



Flex-N-Gate

Proyecto Industrial Terminal

005391

Poka-yoke Center Bracket GM

**PARA OBTENER LA ESPECIALIDAD EN
“TECNÓLOGO EN MECATRÓNICA”**

PRESENTA

Alumno: **ING. ROBERTO ONTIVEROS
VAZQUEZ**

Tutor de Planta: Ing. Rafael Herrera Martínez

QUERETARO, QRO. AGOSTO 2007.



RESUMEN

En este escrito se reportan las actividades realizadas durante las prácticas de entrenamiento industrial, llevadas a cabo en la planta Flex-N-Gate México, que consistieron en construir un dispositivo llamado Poka-yoke, que se carga de forma manual e inspecciona la presencia de cuatro tuercas en dos tipos de pieza que son simétricos, denominados Center Bracket, tras haber sido soldadas. Si la pieza resulta defectuosa se para el proceso en la estación de soldadura y si la pieza se determina como apta la máquina continúa operando con normalidad. En la parte de fundamentación se enfatiza el tema de los sistemas de visión de máquina.

INDICE

1. Antecedentes.....	4
2. Definición del proyecto.....	5
3. Justificación.....	6
4. Objetivo.....	7
5. Fundamentación.....	8
5.1 Funcionamiento de la estación de soldadura de la pieza Center Bracket	8
5.1.1 Secuencia de operaciones de la máquina soldadora de tuercas.....	8
5.1.2 Soldadura por punteo.....	9
5.1.3 Control de la máquina de soldadura.....	10
5.2 Poka-yoke.....	11
5.2.1 Concepto.....	11
5.2.2 Dispositivos poka-yoke instalados en la planta.....	11
5.3 Sistemas de visión de máquina.....	12
5.3.1 Adquisición de imágenes digitales.....	12
5.3.2 Procesamiento de imágenes.....	13
5.3.3 Sistemas de iluminación.....	13
5.3.4 Clasificación de los sistemas de visión de máquina...	14
5.3.5 Capacidades y beneficios de los sistemas de visión de máquina.....	15
5.3.6 Sensores 101 Cognex ^{MR}	16
6. Procedimientos.....	17
6.1 Configuración de los sensores 101 Cognex ^{MR}	17
6.2 Diseño y construcción de la mesa poka-yoke.....	20
6.3 Programación del PLC y el PanelView.....	21
7. Resultados.....	24
7.1 1era Corrida de prueba.....	24
7.2 2da Corrida de prueba.....	24
7.3 Modificaciones a la secuencia de operaciones.....	25
8. Conclusiones.....	26

9. Bibliografía.....	27
10. Anexos.....	28
Anexo I. Referencia rápida de los sensores 101 Cognex ^{MR}	28
Anexo II. Fotos del Poka-yoke y estación de soldadura.....	34
Anexo III. Programación en escalera y pantallas del PanelView.....	38

INDICE DE TABLAS, GRÁFICAS Y FIGURAS.

Tabla de parámetros para los programas de las cámaras Cognex.....	20
Figura 1	22
Figura 2	23

1. ANTECEDENTES

Las prácticas de entrenamiento industrial que en este trabajo se presentan tuvieron lugar en la planta Flex-N-Gate México, ubicada en Avenida Principal No. 1, Parque Industrial Opción, San José de Iturbide, Guanajuato, México. La planta pertenece a la empresa Flex-N-Gate, que tiene sus oficinas centrales en la ciudad de Urbana, Illinois, E.U.A. La empresa se dedica a la manufactura de partes de automóviles y cuenta con divisiones de prototipaje, plástico, metales, ensamblaje mecánico, secuenciado, diseño e ingeniería. En la planta de San José Iturbide las principales operaciones que se realizan son: cromado, pulido automático y manual, estampado a gran escala, ensambles mecánicos, pintura, soldadura robótica y manual. Entre los productos que ahí se fabrican se pueden mencionar refuerzos, soportes de puertas, amortiguadores traseros y delanteros, aisladores de calor para piso, entre otros; atendiendo a clientes como Chevy, Chrysler, Dodge, Ford, GM, Nissan y Toyota. [1]

El Departamento de Calidad de la planta antes mencionada, requería inspeccionar en una estación de trabajo, la soldadura de ocho tuercas en dos piezas simétricas, cuatro tuercas en cada pieza, una parte derecha y una parte izquierda; lo anterior con el fin de determinar si se trata de una pieza apta o una pieza defectuosa. Es así, como se le asignó al área de Automatización de la misma planta construir un dispositivo poka-yoke para inspeccionar dichas piezas en la estación de soldadura.

El proyecto se le encomendó al pasante de ingeniero Luis Eduardo Huitzil Sánchez, quien bajo la supervisión del Ing. Rafael Herrera Martínez comenzó a trabajar en el proyecto con un mes de anticipación a mi incorporación. Mi participación en la construcción del dispositivo poka-yoke fue del 5 de julio al 14 de agosto del año en curso, para esta última fecha habiéndose terminado por completo el proyecto.

Las actividades realizadas durante estas prácticas de entrenamiento industrial, cuyo informe se presenta más adelante, tuvieron la finalidad de obtener la Especialidad como Tecnólogo en Mecatrónica, además de brindarme una valiosa experiencia profesional.

2. DEFINICION DEL PROYECTO

En la fábrica Flex-N-Gate México se manufacturan dos tipos de piezas simétricos denominados “Center Bracket”; una pieza derecha y una pieza izquierda con números de parte 15008432 y 15008433 respectivamente, mismas que se muestran en el anexo II. A ambas piezas, en una estación de soldadura, se les debe soldar por punteo dos tuercas M12 y una tuerca M10, sobre los barrenos ubicados en una cara de la pieza; y una tuerca M14, sobre otro hoyo situado en un doblez de la pieza.

Se pretendía construir un dispositivo poka-yoke que permitiera verificar los distintos tipos de anomalías encontrados en la soldadura de las cuatro tuercas: errores de excentricidad entre las tuercas y los barrenos, tuercas soldadas al revés (las tuercas tienen unas proyecciones en la cara que se suelda), intercambio de posición entre las tuercas de distintos tamaños y falta de presencia de tuercas. Siendo el requerimiento mínimo para el dispositivo la capacidad de verificar la presencia de las cuatro tuercas en el sitio que les correspondía, concéntricas a las perforaciones, sin importar la orientación, en cada una de las piezas que se trabajan en la estación; pudiendo clasificar las piezas soldadas, según lo anterior, en piezas aptas y piezas defectuosas. El dispositivo debía realizarse en el menor tiempo posible; habiéndose estimado un lapso de 3 semanas para su implementación, además del tiempo que se tardara en requisar el material necesario y su posterior entrega.

Al momento de mi incorporación al proyecto ya se había determinado el uso de dos sensores CCD 101 Cognex^{MR}, cámaras digitales, por lo que parte de mis tareas sería determinar la factibilidad de usar dichos sensores para conseguir la inspección deseada y de ser viable, se debería determinar la configuración interna y física de dichos sensores, así como determinar el empleo de elementos adicionales necesarios para llevar a cabo satisfactoriamente la tarea de inspección y clasificación de las piezas. Además se debía realizar la conexión o comunicación física y a nivel programación entre el PLC que controla la máquina de soldadura y los sensores Cognex^{MR}, esto con la finalidad de detener el trabajo en la estación de soldadura si se llegaba a detectar una pieza defectuosa, en caso contrario, al tratarse de un pieza apta la máquina seguiría trabajando de manera normal.

3. JUSTIFICACION

005391

Los requerimientos de los clientes y los propios estándares de calidad de la empresa exigen de una constante, confiable y minuciosa inspección de los productos terminados, tanto cuando acaban de ser maquinados dentro de la fábrica como antes de ser enviados a los consumidores finales. El tener altos niveles de calidad permite tener clientes más satisfechos y por lo consiguiente obtener mejores contratos o mantener los ya existentes.

