autor. Excel.

Tabla 7.2 Cotización de componentes mecanizados.

Pieza	Dimensiones	Material	Precio dólares	Precio colones
Soporte del R.C.	1/2" 300x60 mm	Aluminio	\$350.00	¢184,821.00
Soporte del pistón	1/4" 80x50 mm	Aluminio	\$250.00	¢132,015.00
Base del pin	1/2" 40x10 mm	CRS	\$150.00	¢79,209.00
Pin de empuje	Cilindro 1/4" diam	Drill blank M-2/M-7 HSS 62-65 RC	\$40.00	¢21,122.40
Base de tornillo de presión	50x25x25 mm	CRS	\$200.00	¢105,612.00
Base del rodamiento	40x10x10 mm	CRS	\$175.00	¢92,410.50
Base de sensor de seguridad	20x40x10 mm	Aluminio	\$100.00	¢52,806.00
Tapas de seguridad	Lámina 120x200x20 mm	Lexan	\$150.00	¢79,209.00
Placa base	Requiere mecanizado	Aluminio	\$100.00	¢52,806.00
Total			\$1,515.00	¢800,010.90

Nota. Cotización realizada por Ing. Mefi Duarte. Fuente: SAMTEC.

Sumando los dos valores de las tablas 7.1 y 7.2 se obtiene un costo total del proyecto de \$ 3.748,83 (¢1.979.607,17); multiplicado por 8 máquinas, el costo de implementarlo en todas estas, es de \$29.990,64 (¢15.836.857,36).

7.2 Pérdidas actuales del proceso

En la tabla 1.1 se expusieron los datos que dieron origen al proyecto, sin embargo, se decidió recabar datos nuevamente, y enfocarse en los problemas o pérdidas económicas que genera el actual sistema de avance, estos problemas se encontraron observando el proceso de producción, además de conversar con los operarios y los supervisores del área IDC.

Para el actual proyecto se tomaron seis factores importantes, donde se contabilizó el dinero que pierde SAMTEC durante el proceso en cuestión, estos se presentan a continuación y se explica cada uno de ellos:

7.2.1 Tiempos muertos de la máquina.

Estos tiempos muertos se refiere a cuando el operario debe reportar la máquina como dañada, y debe ser revisada por el técnico, el tiempo se contabiliza desde el momento en que el operario hace el reporte hasta que el técnico repara el error. Suele suceder que el mayor tiempo se da en la espera de que el técnico revise la máquina.

Son varios los modos de falla de la máquina, es por esto que se realizó una clasificación de estos reportes para relacionarlos directamente al proceso que se quiere mejorar con la propuesta. Entre esta clasificación se encuentran los tiempos debidos al ajuste de posiciones, ajuste del pin de empuje, ajuste del track y ajustes generales.

En total el tiempo de producción que se pierde por año es de 611 horas, esto traducido en dinero debido al tiempo que tarda el técnico reparando la máquina y el operario sin producir, es de \$17 030.

Se realizó una comparación del tiempo que tardan los técnicos atendiendo la falla o ajuste de la máquina contra el tiempo estimado que se tardará realizar estos ajustes a la máquina con la propuesta implementada.

Tabla 7.3 Tiempos muertos de la máquina relacionados al problema.

Tiempos muertos de Enero-Agosto de las máquinas	Tiempo promedio de la reparación	Tiempo estimado con propuesta
Ajuste de posiciones	0:40:15	0:10:00
Ajuste de pin empuje	0:30:36	0:15:00
Ajustes iniciales	0:24:44	0:10:00
Ajuste del track	1:07:52	0:25:00
Mantenimiento preventivo	0:00:00	0:30:00
Total	2:43:28	1:30:00
Porcentaje reducido		44,94%

Fuente: Autor. Excel.

Se obtuvo una estimación de la reducción del tiempo muerto de la máquina de aproximadamente un 45%, se recuerda que estos tiempos muertos de máquina son los relacionados a la parte del avance de pines, en otras palabras solamente los que se pretenden disminuir.

7.2.2 Material defectuoso

También llamado SCRAP, es el producto que por una u otra razón se califica como defectuoso. Para este producto también existe una clasificación del modo de falla, entre otros se encuentran las fallas eléctricas, material extra, malfuncionamiento de la máquina, pines doblados, cable dañado, conector dañado, orientación. Se realizó una clasificación de cuales de estas causas se verán contrarrestadas por la propuesta; estas se pueden observar en la tabla 7.4 marcados con asterisco.

Tabla 7.4 Pérdidas económicas debidas a producto defectuoso

4 meses	Feb, Marzo, Abril, Mayo (2015)
Falla SCRAP	Total
*Fallas eléctricas	\$ 5,629.00
Otras causas	\$ 4,597.00
Material extra	\$ 2,798.00
Error de operario	\$ 1,976.00
*Malfuncionamiento	\$ 1,657.00
*Pines doblados	\$ 1,629.00
Cable(s) dañado	\$ 1,317.00
*Ausencia de pines	\$ 964.00
*Contactos colapsados	\$ 845.00
Orientación	\$ 568.00
Conector dañado	\$ 558.00
Recubrimiento	\$ 210.00
*Ajustes / Mantenimiento	\$ 110.00
Empaque	\$ 11.00
Otros	\$ 7.00
Gran Total Anual	\$ 68,628.00
Total Anual marcado (*)	\$ 32,502.00

Fuente: Autor. Excel.

Debido a la complejidad que lleva el análisis causa raíz de cada uno de los productos rechazados por calidad, no se puede saber si los modos de falla señalados (*) están directamente relacionados al proceso actual, es por ello que simplemente se estima que la cantidad de producto rechazado por estas causas será reducido por lo menos en un 15 %.



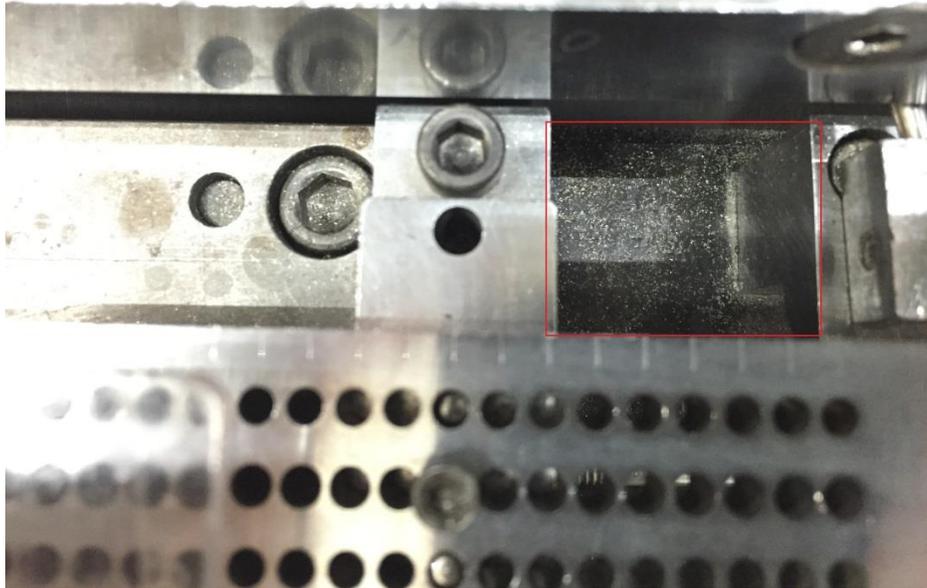
Nota. Fotografía tomada de un microscopio proyectado en un monitor. Fuente: Autor. Foto tomada en SAMTEC

Figura 7.1 Producto desechado por fallas eléctricas.

En la figura 7.1 se observa un conector desechado luego de una prueba eléctrica. En este caso el conector falla debido a que se da un salto de corriente eléctrica entre dos pines. Resaltado en rojo se observa una viruta que se produjo durante el proceso de producción.

7.2.3 Ritmo de producción

Conocido en la empresa como “RATE”, es el tiempo efectivo de producción de los operarios. A pesar de que a los mismos les pagan por turno y no por piezas producidas, se estima que se produzcan 320 conectores por hora, para la serie TCXX y 196 conectores para la serie FFSD; sin embargo esto depende de la cantidad de posiciones y de otros factores.



Fuente: Autor. Fotografía tomada en SAMTEC

Figura 7.2 Suciedad provocada por el arrastre de los pines de empuje

Se observó que durante el proceso actual, el track se llena de polvo metálico que se desprende del carrier inferior, cuando el pin de arrastre es movido hacia atrás, esto provoca que cada cierto tiempo se trabe el carrete y sea imposible el avance del mismo. El operario debe limpiar el track para continuar con la producción, esta acción toma en promedio 10 min y debe ser realizada aproximadamente 3 o 4 veces por turno. Por lo que se tomó una pérdida de tiempo aproximada de 35 min de cada máquina en un turno de 8 horas. El cálculo del costo anual se resume en las siguientes tablas.

Tabla 7.5 Tiempo de producción perdido anual

Tiempo estimado limpiando el track	1 asociado (hrs)	# máquinas	1 día (hrs)	1 año
I Turno	0,583	8	4,664	1343,23
II Turno	0,583	8	4,664	1343,23
III Turno	0,583	8	4,664	1343,23
Tiempo total	1,749	24	13,992	4029,7

Fuente: Autor. Excel.

Tabla 7.6 Pérdidas anuales por tiempo limpiando el track

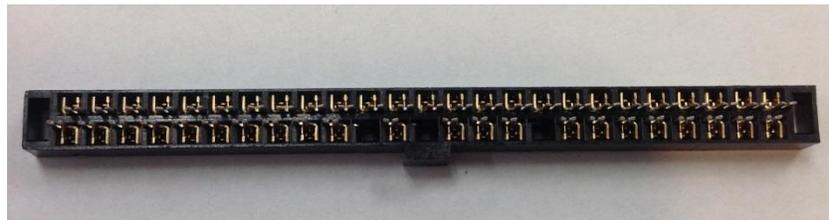
	Costo hora operario	Total de horas pérdidas anuales (hr)	Total
I Turno	\$3,74	1,343,232	\$5.023,69
II Turno	\$4,55	1,343,232	\$6.111,71
III Turno	\$5,62	1,343,232	\$7.548,96
Costo anual (DOLAR):			\$18.684,36
Costo anual (COLON):			₡10.290.783,37

Fuente: Autor. Excel.

Para estimar la reducción de esta pérdida se tomó en cuenta que la causa principal de la suciedad en el track, es el arrastre del pin de empuje, este pin con la propuesta no será arrastrado, evitando que se raspe el carrier. Por lo tanto se propone que el track sea limpiado una vez por turno, esto reducirá el tiempo perdido en un 66,67%, se redondea hacia abajo para utilizar un 65%.

7.2.4 Pines faltantes (problemas de calidad reportados)

Se tienen reportes de los clientes de SAMTEC de fallas en el producto, a los cuales se les realiza una investigación para detallar las causas del error. Estos reportes alcanzan una pérdida aproximada de \$2077 anuales (Mario Chacón, SAMTEC).



Fuente: Autor. Foto tomada en SAMTEC.

Figura 7.3 Ausencia de 3 pines en un conector.

Debido a que no se implementó el sensor detector de pines, no es posible asegurar que a la hora de hacer el llenado del conector, este cuente con todos los pines. Inclusive si se implementa en el futuro, es el operario quien debe cerciorarse de que todos los pines están presentes al hacer el llenado de pines en el conector. Sin embargo, al igual que con los productos defectuosos, se plantea un mínimo de reducción del 15 %.

7.2.5 Seguridad

La máquina actualmente cuenta con un pistón neumático, donde el émbolo está relativamente expuesto y puede ocasionar algún tipo de accidente. No se cuenta con

ningún reporte de algún accidente, sin embargo, la máquina cuenta con un pequeño cobertor que evita manipulación por parte del operario en el émbolo del pistón. Este aspecto se tomó en cuenta en el diseño de la propuesta y así evitar algún futuro accidente, por ende pérdidas monetarias.

7.2.6 Pérdida de pines

Los pines que no son utilizados en el llenado del conector/terminal, son desechados y almacenados para su reciclaje. Estos pines no son utilizados debido a ajustes iniciales, ajustes de posiciones, pines faltantes, entre otros, el operario es quien decide desechar estos pines manualmente. A pesar de que este material se recicla, existe una pérdida importante de material, que no se contabiliza ni se clasifica como material defectuoso.



Fuente: Foto tomada en SAMTEC.

Figura 7.4 Pérdida de pines por ajustes o falta de posiciones.

Esta pérdida no se calculó, debido a la complejidad del análisis requerido, se comenta en esta sección para ser tomado en cuenta en posteriores análisis u otros propósitos.

7.3 Recuperación de la inversión

A continuación se presenta una tabla resumen de las pérdidas comentadas en la sección 7.2.

Tabla 7.7 Ahorro estimado de la propuesta

Problema	Descripción	Costo anual estimado	Costo anual estimado	Costo estimado debido a proceso actual de empuje del carrete	Costo anual con propuesta implementada	Porcentaje estimado reducido
		(Actual volumen de producción)	(con 5% de incremento de producción)			
Ritmo de producción o "Rate"	Limpieza del track	\$18.684	\$19.992	\$18.684	\$6.539,52	65%
Problemas de calidad externos	9 reportes en los últimos tres años	\$2.077	\$2.222	\$2.077	\$1.765,45	15%
Tiempos muertos de la máquina	Ajuste posiciones, resorte del pin, track	\$17.030	\$18.222	\$10.524	\$5.788,04	45%
Producto defectuoso	Malfuncionamiento y falta de pines	\$68.628	\$73.432	\$32.502	\$27.626,70	15%
Pérdida de pines	Pines perdidos durante ajustes	\$0	\$0	\$0	\$0,00	0%
Seguridad	Accidentes provocados por el pistón de avance	\$0	\$0	\$0	\$0,00	0%
Total		\$106.419	\$113.868	\$63.787	\$41.720	65,40%
Ingresos					\$22.067	€11.652.887

Fuente: Autor. Excel.

Como se comentó en la sección anterior, se clasificaron las pérdidas como relacionadas al proceso actual, y luego se estimó un porcentaje de cuanto se pretende reducir de cada factor, debido a que es un estimado, estos porcentajes podrían no ser muy exactos.

La diferencia entre las pérdidas actuales producidas al sistema actual y las pérdidas debidas al sistema propuesto, es el valor que se tomó como los flujos anuales del proyecto.

Para continuar con el análisis se calculó la depreciación como el "Cargo sistemático de una parte de los costos de los activos fijos frente a los ingresos anuales a través del tiempo." (Gitman, 2007, p. 92).

Para un equipo de manufactura el periodo de recuperación es de 7 años, esto implica que los porcentajes de depreciación son como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 7.8 Depreciación del proyecto

Año	Costo	Porcentajes	Depreciación
1	€15,836,857.36	14%	€2,217,160.03

2	₡15,836,857.36	25%	₡3,959,214.34
3	₡15,836,857.36	18%	₡2,850,634.32
4	₡15,836,857.36	12%	₡1,900,422.88
5	₡15,836,857.36	9%	₡1,425,317.16
6	₡15,836,857.36	9%	₡1,425,317.16
7	₡15,836,857.36	9%	₡1,425,317.16
8	₡15,836,857.36	4%	₡633,474.29

Fuente: Autor. Excel.

7.4 Resultados

Para calcular el aumento en el flujo de ingresos se utilizó una aproximación del crecimiento en las ventas de los productos realizados con la máquina en cuestión.

Tabla 7.9 Ventas por serie en los últimos tres años

Año	FFSD	TCMD	TCSD	Ventas totales
2013	\$10,410,034.00	\$6,805,671.00	\$1,174,660.00	\$18,390,365.00
2014	\$11,170,155.00	\$6,929,730.00	\$1,230,120.00	\$19,330,005.00
2015 (Ene-Oct)	\$11,774,441.00	\$6,149,290.00	\$1,176,076.00	\$19,099,807.00
2015 (Ene-Dic)	\$14,129,329.20	\$7,379,148.00	\$1,411,291.20	\$22,919,768.40

Nota. Datos brindados por SAMTEC. Fuente: Autor. Excel.

Debido a que el presente año (2015) no ha finalizado, se extrapola para calcular las ventas anuales esperadas hasta el mes de Diciembre, el índice de crecimiento calculado con la fórmula 7.1 es de 7.65%. Sin embargo se utiliza un 5 % para un cálculo más conservador.

$$\text{Indice de crecimiento} = [(valor\ final/valor\ inicial)^{(1/años)}] - 1$$

(7.1)

Tabla 7.10 Flujo de efectivo anual con un crecimiento del 5%

Flujo de efectivo anual con un crecimiento del 5%		
Año	Flujo de efectivo neto (dólares)	Flujo de efectivo neto (colones)
1	\$22.067,00	₡11.652.700,02
2	\$23.170,35	₡12.235.335,02
3	\$23.633,76	₡12.480.041,72
4	\$24.106,43	₡12.729.642,56
5	\$24.588,56	₡12.984.235,41
6	\$25.080,33	₡13.243.920,12
7	\$25.581,94	₡13.508.798,52
8	\$26.093,58	₡13.778.974,49

Fuente: Autor. Excel.

