



**FLEX N GATE MÉXICO**  
**Planta Guanajuato**

**Proyecto Industrial Terminal**

**Línea de estampado con  
transferencia robótica  
segmentada**

**PARA OBTENER LA ESPECIALIDAD EN**

**“TECNÓLOGO EN MECATRÓNICA”**

PRESENTA

Alumno: **Rafael Herrera Martínez**

Tutor de Planta: José Luis Martínez

Tutor Académico: Julio César Solano Vargas



Querétaro, Qro; Julio del 2007.

**Línea de estampado con  
transferencia robótica  
segmentada**

# Índice

<b>1. Resumen.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Introducción.....</b>	<b>2</b>
<b>3. Objetivo.....</b>	<b>3</b>
<b>4. Justificación.....</b>	<b>4</b>
<b>5. Antecedentes.....</b>	<b>5</b>
<b>5.1 Descripción de la línea Tandem 2.....</b>	<b>5</b>
<b>5.2 Descripción del programa Presworks.....</b>	<b>9</b>
<b>5.3 Descripción del número de parte A34.....</b>	<b>13</b>
<b>6. Procedimientos.....</b>	<b>15</b>
<b>6.1 Diseño conceptual.....</b>	<b>16</b>
<b>6.2 Modificaciones al troquel.....</b>	<b>17</b>
<b>6.3 Dispositivos de carga y descarga.....</b>	<b>20</b>
<b>6.4 Construcción de herramientas de los robots.....</b>	<b>23</b>
<b>6.4.1 Robot desafilador.....</b>	<b>24</b>
<b>6.4.1.1 Sensor de doble lámina.....</b>	<b>26</b>
<b>6.4.2 Robot de transferencia.....</b>	<b>27</b>
<b>6.5 Programación de los robots.....</b>	<b>29</b>
<b>6.5.1 Robot desafilador (robot 8).....</b>	<b>29</b>
<b>6.5.2 Robot de transferencia (robot 7).....</b>	<b>34</b>
<b>6.6 Modificaciones eléctricas.....</b>	<b>36</b>
<b>6.6.1 Robot desafilador (Robot 8).....</b>	<b>37</b>

6.6.1.1	Sensores del rack desapilador.....	37
6.6.1.2	Controlador de doble lámina.....	37
6.6.1.3	Relevadores de robot libre de dispositivo de carga y descarga.....	37
6.6.1.4	Lubricación de las piezas.....	38
6.6.2	Robot de transferencia (robot 7).....	38
6.7	Modificaciones al PLC del controlador de línea.....	48
7.	Resultados.....	59
8.	Conclusiones.....	60
9.	Bibliografía.....	61
10.	Apéndice A.....	62
11.	Apéndice B.....	64

## **1. Resumen**

Se automatizará un trabajo de estampado que actualmente se hace de forma manual. Para esto, se utilizarán los robots que quedan libres al correr ciertos números de parte en una línea de estampado de transferencia robótica. Esta línea esta diseñada para correr 'n' trabajos, aunque solo uno a la vez, y en determinados trabajos no se usan las prensas y robots en su totalidad.

En la sección de antecedentes se describirá como venia funcionando esta línea de estampado así como el proceso manual del número de parte de transferencia manual A34 a automatizar.

Posteriormente, en la sección de procedimientos se detalla como se llevo a cabo este proyecto. Se instalaran sensores inductivos y actuadores en varias partes, se programarán robots Fanuc, se construirán herramientas para que estos robots realicen la transferencia del A34, se trabajará con un sensor especial para medir espesor de láminas, se harán modificaciones eléctricas y se programará en diagrama de escalara un PLC de la marca Allen Bradley.

## 2. Introducción

Hoy en día la automatización es una parte muy importante en la industria sobre todo cuando se trata de producción en grandes cantidades. El proceso es más rápido, consistente, seguro y económico al eliminar el factor humano.

Uno de los procesos que se realizan en la planta Flex-N-Gate Guanajuato es el estampado, el cual podemos clasificar como 1) estampado por transferencia manual, 2) estampado por transferencia progresiva y, 3) estampado por transferencia robótica. El proceso de transferencia a utilizar depende del *troquel o herramienta* que se utilizará, y a su vez, este depende de la naturaleza de la pieza, capacidad de las líneas de estampado y presupuesto, es decir, para obtener un producto a partir de una lámina de acero no siempre se podrá utilizar un proceso de transferencia progresiva debido a que los cortes dobles y punzonados que se deben hacer para obtener la pieza final no lo permiten. La siguiente opción sería utilizar transferencia robótica, para la cual los troqueles deben tener cierta orientación para acomodarse al flujo de la línea de estampado y suficientes *operaciones* para que valga la pena utilizar la línea. Tal es el caso de la línea Tandem 2 que cuenta con 7 prensas y 8 robots, por lo cual no convendría utilizar una, dos o hasta tres prensas con sus respectivos robots para un solo producto y las demás queden sin utilizarse, o que los troqueles sean demasiado pequeños comparados con el tamaño o capacidad de las prensas. En estos casos la mejor opción es la transferencia manual, pero ¿qué sucede en la situación en donde un trabajo diseñado para transferencia robótica solo utiliza por ejemplo 4 prensas y 5 robots?, el resto de la línea queda sin utilizarse para lo que esta diseñada pero, se pueden utilizar para trabajos de transferencia manual. Aquí es donde encontramos oportunidad para aplicar la automatización, en donde el beneficio sería en aprovechar recursos que no se están utilizando, más producción en menor tiempo, llevando esto a una reducción de costos conservando la calidad.

En este proyecto se describe como lograr este objetivo para la línea de estampado por transferencia robótica Tandem 2 planta Flex-N-Gate Guanajuato tomando como prototipo el número de parte de transferencia manual llamado 'A34' el cual consta de 4 operaciones en un solo troquel.

### **3. Objetivo**

Segmentar la línea de transferencia robótica Tandem 2, de tal forma que al mismo tiempo que se corra un número de parte que actualmente trabaja con 4 prensas y 5 robots sea posible utilizar el resto de las máquinas para correr de forma automática en número de parte A34, el cual se venia haciendo de forma manual.

## **4. Justificación**

El aumento en la producción comienza a llevar al límite la capacidad de las máquinas en Flex n gate, por lo que nos vemos en la necesidad de buscar ideas de mejora en las que podamos ser más rápidos y eficientes sin arriesgar la calidad del producto y seguridad del operador.

Al observar como se desaprovechan las prensas y robots de la línea Tandem 2 cuando se producen números de parte que no ocupan toda la línea, surge la idea de utilizar estas máquinas para correr números de parte diseñados para transferencia manual de forma automática. De esta manera se eliminan los operadores y se aprovechan los robots que están sin utilizarse, se producen piezas a mayor velocidad sin sacrificar la calidad y consistencia, las prensas en donde se venían produciendo estos números de parte quedan libres, por ejemplo para la producción de otro número de parte que se corre en otro turno y de esta forma eliminar el turno. Todo esto se traduce en reducción de costos de producción y operación.

Obviamente, la inversión para llevar a cabo cualquier proyecto se debe recuperar lo antes posible para que sea redituable. Para este caso la inversión será no más de \$30,000.00 usd, la cual se recuperará en un año tan solo si se considera el eliminar 3 operadores y el sistema queda abierto para automatizar cualquier trabajo manual siempre y cuando sea físicamente posible, a demás de eliminar tiempos muertos en estas máquinas.



## 5. Antecedentes

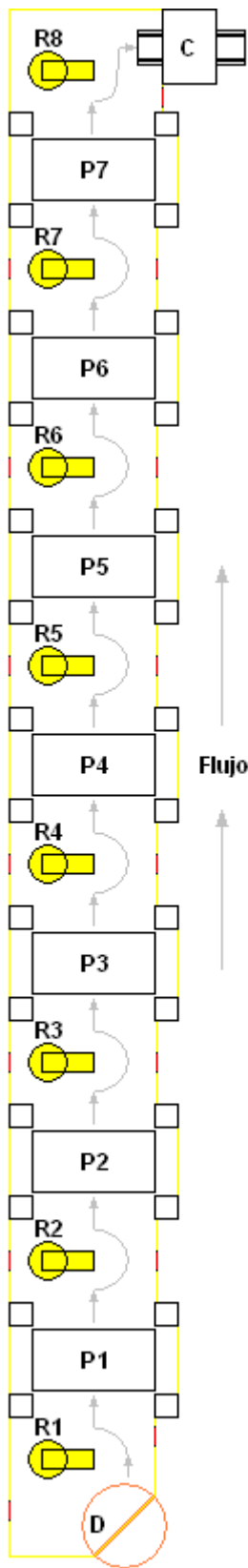
### 5.1. Descripción de la línea Tandem 2

Aunque las líneas de estampado por transferencia robótica son en esencia iguales en cualquier planta, por tratarse de un proceso específico a Flex-N-Gate, se comenzará por describir a grandes rasgos la línea de estampado conocida como Tandem 2 para que el lector comprenda más fácil que se debe hacer para llevar a cabo este proyecto.

La Tandem 2 cuenta con un desapilador giratorio, 7 prensas mecánicas Schuler, un robot desapilador y 7 de transferencia todos de la marca Fanuc, modelo S430i con controlador R-J3, y una banda transportadora al final de la línea como se muestra en la figura 5.1-1.

El flujo del proceso comienza en el desapilador giratorio y termina en la banda transportadora y la línea está diseñada para trabajar solamente de esta manera. Pero aún con esta limitación la línea es un tanto flexible ya que se pueden realizar diferentes trabajos o números de parte de transferencia robótica aunque solo uno a la vez. Se pueden deshabilitar las prensas y robots si estos no son necesarios, por ejemplo en el caso de que solo se ocupen 6 troqueles para una pieza terminada y se requiera que la pieza salga por la banda transportadora al final de la línea, se habilitará la prensa que no tenga troquel como estación de vacío y se colocará una estación de vacío en ella en la cual un robot la colocará en ella la pieza y otro la descargará sin que la prensa realice un ciclo. O en el caso de que solo se utilicen 4 troqueles consecutivos y no se requiera descargar la pieza terminada en la banda, se pueden deshabilitar el resto de las prensas y robots y colocar una resbaladilla móvil al final de la prensa con la última operación y el robot que se encuentra en esa posición descargará la pieza terminada. Esta flexibilidad está disponible al usuario por medio de una interfaz gráfica *hombre-máquina (IHM)*, que nos permite hacer estos cambios de parámetros de manera sencilla y guardarlos en un archivo como si fueran *recetas de cocina*, las cuales están disponibles al usuario cuando las requiera.

Lo anterior es efectuado por un *controlador de línea* que se le llamara **Presworks**, el cual consta de la IHM y un PLC Allen Bradley modelo PLC-5, el cual a parte de realizar los cambios de *receta*, es quien indica a las prensas y robots que número de parte se va a correr, cuándo los robots tienen que descargar y cuándo cargar, cuándo debe ciclar cada prensa y, control de fallas entre lo más importante. Estas instrucciones están programadas en un controlador lógico programable (PLC) y solo son accesibles a personal calificado.



La línea está ordenada de la siguiente manera:

D:	Desapilador giratorio	R5:	Robot 5
R1:	Robot 1 o Robot desapilador	P5:	Prensa 5
P1:	Prensa 1	R6:	Robot 6
R2:	Robot 2	P6:	Prensa 6
P2:	Prensa 2	R7:	Robot 7
R3:	Robot 3	P7:	Prensa 7
P3:	Prensa 3	R8:	Robot 8
R4:	Robot 4	C:	Banda de descarga
P4:	Prensa 4		

Cada prensa está rodeada de 2 robots, uno de carga y otro de descarga. Para que el robot de carga entre a la prensa, esta debe estar vacía y abierta. La prensa cuenta con sensores que indican que fue cargada correctamente. Una vez verificado esto y que ambos robots se encuentran fuera, el PLC del *presworks* manda una señal a la prensa a través del robot de carga y cicla la prensa. Una vez procesada la pieza, el robot de descarga puede entrar y retirar la pieza y de esta forma se repite el ciclo.

Así como cada prensa está rodeada por 2 robots, cada robot está rodeado por un dispositivo de descarga y uno de carga, que no necesariamente es una prensa, tal es el caso de los robots R1 y R8 que cuentan con un desapilador como dispositivo de descarga y una banda como dispositivo de carga respectivamente. Independientemente de estos dispositivos, el robot cuenta con 2 programas para realizar estas tareas: PICK y PLACE para cargar y descargar respectivamente, los cuales son ejecutados cuando el controlador de línea *presworks* se los indica.

Por seguridad, toda la línea esta cercada y entre cada dispositivo de carga y descarga existe un robot con una puerta de acceso para mantenimiento y ajustes, las cuales al abrirse ponen en estado de falla a los 2 dispositivos hacia a delante y atrás así como el robot entre los dispositivos, por ejemplo el abrir la puerta entre P1 y P2 estas prensas estarán en falla así como R1, R2 y R3. Al cerrar la puerta y restablecer fallas en estas máquinas, el proceso puede continuar en automático.

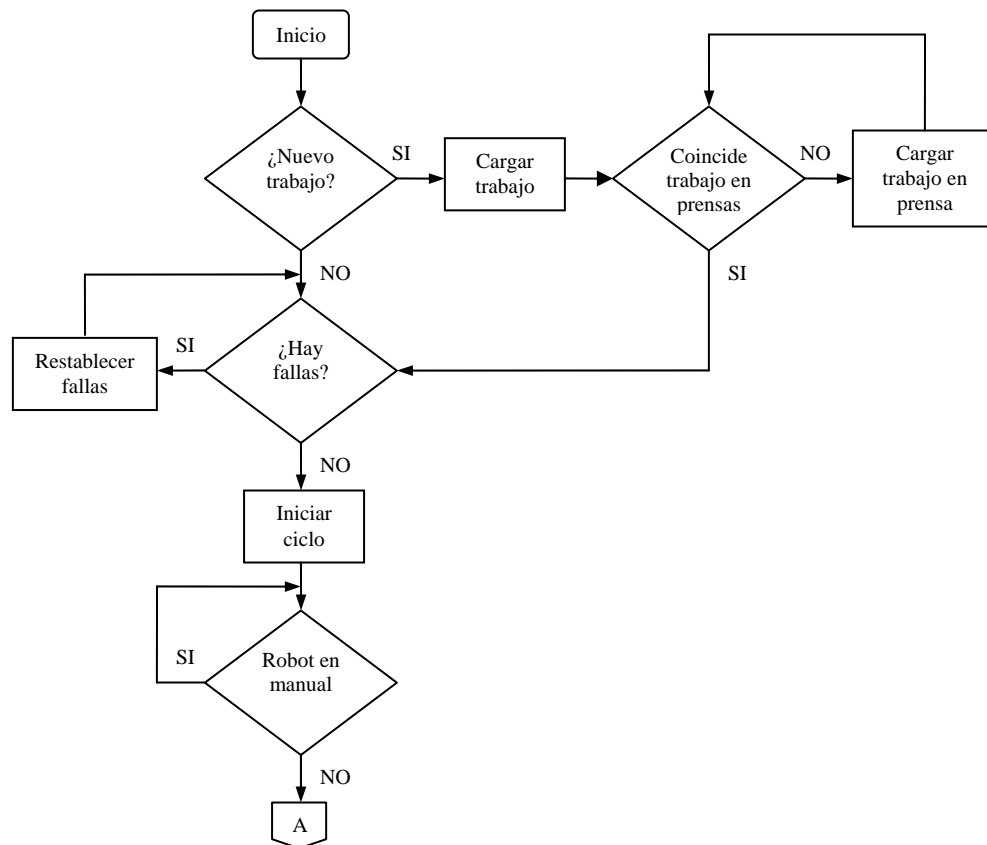
Para mayor referencia ver archivo [DR rear.avi](#)

Figura 5.5-1. Croquis de la línea Tandem 2

Entonces, con estas limitaciones ¿cómo se puede hacer que la línea trabaje con dos números de parte al mismo tiempo? La respuesta esta en que todo este control, incluyendo prensas y robots están abiertos a la programación y con esto se puede tener toda la flexibilidad que se requiera siempre y cuando lo que se desee obtener sea físicamente posible.

El PLC del *presworks* tiene un archivo de programa por robot entre otros. Cada uno de estos archivos contiene la lógica que indica al robot si puede entrar a descargar y a cargar, indica a la prensa cuando ciclar, paros del robot en caso de fallas de la prensa y de colocación de pieza, entre lo más importante. Esto solo aplica para los robots del 2 al 7, la lógica para el robot R1 varia en que no descarga de una prensa y esto lo hace más sencillo puesto que no tiene que esperar a que la prensa este abierta, que la pieza haya sido golpeada, que el robot de carga este afuera, etc. Lo mismo aplica para el robot R8 pero a la descarga.

En la figura 5.1-2 se muestra un diagrama de flujo de la lógica que controla a los robots 2 al 7. Para los dos restantes seria sin considerar las condiciones de los dispositivos de descara para R1 y de carga para R8.



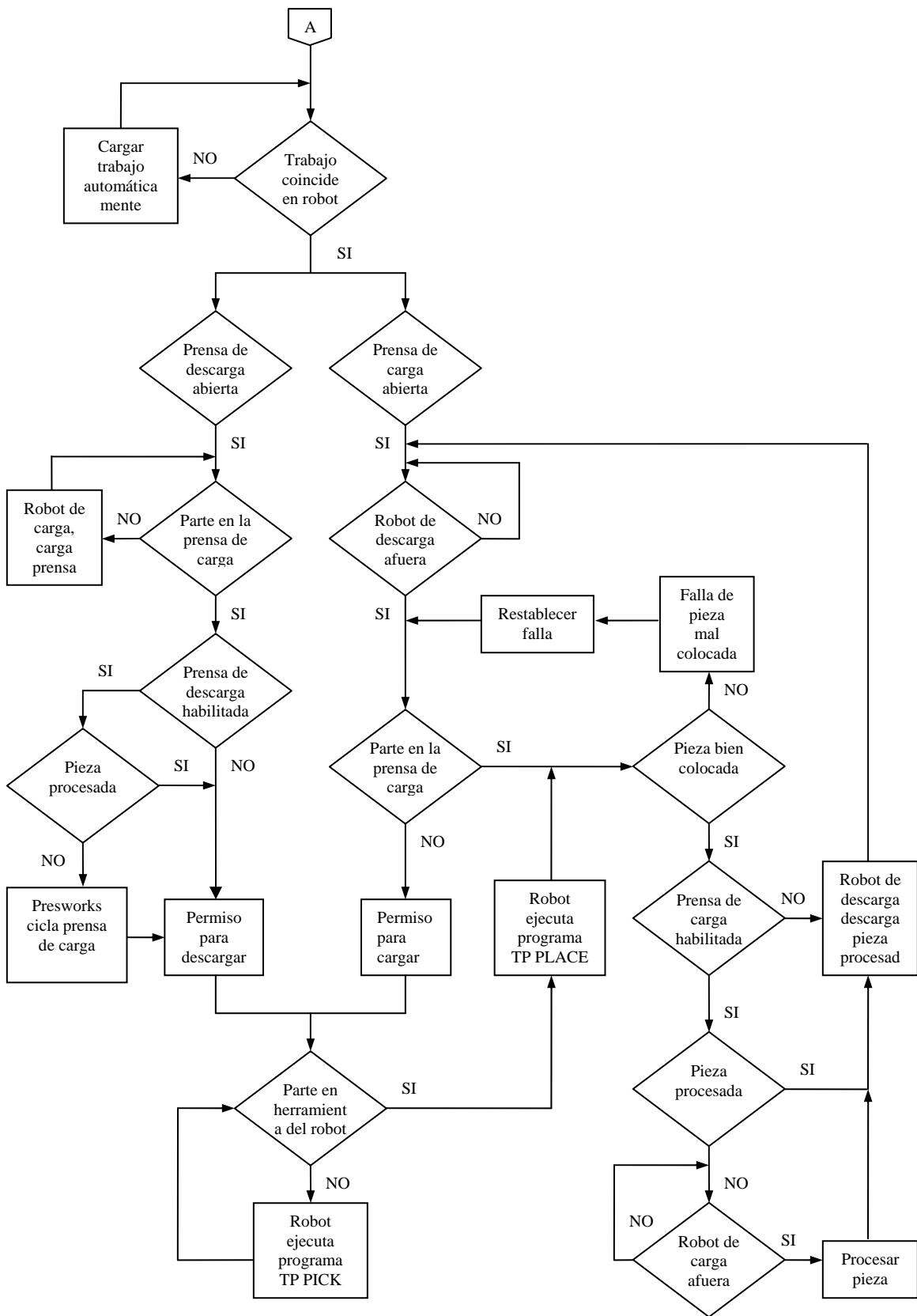


Figura 5.1-2. Diagrama de flujo del archivo de programa de los robots 2 al 7 del *presworks*.

## 5.2 Descripción del programa Pressworks

El programa pressworks es un programa diseñado para el control de líneas de prensas de transferencia robótica por FANUC Robotics. Básicamente lo que hace es arranque y paro de línea, configuración de recetas o trabajos, reportes de producción, y eficiencia entre los más importantes. En la figura 5.2-1 se muestra el menú de control en el cual se puede ver el estatus de la línea en tiempo real.