Para lograr normalizar, estandarizar y homogeneizar los procesos de inspección de las piezas que se manufacturan en la planta, que hayan pasado por algún tipo de proceso de soldadura, se ha ido incorporando el uso de dispositivos poka-yoke, a veces llamados “mesas” poka-yoke, en distintas estaciones de soldadura, sustituyendo o aunado a la inspección visual que cada operador hace del trabajo final. De esta forma se pretende aumentar el grado de calidad de conformidad de algunas de las piezas fabricadas en la planta. Siguiendo esta tendencia dentro de la planta fue como se decidió implementar un dispositivo poka-yoke en la estación de soldadura de la parte llamada Center Bracket.

Los sensores CCD Cognex se eligieron buscando obtener una inspección más confiable, y según se me informó, ésta sería la primera vez que se usará este tipo de equipo en la planta. Tratando de mantener al mínimo el costo de implantación del dispositivo poka-yoke y tomando en cuenta que las cámaras digitales elegidas resultan ser sensores costosos comparados con los sensores que se usan en los dispositivos poka-yoke que ya están en funcionamiento en otras estaciones de soldadura de la planta, se promovió el uso del material presente en almacén para cualquier elemento extra que se determinara necesario.

4. OBJETIVO

El objetivo principal consistió en construir, usando dos sensores ópticos 101 Cognex^{MR}, un dispositivo poka-yoke que permitiera inspeccionar la presencia y correcta colocación de las cuatro tuercas que se sueldan en los dos tipos de piezas con los que se trabaja en la estación de soldadura Center Bracket. Si alguna tuerca no se encontrara debidamente posicionada la pieza sería considerada como defectuosa, en cambio si todas las tuercas estuvieran debidamente colocadas entonces se consideraría la pieza como apta; según fuere el resultado se determinarían las acciones subsecuentes.

Para conseguir el objetivo general se debió plantear y realizar algunos objetivos específicos como:

- Elaborar el estudio del proceso realizado en la estación de soldadura.
- Diseñar y construir el dispositivo de inspección.
- Programar PLC de la estación de trabajo.
- Configurar sensores.
- Validación por el departamento de calidad.

Además de los puntos ya señalados también me planteé como objetivo personal aplicar los conocimientos adquiridos durante el curso de especialidad en cuanto a programación de PLC's, pero sobre todo aprender acerca del uso de los mismos y su empleo en aplicaciones industriales, así como ahondar en el estudio del equipo especializado con el que fuera a trabajar. Además me propuse obtener un panorama fidedigno del funcionamiento administrativo de la planta.

5. FUNDAMENTACION

En esta sección se presenta una breve investigación, que si bien carece de profundidad técnica y científica, sí fue de ayuda ya que sirvió para comprender el funcionamiento del equipo con el cual se estuvo trabajando, así como para facilitar el entendimiento de algunos conceptos relativos al proyecto que se desarrolló.

Básicamente se identificaron tres rubros para la investigación: sobre el funcionamiento de la máquina que abarca los pasos de operación, tipo de proceso y control por PLC; lo relativo a los dispositivos poka-yoke, y lo referente a sistemas de visión.

5.1 FUNCIONAMIENTO DE LA ESTACION DE SOLDADURA DE LA PIEZA CENTER BRACKET

5.1.1 Secuencia de operaciones de la máquina soldadora de tuercas

A. Carga del operador:

- I) El operador carga una sola pieza dentro del lado izquierdo del empotramiento y coloca una sola tuerca de M14.
- II) El operador carga una sola pieza dentro del lado derecho del empotramiento para dos tuercas de M12 y una tuerca de M10.
- III) El operador activa la secuencia presionando con sus dedos los botones de contacto. El operador debe mantener el contacto con los botones mientras la guarda se eleva.

B. Secuencia de la máquina del lado izquierdo (Station 1):

- I) El electrodo para soldar la tuerca M14 se mueve a la posición de soldar a través de un cilindro de desplazamiento.
- II) El pistón del electrodo se extiende hasta la tuerca haciendo presión.
- III) La tuerca se suelda y el electrodo se retrae.
- IV) El cilindro de desplazamiento del electrodo para soldar la tuerca M14 regresa a la posición de carga para el operador.

C. Secuencia de la máquina del lado derecho (Station 2):

I) Una tuerca M10 y dos tuercas M12 son succionadas del tazón alimentador hacia los cilindros colocadores una vez que la parte se detecta como cargada (esto es antes de que el operador inicie el ciclo).

II) Una vez que el ciclo se inicia una tuerca M12 es colocada con el cilindro colocador en el electrodo inferior.

III) El pistón del electrodo de tuercas M12 baja haciendo contacto con la tuerca hace presión, se suelda la tuerca y se retrae el pistón.

III) La segunda tuerca M12 se coloca al extenderse su respectivo cilindro posicionador.

IV) El cilindro de desplazamiento del electrodo de tuercas M12 se extiende y el pistón de dicho electrodo baja, hace contacto con la segunda tuerca, hace presión, suelda la tuerca y tanto el pistón del electrodo como el cilindro de desplazamiento regresan a su posición inicial.

V) El pistón del electrodo de la tuerca M10 se extiende haciendo presión sobre dicha tuerca, se suelda la tuerca y el pistón se retrae.

Cabe señalar que en ambos lados de la máquina se cuenta con sensores inductivos que en función de la altura del pistón que baja al electrodo detectan si hay presencia de tuerca o no, justo antes de soldar. Si no se detecta la presencia de cualquier tuerca el proceso se detiene mandando una alarma en la terminal gráfica del sensor y desde esa misma terminal se debe reestablecer la máquina siguiendo la secuencia de pantallas correspondiente.

D. Configuración de la máquina:

I) Cuando la máquina se cambia para trabajar una parte izquierda o una parte derecha, los electrodos para la tuerca M10 deben moverse.

II) Para cambiar el electrodo superior, se remueve el perno del lado derecho de la corredera, se desliza el pistón a la posición deseada y vuelve a asegurar con el perno.

III) Para cambiar el electrodo inferior, se remueve el perno del lado derecho de la corredera, se desliza el electrodo a la posición deseada y se vuelve a sujetar con el perno.

IV) Habiendo seguido los pasos anteriores el cambio de trabajo habrá finalizado y se podrá trabajar el otro tipo de pieza.

5.1.2 Soldadura por punteo

El proceso por el cual se sueldan las tuercas a la pieza en la estación de soldadura Center Bracket se denomina soldadura por punteo, siendo éste el caso más común del método de

soldadura por resistencia el cual es un método de alta velocidad para unir dos metales usando presión y calentamiento eléctrico bajo un control preciso, sin añadir material adicional. El calor se obtiene a partir de la resistencia del metal al paso de una corriente eléctrica, ésta última se controla de manera electrónica tanto en duración, la cual puede ser de hasta $1/120$ segundos, como en intensidad la cual se obtiene a través de un transformador que convierte de alto voltaje y poco amperaje a bajo voltaje y alto amperaje. La resistencia del metal a unir dependerá del tipo de material y de la presión que se le aplique; a mayor presión, menor resistencia y menor calor. Materiales delgados o suaves requerirán menos presión. La mayoría de los metales usados en la industria pueden soldarse con este método.

Como se mencionó en el párrafo anterior, la soldadura por punteo es el caso más común de soldadura por resistencia. Se logra prensando las piezas de trabajo entre dos electrodos en forma de dados conectados a un transformador de alta corriente y bajo voltaje. La corriente y la presión se suministran a través de los electrodos. Cuando el metal se derrite por causa del calor generado por la resistencia del propio metal al paso de la corriente, los electrodos fuerzan la unión de las piezas. Cuando la corriente se apaga, los electrodos sujetan las piezas en su lugar mientras la soldadura se enfría. [2]

Cabe mencionar que en el caso particular de las tuercas que se sueldan a la pieza Center Bracket existen unas proyecciones en una cara de las tuercas y es esta cara la que tiene que hacer contacto con la parte a la que se suelda.