Habiendo calculado el flujo de efectivo y la inversión inicial, se procede a calcular los índices del valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR) y la recuperación de la inversión.

7.4.1 Indicadores

IMPACT		EFFORT	
Annual Sales (dollars)	\$19,099,807	Cost to Implement (dollars)	\$29,110
Sales Growth (%)	5.0%	Man Hours (hours)	160
Hours Reduced (hours)	467.52	Time to Implement (months)	4
Capacity Increase (%)	28%	Tooling Complexity (select)	basic hand tooling
Sq Footage Reduced (sq ft)	0	Risk (select from list)	easy to abandon/undo
Rate / Cycle Time Improvement (%)	10%	Support / Training (select)	none
Scrap Reduced (dollars)	\$9,651		
Quality (select from list)	NA		
Payback Period (select from list)	12 - 15 mths		
		IMPACT / EFFORT SCORE: 62	

Nota. Evaluación interna de SAMTEC. Fuente: SAMTEC.

Figura 7.5 Evaluación de impacto esfuerzo.

La evaluación de la figura 7.5 es una nota que se le asigna a los proyectos internos de SAMTEC, para clasificarlos por orden de prioridad.

Se estimaron los flujos y la depreciación para 7 años después de implementar el proyecto, sin embargo para calcular los valores de la tabla 7.12 se utilizaron las ganancias de los primeros 3 años. Además debe tomarse en cuenta el tiempo de pruebas y análisis, antes de ser implementado en todas las máquinas.

Tabla 7.11 Indicadores del análisis económico del proyecto

Indicador	Valor
VAN	₪14,244,793.48
TIR	0.56
ROI	1.34

Nota. Se utilizaron fórmulas de Excel. Fuente: Autor. Excel.

El retorno de la inversión es de 1.34 años lo que equivale aproximadamente a 1 año 3 meses y 18 días.

Capítulo 8. Conclusiones y recomendaciones.

8.1 Conclusiones

- a) Se entregó a la empresa una propuesta de diseño a desarrollar con los componentes y las condiciones necesarias, capaz de dar solución a los requerimientos del problema planteado.

- b) Se diseñó un sistema mecatrónico, que satisface los requerimientos dinámicos del proceso de producción, y a la vez reduce el desgaste por arrastre de material, mejorando las condiciones actuales del proceso.

- c) El diseño propuesto resulta de fácil adaptación a los operarios, gracias a un manejo óptimo de tiempos en la lógica de programación y un algoritmo similar al utilizado actualmente, reduciendo el tiempo de aprendizaje.

- d) Se comprueba que el uso de una interfaz hombre-máquina usando una pantalla táctil, simplifica los diferentes ajustes del proceso, lo que repercute en mejores tiempos de respuesta y manejos más precisos de la máquina.

- e) Se realizó un análisis económico del proyecto, obteniendo como resultado una recuperación de la inversión aproximada de un año y cuatro meses, además con un TIR de 56% con tres años de proyección, lo cual califica al proyecto como rentable.

8.2 Recomendaciones

- a) Hacer una revisión detallada del track utilizado por cada máquina, ya que cuentan con mucho tiempo de uso, por lo cual se han desgastado y deformado. Además se puede hacer un diseño donde se utilice la misma pieza con los tres canales necesarios por las diferentes series, y así disminuir el tiempo de cambio de serie.
- b) Utilizar un PLC modular, para facilitar futuras actualizaciones de la máquina.
- c) En la programación del "ROBO Cylinder" se puede hacer una optimización de la carrera disponible. Se cuenta con una distancia máxima de 100 mm por lo cual, se pueden realizar dos o tres avances si el conector es de pocas posiciones; por ejemplo si la carrera para un conector es de 30 mm se pueden realizar tres avances secuenciales para completar una carrera total de 90 mm.
- d) Automatizar el proceso de llenado de conectores/terminales, diseñando una prensa que realice esta acción, para hacer esto se debe retomar el sistema de detección de pines, para evitar el problema de ausencia de pines.
- e) Realizar el cálculo de las pérdidas actuales por el desperdicio de pines no utilizados, lo cual se comentó en la sección 7.2.

Bibliografía

- Automation Direct (2014). *DL05 and DL06 Programmable Logic Controllers (PLC)*. Recuperado el 6 de Agosto del 2015, de <http://www.automationdirect.com/static/catalog/images/product-pdf/DS-DL05-06-PLC.pdf>
- Balluff (s.f.). *Photoelectric Sensors. BGL Slot Sensors*. Recuperado el 16 de Agosto del 2015, de http://www.balluff-ua.com/pdf/optic_slot_en.pdf
- BIMBA (s.f.). *Flat Cylinders*. Recuperado el 13 de Agosto del 2015, de http://www.bimba.com/Global/Library/Catalogs/Bimba%20Catalogs/FL_FlatCylinders.pdf#page=24
- Electus Distribution (2004). *IDC Cable, Headers & Connectors*. Recuperado el 8 de Agosto del 2015, http://www1.electusdistribution.com.au/images_uploaded/IDCconnE.pdf
- Gitman, L. J., & Ramos, E. N. (2003). *Principios de administración financiera*. Pearson educación.
- Intelligent Actuator IAI (2015). *ROBO Cylinder General Catalog*. Recuperado el 10 de Agosto del 2015, de http://www.intelligentactuator.com/pdf/ROBO_General.pdf
- Meixner, H., Kobler, R., & Didactic, F. (1988). *Introducción en la neumática: Manual de estudio*. Festo Didactic.
- Morera, A. (2015). *Automatización y Redes Industriales*. Tecnológico de Costa Rica. Curso Automatización y Redes industriales.
- Oberg, E., Jones, F. D., Horton, H. L., Ryffel, H. H., & Geronimo, J. H. (2004). *Machinery's handbook* (Vol. 200). New York: Industrial Press.
- Piedra, C. (2014). *Selección de actuadores neumáticos*. Tecnológico de Costa Rica. Curso Sensores y Actuadores.
- Press, H. B. *Crear un plan de negocios*. Editorial Impact media. Chile 2009. ISBN 978-956-8827-11-3.

RedLion (2013). *MODEL G304K2 - KADET 2 OPERATOR INTERFACE WITH 4" TFT DISPLAY*. Recuperado el 8 de Julio del 2015, de http://files.redlion.net/filedepot_download/213/3780

Reyes, F., & Vargas, J. (2013). *Mecatrónica. Control y automatización*. México: Alfaomega.

Rockwell Automation (1999). *Fundamentals of sensing. Training Manual*. Rockwell Automation. Allen-Bradley.

SAMTEC (2015). *About us*. Recuperado el 6 de Julio del 2015, de <https://www.samtec.com/>

SAMTEC (s.f.). *Micro Rugged Tiger Eye Contact*. Recuperado el 8 de Agosto del 2015, de http://suddendocs.samtec.com/literature/tiger_eye_eb.pdf

Santana, J., Sierra, J. & Bravo, J. (2013). *Automatismos Industriales* (Primera ed.) México: Alfaomega.

Apéndices

Apéndice A.1. Glosario

Carrete (reel): Es el conjunto de pines diseñados por SAMTEC, utilizado para transportar los pines antes de ser ingresados en los respectivos procesos.

Carrier inferior o superior: Parte inferior o superior del carrete de pines, utilizados para transportar el carrete. El inferior además es utilizado para empujar el carrete.

Conector/Terminal: Cuando se hace mención de un conector, en este documento se refiere al conector hembra y cuando se menciona terminal se refiere al conector macho. También llamados Socket/Male respectivamente.

FFSD: Tipo de serie de un cable o conector producido por SAMTEC. Conector hembra de la serie FF. Su característica más relevante es el paso o distancia entre pines, la cual es de 1.27mm [0.05 in].

IDC: Conector por desplazamiento del aislante (Insulated Displacement Connectors). Se le llama así tanto a los cables y conectores, como al área donde se producen.

SCRAP: Productos que se desechan durante el proceso, debido a diferentes revisiones de calidad.

Paso: Es la distancia entre centros de dos agujeros del carrier.

Posiciones: Se le llama así a la cantidad de pines en un conector/terminal o cable.

TCMD: Tipo de serie de un cable o conector producido por SAMTEC. Conector macho de la serie TC. Su característica más relevante es el paso o distancia entre pines, la cual es de 2mm.

TCSD: Tipo de serie de un cable o conector producido por SAMTEC. Conector hembra de la serie TC. Su característica más relevante es el paso o distancia entre pines, la cual es de 2mm.

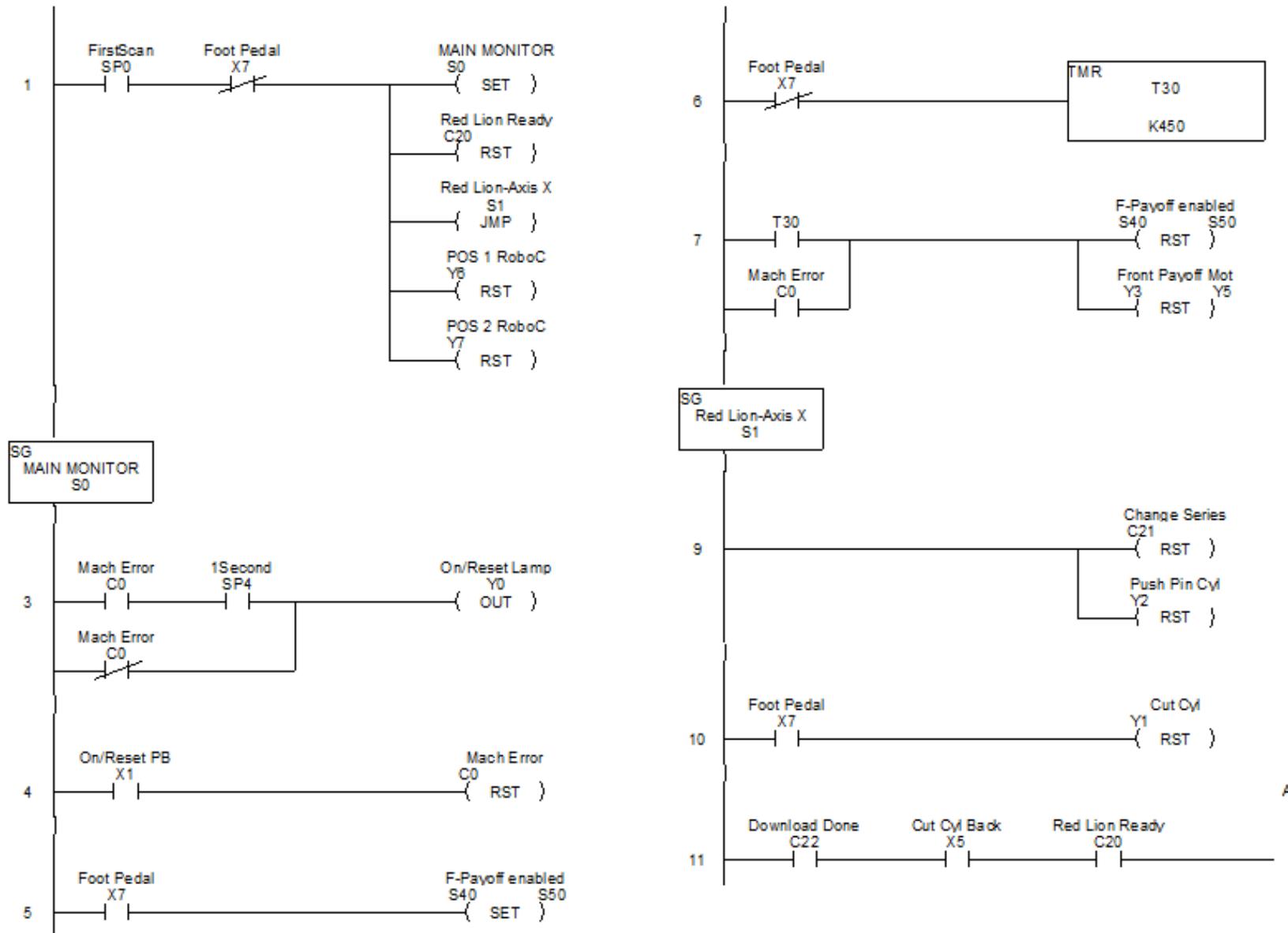
Track: Sub-conjunto mecánico que atraviesa el carrete de pines durante el proceso, tanto para alinear el carrete como para en algunos casos desprender el carrier superior, antes de realizar el ensamble del conector.

Apéndice A.2. Planos del diseño mecánico

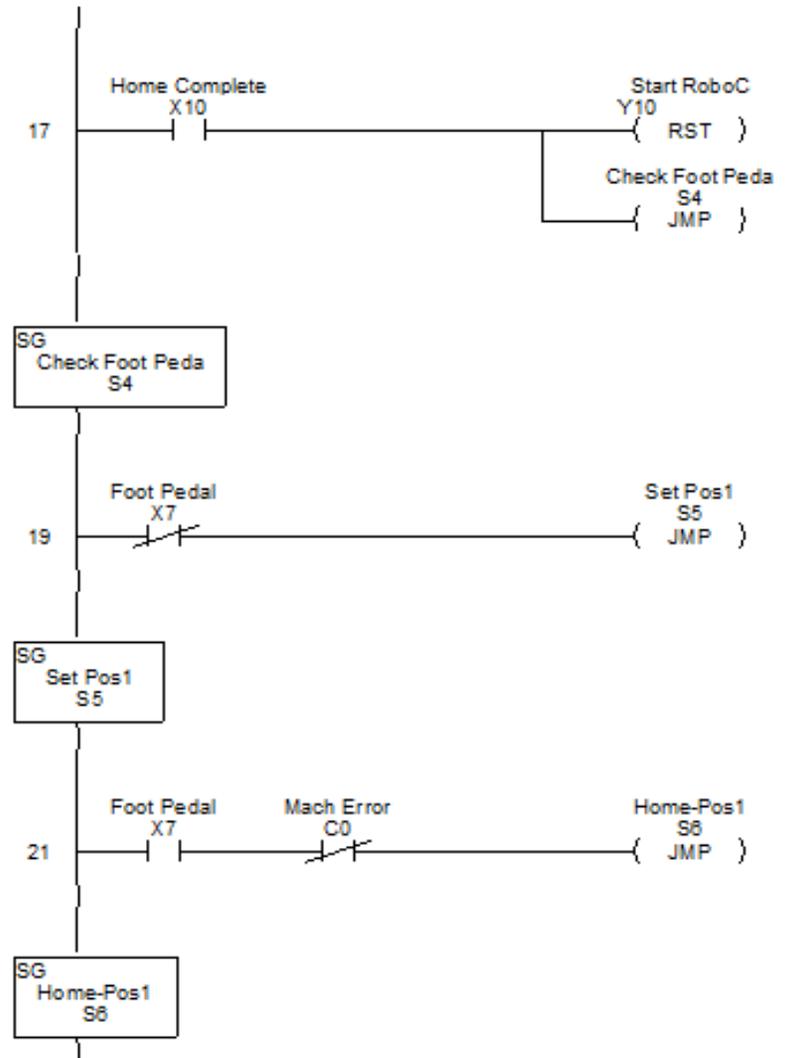
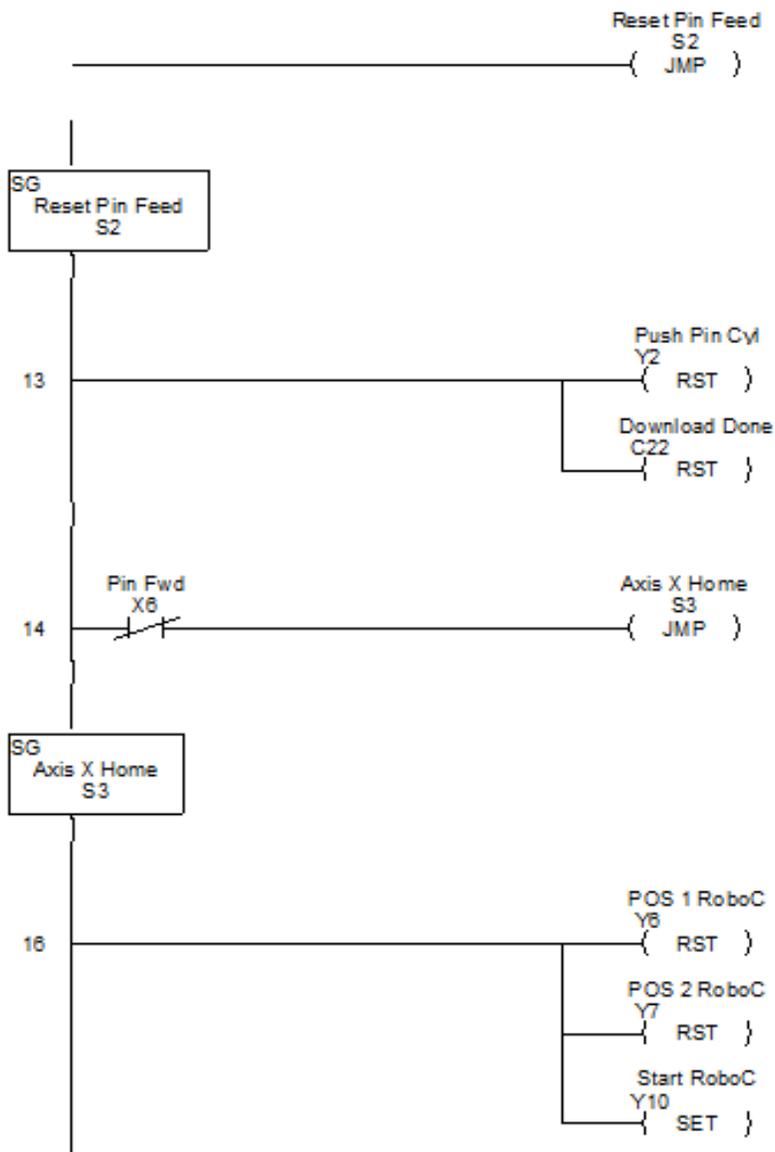
Apéndice A.3. Diagrama en escalera de la programación del PLC