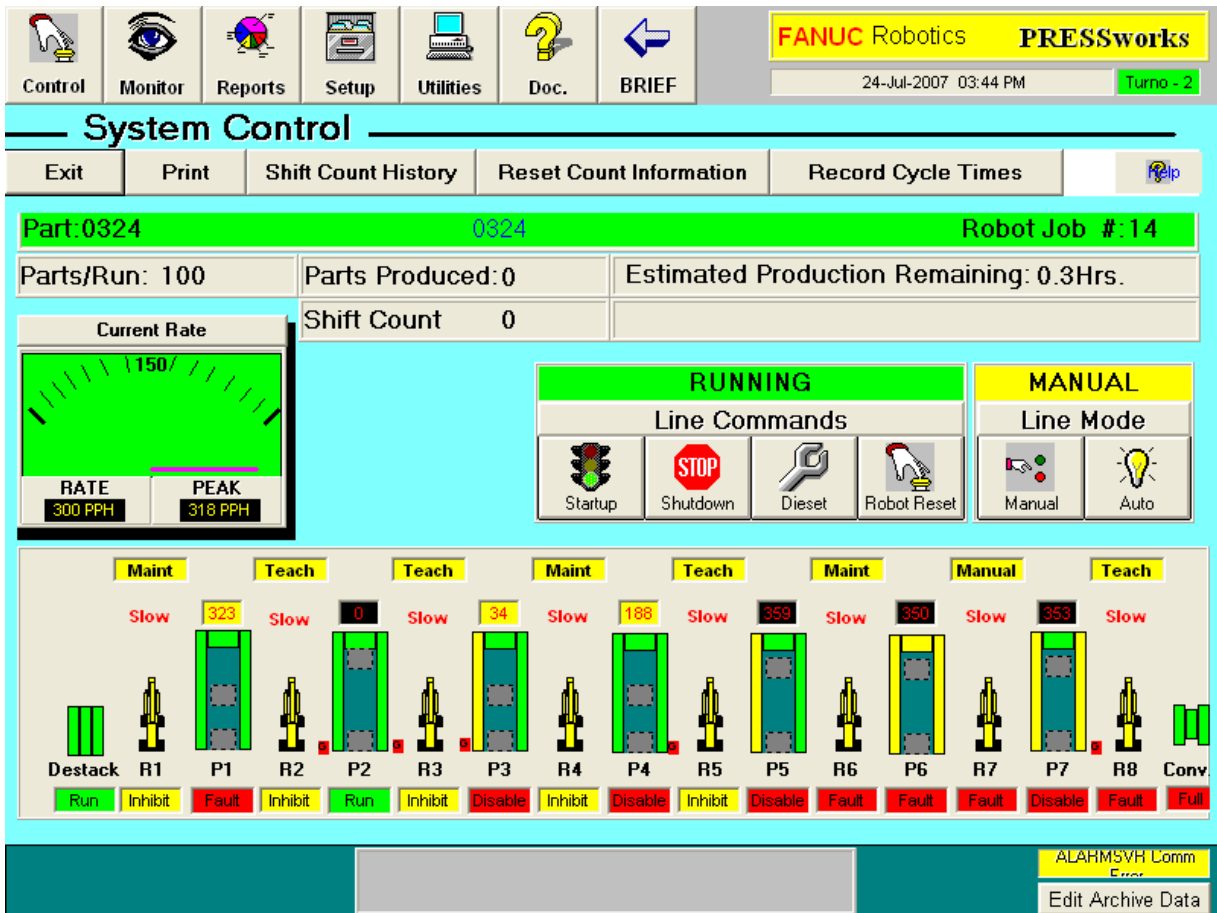


Figura 5.2-1. Pantalla de control donde se muestra el estatus de la línea en tiempo real.

En la pantalla de control se puede controlar el arranque y paro de línea, modo automático o manual, numero de parte que se esta corriendo, el estado de cada dispositivo de la línea, partes producidas por turno y por modelo y velocidad promedio de la línea en partes por hora.

En la parte superior de la figura anterior se puede ver la barra de menú, la cual siempre esta disponible a la vista independientemente del menú en el que se encuentres. Es aquí en donde se pueden observar reportes de producción, crear y modificar recetas, utilerías como explorador de Windows, cambio y altas de usuarios, salir de presworks, etc.

En este punto solo se mostrarán las pantallas en donde se configuran los nuevos trabajos y recetas por ser relevantes a este proyecto. En la figura 5.2-2a se muestra la pantalla principal de las recetas. Aquí se ingresan los datos de número de parte, descripción, tamaño de la pieza, costo, espesor, capacidad de piezas por hora, etc.

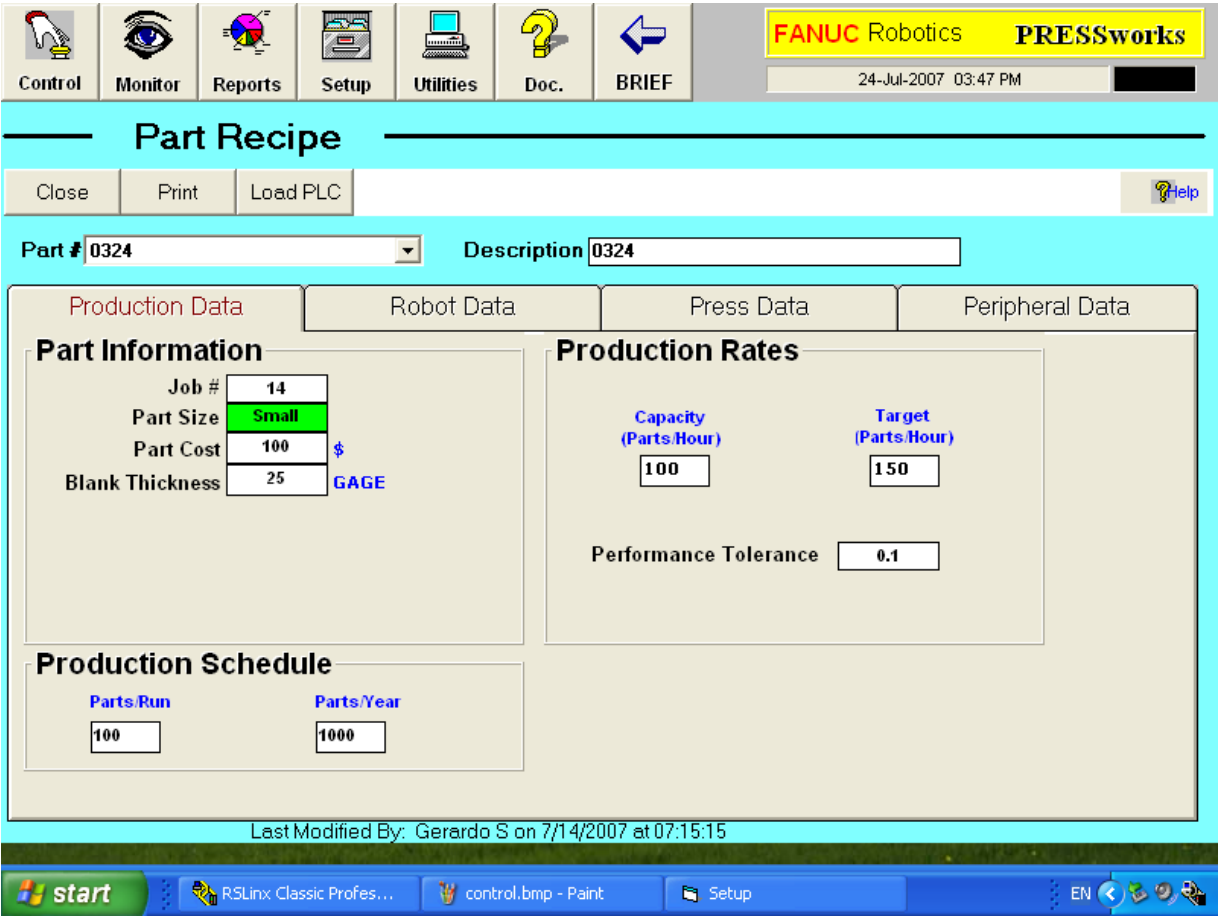


Figura 5.2-2a. Menú de recetas, pestaña de datos de producción del número de parte seleccionado.

Después, en la figura 5.2-2b se tiene la pestaña de datos del robot en la que nos muestra el tipo de robot utilizado, habilitar o deshabilitar estos, los grados de la prensa a los que el robot ya puede entrar en ella para descargar, el tipo de herramienta y una descripción de esta si se desea.

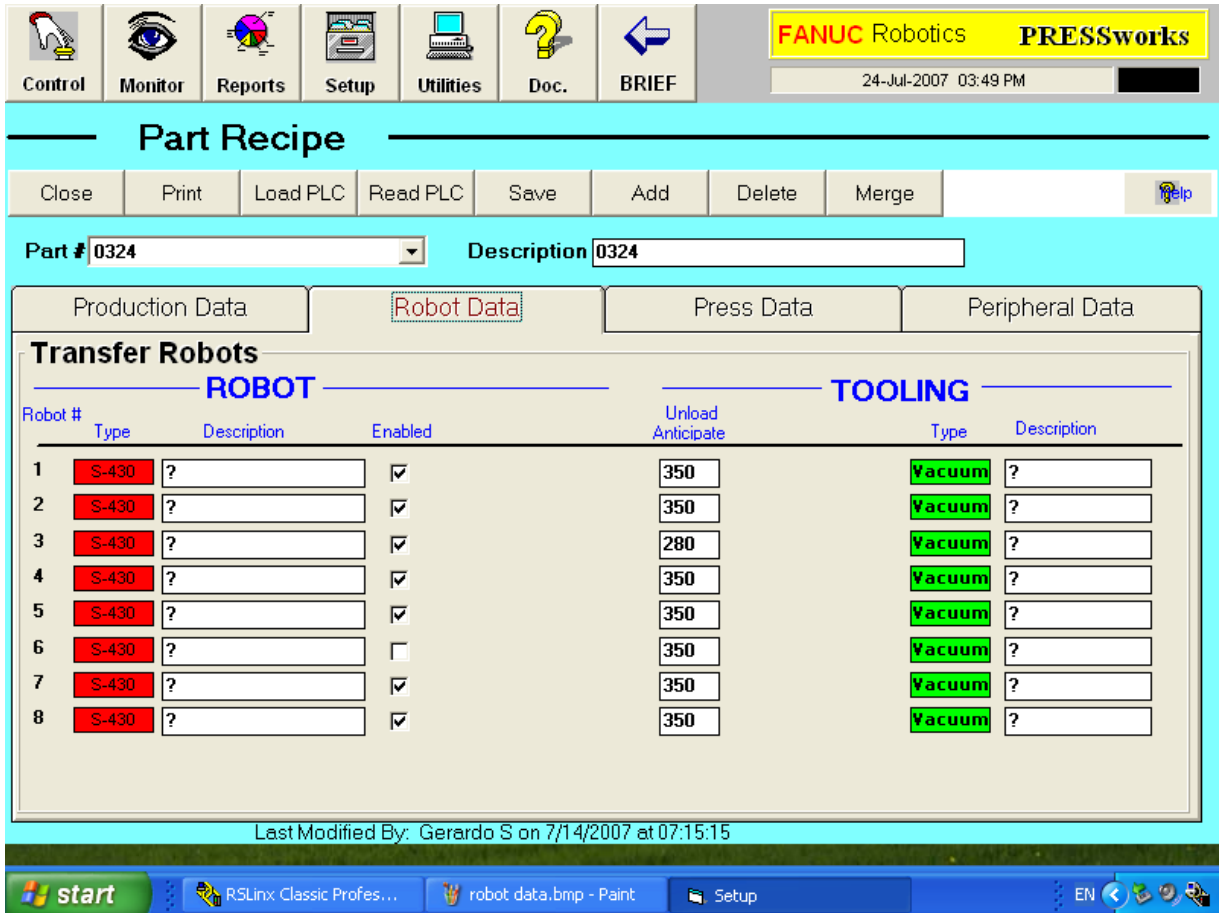


Figura 5.2-2b. Menú de recetas, pestaña de configuración de robots.

Por último se mencionará la pestaña de configuración de las prensas mostrada en la figura 5.2-2c. Aquí se puede habilitar y deshabilitar las prensas, configurarlas como estaciones de vacío, indicar los grados en los que la prensa se encuentra abierta, indicarle si las prensas utilizan un solo dado o doble, indicar si se utilizan los sensores del dado y de que forma, por ejemplo si se utilizan a la descarga o no. Habilitar anticipaciones a la carga y para ciclar la prensa y por último habilitar válvulas de automatización, las cuales se describirán más adelante.

Control Monitor Reports Setup Utilities Doc. BRIEF FANUC Robotics PRESSworks 24-Jul-2007 03:50 PM

## Part Recipe

Close Print Load PLC Read PLC Save Add Delete Merge Help

Part # 0324 Description 0324

Production Data Robot Data Press Data Peripheral Data

State	Press Open		Die Sensors		Loader in Early Trip Press Early		AV 1 AV 2 AV 3		
	Min	Max	Die 1 Mode	Die 2 Mode	Ena Delay	Ena Delay			
1 Enabled	340	15	Ignore On Unload	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 Enabled	340	15	Ignore On Unload	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 Enabled	350	15	Ignore On Unload	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 Enabled	350	15	Ignore On Unload	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5 Disabled									
6 Disabled									
7 Enabled	340	15	Ignore On Unload	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Automation Valve Details

Last Modified By: Gerardo S on 7/14/2007 at 07:15:15

start RSLinx Classic Profes... untitled - Paint Setup EN

Figura 5.2-2c. Menú de recetas, pestaña de configuración de prensas.



### 5.3. Descripción del número de parte A34

El número de parte xxxxA34 es una parte para un vehículo de Ford motor co. y la cual únicamente describiremos el proceso para formar esta pieza ya que su relación con sus procesos posteriores no es importante para lograr nuestro objetivo. En la figura 5.3-1e se muestra este número de parte.

Es importante mencionar que este número de parte se trabaja en una línea de estampado de transferencia manual y no en la tandem 2, cosa que cambiará al concluir este proyecto.

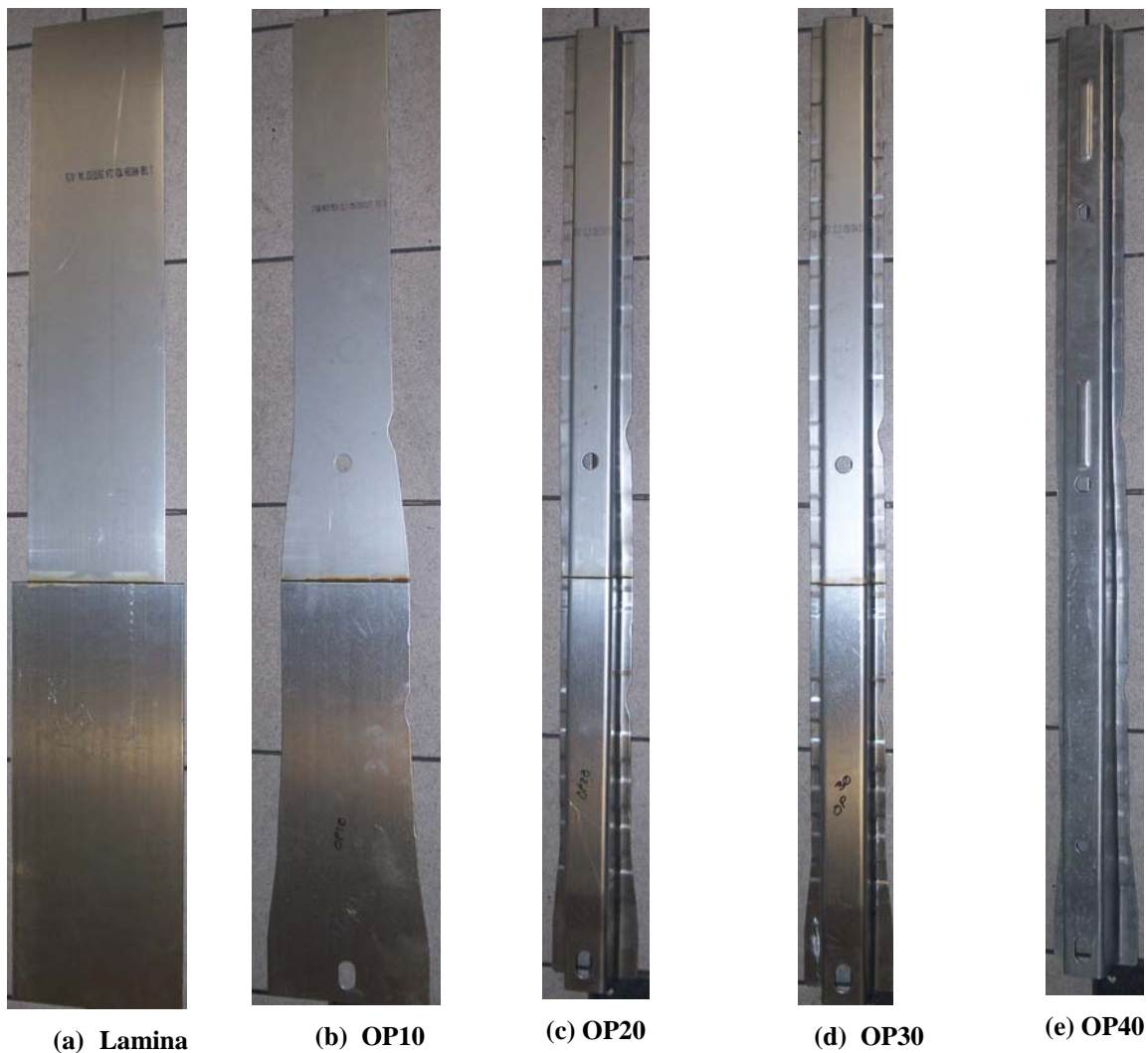


Figura 5.3-1. Operaciones necesarias para obtener el número de parte A34.

La herramienta o troquel para formar esta pieza consta de 4 pasos u operaciones las cuales se denominan operación 10 (OP10) para el primer paso, operación 20 (OP20) para el segundo,

operación 30 (OP30) para el tercero y finalmente la operación 40 (OP40) para el cuarto paso. En la figura 5.3-2a se muestra una vista superior del troquel y una lateral en la figura 5.3-2b.

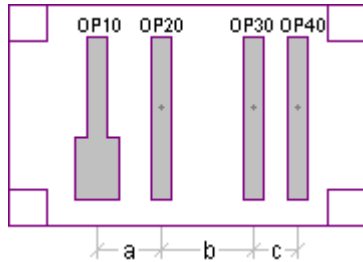


Figura 5.3-2a. Vista superior del troquel del A34

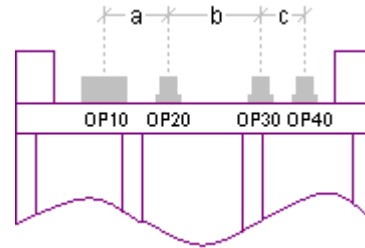


Figura 5.3-2b. Vista lateral del troquel del A34.

Considerando que el troquel se encuentra sin piezas, primero en la OP10 se coloca la lámina y la prensa cicla, después esta nueva pieza se coloca en la OP20 y se coloca otra lámina en la OP10 y la prensa vuelve a ciclar, el resultado de la OP20 pasa a la OP30 el de la OP10 a la OP20 y se coloca una nueva lámina en la OP10. Nuevamente la prensa cicla y los resultados son transferidos de estas operaciones a las siguientes para una vez más ciclar la prensa y así sucesivamente hasta obtener el resultado final producto de la OP40. En la figura 5.3-1 se muestran los resultados de cada operación)

Para realizar este proceso de forma manual (figura 5.3-3.), un solo operador es suficiente, pero la velocidad en que se produce una pieza es muy lenta, por lo tanto, si se desea aumentar la velocidad se tendrá que aumentar el número de operadores, lo cual implica mayor costo.

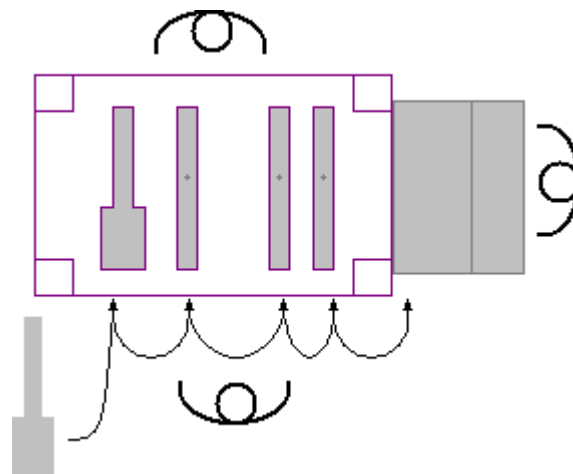


Figura 5.3-3. Proceso manual para producir la pieza A34.

## **6. Procedimientos**

Hasta este punto se ha descrito como había estado trabajando la línea tandem 2 y el número de parte A34. En esta sección se describirá paso a paso los puntos que se siguieron para llevar a cabo este proyecto. Únicamente se describirán los pasos que fueron necesarios para segmentar la tandem 2 y automatizar el número de parte A34, no se mencionarán detalles del otro número de parte que correrá a la par con el A34 a parte de que las máquinas que utiliza y el flujo del proceso. A continuación se enlistan los pasos con una breve descripción y en el orden en que se realizaron.

- 6.1** Diseño conceptual: Describe el flujo de la línea tandem 2 segmentada cuando se corre el número de parte A34
- 6.2** Modificaciones al troquel: Modificaciones necesarias al troquel del número de parte A34 para poder trabajarse con transferencia robótica, tales como sensores de parte presente, codificación de número de parte, entre otras.
- 6.3** Dispositivos de carga y descarga: Debido a que las láminas para crear el número de parte A34 vienen en paquetes, es necesario construir un dispositivo que los sostenga y que cada que se termine uno y se coloque uno nuevo coincida en la misma posición para que el robot no tenga problema en colocarla. Así mismo se necesita un dispositivo en el cual colocar la pieza terminada.
- 6.4** Construcción de las herramientas de los robots: Describe la configuración que deben llevar las herramientas para poder manipular las piezas, así como los sensores y actuadores utilizados para cada uno de los 2 robots.
- 6.5** Programación de los robots: Se muestran diagramas de flujo de los programas escritos para cada uno de los robots para cargar y descargar las piezas
- 6.6** Modificaciones eléctricas: Cambios realizados a lo que se refiere para invertir el flujo de la línea cuando sea necesario, puesto que el original dispositivo de descarga se convierte en dispositivo de carga y el de carga en descarga al correr el A34, así como evitar fallas de los dispositivos no utilizados entre otros.
- 6.7** Modificaciones al PLC del controlador de línea: Se explican los cambios realizados al programa del PLC para permitir que la línea trabaje en ambos sentidos a la vez o en uno solo.