5.1.3 Control de la máquina de soldadura

El control de toda la máquina se realiza a través de un controlador lógico programable (PLC, por sus siglas en inglés) SLC 5/03 1747-L531E de la marca Allen Bradley usando tres módulos de entradas a 24V DC y dos módulos de salidas 240V AC. Adicionalmente se cuenta con una fuente SOLA con número de parte SDN2.5-24-100P que recibe 115-240V entre 50 y 60 Hz y da 24V DC a 2.5A. También se cuenta con una terminal gráfica monocromática para el operario, un PanelView 550 Allen Bradley, además de varios sensores inductivos y magnéticos.

De las instalaciones de la fábrica se obtienen tanto la energía eléctrica con sus conexiones pertinentes, como el aire presurizado necesario para los diversos pistones que se suministra a través de una estación de mantenimiento.

5.2 POKA-YOKE

5.2.1 Concepto

Poka-yoke es un término de origen japonés acuñado por el Ing. Shigeo Shingo en su estudio del sistema de producción Toyota; poka se refiere a errores inadvertidos y yoke a evitar o prevenir [3], en consecuencia este término se utiliza para designar dispositivos “a prueba de errores”.

Un ejemplo de este tipo de dispositivos son los sistemas de encendido de los autos de transmisión automática que no permiten la remoción de las llaves hasta que se posicione la palanca en “Parking” (estacionado) evitando que el auto quede en una posición insegura.

Este tipo de sistemas se incorporan en la Teoría de cero control de calidad, que tiene entre sus ideas básicas la de implementar dispositivos poka-yoke en la línea de ensamblaje para eliminar la posibilidad de operaciones defectuosas, además de enfatizar la identificación de la raíz que origina un defecto para corregirla o evitarla haciendo virtualmente innecesario un proceso estadístico de control.

Cabe mencionar que el tipo de inspección que se pretende realizar también se denomina, en el contexto industrial, como supervisión o inspección pasa-no pasa y se habla del tipo de elementos donde se realizan dichas inspecciones como dispositivos pasa- no pasa.

5.2.2 Dispositivos poka-yoke actualmente instalados en la planta

Como se mencionó en la justificación, existen actualmente dispositivos poka-yokes dentro de la planta Flex-N-Gate México, estos dispositivos también operan en estaciones de soldadura y sirven para detectar la presencia de las tuercas en las posiciones correctas después de que la pieza pasó a través del proceso de soldadura. Estos poka-yokes constan básicamente de una mesa robusta de lámina y perfiles de acero, sobre la cual se encuentra montado un empotramiento en nylamid que tiene una forma determinada para que la pieza evaluada sea fijada. Sobre este empotramiento se encuentran dispuestos convenientemente sensores inductivos; uno de ellos detecta que se haya colocado una pieza y los demás, tras una fina calibración, son capaces de detectar la presencia o ausencia de tuercas en la pieza.

5.3 SISTEMAS DE VISION DE MAQUINA

Visión de máquina se refiere a la adquisición de imágenes por medios que no impliquen contacto y su posterior análisis para obtener información deseada que pueda usarse en el control de un proceso o actividad. Un sistema de visión de máquina consta de tres elementos: el sensor de imagen o cámara, un módulo de procesamiento y una fuente de iluminación. Dependiendo del diseño del sistema los elementos estarán separados o fusionados en un solo dispositivo. [6]

Si bien existen analogías entre la visión humana y la visión de máquina, los seres humanos poseen ventajas en cuanto resolución y procesamiento mientras que los sistemas de visión de máquina pueden trabajar en el espectro no visible de la luz y son más confiables; la eficiencia de inspección de un humano llega a ser de 80% mientras que un sistema de visión, debidamente calibrado y sin problemas de cansancio o distracciones, llega a tener eficiencias cercanas al 100%. [6]

5.3.1 Adquisición de imágenes digitales.

La obtención de imágenes digitales consta de 3 pasos: se forma la imagen a través de lentes, la imagen es sensada y finalmente la imagen se digitaliza. [6]

La captura de imágenes digitales se realiza a través de sensores de estado sólido llamados sensores de imagen, los cuales usan arreglos matriciales de millones de diodos fotosensibles llamados “photosites”, éstos al entrar en contacto con un haz luminoso registran su intensidad o brillo acumulando una carga, entre más luz detecten, más alta será la carga acumulada. A cada “photosite” se le asocia un valor o conjunto de valores, a dicho conjunto de valores se le denomina píxel de tal forma que el arreglo de píxeles ayuda a reconstruir la imagen digitalmente proyectando o “mapeando” una cuadrícula que corresponde al arreglo físico de los sensores de imagen y obteniendo finalmente la imagen reconstruida semejante a un cuadro impresionista hecho a base de pequeños puntos. Ahora bien, como ya se mencionó, al captarse sólo los niveles de intensidad de luz o brillo, la imagen obtenida será una imagen en niveles de gris; para obtener una imagen a color es necesario aplicar filtros de color verde, azul y rojo y utilizando diversos sistemas sumarlos o interpolarlos.

El tamaño de la imagen, con frecuencia referido como resolución, dependerá del número de “photosites”, el cual se puede dar como un total o como dos dimensiones (normalmente arreglos rectangulares), así entre más “photosites” más detalle tendrá la imagen capturada. Los sensores de imagen de mayor uso y trayectoria comercial son los llamados dispositivos acoplados por carga o “charge-coupled devices” (CCDs), inventados por George Smith y Willard Boyle en los laboratorios Bell en 1969. Sin embargo, los nuevos sensores de imagen CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) se han hecho presentes en el mercado. Las principales diferencias son el menor precio y mayores funciones integradas de los sensores CMOS y la mejor calidad de imagen y desempeño en penumbra de los CCD’s. [7]

5.3.2 Procesamiento de imágenes

El procesamiento o análisis de imágenes digitales está conformado por cuatro fases: preprocesamiento, segmentación, extracción de características e interpretación; sin que sea necesario que las cuatro fases se tengan que realizar en el análisis de imagen. La primera etapa consiste en realizar alguna modificación, por ejemplo filtrar el ruido de la imagen antes de llevar a cabo cualquier tipo análisis. La segmentación consiste en separar la imagen en partes donde cada una de éstas contiene un solo atributo. Las dos primeras fases o pasos del procesamiento de imágenes sirven básicamente para simplificar la imagen que se ha de analizar, las siguientes dos fases del análisis tratan sobre el entendimiento de la imagen. Posteriormente habrá que extraer los atributos de la imagen como el tamaño, número de colores, tipo de colores, formas, contraste y luminosidad, entre otras características; los atributos que se habrán de extraer dependerán de cada aplicación. Finalmente la información se interpreta para tomar acciones como clasificar o contar piezas, guiar un robot o recabar datos.

5.3.3 Sistemas de iluminación

Los sensores de imagen realmente no “ven” como lo hacemos los humanos, sino que miden la intensidad de luz o brillo asociándole una carga, por lo que la meta de los sistemas de visión es medir la cantidad de energía reflejada por los objetos, así que en un sistema de visión determinado los parámetros que podemos modificar con más facilidad son la iluminación y la posición de la pieza, en vez de modificar la pieza o el diseño de la

cámara. El objetivo es crear la mayor diferencia posible de contraste entre el área de interés del objeto observado y las áreas que no importan. Partiendo de que el ángulo de incidencia de la luz es igual al de reflexión en una superficie plana, la cámara sólo captará la luz que sea reflejada en su lente, es decir, las fuentes de luz deben ubicarse dentro de un espacio determinado caracterizado en forma de W (ángulos del campo de visión de la cámara y sus correspondientes ángulos de reflexión). Sin embargo las superficies que comúnmente se encuentran poseen defectos, lo que origina que al iluminar desde adentro de la llamada "W" algunos puntos se reflejen fuera del lente de la cámara y de forma similar al iluminar desde a fuera de la "W" algunos puntos se reflejan hacia el sensor de imagen. Lo anterior da origen al sistema de iluminación claro (desde adentro) y al sistema de iluminación oscuro (desde a fuera).