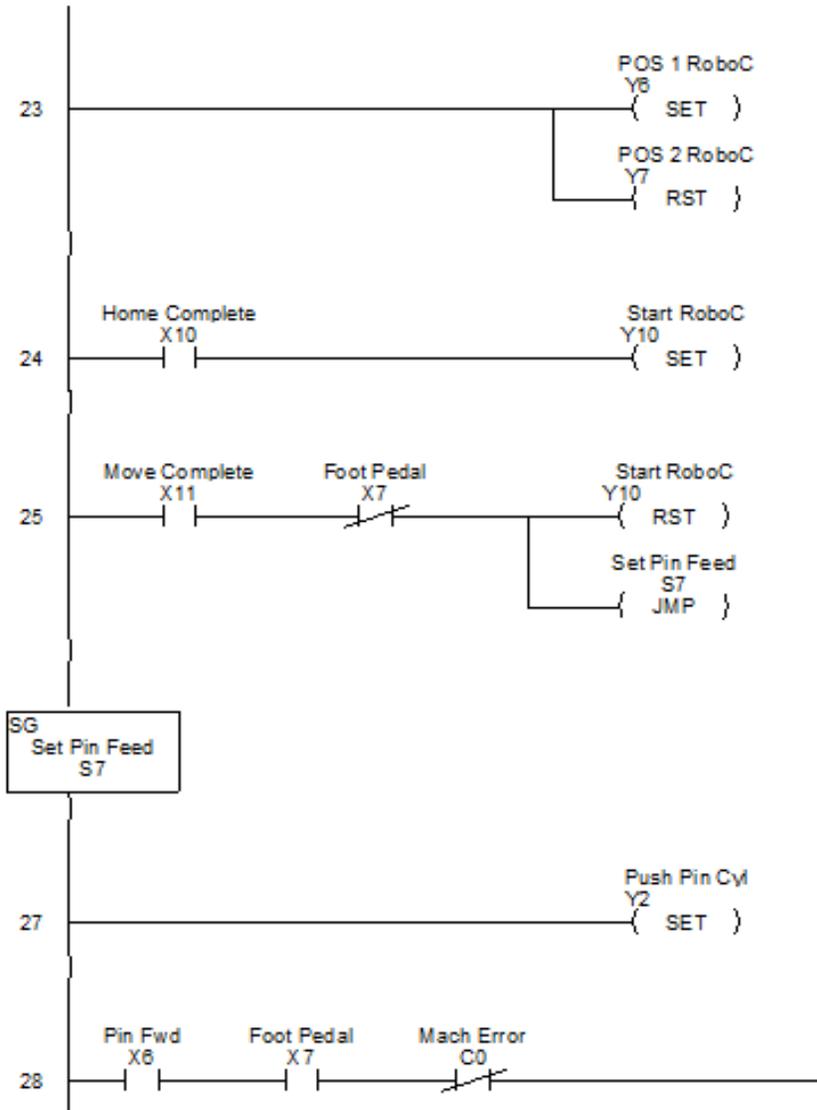
11/3/2015

05 IDC_Fill

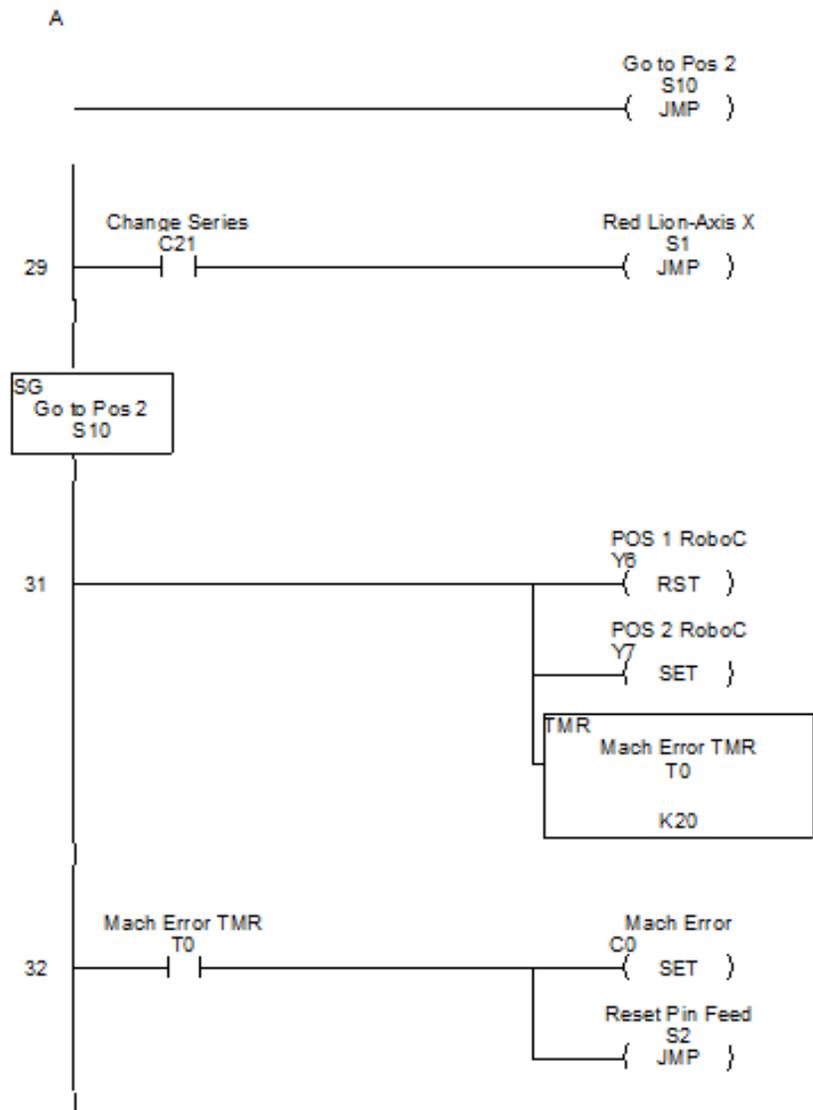


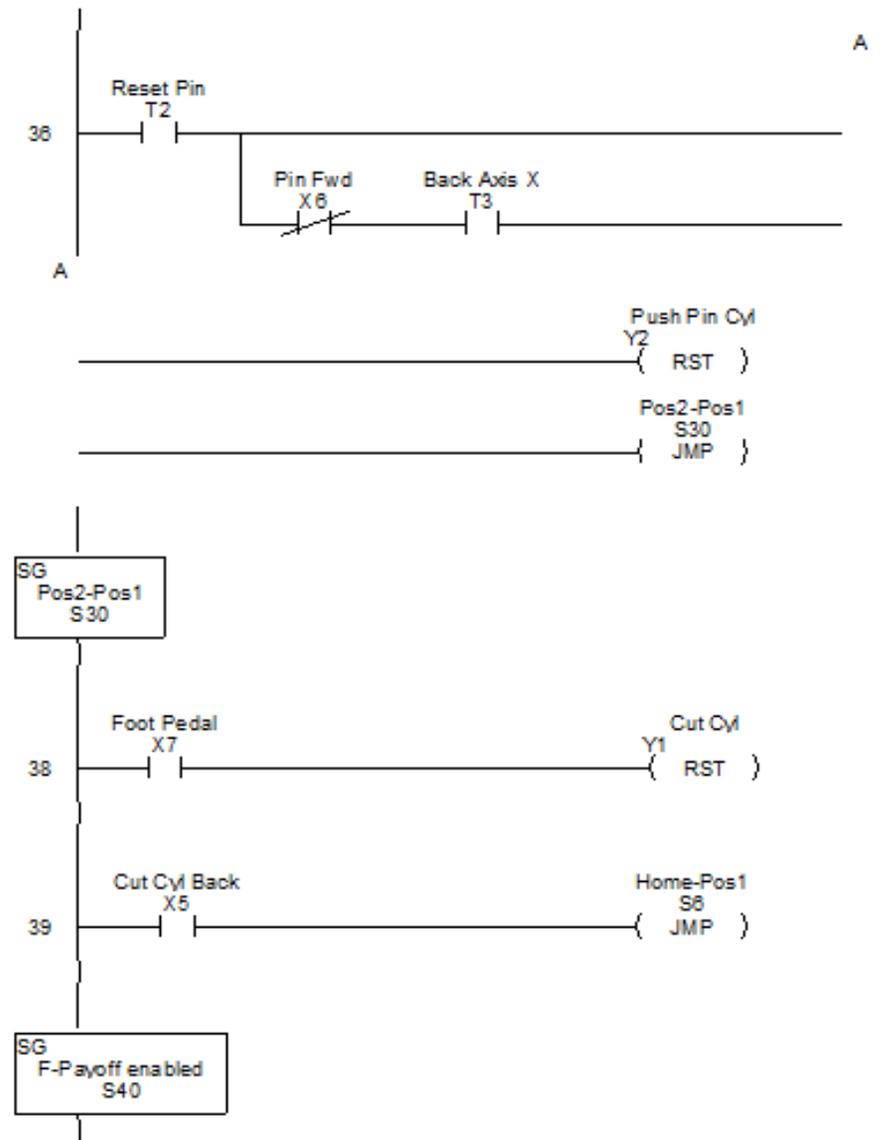
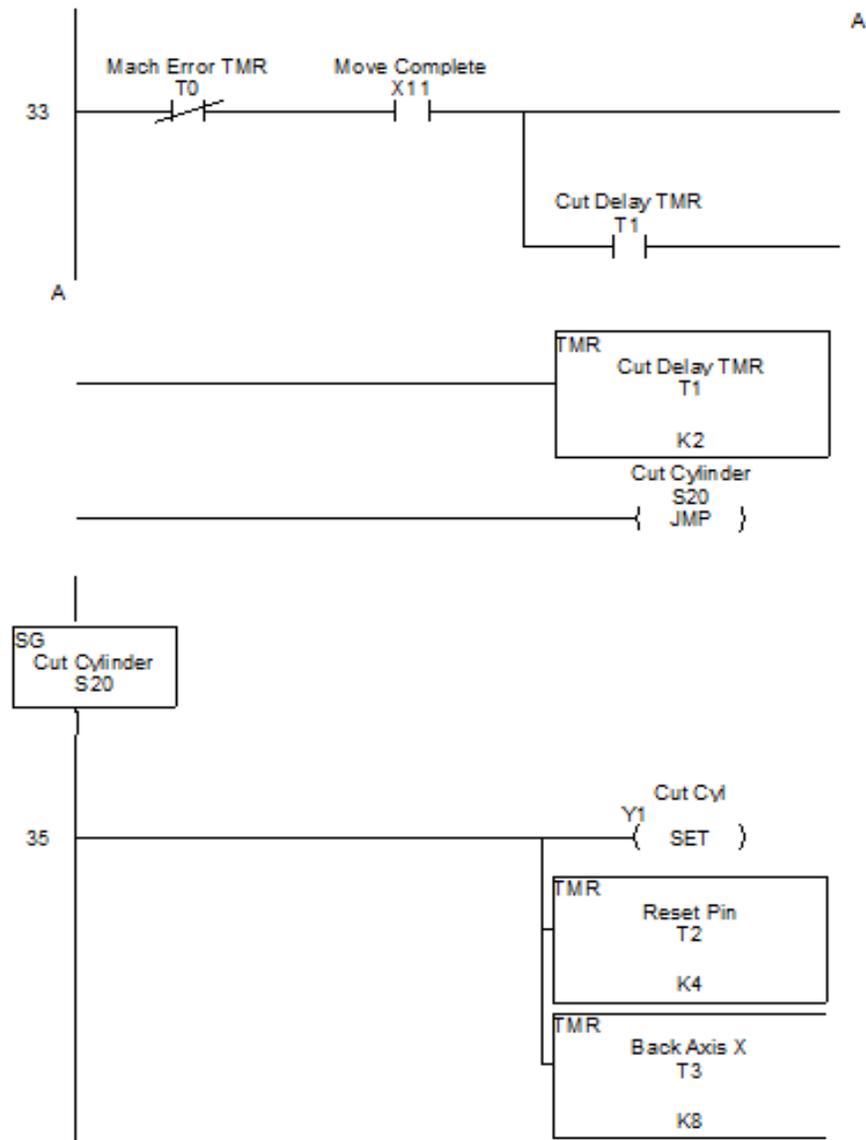
A

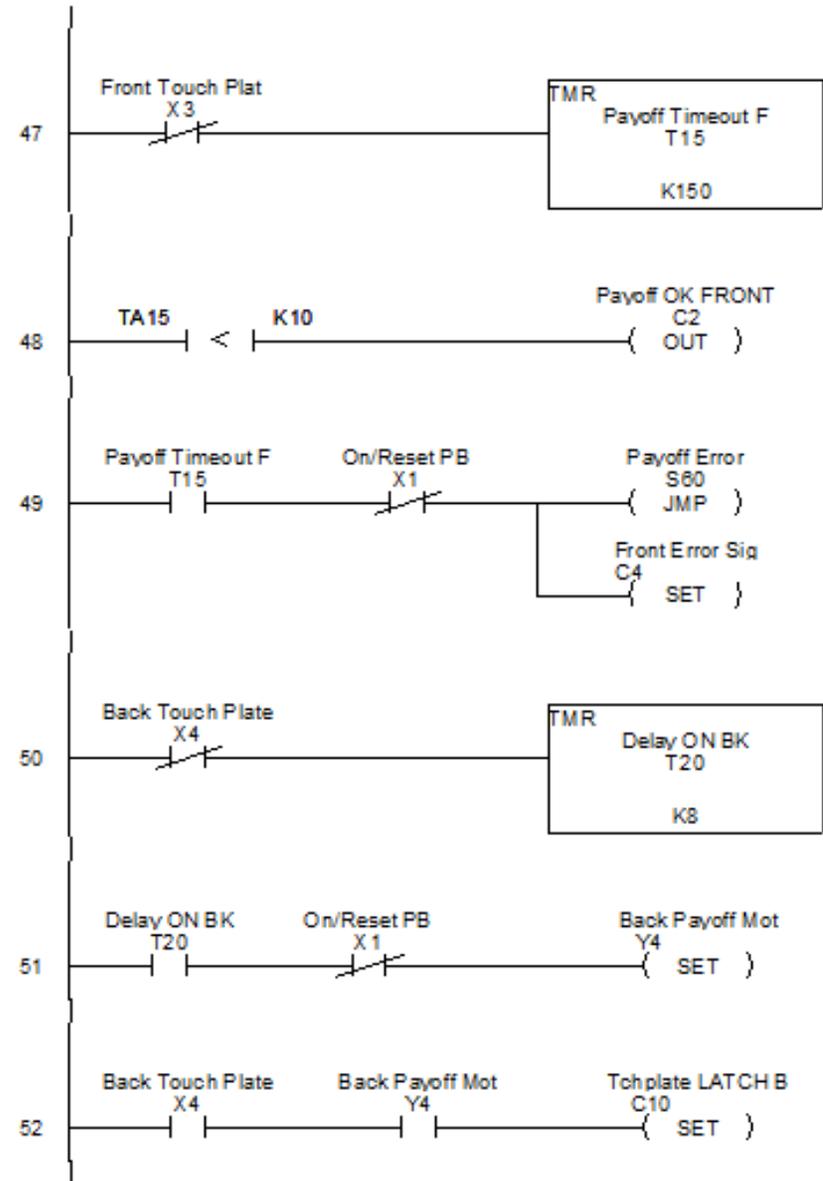
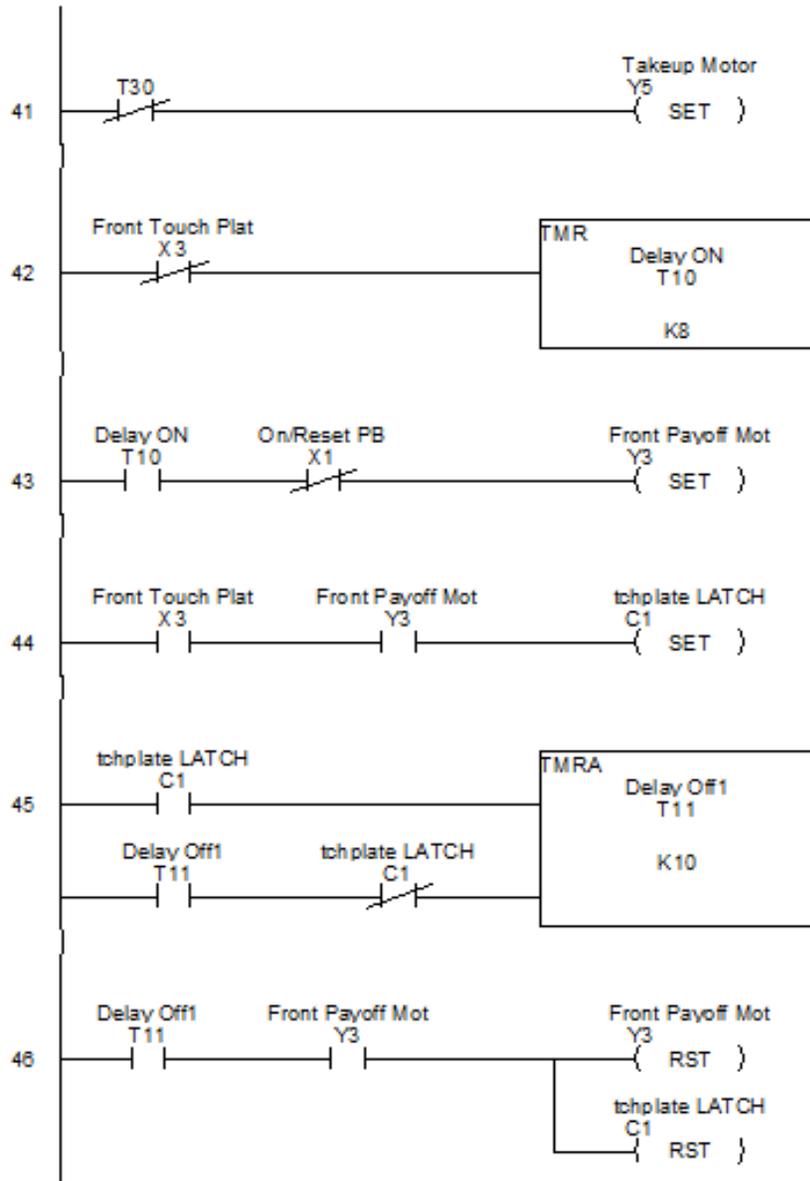