## 6.1 Diseño conceptual

En la figura 6.1-1 se muestra el flujo de la línea cuando corre el # de parte A34 junto con uno de los # de parte que utiliza únicamente 4 prensas y 5 robots, esto es, de la prensa 1 a la prensa 4 y con los robots 1 al 5, descargando este último en la resbaladilla S1.

Anteriormente cuando se corrían los trabajos del robot R1 al R5 el resto de los equipos quedaba sin utilizarse. Ahora con este nuevo sistema la línea queda abierta a utilizar el resto de las máquinas al mismo tiempo que se corren trabajos de 4 prensas. La única condición es que el inicio del otro trabajo sea con el robot R8, debido a cuestiones de logística, es más fácil colocar el desapilador DD y sus paquetes estando este al final de la línea que entre prensas.

Entonces, el troquel del A34 se monta en la prensa 7 y el robot R8 los toma las láminas, de una en una, del desapilador DD y las coloca en la OP10 del troquel, cicla la prensa y después el robot R7 toma el resultado de la 4 operaciones las mueve una posición colocando la pieza terminada en la resbaladilla S2, donde el operador la toma, inspecciona y coloca en un contenedor para su embarque al cliente.

De esta manera se aprovechan las máquinas que anteriormente no se ocupaban cuando se corrían trabajos que utilizan 4 prensas. En este caso se utiliza solo una prensa y 2 robots, pero las bases están sentadas para poder utilizar hasta dos prensas más y 3 robots.

En esta sección se describen las modificaciones al sistema para llevar a cabo este objetivo.

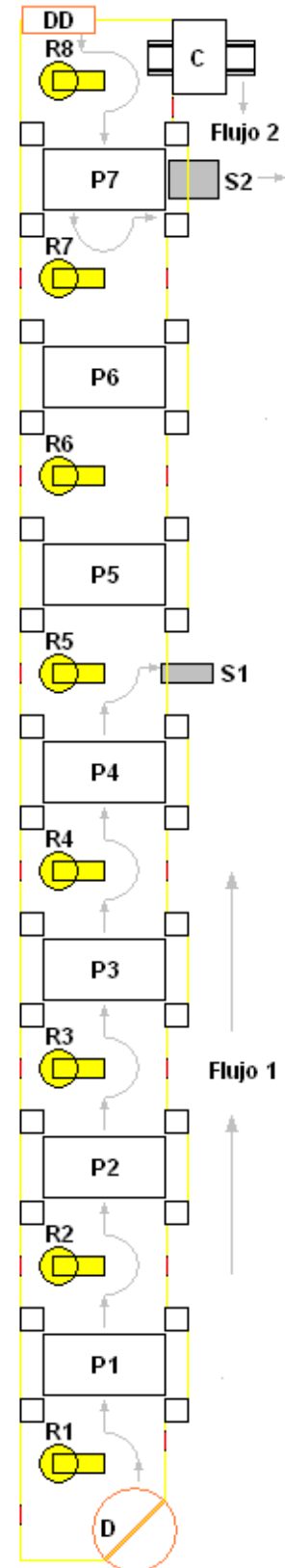


Figura 6.1-1. Croquis de la línea Tandem 2 segmentada

## 6.2. Modificaciones al troquel

Cuando se va a correr un troquel de forma automática, es recomendable colocar sensores de parte presente para proteger su integridad, ya que de esta forma se puede saber si la pieza fue colocada correctamente y evitar colocar doble pieza, ya que si esto ocurre en alguna operación y la prensa cicla, el troquel sufrirá fuertes daños. Puede darse la situación en que se rompa una parte del troquel y salga disparada y golpee a una persona hiriéndola gravemente. Colocando sensores en cada operación se asegura que no haya pieza en ellas antes de colocar otra y para este caso, se utilizó un sensor por cada operación. Los sensores son de tipo inductivo como se muestra en la figura 6.2-1.



(a) OP10



(c) OP20



(b) OP30



(d) OP40

**Figura 6.2-1. Sensores de cada operación troquel A34 dentro del círculo azul.**

Adicionalmente se agrega un cilindro neumático a la OP10, el cual empujará la pieza a la posición correcta por medio de un tope en el vástago, el cual empuja la lámina a posición



cuando este sale y regresa una vez procesada y descargada la pieza. Esto es necesario debido a que en el paquete de láminas, no todas vienen en la misma posición. La variación es mínima, pero en caso contrario, este cilindro compensa estas variaciones. Figura 6.2-2



**Figura 6.2-2. Acomodador de lámina OP10 troquel A34**

El dado se debe codificar para que coincida con el trabajo que se le carga a la prensa, robot y controlador de línea. Este código es un número binario de 8 bits.

Por último, se instala un conector eléctrico y otro neumático, los cuales por medio de cables y mangueras serán conectados a la prensa para procesar estas señales. Figura 6.2-3.

El conector eléctrico cuenta con 16 puntos, los cuales están numerados del 1 al 16 y se le conecta un cable que va a la prensa. El punto 1 es el positivo de una fuente de 24 Vcd y el 2 el negativo.



**Figura 6.2-3. Conector eléctrico y neumático troquel A34.**

Los puntos del 3 al 16 se conectan a una tarjeta de entradas del PLC de la prensa, de los cuales los puntos 3-6 y 11-14 forman un arreglo binario de 8 bits para identificar el número del troquel como se muestra en la tabla 6.2-1. El resto de los puntos se utilizan para señales de sensores.

# de trabajo en decimal	# de punto del cable							
	14	13	12	11	6	5	4	3
1	0	0	0	0	0	0	0	1
2	0	0	0	0	0	0	1	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
18	0	0	0	1	0	0	1	0

**Tabla 6.2-1. Número de trabajo resultante al puentear el punto 1 con los puntos del código de dado.**

Como se menciona al inicio de esta sección, el número de parte A34 se identificará como trabajo 18, por lo que tendríamos que hacer un puente entre los puntos 1,4 y 11 del conector del troquel para que al conectar el cable de la prensa esta reciba el código 18.

En cuanto a lo neumático, cada prensa cuenta con 3 válvulas neumáticas de 4 vías 2 posiciones 2 solenoides, que son controladas por la prensa a través del controlador de línea por medio de señales de cualquiera de los dos robots que rodean a la prensa. Las tomas de aire de estas válvulas están disponible en forma de conexiones rápidas accesibles al operador para su fácil conexión al troquel (figura 6.2-4).

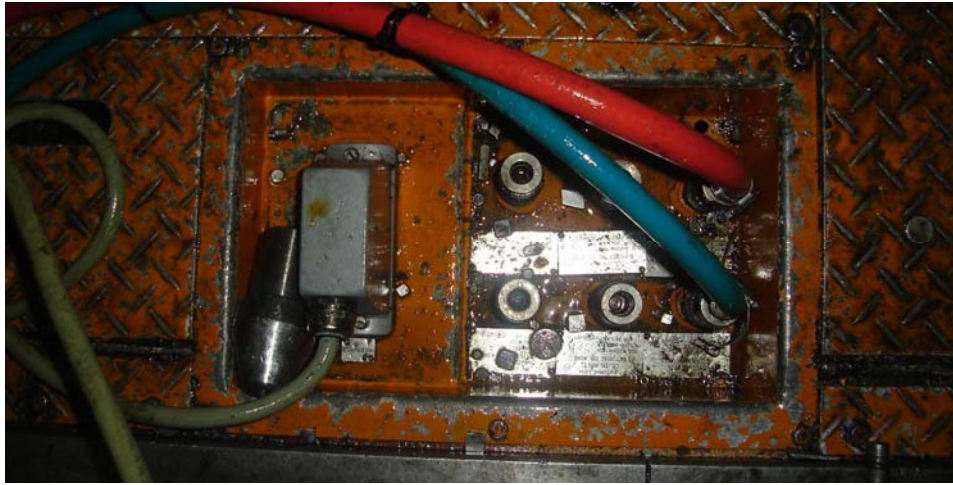


Figura 6.2-4. Conexiones eléctricas y neumáticas de la prensa.

### 6.3. Dispositivos de carga y descarga.

Dos robots van a realizar el trabajo de mover las piezas, el primero, que llamaremos robot desapilador, tiene que tomar una lámina de un paquete y colocarla en la OP10, y el segundo, que llamaremos robot de transferencia, toma las piezas procesadas de la 4 operaciones y las recorre una posición, cayendo la pieza terminada en la resbaladilla de salida hacia el operador como se muestra en la figura 6.3-1.

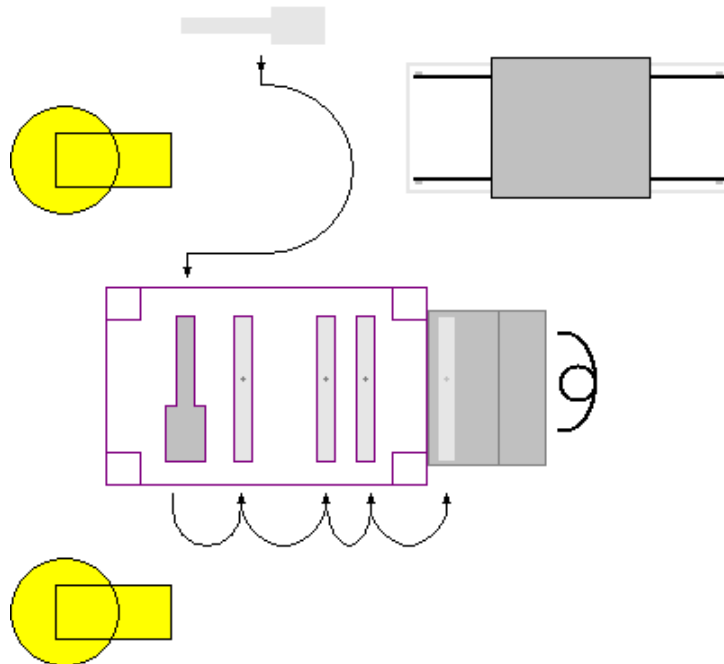
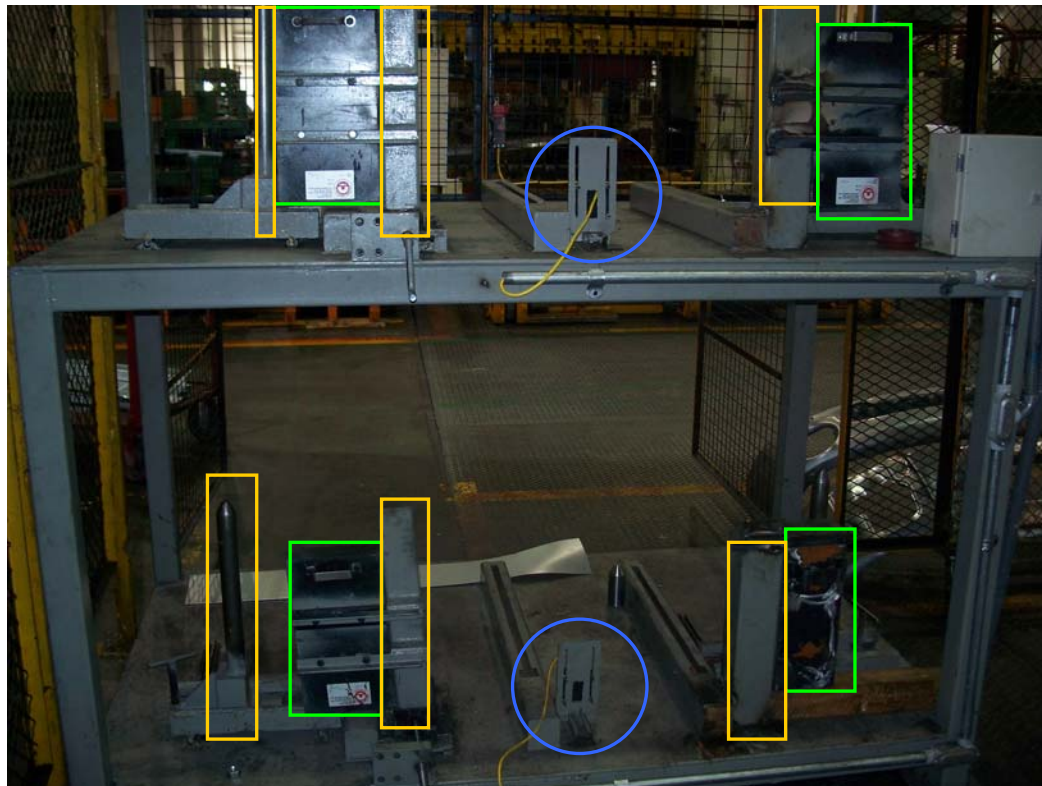


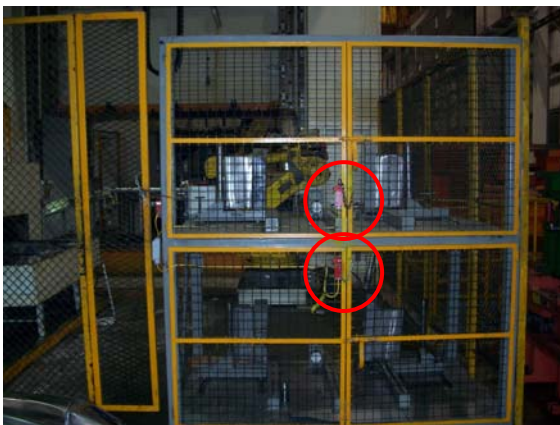
Figura 6.3-1. Modo de operación en automático del número de parte A34



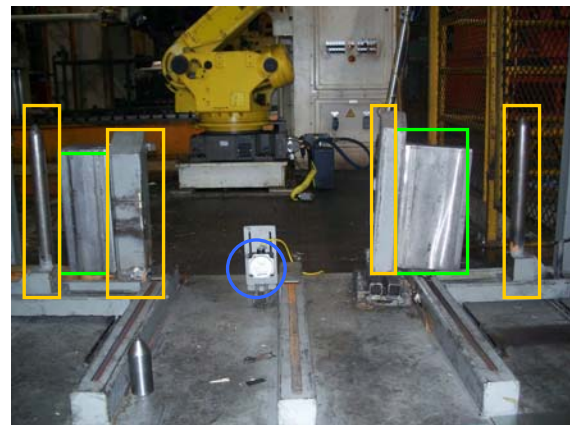
Para que el proceso no pare cuando se termina el paquete, se construyó un rack de dos pisos para colocar un paquete en cada piso, y de esta manera cuando se termina uno, el robot sigue desapilando del segundo y así dar tiempo de colocar un paquete nuevo donde se acaba de vaciar.



(a) Vista por dentro



(b) Vista por fuera



(c) Vista por dentro nivel 1

**Figura 6.3-2.** Los recuadros anaranjados indican localizadores ajustables para el paquete, los verdes magnetos separadores de láminas, el azul la caja de conexiones eléctricas para sensores y micro switches de seguridad, y los círculos azules indican los sensores de paquete presente.

Para determinar si hay paquete presente o no se instalan sensores inductivos que detectan la presencia de estos y en conjunto con micro switch's de seguridad en las puertas de cada nivel, se programa el PLC del controlador de línea para indicar al robot que programa correr, si el del primer piso o el del segundo. En la figura 6.3-2 se muestran imágenes de este rack y en la figura 6.3-3 el diagrama de flujo de la lógica del PLC para determinar que piso el robot tomará la lámina.

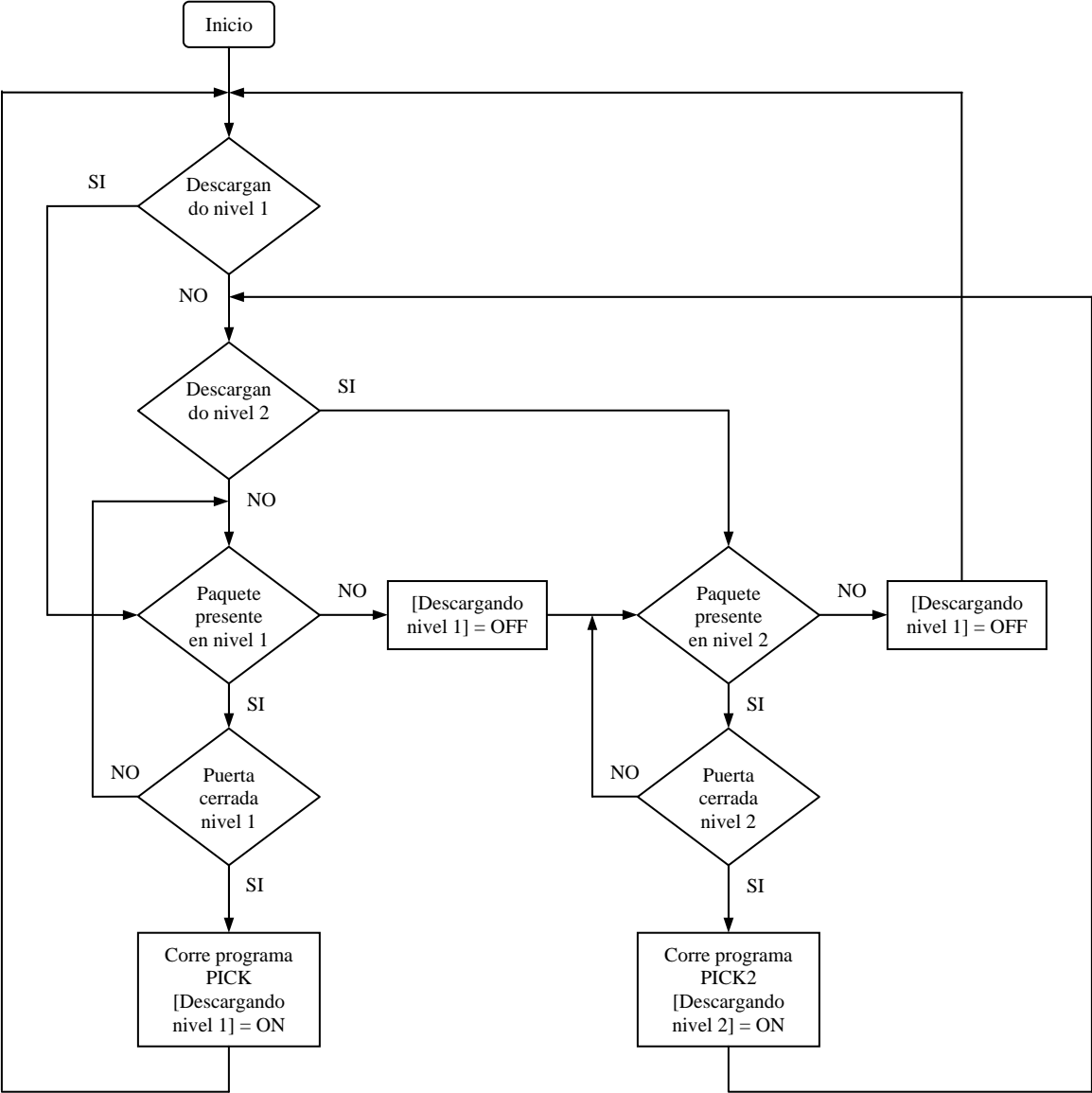


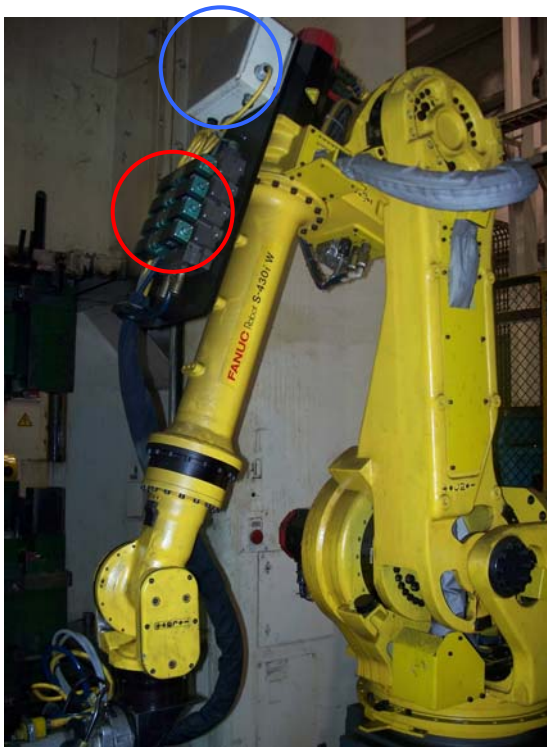
Figura 6.3-3. Diagrama de flujo de lógica del PLC para seleccionar el nivel a descargar.

## 6.4. Construcción de herramientas de robots

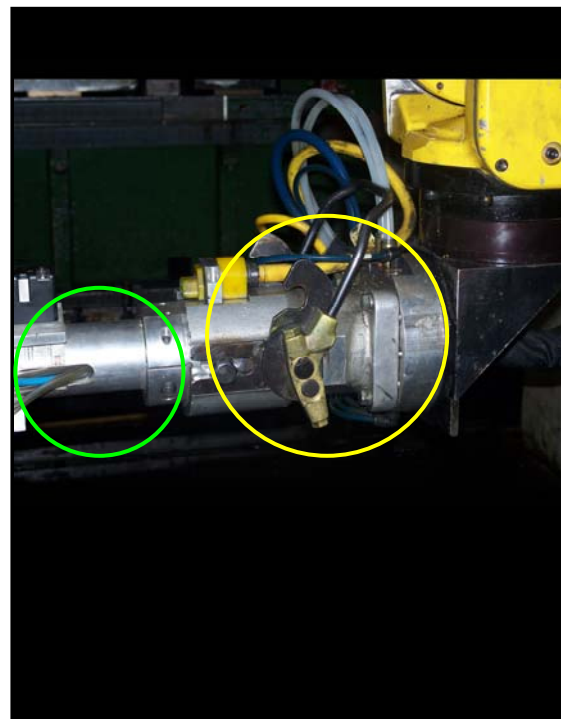
Fue necesario construir 2 herramientas, una para el robot desafilador y otra para el robot de transferencia.