Por otro lado también debe de contemplarse el tipo de onda (color) con el que se ilumina, ya que dependiendo del objeto (estructura atómica) se absorberá o reflejará más luz de determinado color.

Para el caso de metales que son objetos altamente reflejantes (especulares), si se trata de superficies planas se recomienda utilizar un sistema de iluminación de luz difusa sobre el eje de visión de la cámara [8]. Este sistema consiste en obtener la imagen a través de un divisor de haces (beam splitter) que normalmente forma un ángulo de 45° con el plano donde se ubica la imagen que se desea capturar; la fuente de iluminación se orienta de forma perpendicular al eje de visión de la cámara. El divisor de haces deja pasar cierto tipo de luz y refleja otro tipo de luz. Con esta técnica es posible disminuir efectivamente las sombras y reflejos en la imagen. [6]

Otro tipo de sistema de iluminación recomendada para superficies planas especulares es la iluminación con luz polarizada sobre el objeto aplicando un filtro polarizado sobre el lente de la cámara. También ayudan a eliminar el reflejo en este tipo de objetos los arreglos tipo anillo. [9]

Entre otros tipos de técnicas de iluminación encontramos: luz estructurada, recomendada para extraer información en 3D, luz difusa por atrás.

5.3.4 Clasificación de los sistemas de visión de máquina

Los sistemas de visión se clasifican en dos grandes divisiones: los de aplicación específica y los de propósito general. Los primeros son menos flexibles y más costosos pero son más confiables. Estos a su vez se dividen en sistemas embebidos y sistemas llave en mano,

que a su vez se subdividen en sistemas por producto e integrados. Por su parte los sistemas de propósito general, si bien son más económicos y flexibles, tienen capacidades limitadas y no aseguran la solución de una aplicación en específico. Estos sistemas de visión de máquina se dividen en sistemas empaquetados, por componentes y cámaras inteligentes. [6]

5.3.5 Capacidades y beneficios de los sistemas de visión de máquina

Los sistemas de visión de máquina son capaces de determinar ubicación y orientación de una pieza, de medir alguna dimensión, de detectar fallas en una parte; de verificar, identificar o reconocer productos; de seguir objetos y de guiar robots.

Entre las aplicaciones comunes de los sistemas de visión de máquina figuran el control de robots, realizar pruebas de calidad, calibración, control de proceso en tiempo real, recopilación de datos, monitoreo de máquinas, manejo de material, clasificación y conteo.

Por lo que toca a los beneficios que puede brindar un sistema de visión de máquina éstos pueden ser: reducir costos de producto, brindar capacidad para controlar un proceso, mejorar calidad, mejorar el manejo de materiales, mejorar el uso del capital, desarrollar las relaciones con el consumidor, mejorar condiciones de trabajo y permitir un desarrollo tecnológico de los procesos.

Las principales limitaciones de los sistemas de visión de máquina son relativas a la velocidad, la exactitud y la confiabilidad. La resolución de imagen, la capacidad del procesador de imagen y los algoritmos de procesamiento empleados determinarán la velocidad con la cual se puedan procesar imágenes; para imágenes de 640x480 píxeles usadas en sistemas comerciales de visión se pueden alcanzar de velocidades de 10 a 500 imágenes capturadas por segundo. Los sistemas de visión de máquina son muy exactos y precisos en las mediciones llegando a tener 1/10 de píxel de precisión y exactos en sus mediciones. Tanto la precisión y la exactitud se ven afectadas por las características propias de la parte cuya imagen se desea analizar, la resolución de la imagen, las técnicas de procesamiento, la calidad de los componentes ópticos y la calibración. Los sistemas de visión de máquina son muy confiables; se estima que el tiempo promedio entre fallas de un sistema de este tipo puede ser entre 5000- 40000 horas. Sobre la confiabilidad del procesamiento, por ejemplo, en errores tipo alfa o tipo I, dar por bueno un resultado malo; o errores tipo beta o tipo II, dar por malo un resultado bueno, se estima entre 2 y 6 sigmas dependiendo de la aplicación. [6]

5.3.6 Sensores 101 Cognex^{MR}

Los sensores 101 Cognex^{MR}, instrumentos primordiales en el proyecto, constituyen un sistema de visión de máquina de propósito general tipo “cámara inteligente” (smart camera), consta de varios lentes que se pueden intercambiar, un sensor de imagen, un sistema de iluminación tipo anillo (cuadrado) de LED’s, un cable para conexiones (alimentación, entradas y salidas) y comunicación USB2.0 para ser conectado con una computadora personal; todo lo anterior contenido en una carcasa rectangular de 46mm por 112mm aproximadamente. Además existe un programa, Checkmate, que se usa para calibrar y programar el sensor. Al ser un sensor de propósito general comercial no se tiene acceso a los algoritmos de procesamiento de imágenes y sus capacidades son limitadas. Estas cámaras se alimentan con 24V y tiene una entrada para disparador, una para cambio de tarea, cuatro entradas para determinar la tarea y cuenta con dos salidas. Todas las entradas y salidas son a 24V. El sensor puede programarse usando una computadora, para detectar una pieza y para analizarla de acuerdo a tres tipos de inspección: por contraste, por luminosidad y por patrones. A estas funciones de la cámara se les denomina “sensores”.

El costo comercial del sensor incluyendo el juego de lentes y una placa de conexiones es de 2500 dólares aproximadamente.

6. PROCEDIMIENTOS

Al momento de mi incorporación en la construcción del Poka-yoke ya se contaba con dos sensores 101 Cognex^{MR} que servirían para detectar las tuercas de la pieza Center Bracket en la mesa Poka-yoke, también se había decidido utilizar en una cámara un lente de 3.6mm, además se había determinado la forma en que se realizaría el sensado. Las piezas izquierda y derecha se suspenderían de forma simétrica apoyadas en tres puntos: dos en las perforaciones elípticas de la pieza y una en la parte del doblez de la pieza, de tal suerte que sólo se pudiera evaluar una pieza a la vez y no importando si fuere izquierda o derecha, las tuercas M12 y M10 quedarían viendo hacia el piso contenidas en una misma área (campo de visión). En la parte baja se colocaría la cámara con el lente de 3.6mm que permanecería estática e inspeccionaría las dos tuercas M12 y la tuerca M10.

Quedaba pendiente la forma de sensar la tuerca M14, ésta sería inspeccionada por la segunda cámara, sin embargo se presentaba la dificultad de que al evaluar una pieza izquierda la tuerca M14 quedaba en una posición y al evaluar una pieza derecha esa misma tuerca tenía otra posición. Lo anterior hacía prácticamente imposible el análisis de esta tuerca para ambos tipos de pieza usando sólo una cámara, debido a la distancia entre las distintas posiciones en las que se ubicaba la tuerca M14 dependiendo del tipo de pieza que se evaluara.

En un principio se contempló la posibilidad de comprar un tercer sensor Cognex^{MR}, sin embargo tomando en consideración que la estación de soldadura Center Bracket GM hace corridas de una sola pieza se decidió desplazar la segunda cámara usando un pistón que se encontraba en el almacén, con una carrera de 15cm aproximadamente. De esta forma sólo se realizaría el desplazamiento de la cámara hasta que se configurara la máquina de soldadura para hacer cambio de trabajo, lo cual ocurre según los requerimientos de producción de dicha pieza. Normalmente se trabajan por turno de operador alrededor de seiscientas piezas de un solo tipo, izquierdas o derechas.