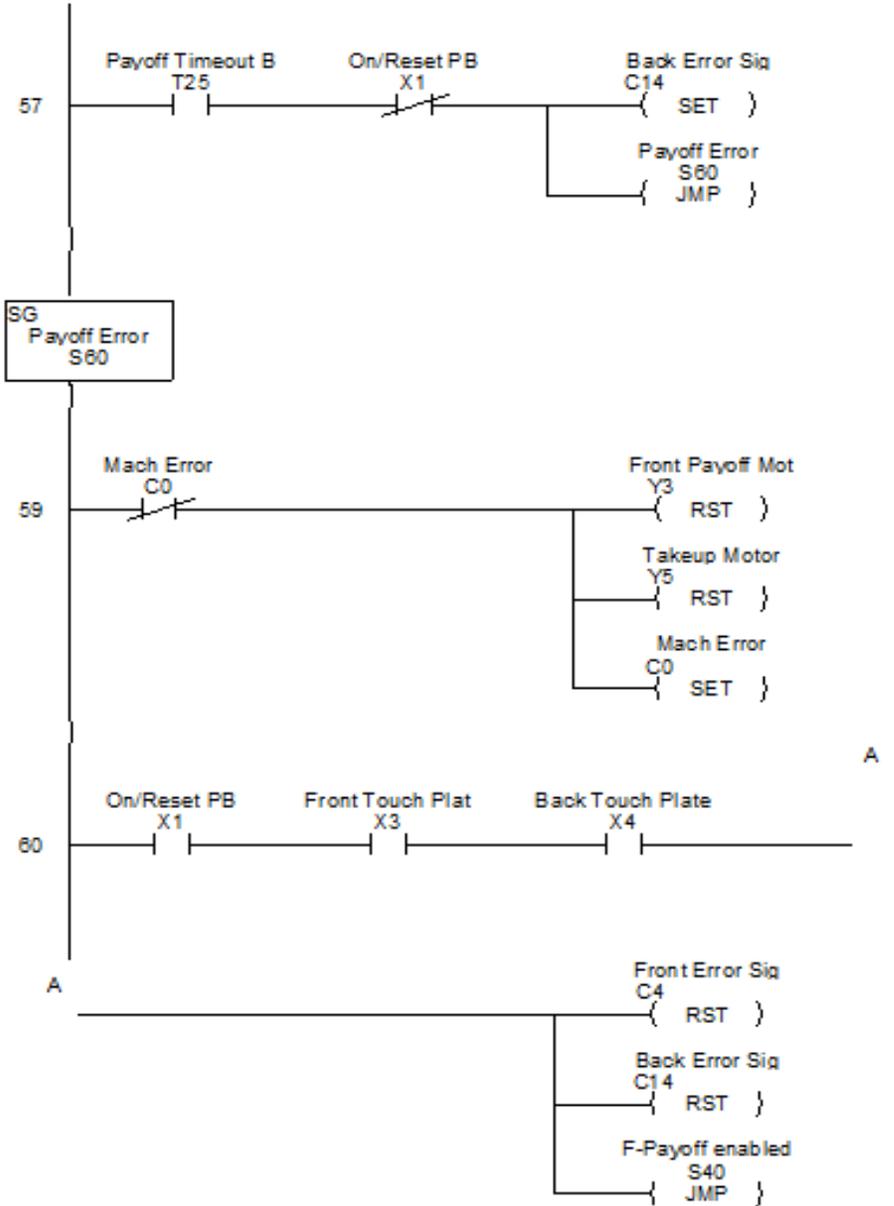
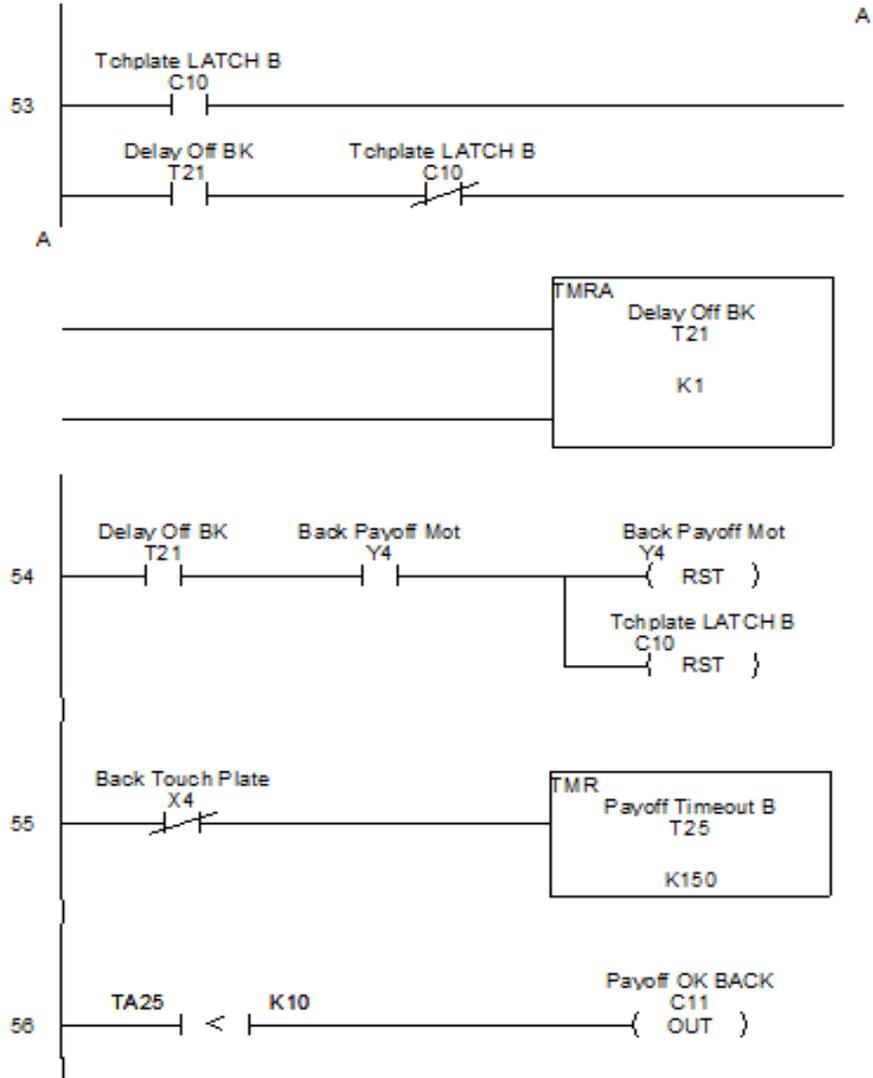


A

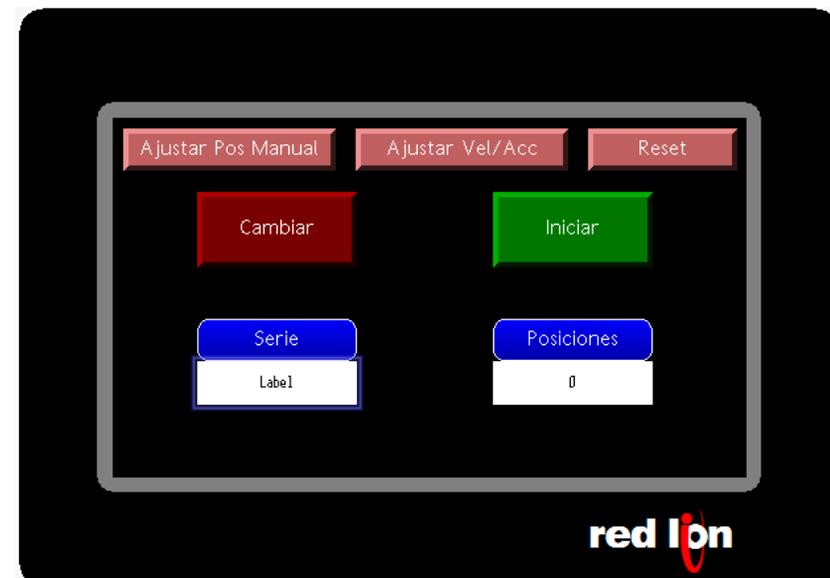
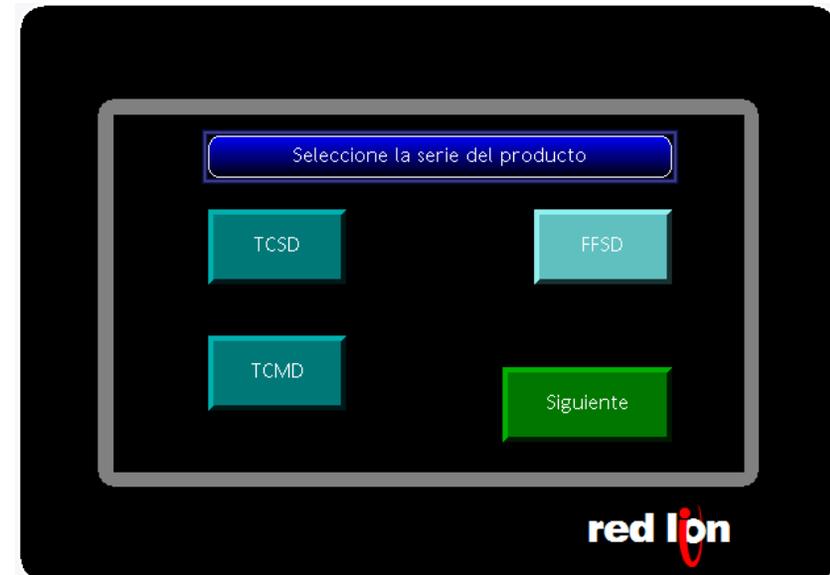


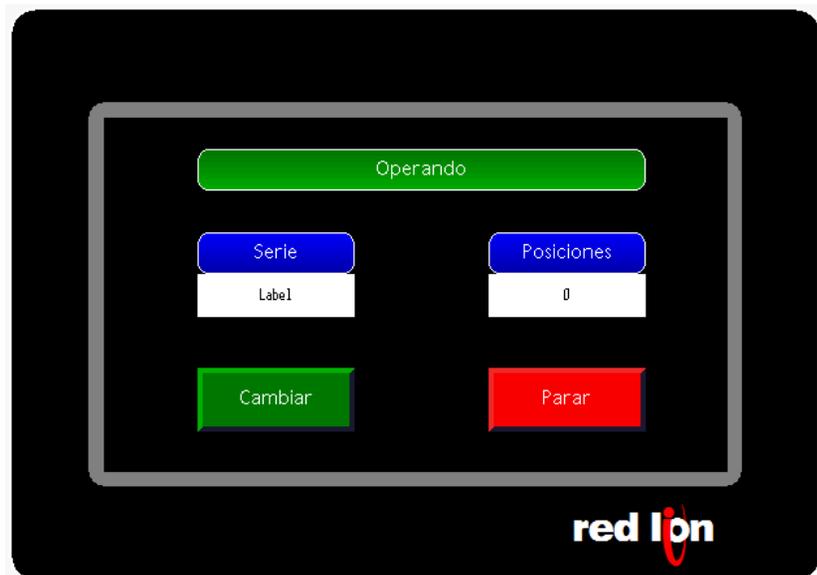
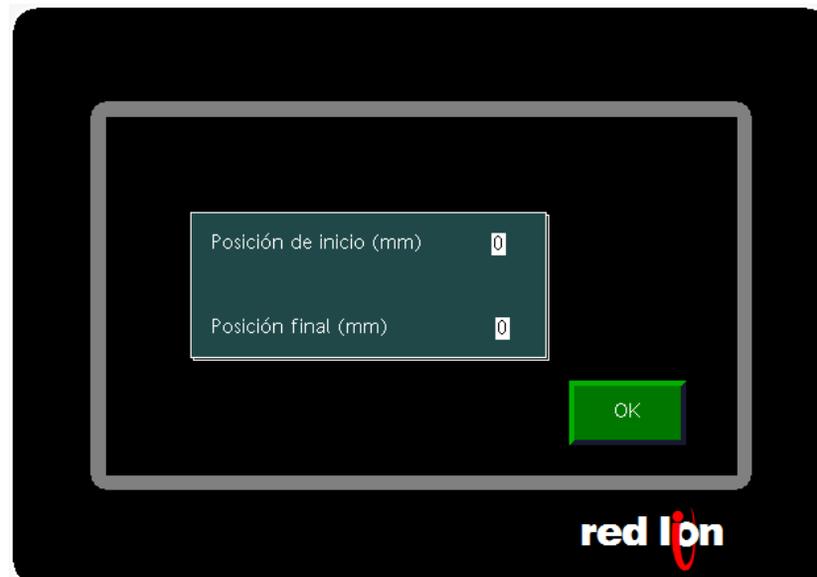
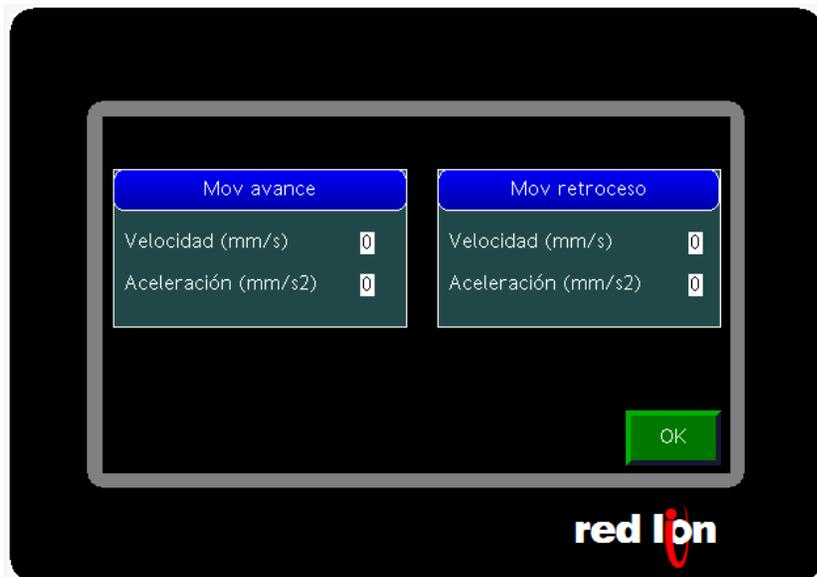