El estándar de flex n gate para herramientas de transferencia es utilizar material de aluminio para el cuerpo de la herramienta, actuadores neumáticos para desplazar o girar alguna parte de la herramienta. Como medio para tomar las piezas se utilizan, ya sea pinzas montadas a cilindros neumáticos, ventosas de succión generando vacío por medio de válvulas de Venturi o magnetos o combinaciones de estos según la aplicación; sensores para detectar presencia de la pieza, así como para determinar el estado de un actuador neumático. Todos estos componentes son comerciales y se adquieren por catalogo y existen medidas y formas para cualquier aplicación. En el [apéndice B](#) se encuentra el listado de estos y sus precios.

Los robots están acondicionados para recibir señales eléctricas de 24Vdc y esta equipado con válvulas neumáticas, también a 24Vdc. Estas señales tanto eléctricas como neumáticas llegan a la herramienta del robot por conexiones rápidas como se muestra en la figura [6.4-1b](#).



(a)

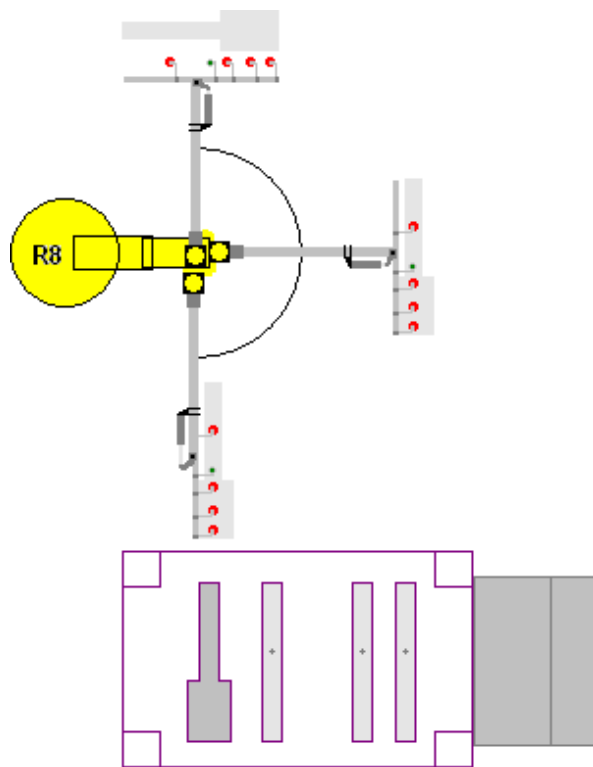


(b)

**Figura 6.4-1.** En azul se muestra la caja de conexiones eléctricas para E/S. En rojo la válvulas neumáticas, en verde la herramienta del robot y en amarillo la conexión rápida para señales eléctricas y neumáticas.

### 6.4.1. Robot desapilador

Esta herramienta, a parte de su cuerpo de aluminio, se utilizaron ventosas para tomar la pieza, un actuador neumático que permitirá girar parte de la herramienta 90°, un sensor inductivo para detectar presencia de pieza y un sensor inductivo especial para determinar si la lámina que tomo el robot es solo una o son dos, ya que hay casos en los que dos láminas se pueden quedar pegadas, y en el caso de que el robot coloque dos láminas en una sola operación del troquel, este puede sufrir daños graves. Más adelante se describirá este sensor. En la figura 6.4.1-1 se muestra un diagrama del movimiento del robot desapilador con su herramienta.



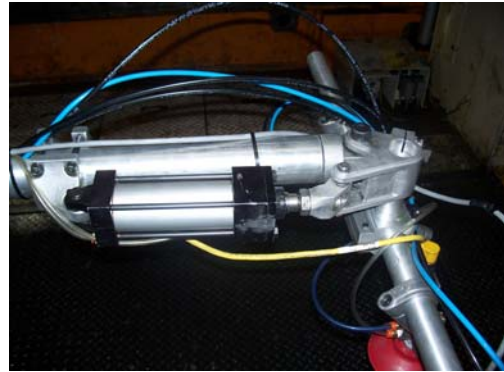
**Figura 6.4.1-1. Movimiento del robot desapilador con herramienta.**

Se observa que la herramienta tiene forma de 'T' el cual una parte puede girar 90°, esto se puede evitar si el paquete de lámina se coloca en la misma dirección que tiene la OP10, pero esto complicara el rack de paquetes para algún trabajo en el que no sea necesario este giro, de los cuales hay varios. Por ser ligera la lámina solo se utilizaron 4 copas de vacío una de las cuales contiene el sensor de doble lámina. En la figura 6.4.1-2 se muestran algunas fotos de esta herramienta.

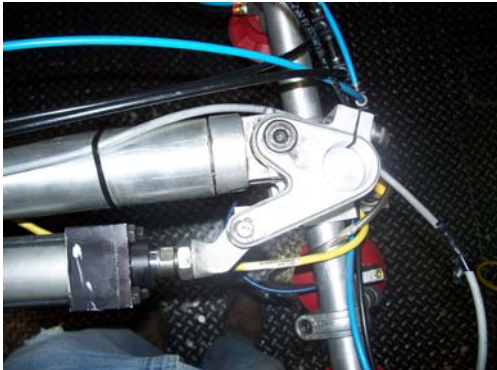




(a) vista frontal



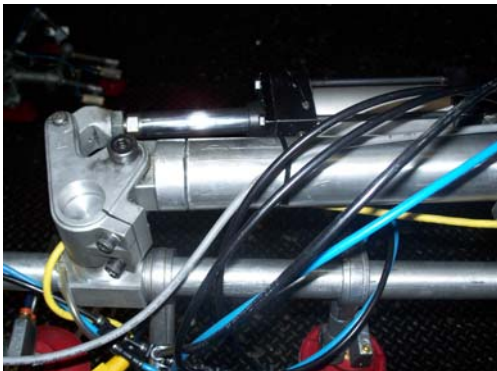
(b) Actuador para giro 90°



(c) Mecanismo para giro de 90°



(d) Herramienta girada 90°



(e) Mecanismo para giro



(f) Herramienta girada



(g) Ventosa para sensor de doble lámina



(h) Ventosa para sensor de doble lámina

Figura 6.4.1-2. Herramienta del robot desafilador.

### 6.4.1.1. Sensor de doble lámina.

Este sistema es de la marca *Roland Electronic* y consiste de 3 componentes: sensor, cable y unidad de control.

El sensor funciona utilizando el principio electromagnético. Un cambio en el espesor de la lámina resulta un cambio en la inducción del campo. La unidad de control calcula el espesor de lámina con este cambio y lo despliega en milímetros o pulgadas. El control es capaz de almacenar 30 programas, los cuales son seleccionados por medio de 5 entradas digitales y básicamente los programas consisten en el espesor de la lámina a trabajar y un porcentaje de tolerancia hacia arriba y abajo, que forman una ventana para la medición. En la sección 6.5.1 se muestra un diagrama de flujo del programa del robot para seleccionar estos programas y la programación del mismo controlador de doble lámina.

El control cuenta con 4 salidas digitales: cero láminas cuando la medición del sensor esta por debajo del límite creado por el porcentaje inferior. Una lámina cuando la medición esta dentro de los límites creados por el porcentaje inferior y superior del valor nominal o programado. Doble lámina cuando el valor de la medición es mayor a esta ventana y, control habilitado cuando este se encuentra energizado y sin fallas.

En la sección 6.6 de modificaciones eléctricas se muestran las conexiones de este control y en la figura 6.4.1.1-1 se muestra una imagen del mismo y para más información consultar el manual en [e10 ver2 11-01.pdf](#).



Figura 6.4.1.1-1. Unidad de control de sensor de doble lámina mca. Roland.

### 6.4.2. Robot de transferencia.

Si se observa la figura 6.4.2-1 se puede notar que las distancias entre operaciones a, b y c del troquel A34 no son iguales, por lo que la herramienta tendrá que acomodarse a estas distancias una vez que haya tomado los resultados de las 4 operaciones y los coloque en las siguientes.

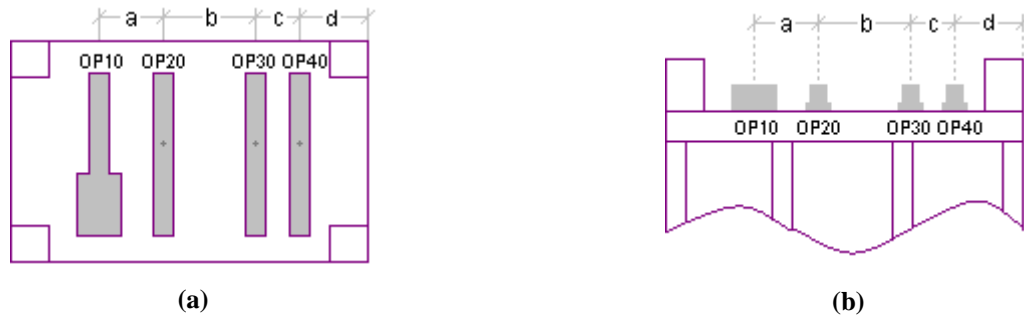


Figura 6.4.2-1. Distancias entre operaciones troquel A34. (a) vista superior, (b) vista lateral.

La herramienta tiene forma de tenedor de 4 dedos, en donde cada dedo tomará una operación y en conjunto lo harán al mismo tiempo. En la posición de descarga, la separación entre dedos es a-b-c como se muestra en la figura 6.4.2-2(a) y en la posición de carga esta distancia debe cambiar a b-c-d para poder acomodar la láminas en las respectivas operaciones (figura 6.4.2-2b)

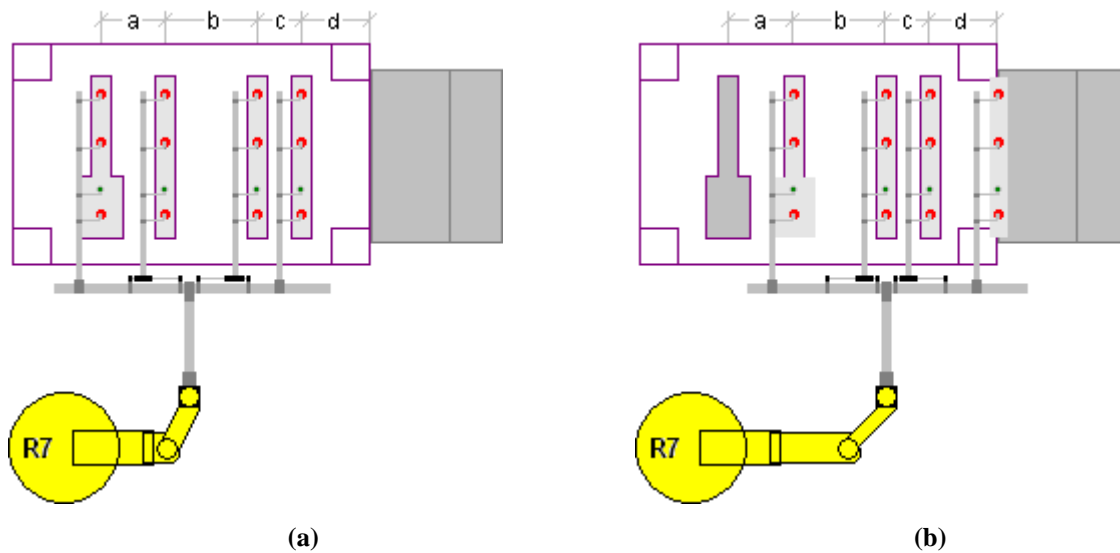
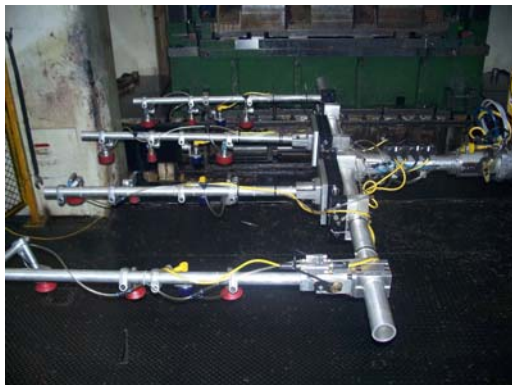


Figura 6.4.2-2. Posiciones de la herramienta a la descarga (a) y a la carga (b).



Para lograr este fin se utilizaron actuadores neumáticos con la carrera necesaria para obtener las distancias entre dedos. Uno en el dedo que toma la OP20 y otro en el que toma la OP30. También, a estos actuadores se les colocaron sensores inductivos para determinar la posición en que se encuentran estos. En la figura 6.4.2-3 se muestran fotos de esta herramienta.

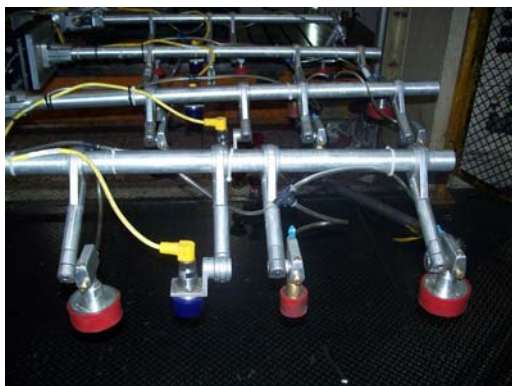
Para tomar la pieza de la OP10, al igual que en la herramienta del robot 8, se utilizaron ventosas. Para el resto de los dedos que toman de la OP20 a la OP40 se emplearon magnetos. Aquí se utilizó una válvula para accionar el vacío y magnetos para tomar las piezas y otra válvula para ambos actuadores y cada dedo cuenta con un sensor inductivo de parte presente.



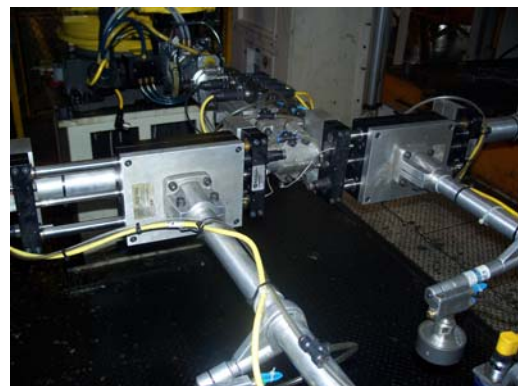
(a) Vista lateral



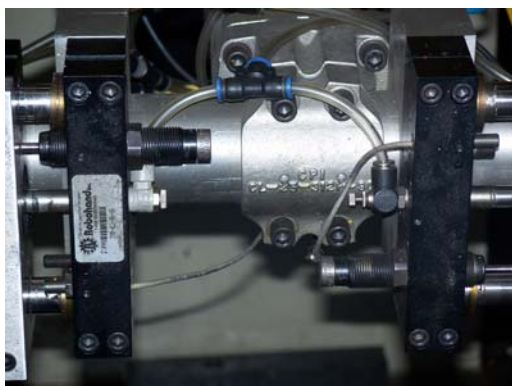
(b) Vista frontal



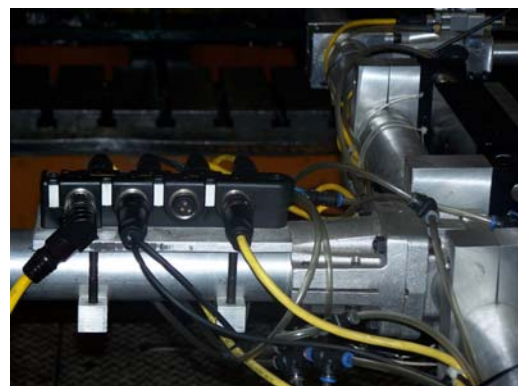
(c) Acercamiento a magnetos



(d) Actuadores



(e) Acercamiento a actuadores



(f) Multipuerto eléctrico

Figura 6.4.2-3. Herramienta del robot de transferencia.



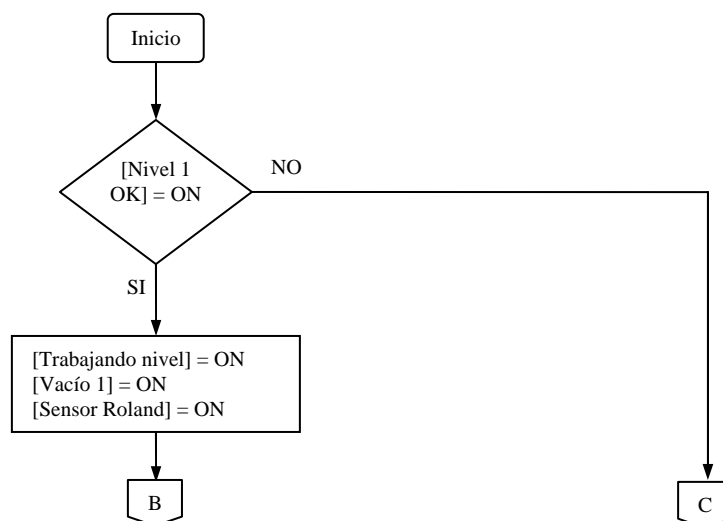
## 6.5. Programación de robots

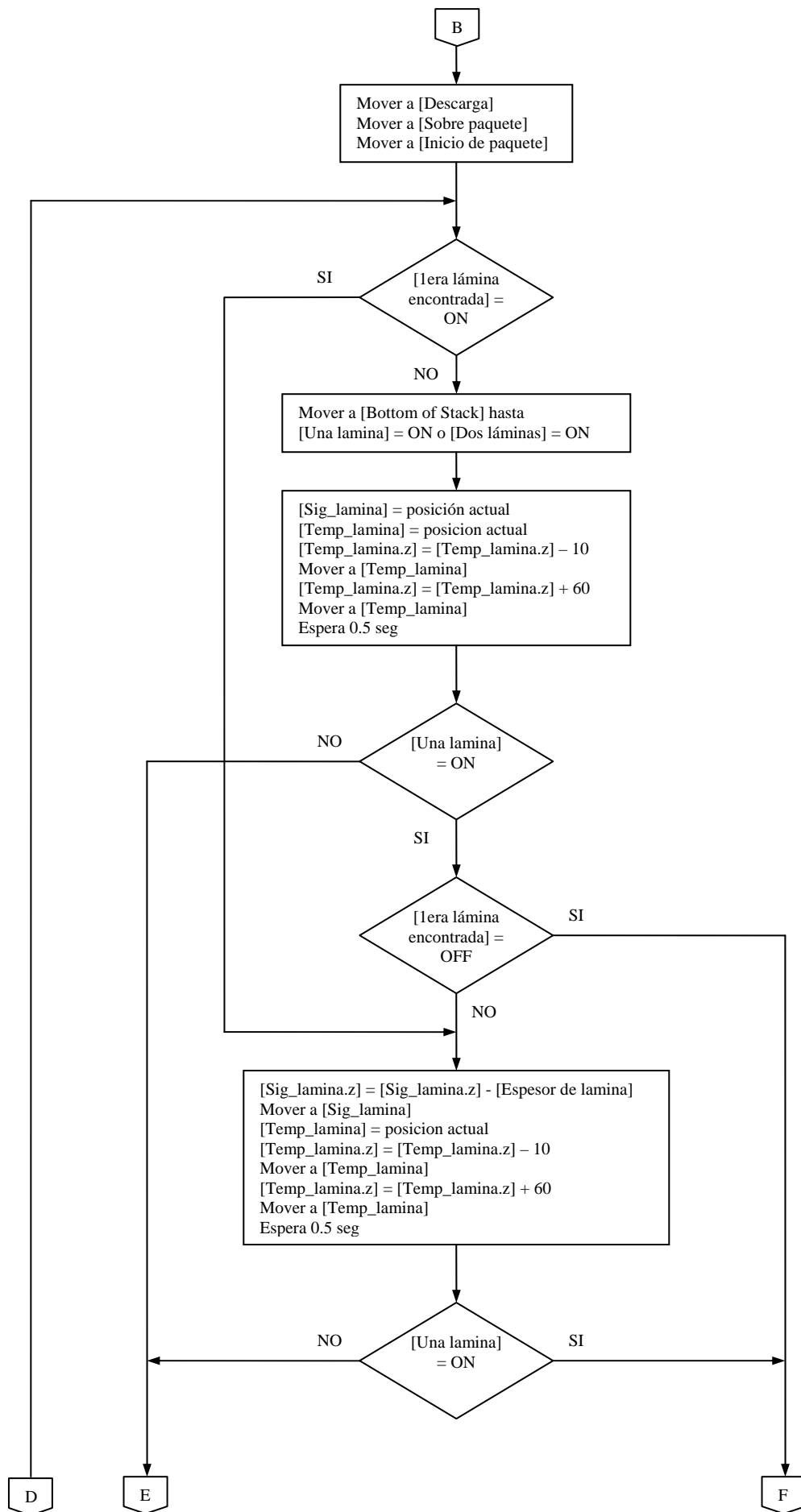
Como ya se menciona anteriormente, los robots FANUC se pueden programar con 2 diferentes lenguajes de programación Karel y T.P. Por lo general, en karel se programa la lógica que se encuentra corriendo todo el tiempo, como esperando señales de arranque, de paro, alguna falla, etc. Y que no son accesibles al operador, y en T.P. principalmente son programas en donde se programan las trayectorias y señales de entradas y salidas como para activar una válvula que permita tomar o soltar una pieza, verificar por medio de un sensor que tomamos la pieza, etc. A continuación se describirán estos programas por medio de diagramas de flujo.