6.1 CONFIGURACION DE LOS SENSORES 101 COGNEX^{MR}

Como ya se mencionó, se determinó usar un lente de 3.6mm para la cámara que serviría para inspeccionar las dos tuercas M12 y la tuerca M10; tras algunas pruebas se determinó usar el lente estándar de 5.8mm para la segunda cámara. Para la cámara con el lente de

3.6, también denominada “cámara inferior” por su posición, hubo que determinar la distancia de trabajo, que es la distancia entre el sensor y la superficie de la pieza que se deseaba evaluar, dato importante para el diseño y construcción de la estructura que albergaría tanto a la pieza como al sensor. La distancia de trabajo se determina en función del campo de visión con el que se pretende trabajar y para la aplicación que se necesitaba este campo de visión tiene una distancia crítica que corresponde a la distancia entre un extremo de una tuerca M12 y el extremo de la tuerca M10, esta distancia es de 12.5 cm. De esta forma se determinó que la distancia de trabajo debía ser mayor a 16.3 cm, sin embargo entre mayor fuera la distancia de trabajo más pequeña sería la imagen que se deseaba analizar y por lo tanto su procesamiento sería menos confiable, así que se determinó que la distancia de trabajo fuera de 17 cm para la cámara inferior. Por lo que respecta a la segunda cámara, el campo de visión necesario correspondía sólo al área de la tuerca, 2 cm² aproximadamente, por lo que se trató de ubicar el sensor Cognex^{MR} lo más cerca posible de la pieza sin que afectara el funcionamiento de los demás componentes.

También cabe señalar que al ser las partes Center Bracket piezas metálicas muy reflejantes se optó por inclinar ambos sensores para que la luz del propio sistema de iluminación que tiene integrado la cámara no fuera reflejada cegando al sensor Cognex^{MR}. Incluso se contempló la posibilidad de añadir una fuente de iluminación externa, sin embargo, debido a los costos que implica la requisición de material adicional, se prefirió trabajar sin iluminación extra.

Usando el programa CheckMate 1.6 a ambas cámaras se les programaron dos tareas: una para piezas izquierdas y una para piezas derechas. Las cámaras pueden ser programadas hasta para dieciséis tareas, pero en este caso sólo fueron necesarios los dos primeros lugares de memoria; el primero corresponde a la tarea encargada del análisis de piezas derechas (que se sitúan en los soportes izquierdos –viendo de frente a la mesa poka-yoke-), mientras que el segundo lugar de memoria se destinó para la tarea a la cual compete la inspección de piezas izquierdas. La asignación de las tareas fue la misma en ambos sensores Cognex^{MR} y el cambio de tarea se realiza externamente de forma simultánea en las dos cámaras mediante una entrada seleccionadora de tareas y un pulso de cambio de tarea, ambas señales a 24V DC.

Los parámetros configurados, que a continuación se enlistan, fueron similares en todos los programas:

- Se determinó una dirección horizontal de la máquina con una velocidad de 26mm/s, que corresponde a una configuración muy lenta, lo cual consideramos adecuado debido a que las piezas evaluadas no estarían en movimiento.
- El campo de visión en dirección de la máquina fue de 125mm para la cámara inferior y para la cámara que evalúa la tuerca M14 se estableció en 65mm. En ambos casos se optó por usar la iluminación propia del sensor con ajuste automático.
- Se eligió la opción de disparador de pieza externo (entrada externa) sin retardo.
- No se creó un sensor de localización.
- Se crearon los sensores de inspección necesarios alrededor de las zonas donde se encuentran las tuercas. Sobre este punto se ahondará más adelante.
- Se determinó la salida 0 como “Pieza no apta” y la salida 1 como “Pieza apta”, con retardos de 101 y 100ms respectivamente (valores de fábrica) y ambas salidas con duraciones de 3s.
- Se determinó grabar las “Piezas no aptas más recientes”, mientras se ejecutaran las tareas.

En lo que respecta a los sensores de inspección, tras hacer varias pruebas antes y después de haber instalado las cámaras se determinó que fueran del tipo sensor de patrones y sensor de contraste. En un principio se pensó que el sensor de patrones sería el único e idóneo sensor de inspección necesario para llevar a cabo la inspección de las piezas, sin embargo no fue así. El sensor no podía distinguir entre una pieza con tuercas soldadas de una pieza a la que le faltaba una o varias tuercas. Lo que pasaba es que al sensor le hacía interferencia la presencia de los barrenos sobre los cuales se sueldan las tuercas, mismos que siempre están haya o no tuerca soldada. Fue así que se decidió tratar de detectar el borde de las tuercas, tarea para la cual resultó más conveniente usar los sensores de contraste.

El anexo I contiene la hoja de especificaciones de los sensores 101 Cognex^{MR}, mientras que en el anexo II se muestran algunas imágenes obtenidas con las cámaras, imágenes con

las cuales se estuvo trabajando. En la tabla que se muestra a continuación se presentan de manera sucinta los parámetros con los cuales se programaron los sensores.

Tabla de parámetros para los programas de las cámaras Cognex	
Parámetro	Valor
Velocidad de la máquina	Horizontal, 26 mm/s
Campo de visión en la dirección de la máquina	125 mm (@ M12-M10) 65 mm (@ M14)
Disparo	Externo sin retardo
Sensor de localización de piezas	Deshabilitado
Sensores de inspección	De patrones y de contraste.
Salida 0	Pieza no apta, 3s y 101ms de retardo
Salida 1	Pieza apta, 3s y 100ms de retardo

6.2 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA MESA POKA-YOKE

La estructura que sostiene tanto a la pieza como a al sensor Cognex^{MR} se diseñó como una mesa sobre cuya superficie se encuentran cuatro soportes para los orificios elípticos de las piezas Center Bracket, dos para las piezas izquierdas y dos para las piezas derechas; al centro se encuentra un tercer soporte, común para los dos tipos de pieza, que recibe la parte con el doblez. En este último soporte se fijó un sensor inductivo para detectar la presencia de pieza. Se realizaron dos bases, una para la cámara inferior y otra para el pistón que desplazaría a la segunda cámara; la primera con una inclinación de 18° aproximadamente y la del pistón con una inclinación de 70° respecto al plano de la mesa. Además se hizo un soporte para sujetar la cámara que iría en el pistón. Los empotramientos, soportes de las piezas, se hicieron tomando en consideración la distancia de trabajo de la cámara inferior. Para ubicar la segunda cámara se privilegió el libre desplazamiento del pistón a la distancia de trabajo correspondiente.

Se agregó un techo y tres paredes de lámina a la estructura para disminuir la interferencia producto de la iluminación a 60Hz que existe en la planta.

La construcción fue delegada en su mayor parte a la empresa Tamic y se realizó en tres semanas con un costo de 14000 pesos aproximadamente.

En el Anexo II se pueden observar fotos de la mesa poka-yoke y la estación de soldadura.

6.3 PROGRAMACIÓN DEL PLC Y EL PANEL VIEW

Para controlar el funcionamiento del dispositivo poka-yoke se utilizó el mismo PLC que controla la máquina de soldadura de la pieza Center Bracket, para este fin fue necesario habilitar tres entradas a 24V DC; una para detectar pieza presente mediante un sensor inductivo, otra para detectar retracción del pistón y una tercera entrada para detectar la extensión del pistón, éstas dos últimas utilizando sensores magnéticos. También hubo que dar de alta tres salidas a 24V DC; una para seleccionar el trabajo deseado, otra para realizar el cambio deseado a través de un pulso y la última para disparar la cámara de manera externa. Además hubo que instalar una salida a 115V AC para controlar una electroválvula de cuatro vías y dos posiciones que se encarga de accionar al pistón sobre el cual va montada la cámara del lente de 5.8mm.