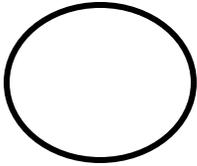


Apéndice A.4. Interfaz de usuario





Apéndice A.5. Símbolos del diagrama de flujo



Inicio del ciclo



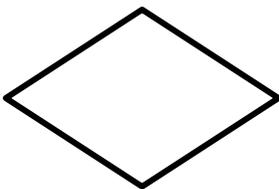
Se muestra la pantalla



Se ejecuta una acción



Acción del operario

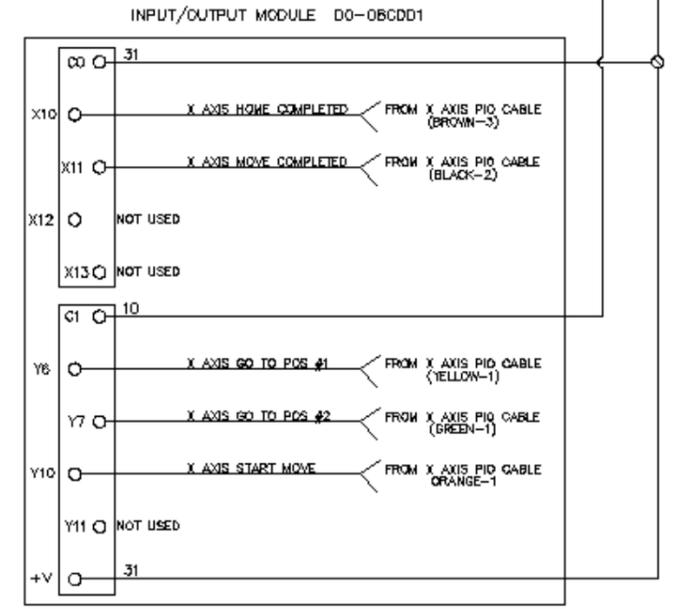
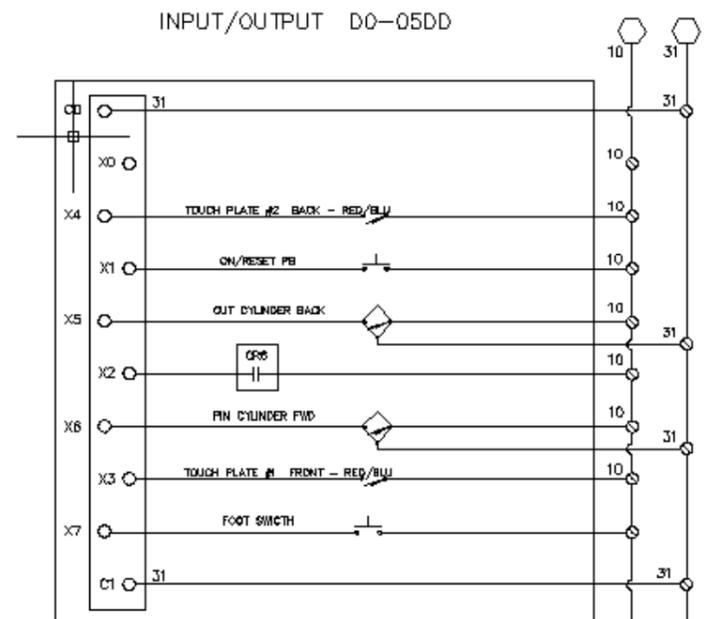
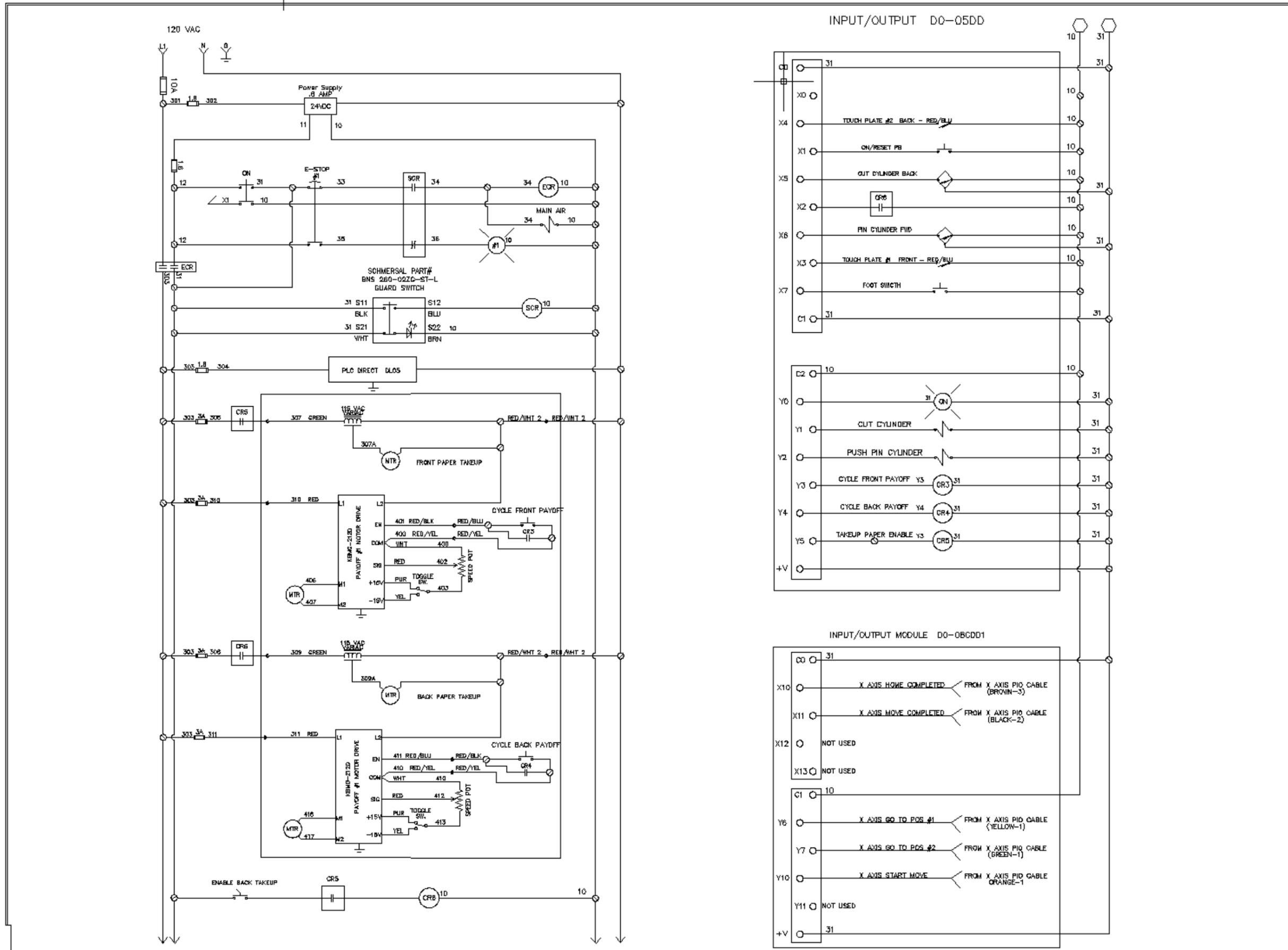


Condicional

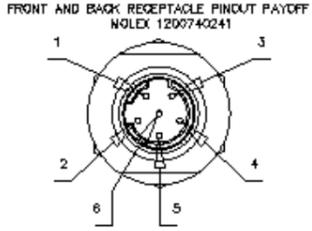
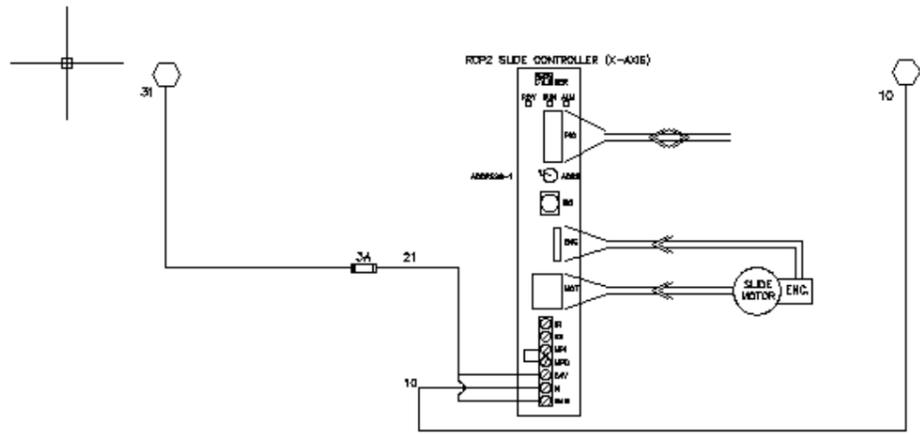


Se muestra un dato en la pantalla

Apéndice A.6. Plano eléctrico

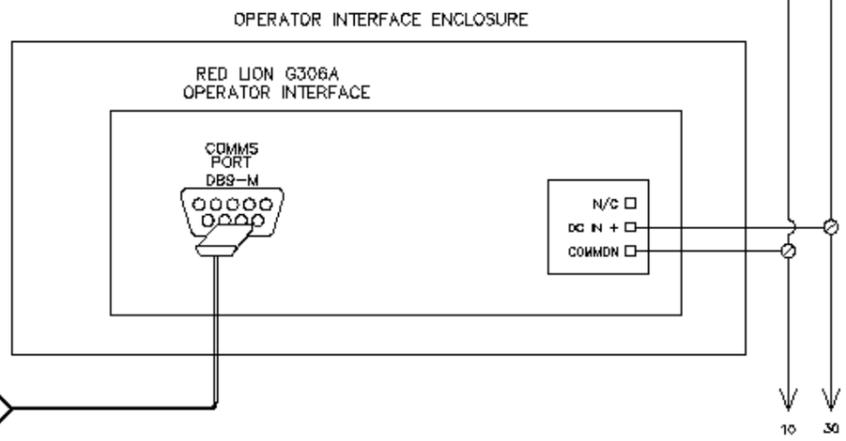
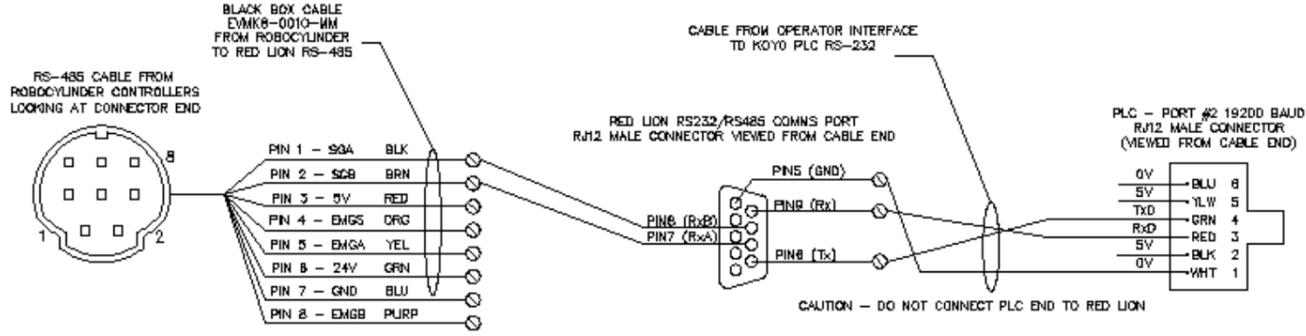
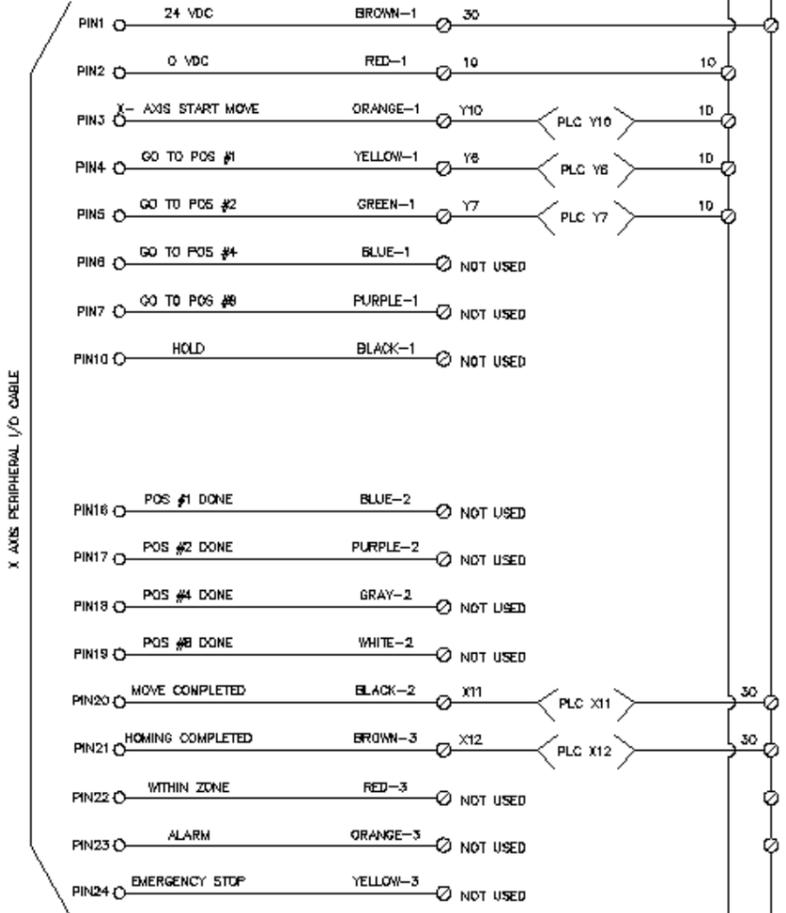


PROJECT: TCXX/FFSD Press	PART NUMBER: AT1063	DATE: 10/15/15	FILE NAME: AT1063	USER: DESARL	SCALE: 1:---	<table border="1"> <tr> <td>ORIGINAL DRAWING</td> <td>MM/ 11/22/08</td> <td>R-D</td> <td>QTY: PAGE 1 OF 2</td> <td>TOLERANCES UNLESS OTHERWISE NOTED</td> </tr> <tr> <td>ADDED TWO HAND TIE DOWN</td> <td>JAH 11/5/12</td> <td>R1</td> <td>watermark</td> <td>DECIMALS</td> </tr> <tr> <td>REMOVED 2 HAND TIE DOWN / PAYOFF CONTROLS</td> <td>JBJ 3/18/15</td> <td>R2</td> <td>NA</td> <td>.00 ±.01 ANGULAR</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>FINISH NONE</td> <td>.000 ±.005 ±2</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>DESCRIPTION</td> <td>.0000 ±.0010</td> </tr> </table>	ORIGINAL DRAWING	MM/ 11/22/08	R-D	QTY: PAGE 1 OF 2	TOLERANCES UNLESS OTHERWISE NOTED	ADDED TWO HAND TIE DOWN	JAH 11/5/12	R1	watermark	DECIMALS	REMOVED 2 HAND TIE DOWN / PAYOFF CONTROLS	JBJ 3/18/15	R2	NA	.00 ±.01 ANGULAR				FINISH NONE	.000 ±.005 ±2				DESCRIPTION	.0000 ±.0010	<p>810 PROGRESS BLVD. NEW ALBANY, N. 47150 PHONE (812) 844-6733 P.O. BOX 1147</p>
ORIGINAL DRAWING	MM/ 11/22/08	R-D	QTY: PAGE 1 OF 2	TOLERANCES UNLESS OTHERWISE NOTED																												
ADDED TWO HAND TIE DOWN	JAH 11/5/12	R1	watermark	DECIMALS																												
REMOVED 2 HAND TIE DOWN / PAYOFF CONTROLS	JBJ 3/18/15	R2	NA	.00 ±.01 ANGULAR																												
			FINISH NONE	.000 ±.005 ±2																												
			DESCRIPTION	.0000 ±.0010																												



FRONT PAYOFF		
PIN #	COLOR	USAGE ¹
1	RED/WHI	L2
2	RED	310 - L1 PAYOFF MOTOR
3	GRN	307 - L1 PAPER MOTOR
4	RED/YLW	400 - COM PAYOFF ENABLE
5	RED/BLK	401 - EN PAYOFF ENABLE
6	RED/BLU	SPARE

BACK PAYOFF		
PIN #	COLOR	USAGE ¹
1	RED/WHI	L2
2	RED	311 - L1 PAYOFF MOTOR
3	GRN	309 - L1 PAPER MOTOR
4	RED/YLW	410 - COM PAYOFF ENABLE
5	RED/BLK	411 - EN PAYOFF ENABLE
6	RED/BLU	SPARE



Anexos

Anexo B.1. Hoja de datos del ROBO Cylinder

RCP2-SA6

ROBO Cylinder Slider Type: Unit Width 58mm, Pulse Motor, Straight Shape

Type / Slider (58mm wide) Stroke / 50~600mm Load capacity / 12kg (horizontal)/6kg (vertical)

Model Specification Items Series Type Encoder type Motor Lead Stroke Applicable controller Cable length Options
 (Example) RCP2 - SA6 - I - PM - 6 - 600 - P1 - S - BE



* Refer to page 37 for the details of the model specification items.