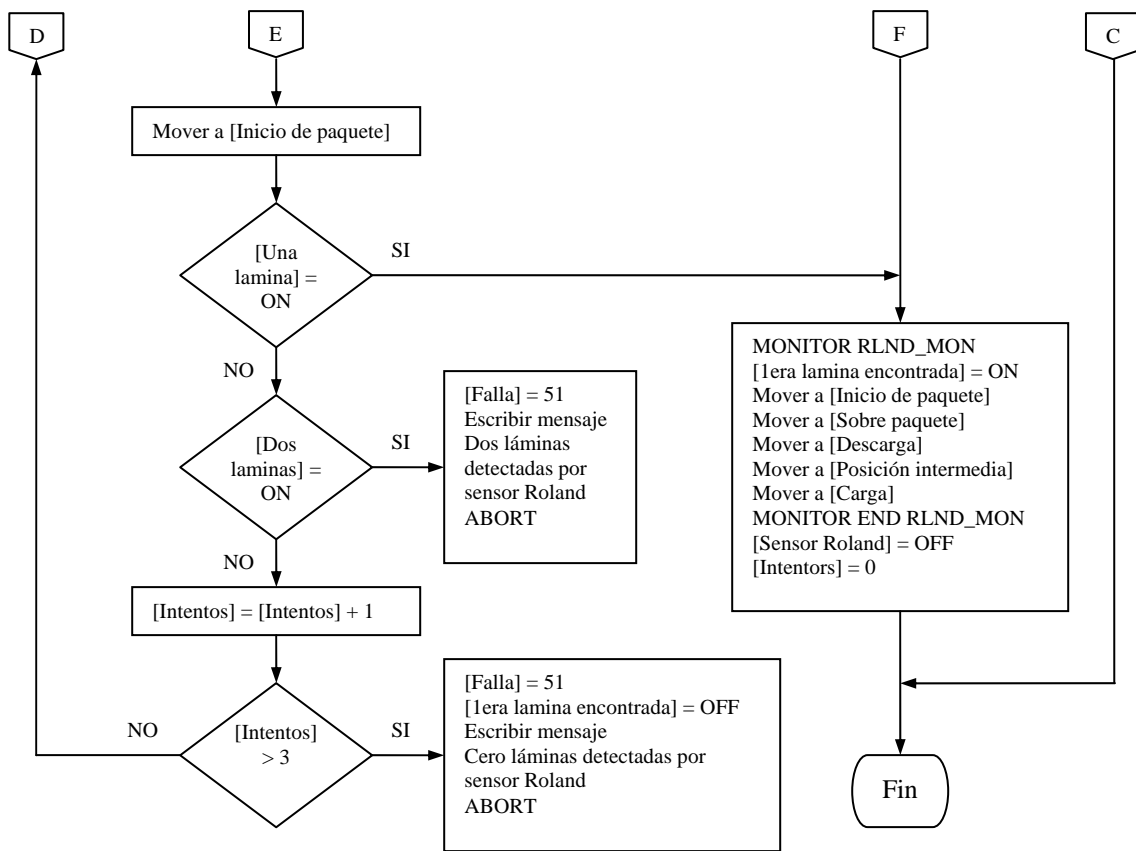
### 6.5.1. Robot desapilador (Robot 8).

El robot desapilador toma láminas de una pila y conforme se va vaciando la pila, el robot tiene que seguir esta posición la cual solo varia en la altura. A parte se tiene que verificar que 2 o más láminas no se hayan quedado pegadas antes de cargar la prensa. *Si ya existe un robot desapilador en la línea, ¿para que molestarse en programar otro pudiendo hacer una copia de este y cargándoselo al otro robot?*, la respuesta está en que queremos utilizar este robot tanto como de transferencia para los trabajos que corren con el flujo de robot 1 a robot 8 y como desapilador para los trabajos manuales que se quieran automatizar.

En la figura 6.5.1-1 se muestra el diagrama de flujo del programa del desapilador. Es un programa TP llamado PICK y PICK2, los cuales se hace referencia en la figura 6.3-3.







**Figura 6.5.1-1. Diagrama de flujo del programa de TP PICK del robot desapilador.**

Esta estructura es la misma para PICK y PICK2 solo algunas señales cambian para que correspondan con el nivel que se este trabajando y obviamente las coordenadas de los puntos. Pero no solamente con este código se lograra que el robot trabaje como desapilador y de transferencia, falta la parte en la que seleccionamos el programa del controlador de doble lámina y que reinicia la variable [1era lámina encontrada] en cada cambio de trabajo o falla en la que no encuentre lámina al desfilar. Estos códigos se pueden ver en [KAREL.pdf](#). Así como la parte en donde se selecciona PICK o PICK2.

En cada trabajo un programa PICK y PLACE es cargado y estos varían de acuerdo a el trabajo, por lo que si se requiere usar este robot como transferencia seria una estructura muy diferente.

Para la selección del programa del controlador de doble lámina, primero el PLC le manda al robot a través de RIO, 5 señales digitales que le indican al robot el número de programa a seleccionar del controlador de doble lámina, el robot procesa esta información y manda el resultado por medio de 5 salidas digitales a las entradas del Roland para seleccionar el programa. En la figura 6.5.1-2 se muestra el diagrama de flujo de este programa.

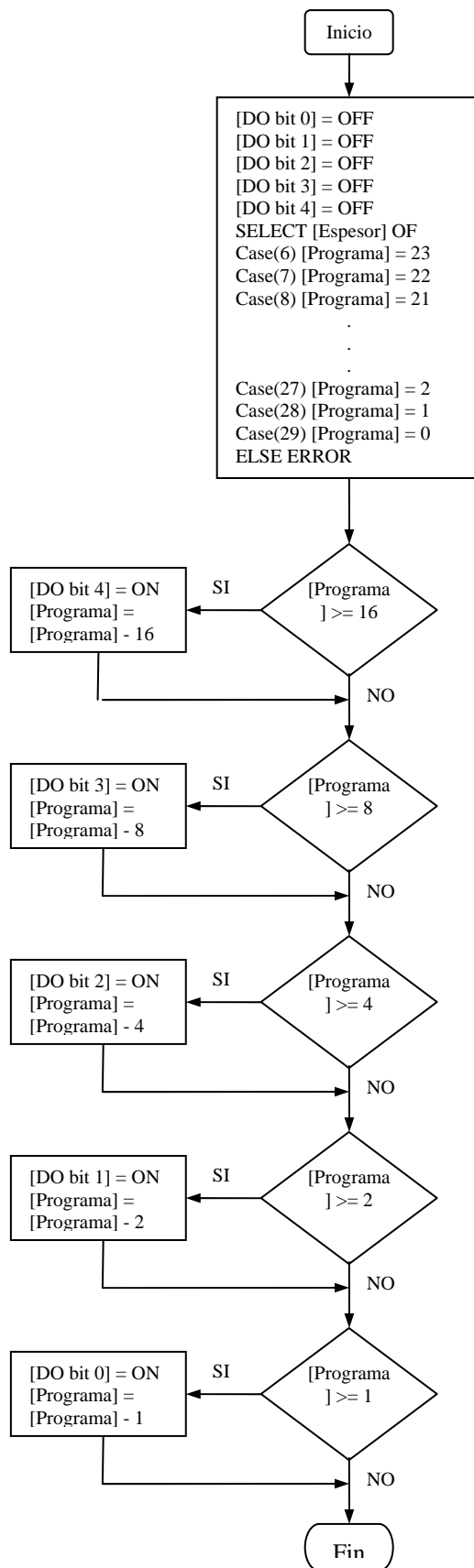
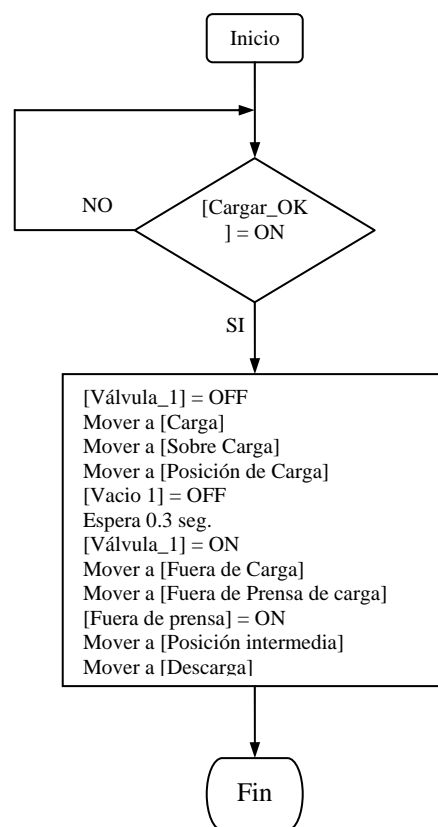


Figura 6.5.1-2. Diagrama de flujo del programa para seleccionar el programa del controlador Roland.

Primero se apagan las 5 salidas de selección y después según el valor en decimal del grupo de 5 entradas que recibe el robot del PLC se asigna un valor a la variable 'Programa' de acuerdo al número del programa del controlador de doble lámina, para así prender las salidas correspondientes al programa seleccionado.

Una vez que ya se tomó la lámina se tiene que colocar en la prensa. Este programa es más sencillo que el PICK, y básicamente consiste en movimientos de un punto a otro, revisar, prender y apagar señales. En la figura 6.5.1-3 se muestra el diagrama de flujo de este programa.



**Figura 6.5.1-3. Diagrama de flujo del programa TP PLACE del robot desapilador.**

Cabe mencionar que en el programa de karel, las señales de [fuera de prensa de descarga] y [fuera de prensa de carga] son apagadas antes de correr el programa PICK y PLACE respectivamente.

Los programas PICK y PLACE para este robot se pueden consultar en [R8 PICK.pdf](#), [R8 PICK2.pdf](#), [R8 PLACE.pdf](#) si cuenta con versión electrónica de este reporte.

### **6.5.2. Robot de transferencia (Robot 7).**

Normalmente en un número de parte de transferencia robótica que se corre en esta línea, el programa PICK toma la pieza de una prensa y con el programa PLACE la coloca en otra. En este caso, ambos programas se usaron para descargar y cargar en la misma prensa. Y al igual que el PLACE del robot 8, solo consiste en movimientos de un punto a otro y revisar, prender y apagar señales, y aquí no hubo modificaciones al programa de karel. En la figura 6.5.2-1 se puede observar un diagrama de flujo de estos dos programas, y si cuenta con versión electrónica de este reporte los programas se pueden consultar en [R7 PICK.pdf](#) y [R7 PLACE.pdf](#).

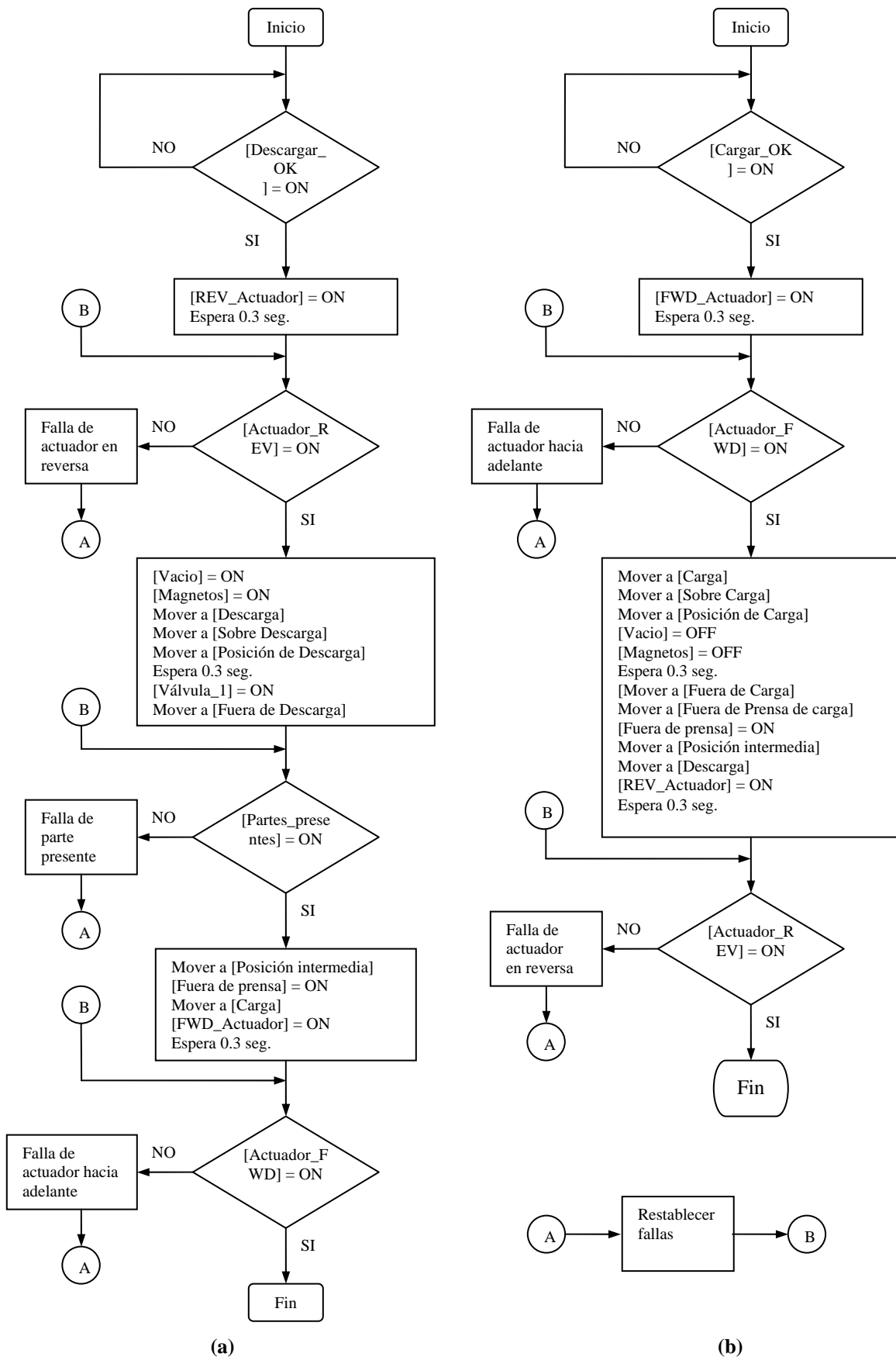


Figura 6.5.2-1. Diagrama de flujo del programa PICK (a) y PLACE (b) del robot de transferencia.

## 6.6. Modificaciones eléctricas.

Modificaciones eléctricas fueron necesarias únicamente en ambos robots quedando el resto de la línea sin cambios. Algo en común que encontramos en los robots es la inversión de las señales de robot libre de dispositivo de carga y robot libre de dispositivo de descarga, esto debido al cambio del flujo de la línea para este trabajo.

Un punto importante a tocar antes de entrar a detalle con estas modificaciones es la comunicación del PLC maestro con los robots y prensas. Estos dispositivos se encuentran en red en donde el PLC es el maestro y las prensas y los robots esclavos. Esta red es conocida como RIO (por sus siglas en inglés entradas y salidas remotas), En el [apéndice A](#) se muestra el mapa de esta red. De esta manera el PLC maestro puede controlar a los esclavos. Adicionalmente, los módulos de E/S de los robots FANUC son configurables para que el robot o el PLC las puedan usar como propias, es decir, si configuramos un byte de entradas de estos módulos como entrada de PLC, este ve directamente estas señales y no el robot, y viceversa si son configuradas como entradas de robot; mismo caso para las salidas. Un buen ejemplo es la señal que se le manda a cada prensa para que cicle, cada robot tiene cierto número de E/S configuradas para PLC y debido a que entre cada prensa hay un robot, se cablea solo de la prensa al robot de carga esta señal, en lugar de cablear hasta el PLC o introducir módulos de E/S de la marca de este procesador.



Figura 6.6-1. Módulos de E/S de los robots FANUC



## **6.6.1 Robot desapilador (Robot 8).**

### **6.6.1.1. Sensores del rack desapilador.**

El rack en donde se colocan los paquetes de lámina cuenta con un sensor inductivo en cada nivel para indicar al PLC si hay presencia de paquete o no y así tomar la decisión de que nivel tomar la lámina. En la figura [6.6.1.1-1](#) se muestran estas modificaciones en rojo, y en la figura [6.3-3](#) el diagrama de flujo de la lógica del PLC para seleccionar el nivel a trabajar.

### **6.6.1.2. Controlador de doble lámina.**

Como se menciona en la sección [6.5.1](#), el controlador de doble lámina cuenta con 5 entradas para selección de programa, y 4 salidas a relevador. A parte de conectar estas señales al robot, se hacen modificaciones para alimentar el control a 24 Vcd como se muestra en las figuras [6.6.1.2-1](#) a la [6.6.1.2-3](#). Básicamente, es conectar entradas y salidas del controlador Roland al las tarjetas de E/S del robot.

### **6.6.1.3. Relevadores de robot libre de dispositivo de carga y descarga.**

Como el flujo del proceso se invierte, también lo hacen los dispositivos de carga y descarga, por lo que las señales que indican a la prensa 7 que los robots están fuera de ella son robot 7 libre de prensa de carga y robot 8 libre de prensa de descarga, lo que es correcto cuando el flujo tiene el sentido original de la línea, pero incorrecto cuando este se invierte ya que la señal de robot 7 libre de prensa de carga se activa al cargar la prensa 6 y no la 7, y de la misma manera para el robot 8. En la figura [6.6.1.3-1](#) se muestran estas modificaciones de ambos robots. Como se puede observar, originalmente (en verde) se tienen dos grupos de señales que van a la prensa, uno para modo de ajuste de la prensa el cual consiste en contactos NA en serie del robot 7 libre de prensa de carga y robot 8 libre de prensa de descarga. De esta forma la prensa no puede ciclar si no se cumplen ambas condiciones. El otro grupo de señales se utiliza cuando la prensa se encuentra en modo automático y contiene las mismas condiciones que en el modo de ajuste pero seriados a los contactos de puertas cerradas.

En ambos grupos de señales se le agrega en serie al contacto del robot 7 libre de prensa de carga y robot 8 libre de prensa de descarga, un contacto NC de un relevador que se energiza cuando la línea corre de forma invertida (figura 6.6.1.1-1) y en paralelo a estas, un contacto NA de este mismo relevador en serie con un contacto NA de robot 7 libre de prensa de descarga y un contacto NA de robot 8 libre de prensa de carga respectivamente. De esta manera cuando no está activado el relevador que invierte el flujo de la línea las señales que llegan a la prensa son las originales, y cuando se energiza el relevador se invierten estas señales. En la figura 6.6.1.3-2 se muestran las modificaciones para este robot.

El relevador que invierte las señales es activado por medio del PLC de acuerdo al trabajo seleccionado y este relevador se debe colocar en cada uno de los robots y serán activados solo los que se requieran para invertir el flujo.

#### **6.6.1.4. Lubricación de las piezas.**

Algunas de las láminas antes de ser estampadas requieren ser lubricadas. Para esto se instaló un sistema de lubricación el cual el robot lo activa mandándole una señal de voltaje. Esta señal la prende el robot antes y después de colocar la lámina por medio de una salida digital la cual energiza un relevador (figura 6.6.1.2-3) y cierra un contacto (figura 6.6.1.3-2) el cual suministra 120V ca al sistema de lubricación.

#### **6.6.2. Robot de transferencia (Robot 7).**

Las modificaciones a este robot son 2. La primera es la inversión de las señales de robot libre de dispositivo de carga y descarga (figura 6.6.2-1) mencionadas en el punto 6.6.1.3, y la segunda es evitar las fallas de los dispositivos siguientes (figura 6.6.2-2) que no tienen que ver con el proceso, la prensa 6 y el robot 6.

Para bloquear las fallas de los dispositivos siguientes, agregamos un relevador cuyos contactos NA se conectan en paralelo a los contactos que nos indican que el dispositivo no tiene fallas. Los relevadores de ambas señales se pueden observar en la figura 6.6.2-3.

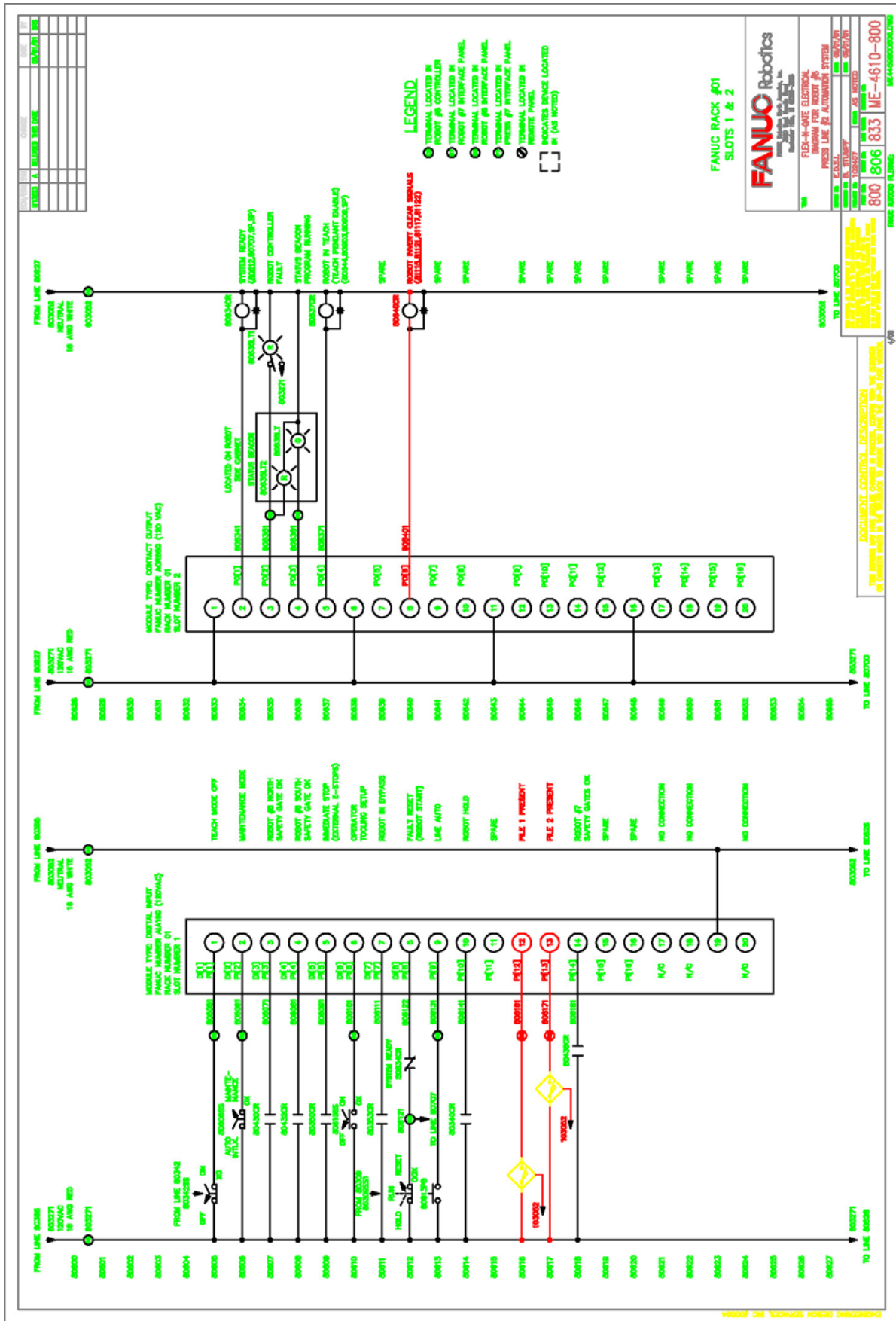


Figura 6.6.1.1-1. Sensores de parte presente y solenoide de relevador que invierte las señales de robot fuera de dispositivo de carga/descarga.



