Usando el programa RSLogix 500 versión 7.10.00 se añadió el diagrama en escalera LAD 10- POKAYOKE al programa del PLC de la estación de soldadura, este diagrama contiene la mayor parte de la lógica de control de la mesa poka-yoke:

- Determinación de la tarea (“Job”) de los sensores Cognex, de acuerdo a la pieza que se trabaje.
- Envío del pulso de cambio de tarea a la cámara tras configurar la máquina de soldadura para un cambio de trabajo.
- Extensión y retracción del pistón para colocar el sensor de análisis de la tuerca M14.
- Condiciones para inspeccionar la pieza.
- Emisión del pulso de disparo para tomar imagen.
- Clasificación de piezas.

Para obtener las condiciones de paro deseadas producto de la incorporación de la inspección en el Poka-yoke, en el diagrama de escalera LAD 2 – MAIN se modificó el peldaño 0010 añadiéndose las condiciones “LATCH PIECE CHANGE”, “DETECTED PIECE IN POKAYOKE”, “PIECE COUNTER ENABLE” y “WRONG PIECE PKYK PANEL VIEW” que determinan la variable “CYCLE IN PROGRESS”. Si esta última se hace falsa el proceso de soldadura se interrumpe.

Al estar trabajando con la máquina se observó que ésta continuaba con el proceso pese a no estar presente la tuerca M10, por lo que en el diagrama de escalera LAD 5 – FAULTS se agregó una condición más (OR), que contiene las variables “CYCLE IN PROGRESS”,

“INTENSIFY GUN #3 SOL”, “GUN #3 WELD COMPLETE”, “10M NUT PRESENT SENSOR”, con lo que se logra detener el proceso de soldadura y desplegar la alarma correspondiente en el PanelView cuando se detecta la falta de presencia de tuerca M10.

En el mismo diagrama en escalera, LAD 5 – FAULTS, se modificó el peldaño 0015 y se agregaron cuatro escalones más (0016-0019). Esto con la finalidad de gestionar en el PanelView los distintos tipos de alarma por falta de tuerca: ya sea si es producto de los sensores internos sujetos a los electrodos o por la inspección que tiene lugar en la mesa poka-yoke.

Aunado a las modificaciones hechas en el programa del PLC también fue necesario hacer modificaciones en el PanelView. Usando el programa PanelBuilder32 versión 03.82.01 se modificaron las pantallas “MAIN” y “FAULT-RST”, además se agregó la pantalla de confirmación para reestablecer las alarmas y se agregaron los conteos de piezas buenas y malas sensadas en el poka-yoke. Lo anterior con la finalidad de agilizar el procedimiento de reestablecimiento, ya que en un principio el operador debía seleccionar dos pantallas para luego ingresar una contraseña y acceder a una tercera pantalla donde se limpiaban las fallas. Con las modificaciones hechas tanto en pantallas como en direccionamiento de secuencias, el operador sólo selecciona una pantalla e inmediatamente puede reestablecer las fallas tras confirmar la acción, sean fallas por falta de tuerca al momento de soldar o detección de pieza defectuosa en la mesa poka-yoke. En el Anexo III se muestra el diagrama de escalera LAD 10- POKAYOKE y figuras con comparaciones antes y después de los distintos travesaños que sufrieron alguna modificación, así como las pantallas generadas en la terminal gráfica. El proceso de selección de inspección así como el proceso de inspección en sí y de clasificación se muestran en los diagramas de bloques que se muestran a continuación, figura 1 y figura 2.

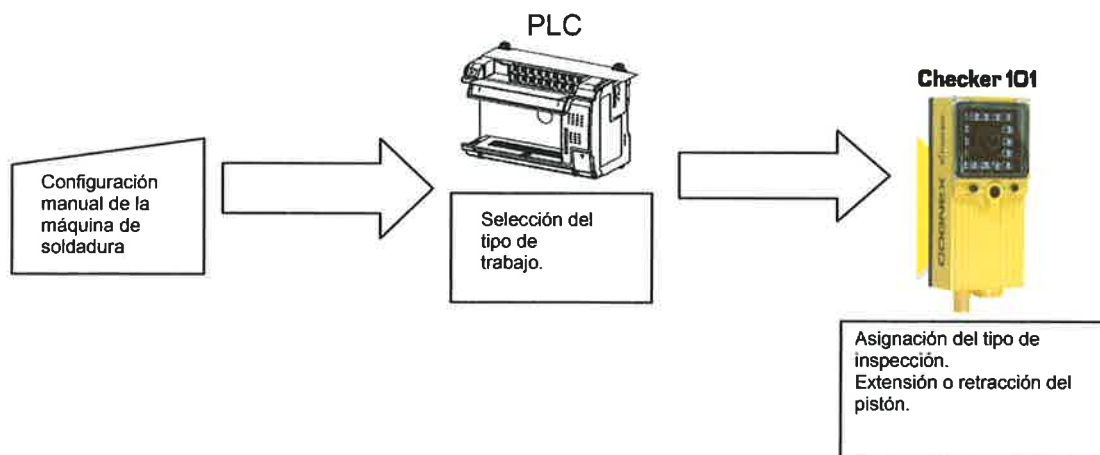


Fig. 1 Diagrama de bloques para seleccionar el tipo de inspección en los sensores Cognex^{MR}.

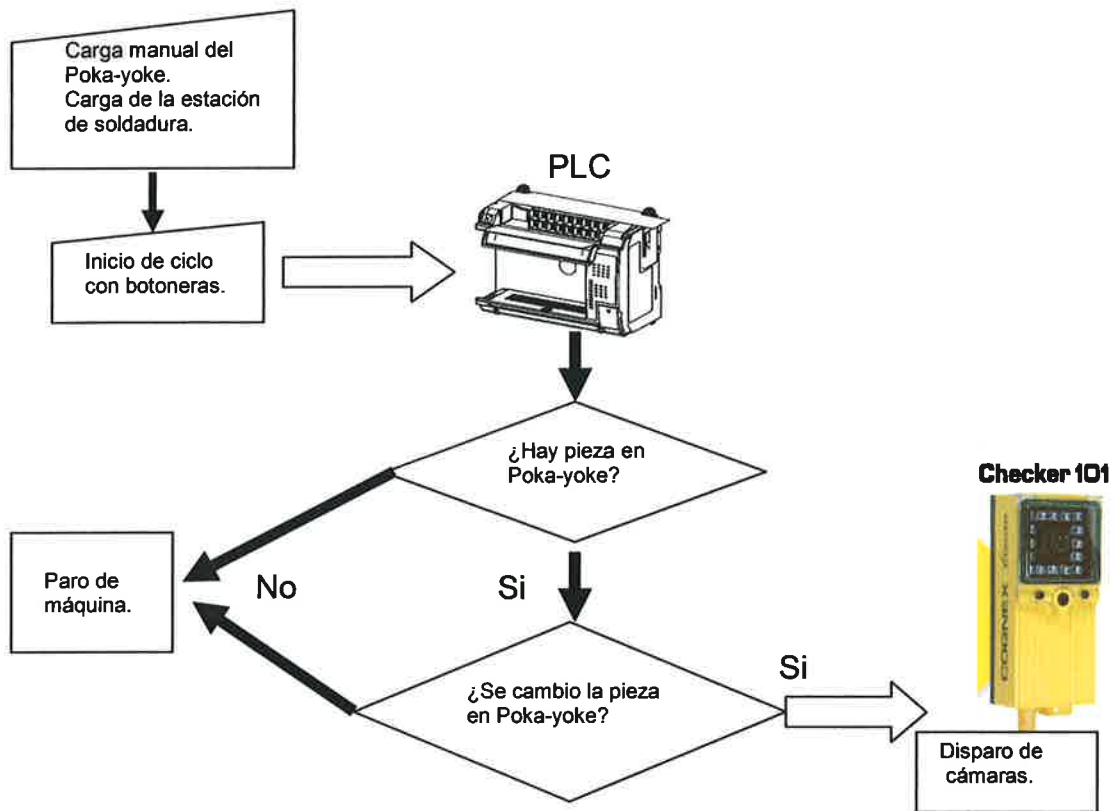


Fig. 2.a Diagrama de bloques para que la cámara realice una inspección.