Model/Specifications

* The maximum speed limit of the RCP2 Series will vary according to the weight of the load on the slider (rod). Refer to Correlation Diagrams of Speed and Load Capacity on page 27.

Model	Encoder type	Motor	Lead (mm)	Stroke 50mm increments (mm)	Speed (Note 1) (mm/s)	Load capacity (Note 2)	
						Horizontal (kg)	Vertical (kg)
RCP2-SA6-O-PM-12-***-P1-Δ-□	Absolute Incremental	Pulse motor	12	50~600	10~600	6	1.5~1
RCP2-SA6-O-PM-6-***-P1-Δ-□			6		5~300	12	3~2.5
RCP2-SA6-O-PM-3-***-P1-Δ-□			3		1~150	12	6~4

* In the above model names, O indicates the encoder type, *** the stroke, Δ the cable length, and □ the applicable options.

Options

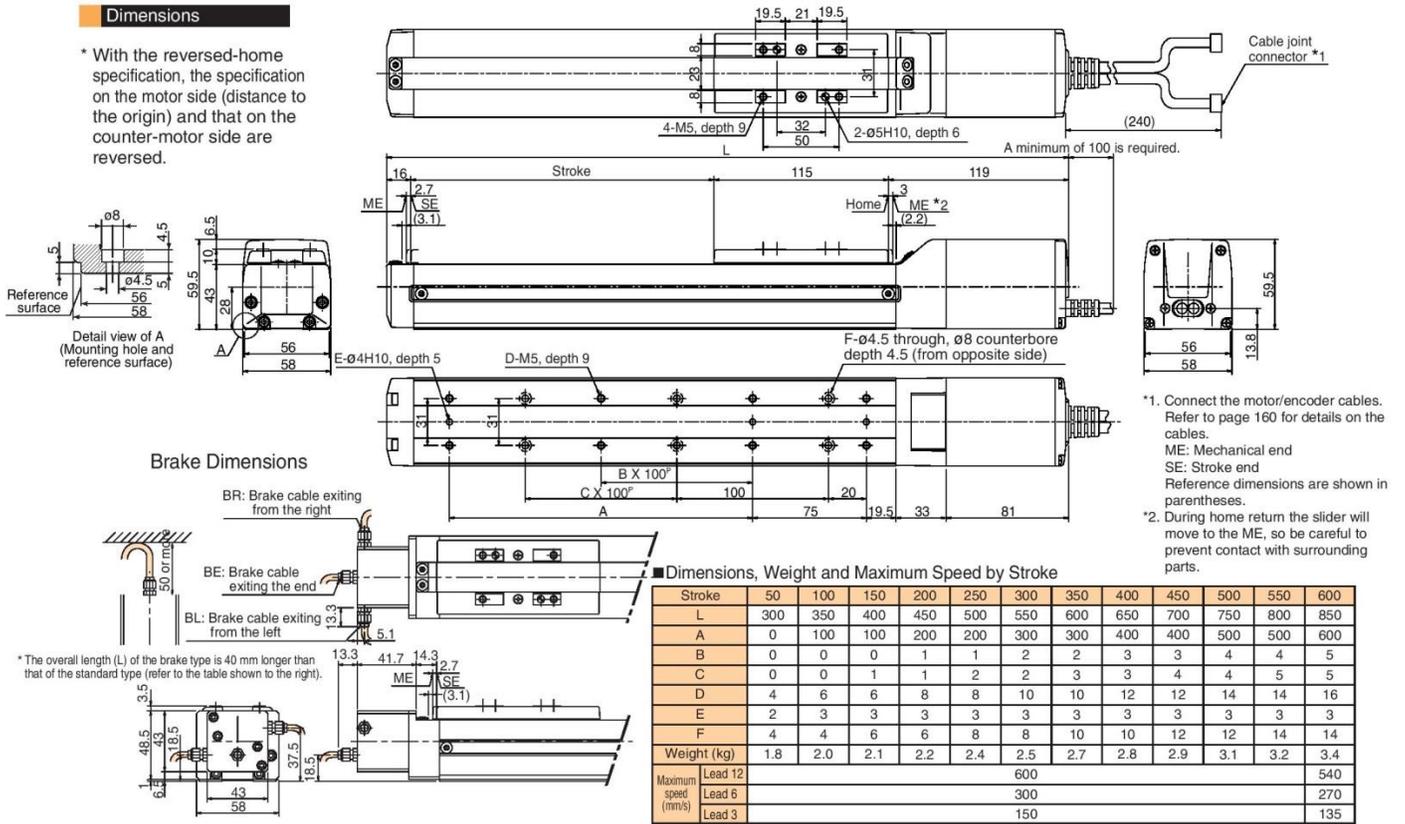
Name	Model	Page
Brake (Cable exiting the end)	BE	→P137
Brake (Cable exiting from the left)	BL	→P137
Brake (Cable exiting from the right)	BR	→P137
Reversed-origin specification	NM	→P137

Common Specifications

Drive system	Ball screw ø10mm, rolled C10
Positioning repeatability	±0.02mm
Backlash	0.1mm or less
Guide	Integrated with base
Allowable load moment	Ma: 8.9N · m Mb: 12.7N · m Mc: 18.6N · m
Overhung load length	Ma/Mb/Mc directions: 220mm or less
Base	Material: Aluminum with white alumite treatment
Cable length (Note 3)	N: No cable, P: 1m, S: 3m, M: 5m, X □: Length specification, R □ □: Robot cable

Dimensions

* With the reversed-home specification, the specification on the motor side (distance to the origin) and that on the counter-motor side are reversed.



Dimensions, Weight and Maximum Speed by Stroke

Stroke	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
L	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850
A	0	100	100	200	200	300	300	400	400	500	500	600
B	0	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5
C	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5
D	4	6	6	8	8	10	10	12	12	14	14	16
E	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
F	4	4	6	6	8	8	10	10	12	12	14	14
Weight (kg)	1.8	2.0	2.1	2.2	2.4	2.5	2.7	2.8	2.9	3.1	3.2	3.4
Maximum speed (mm/s)	Lead 12	600										
	Lead 6	300										
	Lead 3	150										

Applicable Controller Specifications

Applicable Controller	Maximum number of controlled axes	Compatible encoder type	Program operation	Positioner operation	Pulse-train control	Power-supply voltage	Page
RCP2-C	1 axis	Absolute	X	O	X	24VDC	→P151
RCP2-CG	1 axis	Incremental	X	O	X		→P151



(Note 1) A longer stroke will result in a lower maximum speed to prevent the ball screw from reaching a dangerous speed. (Refer to the above table for the maximum speed at a given stroke.)
 (Note 2) The load capacity is based on operation at an acceleration of 0.3 G (or 0.2 G if the lead is 3 mm or in the case of a vertical application).
 (Note 3) The maximum cable length is 15 m for the absolute type and 20 m for the incremental type. Specify the desired length in meters (e.g., X08 = 8 m).

* Refer to page 23 for other points to note.

Anexo B.2. Hoja de datos del PLC

Prices as of April 16, 2014. Check Web site for most current prices.

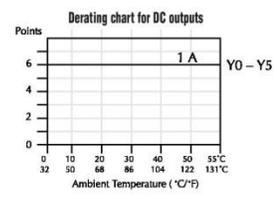
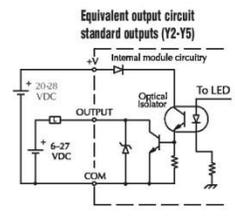
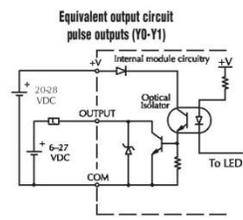
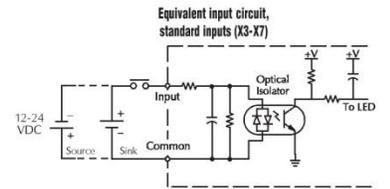
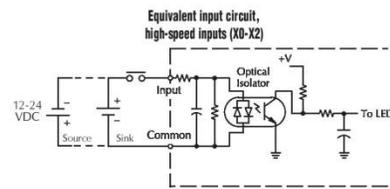
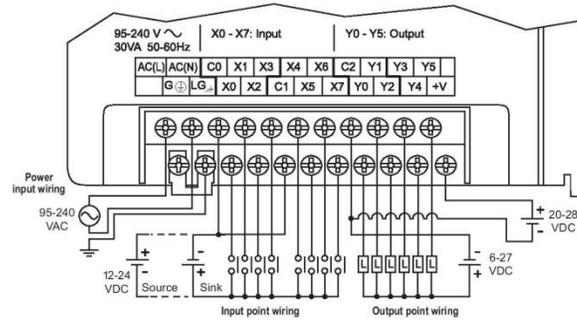
DL05 I/O Specifications

D0-05DD



Wiring diagram and specifications

D0-05DD Specifications		
AC Power Supply Specifications	Voltage Range	95-240VAC (30VA)
	Number of Input Pts.	8 (sink/source)
	Number of Commons	2 (isolated)
	Input Voltage Range	12-24VDC
	Input Impedance	(X0-X2) 1.8K @ 12-24VDC (X3-X7) 2.8K @ 12-24VDC
	On Current/Voltage Level	>5mA/10VDC
	OFF Current/Voltage Level	<0.5mA/<2VDC
	Response Time	X0-X2 X3-X7
	OFF to ON Response	<100µs <8ms
	ON to OFF Response	<100µs <8ms
DC Input Specifications	Fuses	None
	Number of Output Points	6 (sinking)
	Number of Commons	1
	Output Voltage Range	6-27VDC
	Peak Voltage	50VDC
	Max. Frequency (Y0, Y1)	7kHz
	ON Voltage Drop	0.5VDC @ 1A
	Maximum Current	0.5A / point (Y0-Y1)* 1.0A / point (Y2-Y5)
	Maximum Leakage Current	15µA @ 30VDC
	Maximum Inrush Current	2A for 100ms/10A for 10ms
	OFF to ON Response	<10µs
	ON to OFF Response	<30µs (Y0-Y1) <60µs (Y2-Y5)
	External DC Power Required	20-28VDC 150mA max.
	Status Indicators	Logic side
	Fuses	None (external recommended)

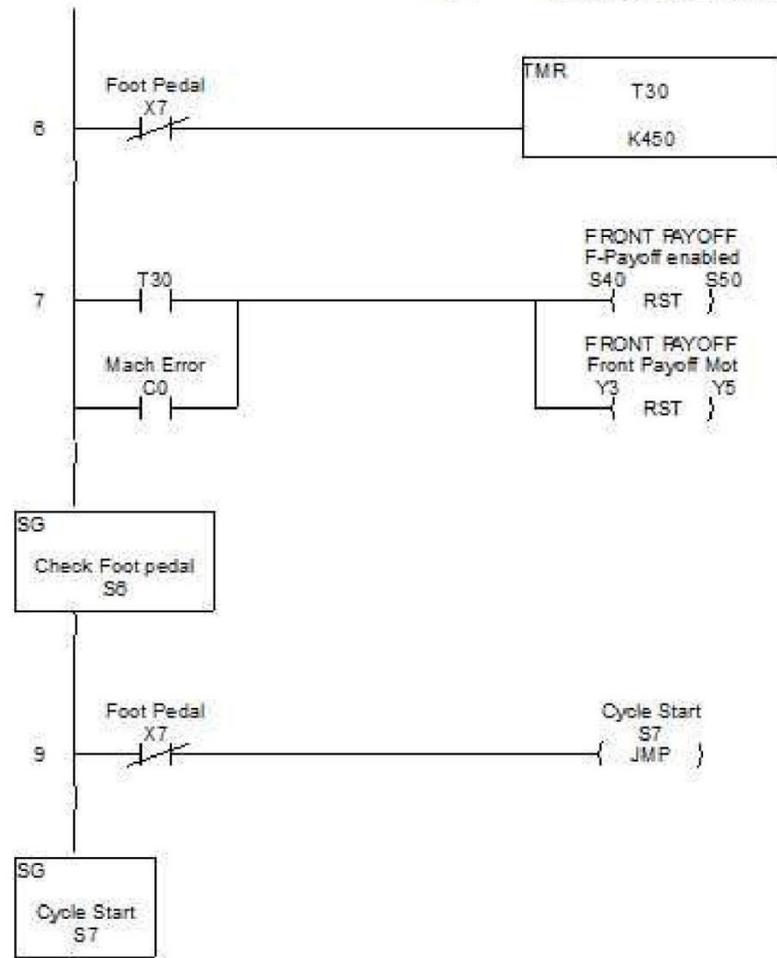
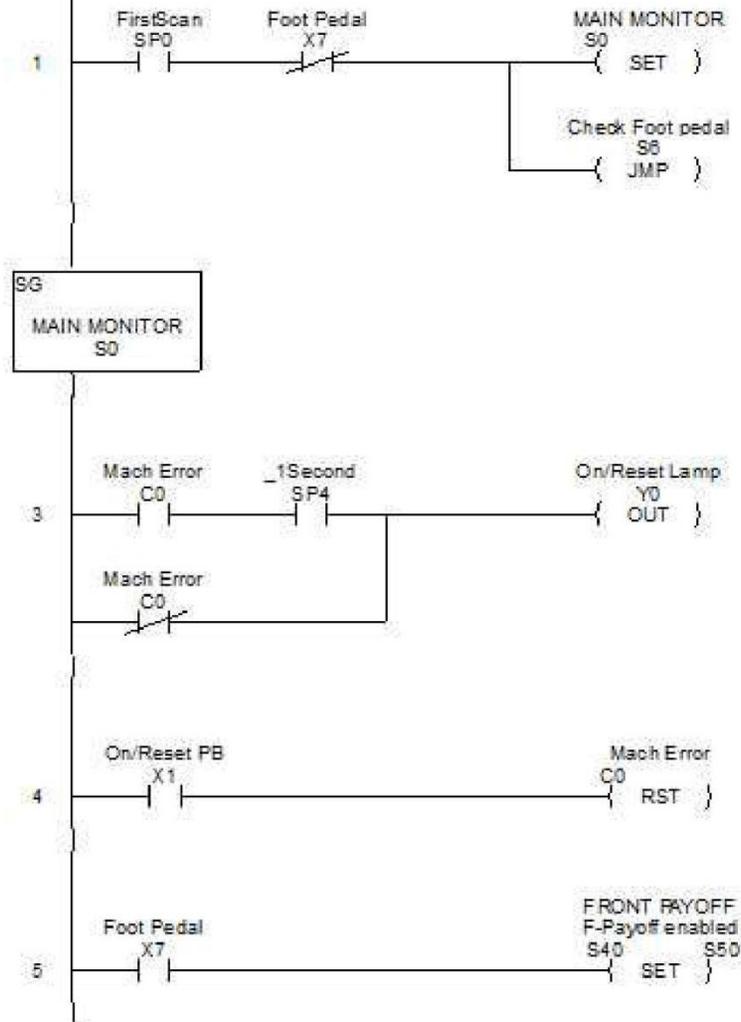