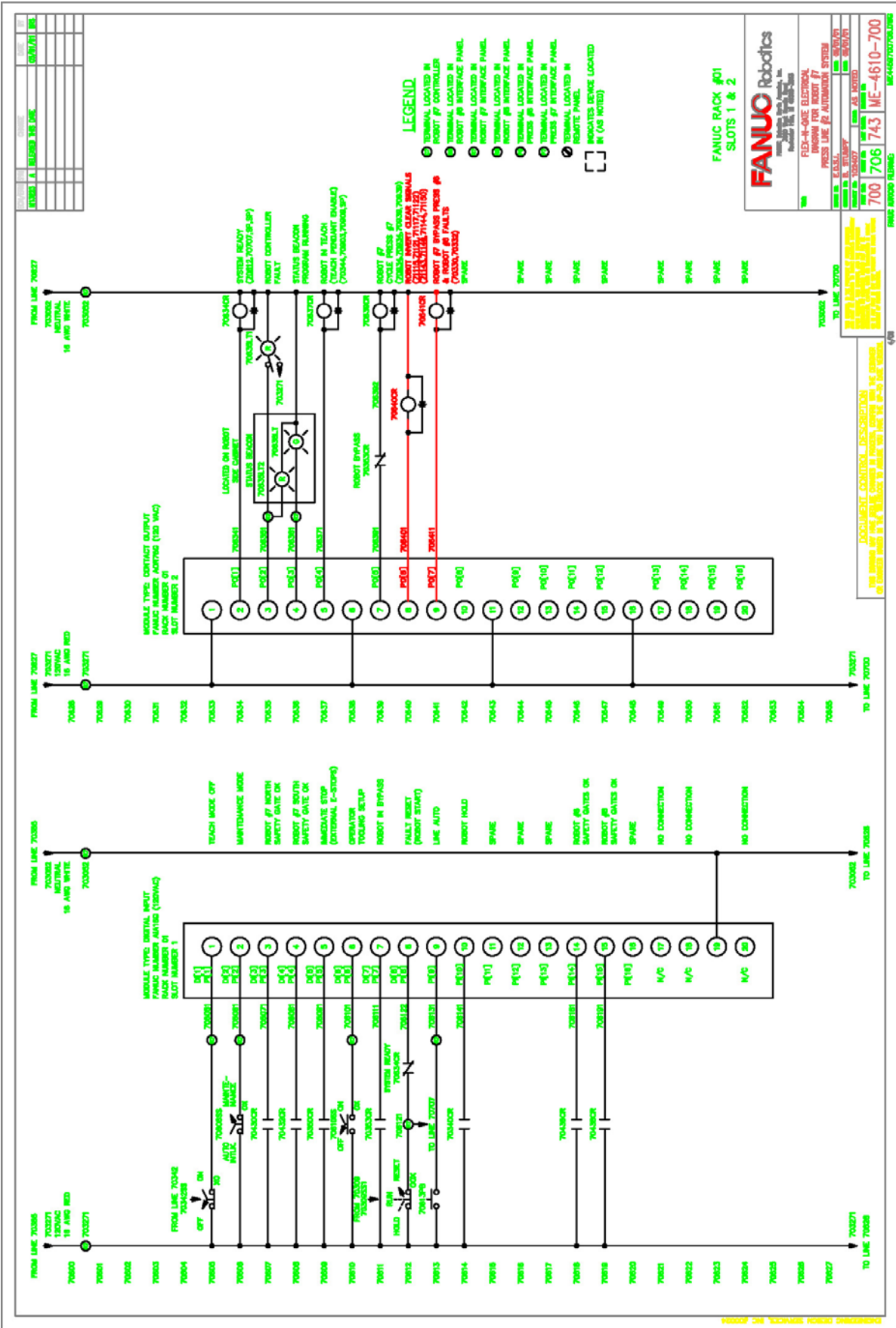


Figura 6.6.2-3. Relevadores para invertir las señales de prensa de carga/descarga y evitar fallas de robot #6 y prensa #6.

## 6.7. Modificaciones a PLC del controlador de línea.

Como ya se menciono, el controlador de línea consiste en un PLC Allen Bradley y una interface hombre máquina. Las modificaciones fueron realizadas en el PLC y la estructura de los programas del PLC consiste en un archivo de programa por cada robot, uno por cada prensa y algunos otros que se muestran en la figura 6.7-1 pero que no se mencionaran por no ser parte de las modificaciones.

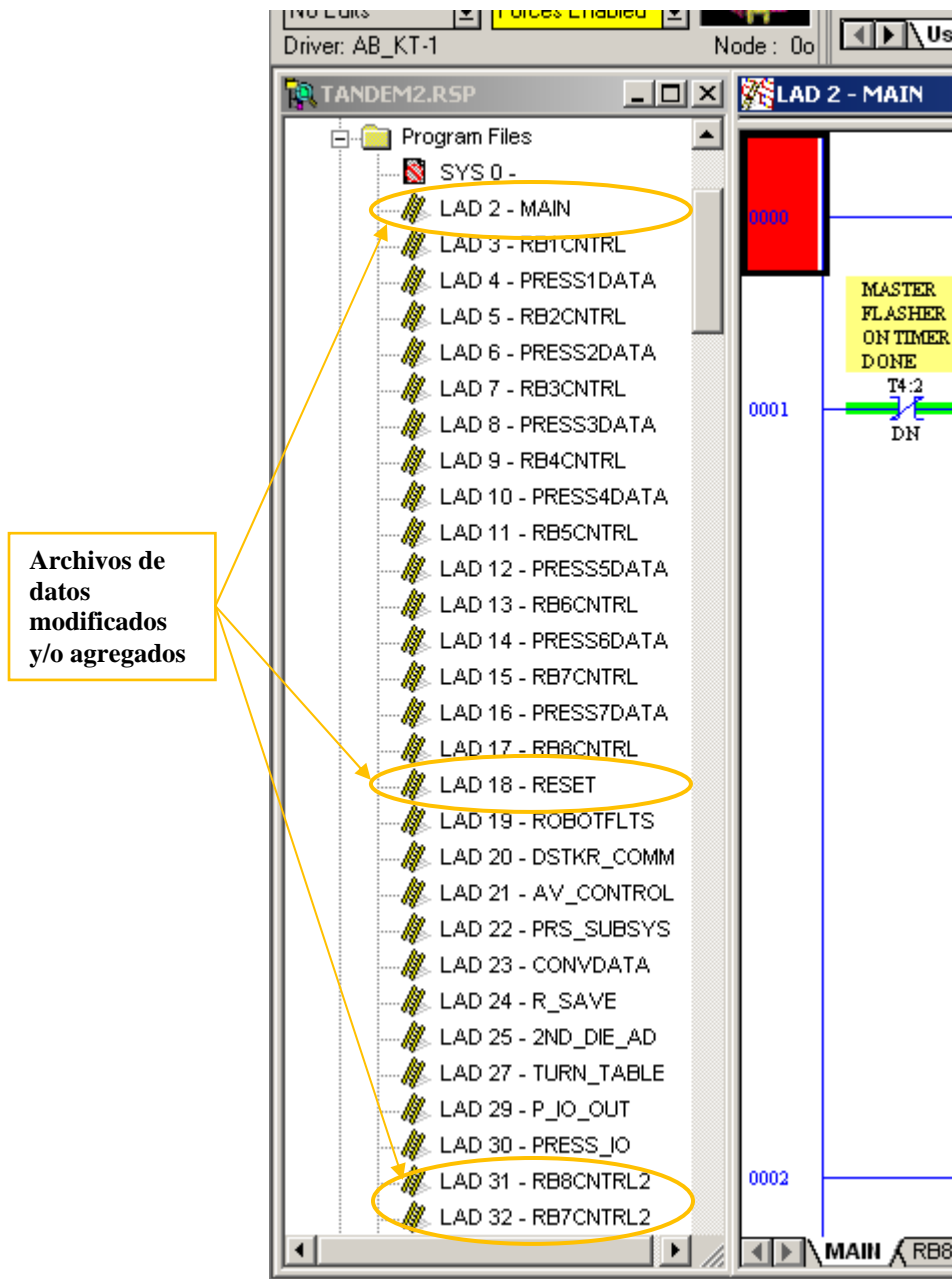
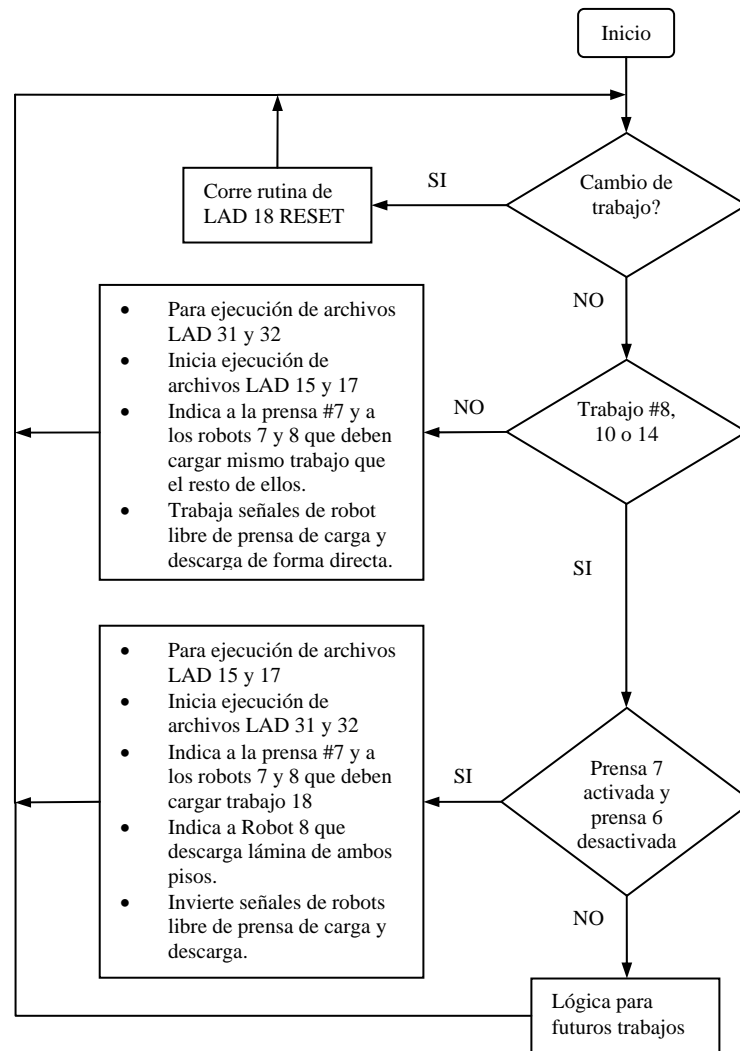


Figura 6.7-1. Estructura de archivos de programa del programa del PLC.

Estas modificaciones permiten correr la línea de forma directa (original), directa e inversa a la vez o solamente inversa, la cual no tendría caso pero puede suceder. En la figura 6.7-2 se muestra un diagrama de flujo de cómo funciona a grandes rasgos.



**Figura 6.7-2. Diagrama de flujo que muestra la diferencia entre correr de forma directa y directa y reversa.**

Al correr de forma directa, las subrutinas LAD 15 y LAD 17, que llamaremos subrutinas directas, son ejecutadas y las LAD 31 y LAD 32, que llamaremos subrutinas inversas no.

Las primeras contienen la lógica de los robots 7 y 8 respectivamente para correr la línea de forma directa, y las segundas invierten el flujo para cada uno de estos robots. Más adelante se mostrará una comparación entre ambas subrutinas de un mismo robot para mayor ilustración.

La subrutina de RESET es para desenclavar señales del robot 8 que se queden activadas en

una subrutina al hacer el cambio entre una y otra. Esto es necesario debido a que en este robot en la subrutina inversa se utilizan señales de falla relacionadas con la prensa de carga y en la directa no tenemos prensa de carga por lo que estas señales no se utilizan, por esto, si alguna señal de falla en prensa de carga se queda encendida no se podrá apagar al correr la subrutina directa. A continuación en la figura 6.7-3 se muestra parte de la rutina MAIN donde se encuentran las modificaciones descritas en la figura 6.7-2.

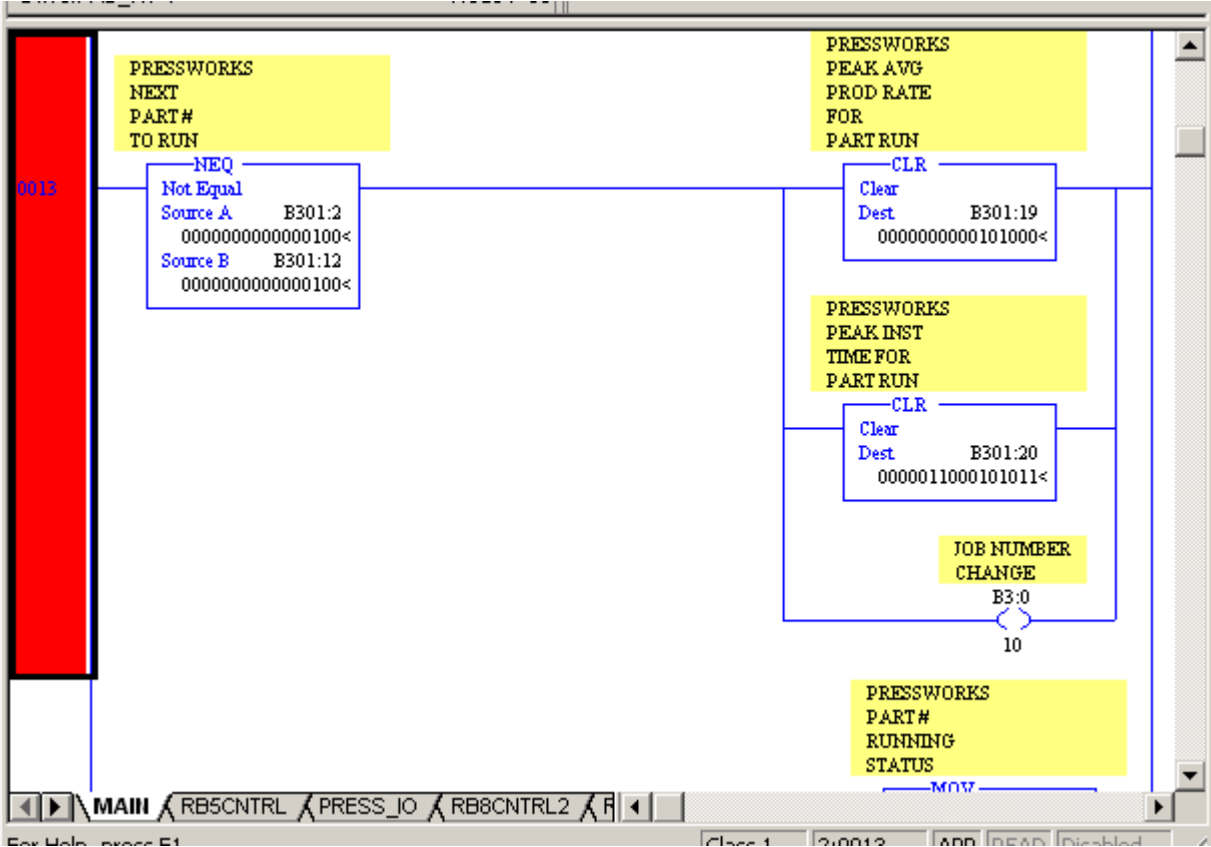


Figura 6.7-3a. Cuando hay un cambio de trabajo se prende el bit de cambio de trabajo.

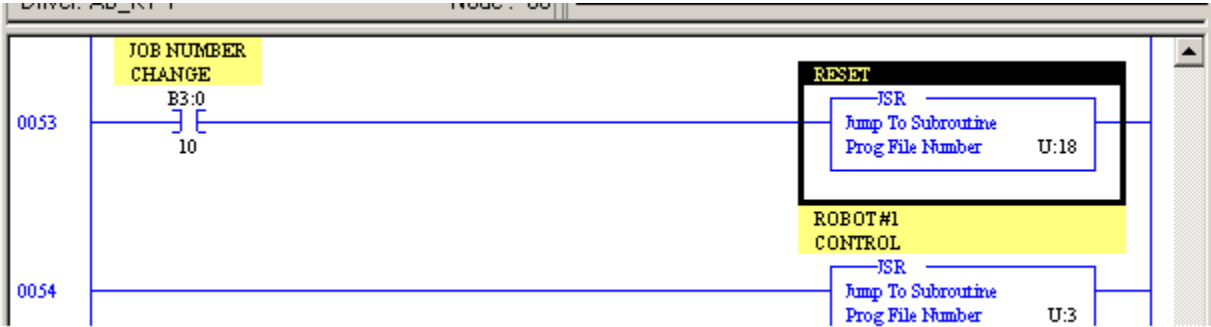


Figura 6.7-3b. El bit de cambio de trabajo ejecuta la subrutina RESET.

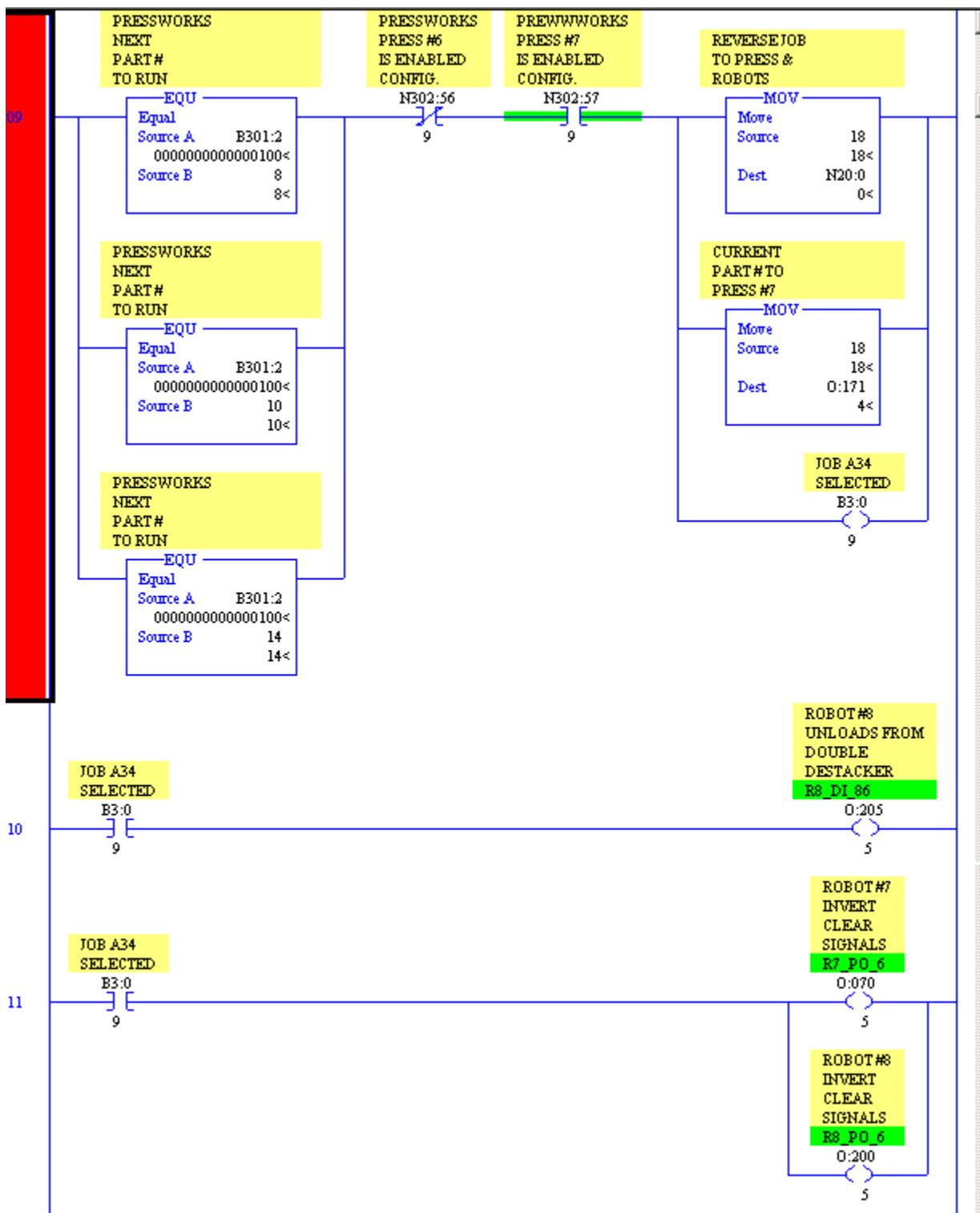
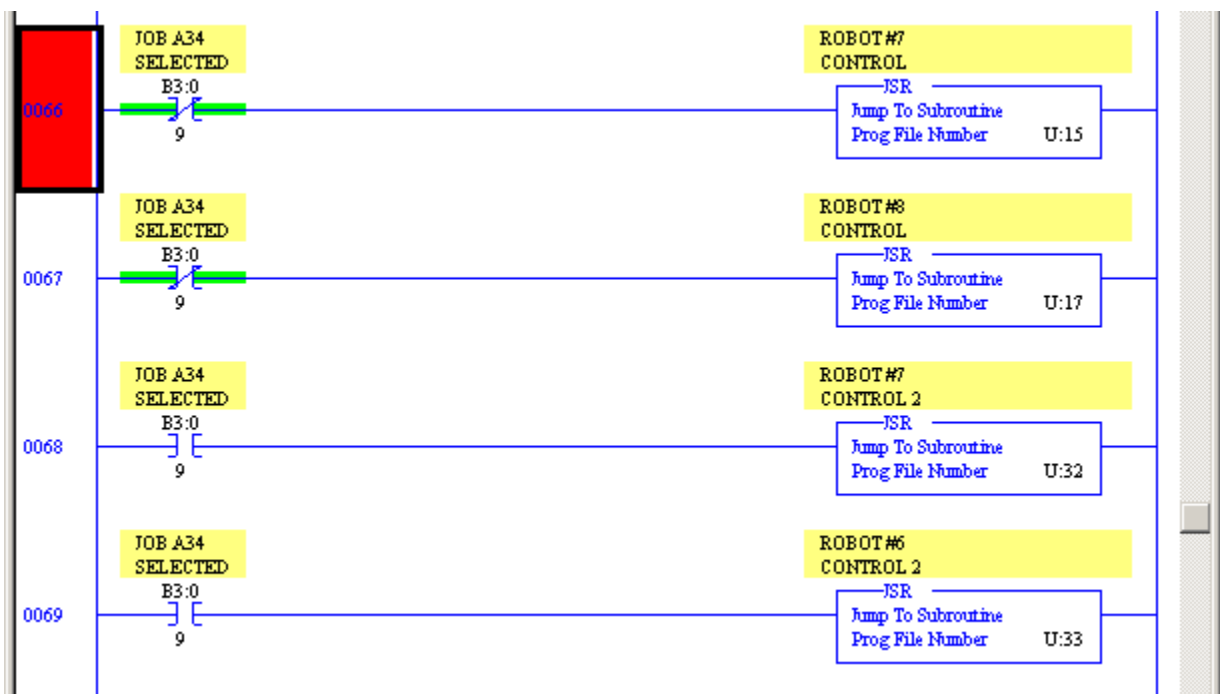