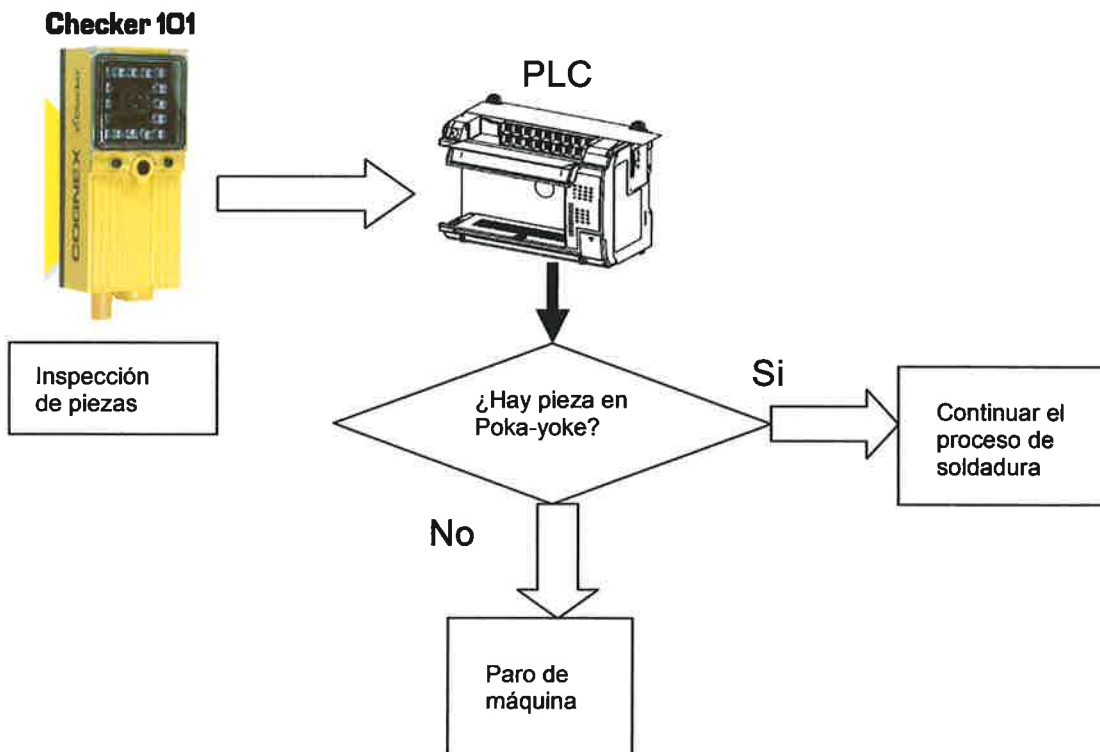


Fig. 2.b Inspección y clasificación de las piezas.

7. RESULTADOS

7.1 1^{ERA} CORRIDA DE PRUEBA

Ya instalado el equipo y realizadas todas las conexiones pertinentes, en una primera corrida de prueba, un operador trabajó con la máquina de soldadura acabando alrededor de 80 piezas de las cuales siete se soldaron defectuosamente, tres sin tuerca y cuatro con tuerca invertida, todas esas piezas defectuosas se probaron en la mesa poka-yoke. Las tres piezas a las que les faltaba una tuerca se clasificaron correctamente como piezas defectuosas, sin embargo sólo una pieza con tuerca invertida fue clasificada adecuadamente como pieza incorrecta, las otras tres se clasificaron incorrectamente como piezas aptas. También se observó que la máquina se paró alrededor de dieciocho veces por falta de tuerca al momento de soldar, producto de una falla en la alimentación cuando alguno de los pistones colocadores intentaba situar alguna tuerca, lo que remitía a una alarma en la terminal gráfica que debía reestablecerse. El resto de las piezas que se soldaron adecuadamente, alrededor de setenta, se inspeccionaron con el dispositivo poka-yoke clasificando incorrectamente diez piezas, dándose por malas piezas buenas (error tipo alfa). Con tales observaciones, un porcentaje de errores alfa muy alto, se determinó que se había realizado una mala calibración de los sensores Cognex^{MR}.

7.2 2^{DA} CORRIDA DE PRUEBA

Tras recalibrar y redefinir los sensores de inspección de las cámaras se realizó una segunda corrida de prueba. Esta vez se trabajaron alrededor de doscientas setenta piezas de las cuales aproximadamente veinticinco fueron soldadas con tuercas invertidas o les faltó por soldar alguna tuerca, siendo detectadas todas esas piezas defectuosas por el operador. En esta ocasión todas las piezas con tuercas invertidas fueron clasificadas incorrectamente como piezas aptas y todas las piezas con tuercas faltantes fueron clasificadas adecuadamente como piezas defectuosas. En cuanto a la clasificación del resto de las piezas terminadas que se inspeccionaron en el poka-yoke, todas piezas aptas, aproximadamente doscientas cuarenta y cinco, hubo una mejora considerable: sólo cuatro piezas fueron clasificadas incorrectamente determinándose que se trataba de piezas malas cuando en realidad eran buenas; error tipo I o alfa. En esta ocasión se determinó que el

error se debía a determinadas orientaciones de las tuercas, de una mala posición en los soportes o de variaciones en las tuercas como manchas, suciedad o raspaduras.

7.3 MODIFICACIONES A LA SECUENCIA DE OPERACIONES Y CONDICIONES DE PARO

A la secuencia de operaciones para la carga del operado se le adicionó un paso, el tercero, quedando de la siguiente forma:

- I) El operador carga una sola pieza dentro del lado izquierdo del empotramiento y coloca una sola tuerca M14.
- II) El operador carga una sola pieza dentro del lado derecho del empotramiento para dos tuercas M12 y una tuerca de M10.
- III) El operador coloca una pieza terminada, izquierda o derecha, según sea la corrida de trabajo, en la mesa poka-yoke con las tuercas del lado de los sensores. (Nueva operación)
- IV) El operador activa la secuencia presionando con sus dedos los botones de contacto. El operador debe mantener el contacto con los botones mientras la puerta se eleva.

El resto de las operaciones tanto en el lado derecho como en el izquierdo de la estación, así como en lo que respecta a la configuración de la máquina para el tipo de trabajo permanecieron sin cambios.

Las condiciones de paro de la mesa poka-yoke por las cuales la estación de soldadura no trabajará cuando el operador oprima las dos botonerías son las siguientes:

- I) La falta de detección de pieza en Pokayoke, sensor “DETECTED PIECE IN POKAYOKE” (I:7/14).
- II) No cambiar de pieza para inspeccionar cada vez que la máquina termina un ciclo de soldadura, es decir, se debe evaluar cada pieza terminada en la mesa de inspección.
- III) Detección de una pieza defectuosa en la mesa de inspección poka-yoke. Se desplegará un mensaje de alarma en el PanelView para que desde el mismo PanelView se reestablezca la máquina presionando los botones como se indica a continuación: “GoTo RST F4” → “RESET” → “SI” (ver secuencia de pantallas, Anexo III). El operario deberá de poner una pieza libre de fallas en la mesa de inspección para que la máquina trabaje con normalidad.

8. CONCLUSIONES

El dispositivo poka-yoke cumple con el requerimiento mínimo de detectar la presencia de las cuatro tuercas soldadas en las piezas Center Bracket derecha e izquierda. La orientación de las tuercas sólo afecta en casos específicos, dificultando la clasificación pero no imposibilita por completo la inspección de la pieza.