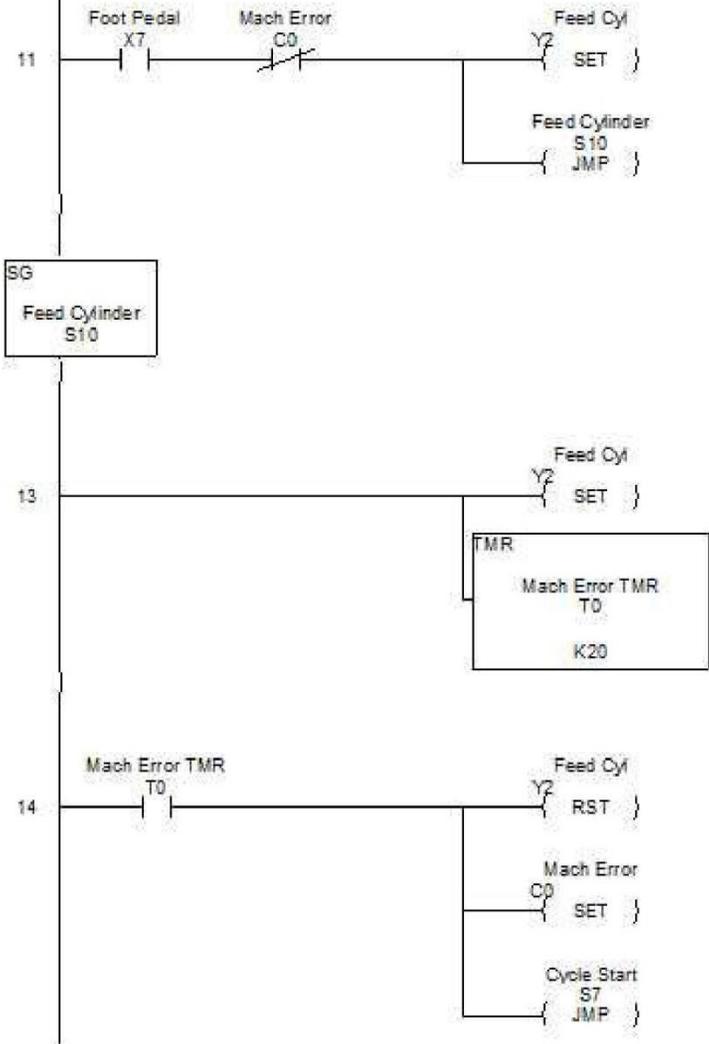
- Automation Direct
- Company Information
- Control Systems Overview
- CLICK PLC
- Do-More PLCs Overview
- Do-More H2 PLC
- Do-More T1H PLC
- DirectLOGIC PLCs Overview
- DirectLOGIC DL05ve
- DirectLOGIC DL105
- DirectLOGIC DL205
- DirectLOGIC DL305
- DirectLOGIC DL405
- Productivity Controller Overview
- Productivity 3000
- Universal Field I/O
- Software
- C-More HMI
- C-More Micro HMI
- ViewMag Industrial Mergueses
- Other HMI
- Communications
- Appendix Book 1
- Terms and Conditions

Anexo B.3. Diagrama en escalera de la programación actual del PLC

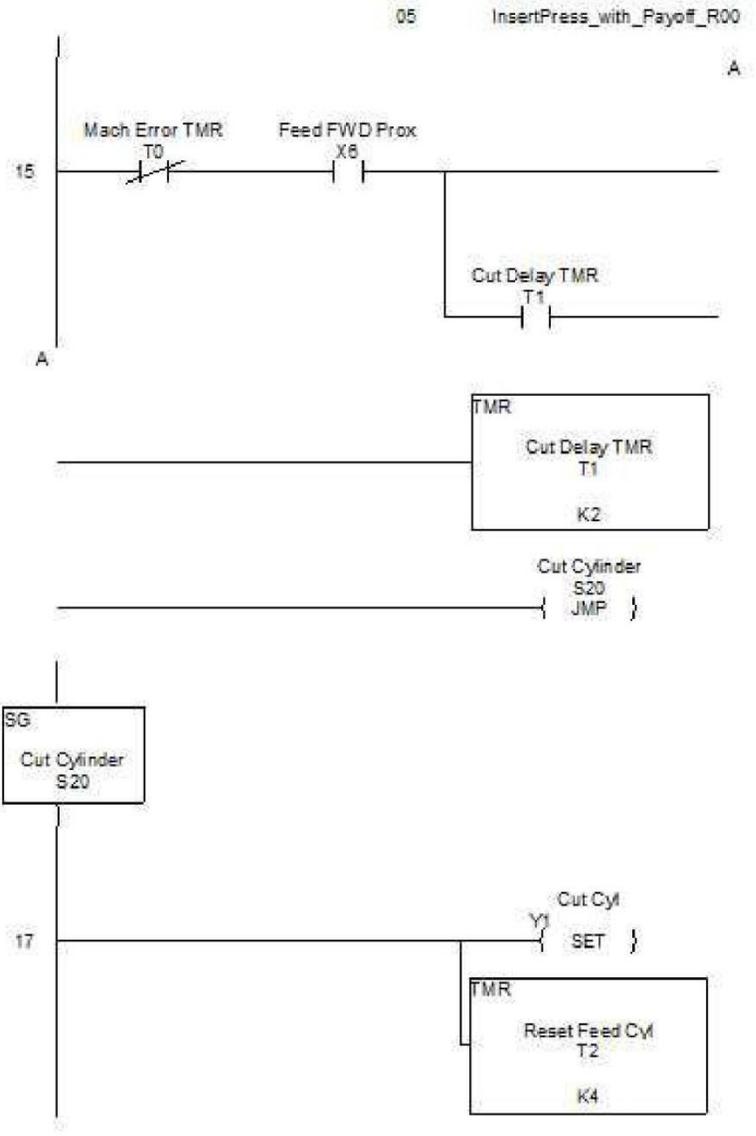
10/13/2015

05 InsertPress_with_Payoff_R00



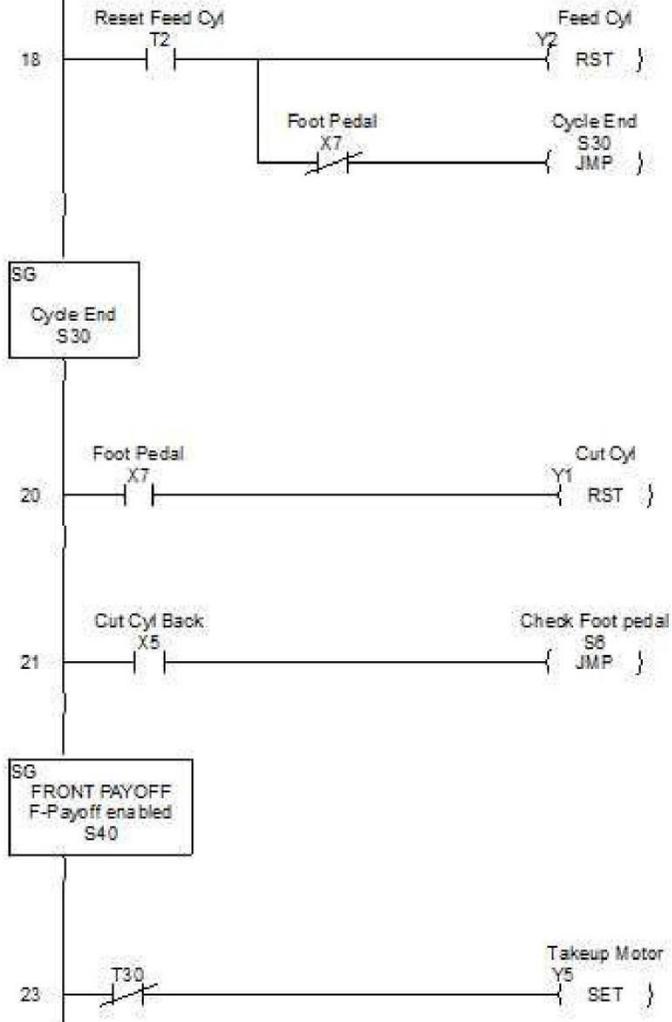


SG
Feed Cylinder
S10

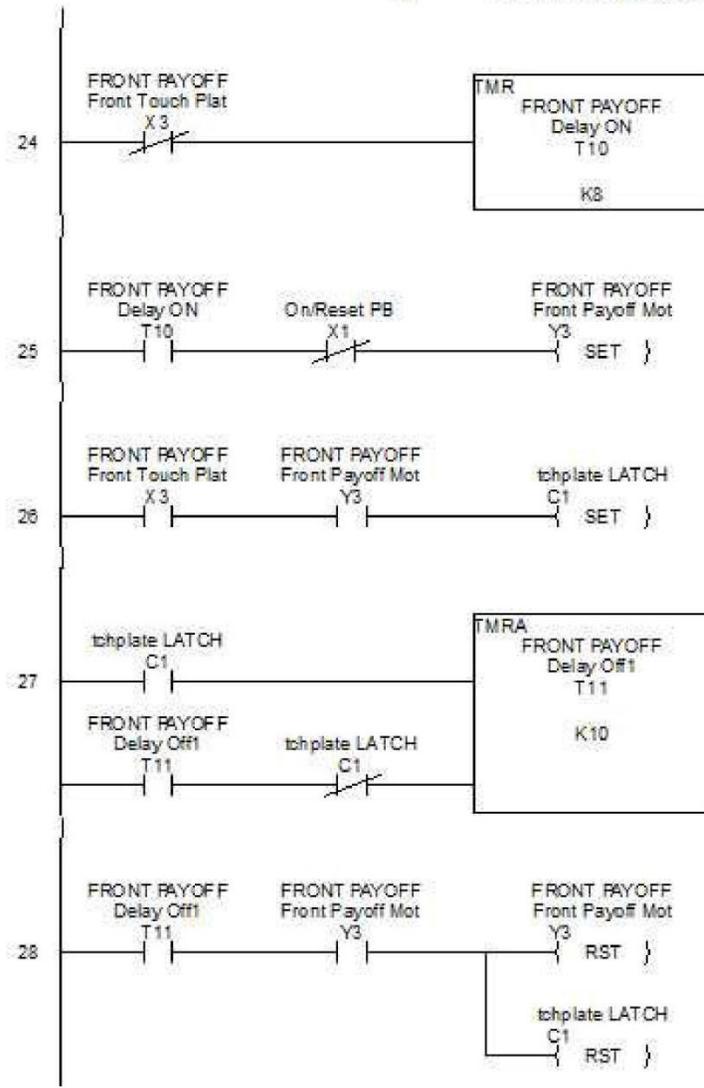


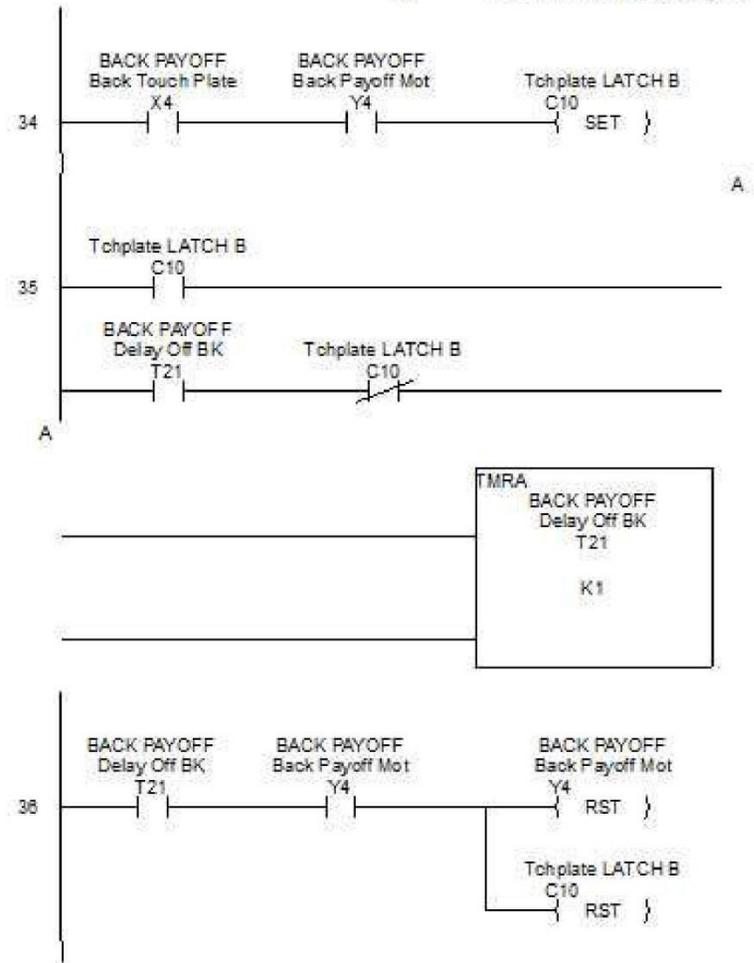
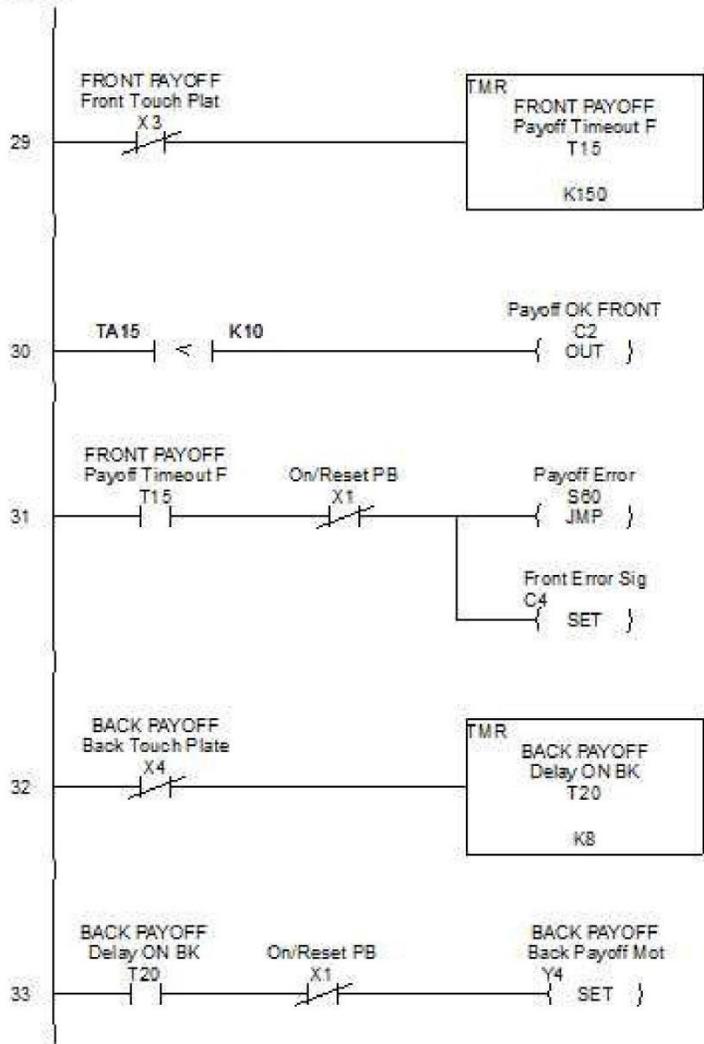
SG
Cut Cylinder
S20

10/13/2015

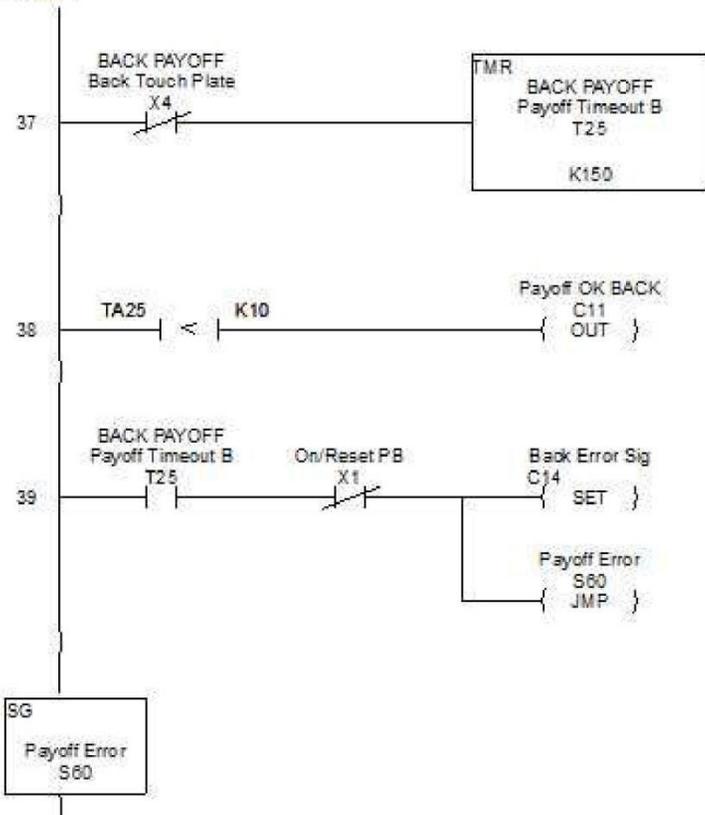


05 InsertPress_with_Payoff_R00

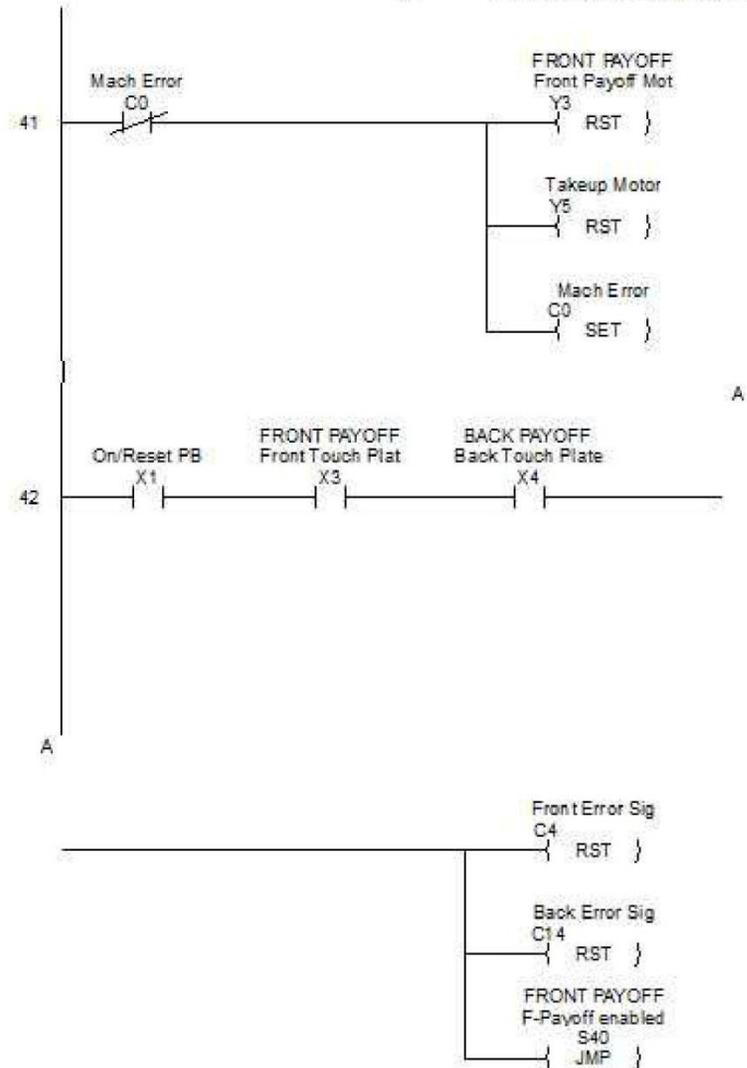




10/13/2015



05 InsertPress_with_Payoff_R00



Anexo B.4. Hoja de datos del controlador del ROBO Cylinder

RCP2 Controller

6 I/O Signal Table

This controller provides five PIO patterns to meet the needs of various applications. Simply change the parameter setting (0 to 4), and you can use any one of the five patterns specified below.