Figura 6.7-3c. Para indicar a la prensa 7 y a los robots 7 y 8 que van a correr un trabajo distinto al resto, se utiliza el archivo O:171 y N20:0 respectivamente. El bit B3:9/0 se indica que seleccionamos el número de parte A34, con la salida O:205/5 indicamos al robot 8 que descarga de ambos pisos del destacker y con las salidas O:070/5 y O:200/5 se energizan los contactores 70640CR y 80640CR (figuras 6.5.2-3 y 6.5.1.1-1 respectivamente) para invertir las señales de robot libre de prensa de carga y descarga.



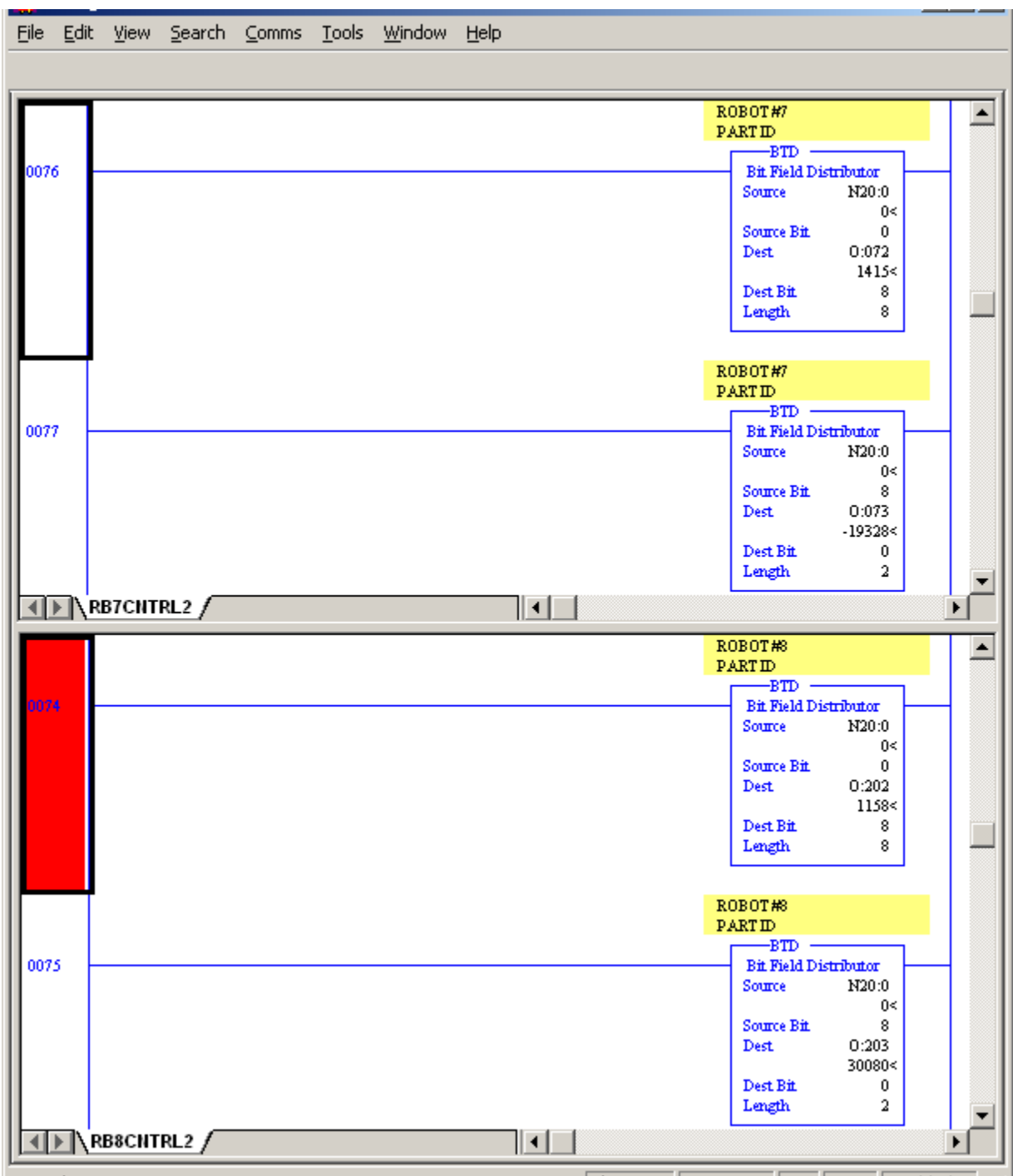
**Figura 6.7-3d. El bit B3:0/9 selecciona entre las subrutinas directas o inversas.**

En la figura 6.7-3c el archivo O:171 escribe directamente a la prensa 7 el número de trabajo que se le debe cargar. Si el trabajo cargado en la prensa no coincide con el que pressworks le indica, la prensa indicará falla de que no coinciden los trabajos de pressworks y la prensa.

El archivo N20:0 escribe a los archivos O:072, O:073 y para el robot 7 y O:202, O:203 para el robot 8 indicándoles el trabajo a cargar el cual es cargado automáticamente en estos. El archivo N20:0 solo es utilizado en las subrutinas inversas, para las rutinas directas se utiliza el archivo B301:2 el cual contiene el valor del número de trabajo directamente del pressworks.

El archivo de trabajo utiliza solo 10 bits, entonces ¿Por qué dos palabras de 16 bits para indicar a los robots que trabajo correr? Lo que pasa es que comienza en el bit 8 de la primera palabra y terminamos en el bit 1 de la segunda (figura 6.7-4) mientras que el resto de los bits de estos archivos se utilizan para otras cosas. Esto es debido a que así esta distribuida la información en el robot.





**Figura 6.7-4. Instrucción BTD para indicar a los robots 7 y 8 que trabajo cargar cuando se trabaja de forma inversa. De forma directa los se utiliza el archivo B301:2 en lugar del N20:0. Esto es en los archivos de programa directos.**

Por ultimo queda describir como funcionan los archivos inversos, para lo cual se mostrarán comparaciones contra los archivos directos de solo algunos puntos.

Básicamente las modificaciones consisten en invertir el flujo, por ejemplo, en forma directa el robot 7 carga en la prensa 7 y de forma inversa el robot 8 carga en la prensa 7, por lo que la lógica cambia para que en lugar de que el robot 7 cargue en la prensa 7 sea el robot 8 el que lo haga. En la figura 6.7-5a se muestra la lógica que indica que la prensa 7 fue cargada de forma directa, y en la 6.7-5b de forma inversa.

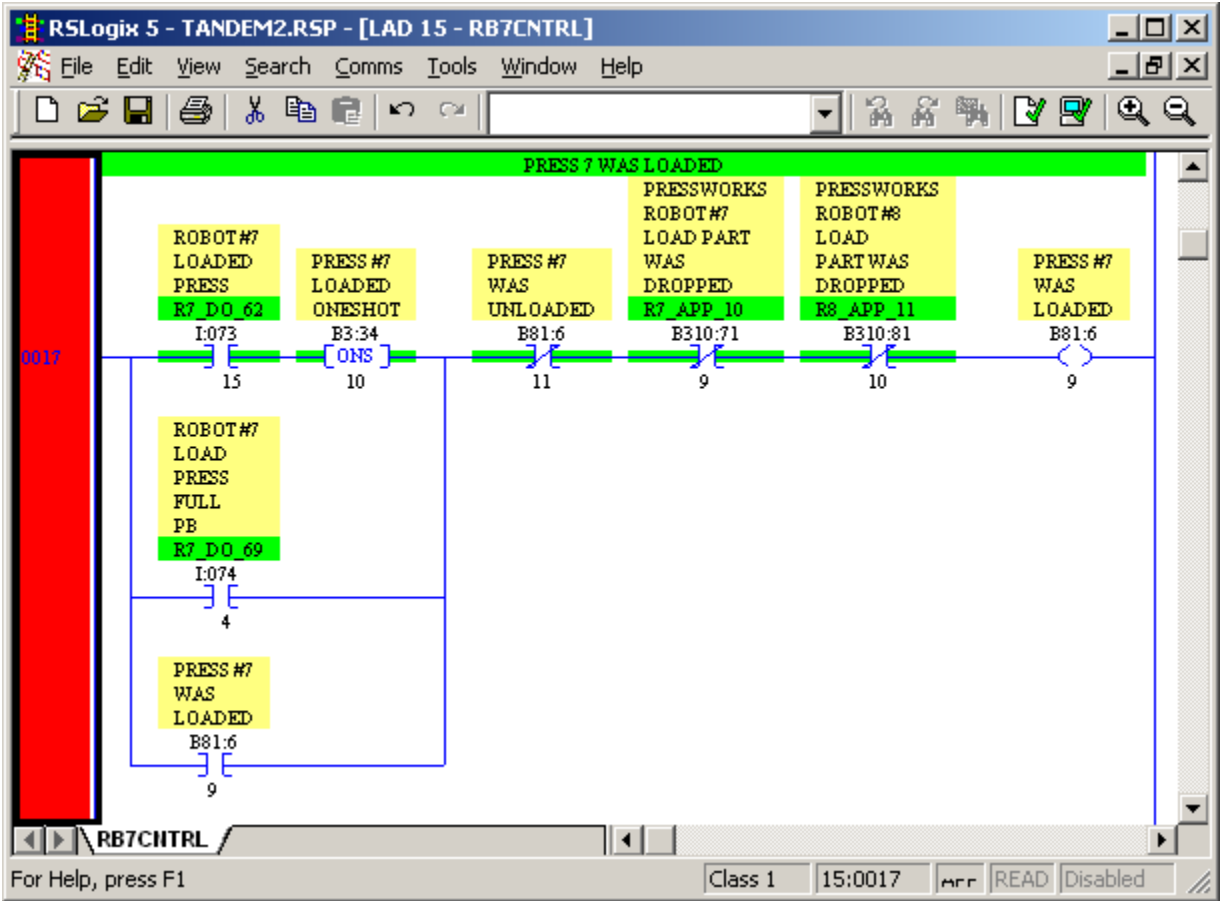


Figura 6.7-5a. Carga de prensa 7 de forma directa.

Como se puede ver, lo único que cambia son las señales de robot que interviene. En lugar de utilizar la señal de que el robot 7 cargó la prensa se utiliza la del robot 8. Ahora el robot de carga es el 8, por lo que en lugar de utilizar la señal de robot 7 tiro la pieza de carga utilizamos la de robot 8 tiro pieza de carga y lo mismo para cuando tiran la pieza de descarga. También se puede observar que el botón del robot 7 que indica que la prensa de carga tiene pieza se sustituye por el equivalente del robot 8.

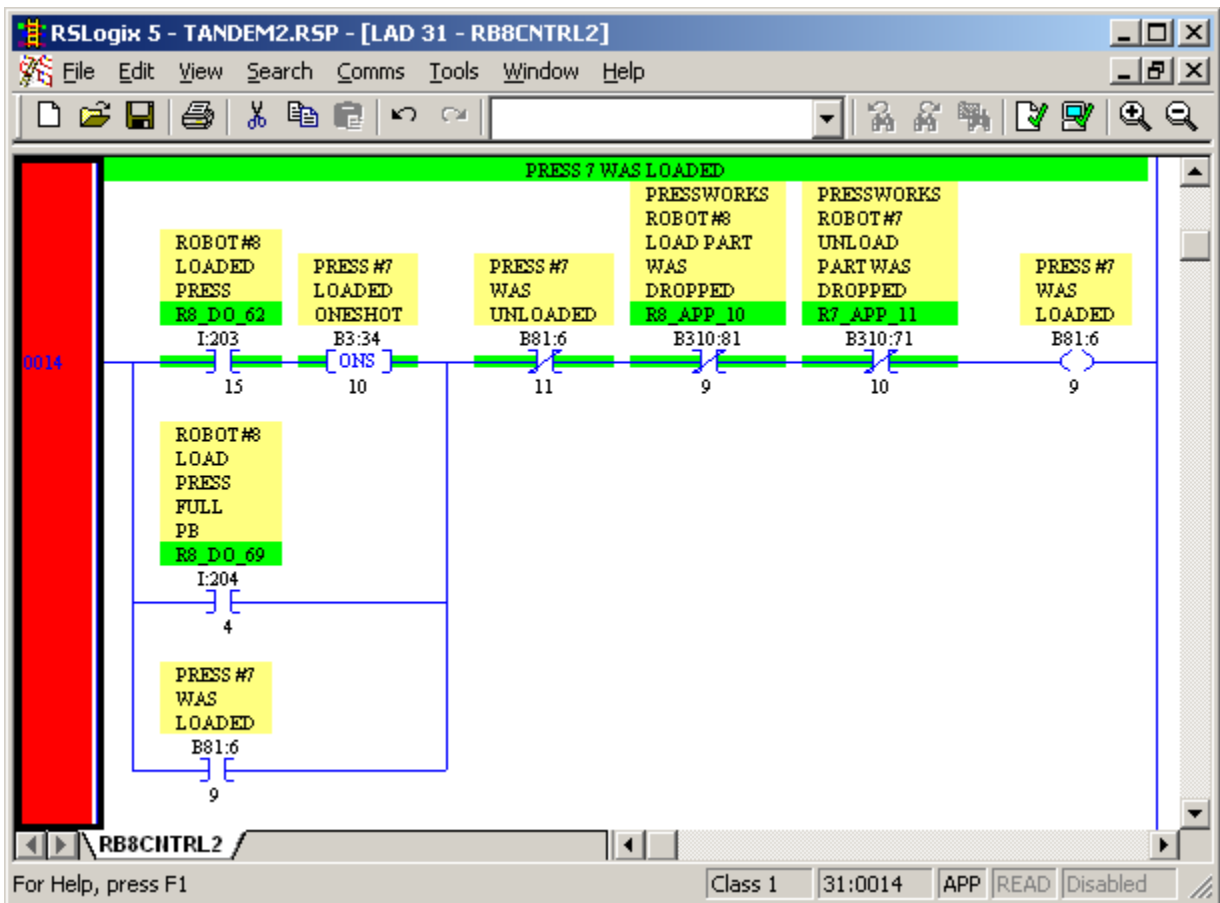


Figura 6.7-5b. Prensa 7 cargada de forma inversa.

Otro ejemplo sería el permiso para cargar la prensa 7. En la figura 6.7-6a se muestra el diagrama de escalera para este fin en la forma directa y solo se indica donde se hicieron las modificaciones para trabajar de forma inversa.

Dentro de las elipses ámbar se encuentran las instrucciones que se intercambian por señales del robot 8 para el archivo del robot 8 de forma inversa. La señal de robot 8 libre de prensa de descarga se cambia por la de robot 7 libre de prensa de descarga y la de robot 8 en falla por la de robot 7 en falla.

Cabe mencionar que estas señales ya existen y de forma directa se usan en su archivo correspondiente.

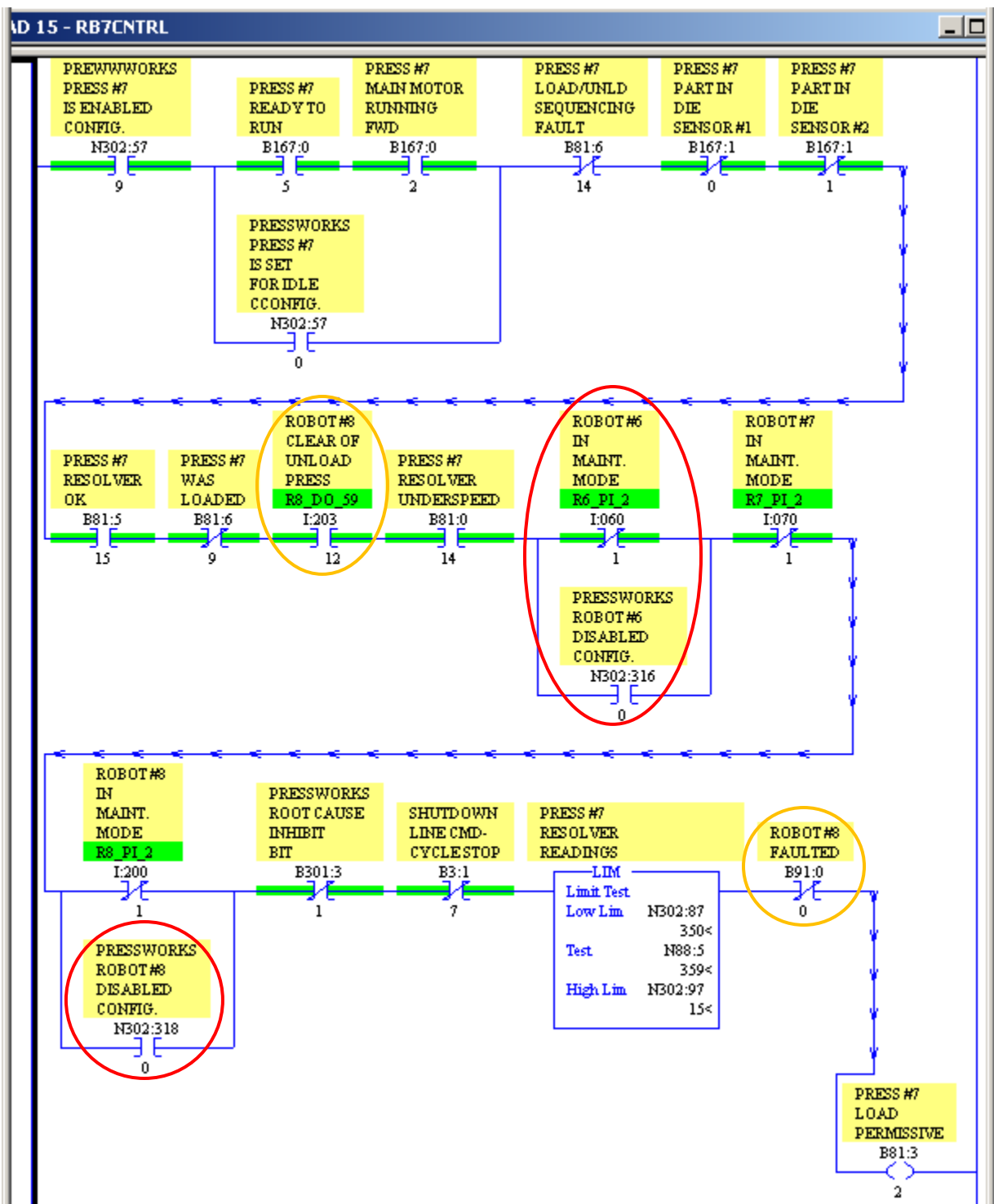


Figura 6.7-6a. Diagrama de escalera para encender bit de permisivo de carga de la prensa 7.

En la figura 6.7-6b se muestra el diagrama de escalera directo en donde se le indica al PLC que la prensa 7 que ha sido descargada. En ámbar se indican las señales que se necesitan cambiar por las equivalentes del robot 7 y 8 para invertir el flujo. En la figura 6.7-6c se muestra el diagrama de escalera para flujo inverso que hace esta función.