Note: Two or more of the following patterns cannot be used in combination, so exercise caution.
(For example, 64-point positioning cannot be implemented while two zone signals are used.)

Parameter (PIO pattern selection)	PIO pattern	Features
0	Conventional	This pattern is compatible with the pin assignments of the RCP-C controller. (Factory setting)
1	Standard	All functions of the conventional pattern, plus home-return command input, servo ON input, reset input, moving output and ready output.
2	64-point positioning	The input ports for positioning command positions are extended to allow for specification of up to 64 points. (The servo ON signal and ready output have been removed.)
3	zone output signals	Two zone output signals are set. (The moving output has been removed.)
4	Teaching	This pattern allows for jogging and teaching (writing of current position coordinates) using I/Os. The mode can be switched between "Normal" and "Teaching". In the Normal mode, the same operations available with the standard pattern can be performed.

Pin No.	Category	Wire color	Parameter (PIO pattern) selection					
			0	1	2	3	4	
			Conventional	Standard	64-point positioning	2 zone output signals	Teaching Normal mode Teaching mode	
1A	P24	Upper stage Brown 1	P24					
2A	N	Red 1	N					
3A	Input	Orange 1	CSTR	PC1	PC1	PC1	PC1	
4A		Yellow 1	PC1	PC2	PC2	PC2	PC2	
5A		Green 1	PC2	PC4	PC4	PC4	PC4	
6A		Blue 1	PC4	PC8	PC8	PC8	PC8	
7A		Purple 1	PC8	–	PC16	–	MODE	
8A		Gray 1	–	*STP	PC32	*STP	*STP JOG+	
9A		White 1	–	CSTR	CSTR	CSTR	CSTR PWRT	
10A		Black 1	*STP	HOME	HOME	HOME	HOME	
11A		Brown 2	–	SON	*STP	SON	SON	
12A		Red 2	–	RES	RES	RES	RES JOG –	
13A		Orange 2	(Not used)					
1B		Lower stage Yellow 2	(Not used)					
2B		Green 2	(Not used)					
3B	Output	Blue 2	PM1	PM1	PM1	PM1	PM1	
4B		Purple 2	PM2	PM2	PM2	PM2	PM2	
5B		Gray 2	PM4	PM4	PM4	PM4	PM4	
6B		White 2	PM8	PM8	PM8	PM8	PM8	
7B		Black 2	PEND	ZONE	PM16	ZONE1	MODES	
8B		Brown 3	HEND	MOVE	PM32	ZONE2	MOVE	
9B		Red 3	ZONE	PEND	PEND	PEND	PEND WEND	
10B		Orange 3	*ALM	HEND	HEND	HEND	HEND	
11B			Yellow 3	Internal cutoff relay type: *EMGS / External cutoff relay type: (Not used)				
12B			Green 3	–	SRDY	MOVE	SRDY	SRDY
13B		Blue 3	–	*ALM	*ALM	*ALM	*ALM	

Note: (1) The signals indicated by * (ALM, STP, EMGS) use the negative logic, so they remain ON in normal conditions of use.
 (2) Pin Nos. 13A, 1B and 2B cannot be connected.
 (3) The NPN specification and PNP specification use the same pin assignments for connection of the power circuit, so there is no need to reverse the power-circuit pins for the PNP specification.
 (4) Pin No. 11B is valid only on the internal cutoff relay type. (It is not connected in the external cutoff relay type.)

7 Overview of I/O Signal Functions

PIO Pattern Function Table * Indicates that the setting is available, while – indicates that the setting is not available. The figures indicate the numbers of points.

Parameter (PIO pattern selection)	PIO pattern	Input signals							Output signals		
		Number of positioning points	Servo ON	Home return command	Pause	Jog	Current position write	Reset	Ready	Zone	Moving
0	Conventional	16	–	–	○	–	–	–	–	1	–
1	Standard	16	○	○	○	–	–	○	○	1	○
2	64-point positioning	64	–	○	○	–	–	○	–	–	○
3	zone output signals	16	○	○	○	–	–	○	○	2	–
4	Teaching	16	○	○	○	○	○	○	○	–	○

Explanation of Signal Names

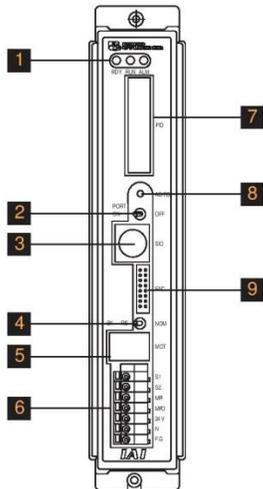
Category	Signal name	Signal abbreviation	Function overview
Input	Start	CSTR	A starting trigger that starts movement at the rise edge
	Servo ON	SON	The servo remains ON while this signal is ON. The servo remains OFF while this signal is OFF.
	Alarm reset	RES	The remaining travel amount is reset at the rise edge when an alarm is present or operation is paused.
	Home return	HOME	Home return operation starts at the rise edge.
	Operation mode	MODE	ON: Teaching mode, OFF: Normal mode
	Current position write	PWRT	When this signal has been ON for 20msec, the current position will be written to the position number selected by PC1 through PC8.
	+ Jog	JOG +	The slider moves in the positive direction while this signal is ON.
	– Jog	JOG –	The slider moves in the negative direction while this signal is ON.
	*Pause	*STP	The motor decelerates to a stop at the ON → OFF fall edge.
Output	Command position number	PC1 PC2 PC4 PC8 PC16 PC32	The target position number is input (binary input).
	Ready	SRDY	This signal is always output once the servo is turned ON and the system is ready to operate. The signal is synchronized with the ON/OFF status of the "RUN" LED on the front panel of the enclosure. It is used by the PLC to determine when it can start operation.
	Moving	MOVE	This signal turns ON while the slider is moving, and turns OFF while it is stopped. It is used during push & hold operation to determine whether the load is contacted.
	Position complete	PEND	This signal turns ON when positioning is completed with the target position reached and the slider enters the specified in-position range. It is used to determine whether positioning has been completed.
	Home return completion	HEND	This signal turns ON when home return has been completed.
	Zone	ZONE1 ZONE2	This signal is output when the current actuator position is inside the range set by the applicable parameter. It can be used as a limit switch at an intermediate point or as a simple ruler.
	*Alarm	*ALM	This signal remains ON in normal condition and turns OFF when an alarm generates. It is synchronized with the OFF/ON status of the corresponding LED on the front panel of the enclosure.
	Completed position number	PM1 PM2 PM4 PM8 PM16 PM32	The relevant position number is output once positioning is complete. The signal will turn OFF once the next movement starts. It is used by the PLC to check if the commanded position has definitively been reached.
	Current operation mode	MODES	ON: Teaching mode, OFF: Normal mode
	* Emergency stop	* EMGS	This signal is enabled on a controller equipped with a simple emergency-stop relay. OFF: Emergency stop is actuated
Write completion	WEND	This signal is output upon the completion of writing to the nonvolatile memory in response to a position-information write command.	

ERC Actuators
RCP2 Actuators
RCS Actuators
Information on Guide Types
Actuator Options
How to Install Actuator
ERC Controllers
RCP2 Controllers
RCS Controllers

8 Specification Table

Item	Description
Controller series / type	RPC2-C / CG
Compatible actuators	RPC2-SA5 / SA6 / SA7 / SS / SM / SSR / SMR RXA / RSA / RMA / GRS / GRM / RTB / RTC
Input power	DC24V ±10%
Power capacity	2 A max.
Number of controlled axes	1 axis
Control method	Weak field-magnet vector control (patent pending)
Positioning command	Position number specification
Position number	Standard 16 points, maximum 64 points
Backup memory	Position number data and parameters are saved in the nonvolatile memory. The serial EEPROM can be rewritten 100,000 times.
PIO	PIO RCP2-C (CG) : 10 dedicated inputs (10 points) / 10 dedicated outputs (11 points), selectable from five patterns
LED indicators	RDY (green), RUN (green), ALM (red)
I/F power	External power supply: 24 V ± 10%, 0.3 A, insulated
Communication	RS485 1 channel (terminated externally)
Encoder interface	Incremental specification conforming to EIA RS-422A/423A
Absolute battery backup time	Approx. 250 hours
Forced release of elect. omagnetic brake	Toggle switch on front panel of enclosure
Cable length	Motor/encoder cables: 20 m or less PIO cable: 5 m or less
Insulation strength	DC500V 10MΩ
Vibration resistance	10 ~ 57 Hz in XYZ directions / Pulsating amplitude: 0.035 mm (continuous), 0.075 mm (intermittent)
Operating temperature	0 ~ 40 deg
Operating humidity	85%RH or less (non-condensing)
Operating environment	Not subject to corrosive gases.
Protection class	IP20
Weight	300g
Accessory	PIO flat cable (2 m)

10 Names and Functions of Parts



1 LED indicators

- RDY** Indicates that the CPU is operating normally
- RUN** Indicates a normal operating condition (the motor and encoder wiring has been checked and the servo is ON)
- ALM** Indicates that an alarm is present or an emergency stop has been actuated

2 Port switch (PORT)

A signal-output selector switch for the SIO connector 3

- ON** Power for the teaching pendant and IAI RS485 conversion adapter is output from the SIO connector 3. This switch is connected to the EMG line (S1, S2) of 6 of the teaching pendant.
- OFF** Communication with the teaching pendant or PC is disabled. However, since the SIO signal line is active, the controllers can still communicate with each other.

Note: Be sure to turn this switch OFF each time the SIO connector has been plugged in or unplugged.

3 Teaching pendant/PC connector (SIO)

A connector for the teaching pendant or dedicated communication cable

4 Brake release switch (BK)

This switch is enabled only when the actuator is used with a brake option.

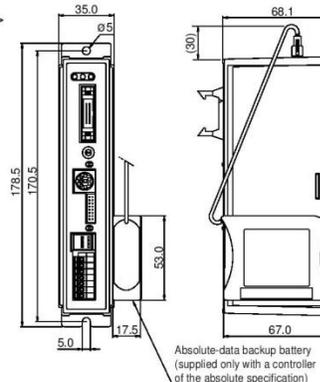
- RLS** Brake is forcibly released
- NOM** Brake is in use (normal setting)

9 External Dimensions

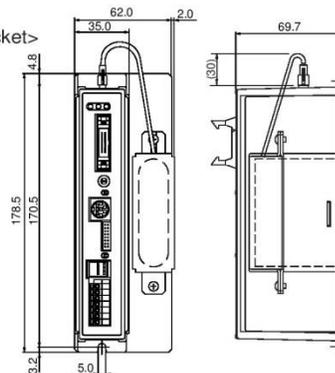
Unit: mm

Controller
<No battery bracket>

*The battery is not affixed to the controller, but supplied separately in the same package as the controller.



Controller
<With battery bracket>



5 Motor cable connector (MOT)

A motor cable connector for the actuator

6 Terminal block

S1 • S2 An emergency-stop switch contact. When the PORT switch 2 is turned ON, the emergency-stop switch on the teaching pendant will be connected. When the PORT switch is turned OFF, S1 and S2 will be shorted.

MPI MPO These terminals are used to cut off the motor's drive power directly and externally using a safety relay, etc. (Refer to page 22.)

24V Positive side of the 24-VDC power supply

N Negative side of the 24-VDC power supply

EMG Emergency-stop input (RCP2-C)

F.G Ground terminal (RCP2-CG)

7 PIO connector (PIO)

A PIO connector.

8 Address switch (ADRS)

This switch is used to set the address for the controller axis. If two or more controllers are connected via communication cables, prevent duplicate controller addresses.

Setting range 0 ~ F

9 Encoder/brake connector (ENC)

This connector is used to connect the actuator's encoder/brake cables.

Anexo B.5. Hoja de datos de la pantalla táctil



Tel +1 (717) 767-6511
 Fax +1 (717) 764-0839
 www.redlion.net

Bulletin No. G304K2-D
 Drawing No. LP0888
 Released 08/13

MODEL G304K2 - KADET 2 OPERATOR INTERFACE WITH 4" TFT DISPLAY



- CONFIGURED USING CRIMSON® 3 SOFTWARE
- TWO SERIAL COMMUNICATIONS PORTS (1 RS-485 AND 1 RS-232/422/485)
- 10 BASE-T/100 BASE-TX ETHERNET PORT COMMUNICATES WITH UP TO FOUR PROTOCOLS SIMULTANEOUSLY
- UNIT'S CONFIGURATION IS STORED IN NON-VOLATILE FLASH MEMORY
- BRIGHT 4.3-INCH TFT ACTIVE MATRIX 32K COLOR 480 X 272 PIXEL DISPLAY
- THREE FRONT PANEL LED INDICATORS
- NEMA 4/IP65 FRONT PANEL
- POWER UNIT WITH 24 VDC ± 20%
- RESISTIVE ANALOG TOUCHSCREEN



GENERAL DESCRIPTION

The 4.3-inch G3 Kadet 2 was designed for applications in which available mounting space is at a premium. Though diminutive in size, the G304K2 boasts a bright TFT display with 32K-color support. With a resolution of 480 x 272, the Kadet 2's 4.3-inch display has a higher resolution and better image clarity than most 6-inch HMIs.

The G304K2 performs the functions of a multiple protocol converter, using two high-speed RS-232/422/485 communications ports and a 10 Base-T/100 Base-TX Ethernet port. The Ethernet port supports up to four protocols simultaneously, allowing dissimilar Ethernet based products to communicate with one another.

The G3 Kadet 2 range of HMIs is programmed with Red Lion's free Crimson 3 software. Crimson 3 offers easy to use drag and drop communications configuration, while the embedded image library allows the programmer to create intuitive screens and prompts for the operator.

SAFETY SUMMARY

All safety related regulations, local codes and instructions that appear in the manual or on equipment must be observed to ensure personal safety and to prevent damage to either the instrument or equipment connected to it. If equipment is used in a manner not specified by the manufacturer, the protection provided by the equipment may be impaired.

Do not use the controller to directly command motors, valves, or other actuators not equipped with safeguards. To do so can be potentially harmful to persons or equipment in the event of a fault to the unit.

 CAUTION: Risk Of Danger. Read complete instructions prior to installation and operation of the unit.	 CAUTION: Risk of electric shock.
--	---

CONTENTS OF PACKAGE

- G304K2 Operator Interface.
- Hardware packet for mounting unit into panel.
- Terminal block for connecting power.
- Spare fuse.

ORDERING INFORMATION

MODEL NO.	DESCRIPTION	PART NUMBER
G304K2	4.3" TFT Operator Interface	G304K200
CBL	Communications Cables and Adaptor ²	CBLxxxxx
G3FILM	Protective Film	G3FILM4K

¹ Download for free from www.redlion.net.

² Contact your Red Lion distributor or visit our website for selection of adapters and cables.

Note: If replacing Model G304K000, see Tech Note TNG3K4.