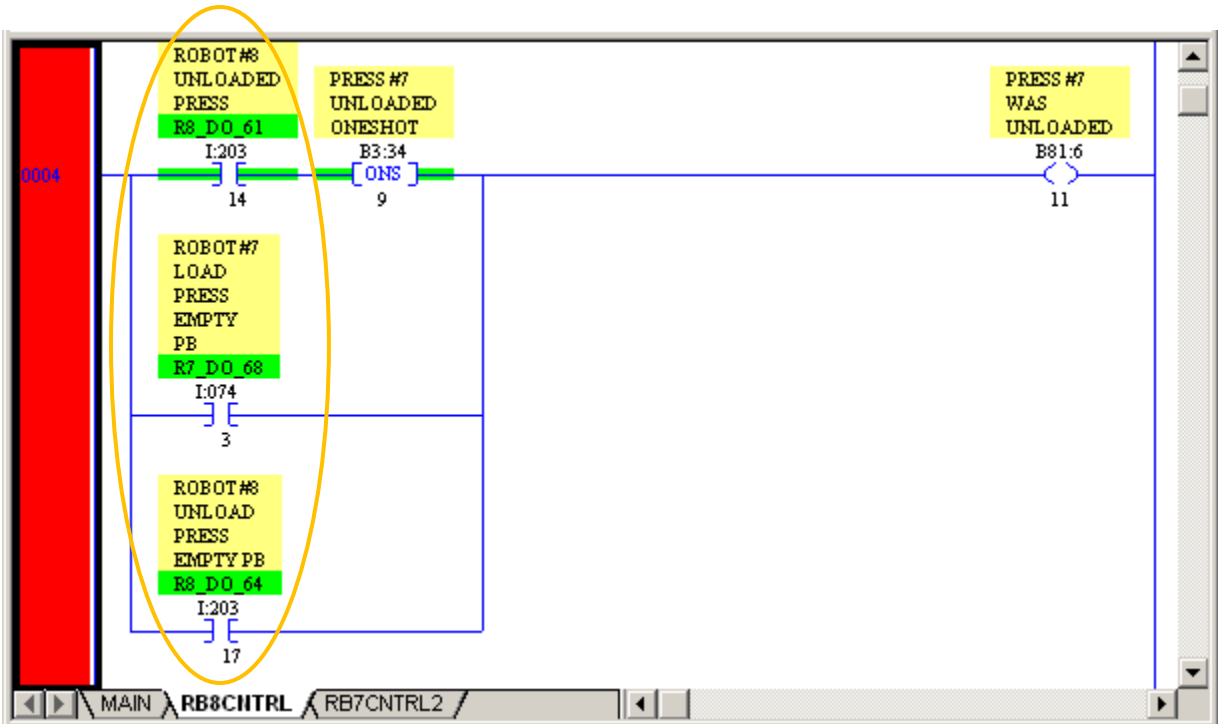


Figura 6.7-6b. Diagrama de escalera del robot 8 de forma directa donde se le indica al PLC que la prensa 7 ha sido descargada.

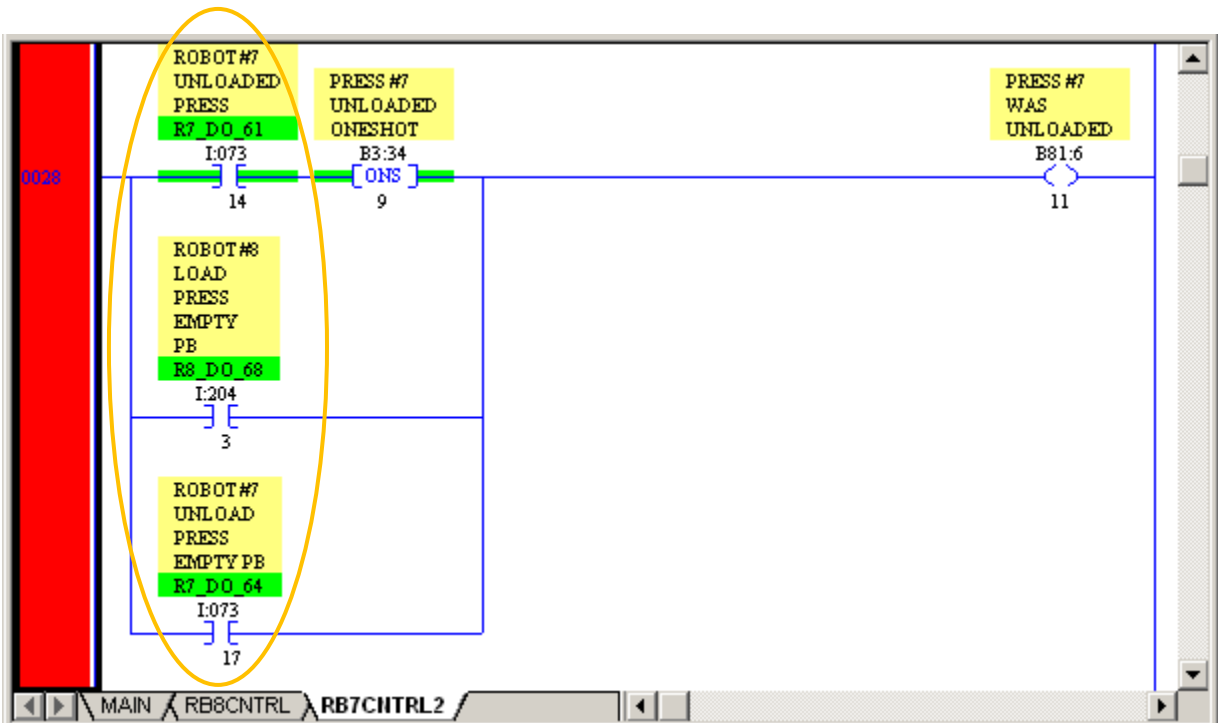


Figura 6.7-6c. Diagrama de escalera del robot 7 de forma inversa donde se le indica al PLC que la prensa 7 ha sido descargada.

Básicamente para invertir el flujo de la línea se crearon archivos de programa por cada robot que se desea invertir el flujo. Estos archivos son seleccionados y los originales o de forma directa son des-seleccionados cuando sea necesario correr la línea en ambos sentidos. Esta condición se cumple cuando se corran de forma directa trabajos que no utilicen todos los robots y todas las prensas y las prensas y robots restantes se habiliten como se mostró en la figura 6.7-3c.

Únicamente el archivo de programa del robot 8 de forma inversa presenta un cambio en el cual se selecciona el piso del desapilador según la lógica del diagrama de flujo de la figura 6.3-3. En la figura 6.7-7 se puede observar esta lógica en diagrama de escalera.

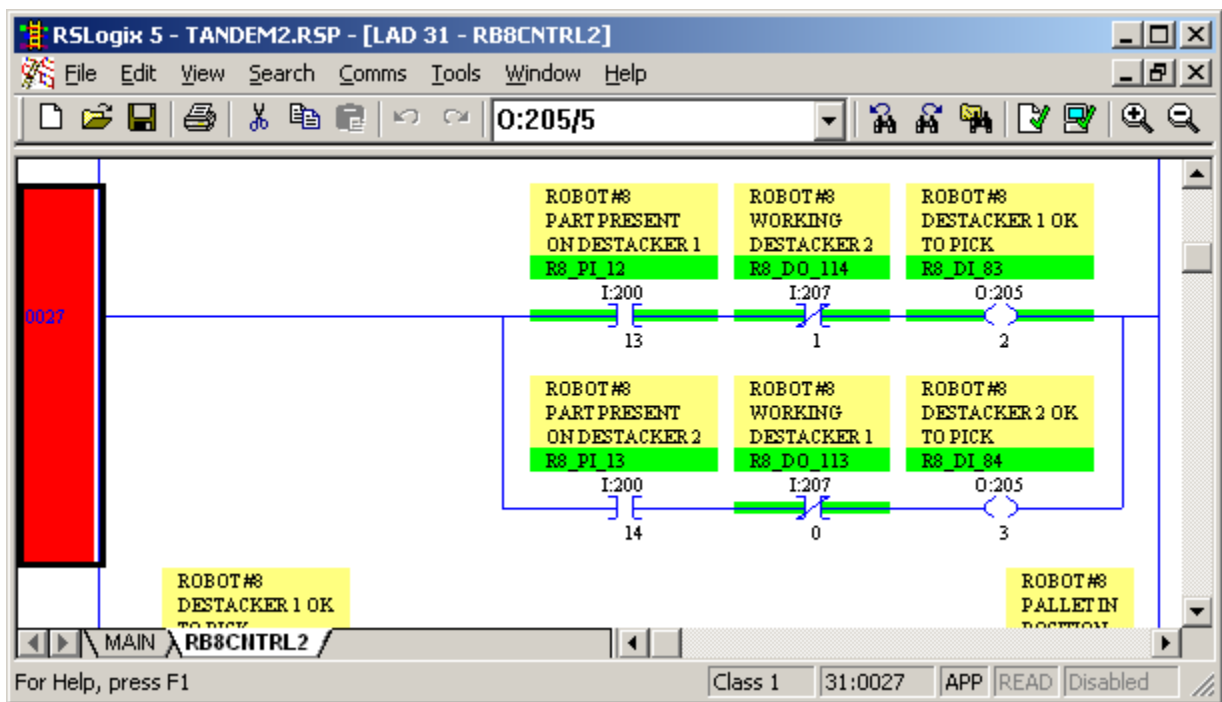


Figura 6.7-7. Lógica de escalera para seleccionar de que piso toma la lámina el robot 8 del desapilador.

Por lo extenso que son las modificaciones al programa y por ser de cierta forma repetitivas y que solo consisten en su mayoría en invertir la secuencia del flujo en la lógica existente se menciona lo más básico y la lógica se siguió. Para mayores detalles, se anexa en el reporte electrónico de este proyecto la lógica de escalera completa en el archivo [TANDEM2.pdf](#).

## 7. Resultados

Como primer punto se puede decir que el objetivo se cumplió satisfactoriamente, el cual fue segmentar la línea Tandem 2 y poder correr el número de parte A34 de forma automática al mismo tiempo que cualquier otro de los trabajos que actualmente corren con 4 prensas y 5 robots. Para esto en la versión electrónica de este reporte se incluye un video: [Side sill-A34.avi](#) donde se puede observaren como corre A34 junto con otro número de parte denominado 'side sill', ambos de forma automática.

Como consecuencia de esto se obtiene mayor eficiencia en las líneas de estampado de transferencia manual y robótica. Las prensas y robots que no son utilizadas al correr ciertos trabajos son aprovechadas eliminando estos tiempos muertos. Al eliminar un trabajo de la línea de estampado manual hay más capacidad para otro trabajo. Los 4 operadores que operaban la prensa se reducen a 1, lo cual si a la empresa le cuesta \$100,000.00 MN al año se puede traducir en un ahorro de \$300,000.00 MN por año. La base para segmentar la línea queda establecida y abierta para más trabajos manuales que se puedan automatizar hasta un máximo de 3 prensas y 3 robots.

## **8. Conclusiones.**

Hoy en día en la industria se encuentran máquinas automatizadas principalmente por algún tipo de control a base de microprocesadores. Estos controles están abiertos a modificaciones en su programación, lo que nos permite hacer mejoras a bajo costo y obtener grandes beneficios. Tal es el caso de este proyecto en donde se invirtió cerca de \$15,000.00 usd, los cuales en 6 meses se recuperan eliminando 3 operadores. Suena un tanto cruel el eliminar operadores pero esto no quiere decir que se den de baja sino que pasan a hacer otras actividades y se evita la contratación de otras personas, aunque la finalidad de la industria moderna es tener el menos número de operadores y mayor cantidad de máquinas automatizadas que realicen trabajos repetitivos a mayor velocidad, además de eliminar tiempos muertos.

En mi poca experiencia con equipos automatizados llego a la conclusión de que estos, en su mayoría, se pueden automatizar aún más únicamente reprogramando su procesador, claro, abra ocasiones en las que se necesitarán modificaciones mecánicas y/o eléctricas en las que se necesitará invertir y el límite esta cuanto tiempo se recupere esta inversión.

Para estas alturas en la que se escriben estas palabras el proyecto evoluciono tal que, ahora se esta corriendo un segundo trabajo más de forma inversa y al mismo tiempo que los trabajos de 4 prensas y 5 robots. Este consta de 2 troqueles por lo que se utilizan las prensas 6 y 7 y los robots 8, 7 y 6. Y a diferencia del A34, este trabajo ya corría de forma automática utilizando robots de transferencia pero en otra línea, pero al igual que el A34 se libera espacio en esta línea y se aprovecha el que 'sobra' en otra lo que las hace más eficientes.

De aquí en adelante el automatizar trabajos manuales y transferirlos a la tandem 2 segmentada es más fácil y rápido y el límite esta en la buena planeación de la producción en Flex n gate para que los requerimientos de los números de parte manuales automatizados coincida con corridas de los ya automatizados.



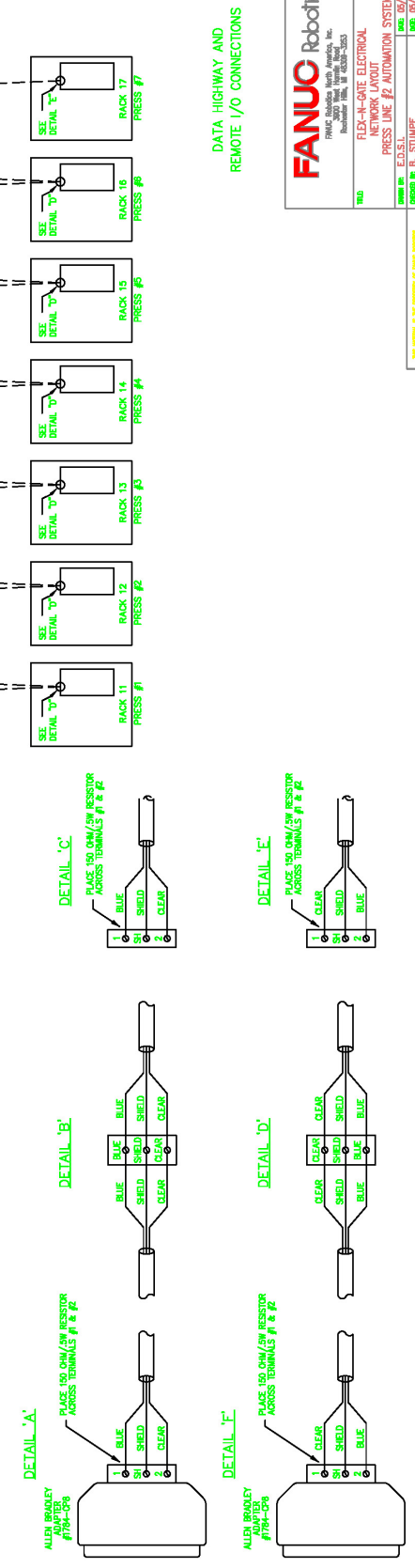
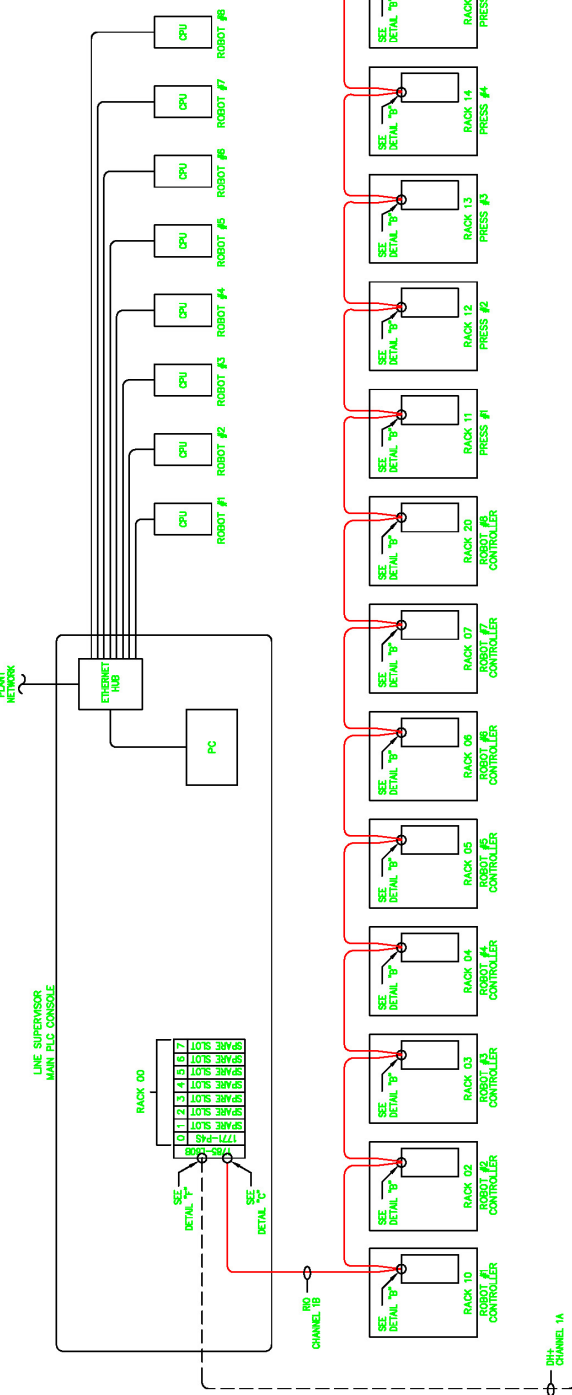
## **9. Bibliografía.**

- FANUC Robotics System R-J3 Controller Karel Reference Manual, Versión 5.11, MARS3KA5109801E REV.B
- Operating indtructions double sheet detector R1000 E 10, B0002222 / December 1999

**Apéndice A. Mapa de red de comunicación remota RIO de la tandem 2**

DATE	BY
05/07/01	BRS
CHANGE	
DESCRIPTION	
11/22/03	A. RELEASED THE DATE

**NETWORK CABLING**



DATA HIGHWAY AND  
REMOTE I/O CONNECTIONS

**FANUC Robotics**  
 FANUC Robot America, Inc.  
 10000 North Central Expressway, Suite 200  
 Dallas, Texas 75243-1699  
 TEL: 972-980-8300 FAX: 972-980-8303  
 WWW: www.fanuc.com

**FLEX-GATE ELECTROVAL**  
 FLEX-GATE ELECTROVAL SYSTEM  
 PRESS LINE #2 AUTOMATION SYSTEM

REV: 01  
 DATE: 05/07/01  
 DRAWN BY: B. STUMPF  
 CHECKED BY: J. STUMPF  
 PROJECT NO.: 102407  
 PART NO.: 102407  
 FILE NAME: 102407.DWG  
 SHEET NO.: 01 OF 01

DOCUMENT CONTROL DESCRIPTION  
 THIS DRAWING MAY HAVE BECOME OBSOLETE. IN PROCESS. CONFIRM WITH THE DESIGNER  
 OR CHECKER LISTED IN THE TITLEBLOCK TO ASSURE YOU HAVE THE UP-TO-DATE VERSION.

4/00  
 FANUC AUTOMATION REMOTE

**Croquis de redes en linea tandem 2. En rojo red de entradas y salidas remotas (RIO)**

**Apéndice B. Lista de materiales y precios de herramientas de robots.**

Los materiales utilizados son estándar del catálogo de la compañía CPI. Abajo se encuentran los números de parte utilizados por robot para este proyecto y sus precios. Para mayor información consultar el catalogo del proveedor [CPI\\_CatalogV.2005.pdf](#)

### **Robot desapilador (robot 8)**

<b>Número de parte</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>
CPI-RDC-25-2-A6	Bayonet	1	396.00
CPI-PAT-15-66	Tubing 1.5"	1	103.20
CPI-400-15-SA	Swivel arm	5	64.80
CPI-VSA-750-BO	Venturi	4	112.50
CPI-153FF-B-45	Oval cup	3	18.90
CPI-SAP-30	Sensor mount	1	38.40
CPI-40AC-3015-45	Sensor cup	1	37.10
CPI-325S-3015	Collar adapter	1	144.00
CPI-125-025	Conexión recta 1/4	4	3.10
CPI-025-025	Conexión recta 1/8	4	3.25
CPI-T-025-025	Union tubo tubo tee	8	5.10
CPI-TU25-30-CL	Tubing ¼" OD transp.	1	112.50
CPI-TU25-30-BL	Tubing ¼" OD azul	1	112.50

### **Robot de transferencia (Robot 7)**

<b>Número de parte</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>
CPI-RDC-25-2-A6	Bayonet	1	396.00
CPI-BT1-250-15S-36	Boom	1	132.00
CPI-HD-250-BBF	Cross boom adapter	1	400.00
CPI-PAT-25-82	Boom	1	192.00

CPI-CL-25-DM-15F	World tool clamp	1	480.00
CPI-RDN-40-1F-E4-MNE	WT housing	1	1086.00
CPI-RDC-15-E4-MN	WT bayonet	1	606.00
CPI-PAT-15-42	Tubing 1.5"	4	74.40
PAT-25	Adaptador para slide	4	90.00
	Adaptador para lange	2	90.00
	Clamp en slide		
CPI-CL-15-238F	Flange clamp	2	192.00
CPI-15E-25E-E	Clamp block	1	108.00
DLB-20-L-B-4	Slide sta02	1	943.80
SHOK-029	Shock absorber slide	4	79.20
OISP-011	Sensores para slides	4	222.00
CABL-010	Cable para sensores	4	44.00
DLT-1023	Hard stop adjustable	4	7.80
DLB-20-L-B-6	Slide sta03	1	976.80
CPI-700-15-SA	Swivel arm	5	78.00
CPI-500-15-SA	Swivel arm	5	62.00
CPI-VSA-750-BO	Venturi	12	112.50
CPI-153FF-B-45	Oval cup	12	18.90
CPI-SAP-30	Sensor mount	4	38.40
CPI-125-025	Conexión recta 1/4	16	3.10
CPI-025-025	Conexión recta 1/8	12	3.25
CPI-T-025-025	Union tubo tubo tee	16	5.10
CPI-TU25-30-CL	Tubing 1/4" OD transp.	1	112.50
CPI-TU25-30-BL	Tubing 1/4" OD azul	1	112.50
	Box mount adapter special	1	90.00