La mesa poka-yoke puede ser mejorada en dos aspectos:

1. Inclinando más ambas cámaras respecto a las tuercas que buscan inspeccionar, haciendo más efectivas las funciones de los sensores de inspección. La inspección de los sensores de contraste será más efectiva porque podrán ser colocados con mayor libertad en un área más grande; y la de los sensores de patrones porque los barrenos quedarán ocultos cuando haya tuercas y porque estos barrenos se exhibirán cuando las tuercas falten, haciendo una clara diferencia entre una pieza apta y una no apta.
2. Agregando fuentes de luz externa a ambos lados de las piezas inspeccionadas, ya que actualmente la zona donde se ubica la tuerca M10, tanto en piezas izquierdas como derechas, queda un poco oscura, brindando una imagen homogénea que dificulta el funcionamiento de los sensores de contraste.

También considero, por motivos de mantenimiento, que hubiera sido mejor situar ambas cámaras arriba de las partes que inspeccionan, ya que así corren menos riesgo de ser golpeadas accidentalmente cuando el operador manipule las piezas.

Los errores como inversión de la tuerca soldada, cambio de posición entre las tuercas y la medición de excentricidad entre las tuercas y los barrenos, no pueden ser detectados satisfactoriamente con los sensores 101 Cognex^{MR}.

También después de observar que la mayoría de los malfuncionamientos que se presentan durante la operación de la máquina de soldadura son relativos a la alimentación de las tuercas se recomienda una revisión minuciosa de dicho sistema.

9. BIBLIOGRAFIA

[1] <http://www.flex-n-gate.com/>

[2] Documentación de la máquina de soldadura “Center Bracket GM” consultada en la planta Flex-N-Gate México.

[3] <http://en.wikipedia.org/wiki/Poka-yoke>

[4] <http://www.public.iastate.edu/~vardeman/IE361/f02mini/bumblauskas.pdf>

[5] http://elsmar.com/pdf_files/Poka_yoke_B.pdf

[6] http://www.autovis.com/courses/Fundamentals1/Presentation_Files/index.html

[7] <http://www.shortcourses.com/how/sensors/sensors.htm>

[8] [http://vsd.pennnet.com/articles/article_display.cfm?Section=ARCHI&C=Feat&ARTICLE_ID=243810&KEYWORDS=illumination&p=19\[W\]](http://vsd.pennnet.com/articles/article_display.cfm?Section=ARCHI&C=Feat&ARTICLE_ID=243810&KEYWORDS=illumination&p=19[W])

[9] [http://vsd.pennnet.com/articles/article_display.cfm?Section=ARCHI&C=Feat&ARTICLE_ID=52151&KEYWORDS=illumination&p=19\[\]](http://vsd.pennnet.com/articles/article_display.cfm?Section=ARCHI&C=Feat&ARTICLE_ID=52151&KEYWORDS=illumination&p=19[])

*Todos los sitios web fueron consultados entre el 10 y el 13 de julio de 2007.

10. ANEXOS

ANEXO I

Referencia rápida de los sensores 101 Cognex^{MR}

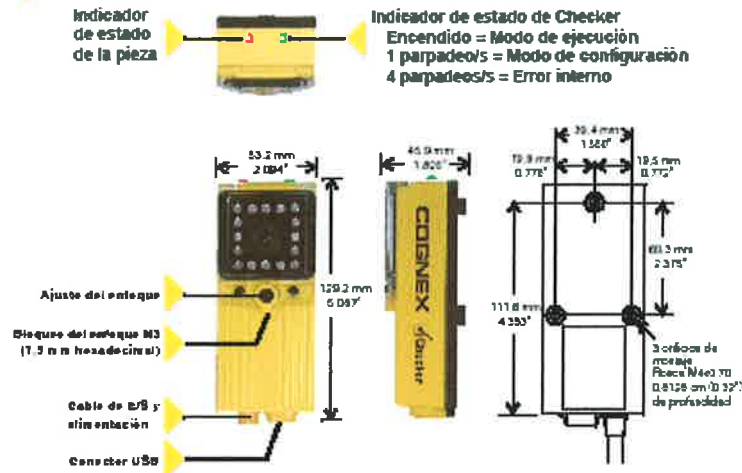
Acerca de Checker™

- Checar es el sensor.
- CheckMate™ es el software que se ejecuta en su PC. CheckMate se utiliza para configurar al dispositivo Checker.

Requisitos mínimos de su PC

- Microsoft Windows® 2000 SP3 o Windows XP
- Procesador Pentium® III a 400 MHz
- 128 MB de memoria RAM
- USB versión 1.1
- Pantalla con una resolución de 1.024 X 768 píxeles

Descripción física



Primeros pasos

1 Instalación del software CheckMate

1. Inserte el CD-ROM de CheckMate en la unidad de CD-ROM de su PC. El programa de instalación de CheckMate se iniciará automáticamente. Para poder instalar CheckMate es necesario disponer de privilegios de Administrador en su PC.
2. Para instalar CheckMate siga las instrucciones que aparezcan en la pantalla.

2 Instalación del sensor Checker

1. Monte al dispositivo Checker con 3 tornillos M4x1.70. La instalación debe proporcionar una conexión a tierra adecuada.

! El dispositivo Checker incluye tres juegos de tornillos de montaje de diferentes longitudes. Elija la longitud más adecuada para su montaje. Si se utiliza un tornillo de montaje demasiado largo, el dispositivo Checker puede resultar dañado. La profundidad de la roca del orificio de montaje debe ser de 8.1 mm (0.32").

2. Conecte la fuente de alimentación de 24 VCC según se indica en la sección Conexión del dispositivo Checker.
3. Conecte el dispositivo Checker a su PC mediante el cable USB incluido.
4. Conecte los dispositivos de entrada y salida según se indica en el apartado Conexión del dispositivo Checker.

3 Iniciar el software CheckMate

Inicie CheckMate haciendo doble clic en su ícono. La primera vez que inicie CheckMate, es posible que su PC tarde unos instantes en detectar la presencia del dispositivo Checker.



Configuración de una tarea

Una tarea del dispositivo Checker contiene toda la información que éste necesita para verificar una pieza. Para configurar una tarea en el dispositivo Checker basta con realizar cuatro sencillos pasos mediante el software CheckMate.

1 Comienzo

- Cree una nueva tarea.
- Introduzca la velocidad y dirección de la línea de producción.
- Coloque una regla a la misma distancia del dispositivo Checker a la que se encontrará la pieza e introduzca el tamaño del campo de visión de dicho dispositivo.
Si especifica que la dirección de la máquina es horizontal, este tamaño corresponderá a la distancia entre los límites izquierdo y derecho del campo de visión del dispositivo Checker; si especifica que la dirección de la máquina es vertical, el tamaño corresponderá a la distancia entre los límites superior e inferior de dicho campo.
- Ajuste el brillo de la imagen y enfoque la pieza con el dispositivo Checker.

! El dispositivo Checker se suministra con el enfoque desbloqueado. Si en algún momento abrió el bloqueo del enfoque, ajústelo antes de ajustarla.

2 Detectar la pieza

Para que el dispositivo Checker pueda inspeccionar una pieza, primero debe detectar la presencia de ésta. El dispositivo Checker puede detectar una pieza de tres maneras:

- 1 Mediante un sensor de localización de piezas. Simplemente, cree un sensor de localización de piezas y sujelo sobre alguna característica de la pieza que siempre está presente, tanto en piezas correctas como en piezas defectuosas.
- 2 Mediante un sensor fotoeléctrico externo que indique al dispositivo Checker que la pieza está presente. El dispositivo Checker utiliza el flanco ascendente de la señal de entrada.
- 3 Puede utilizar el modo de ejecución libre para inspeccionar piezas sin interrupción.

! Si utiliza un sensor fotoeléctrico externo o el modo de ejecución libre, también puede usar un sensor de localización de piezas. Si utiliza un sensor de localización de piezas con un sensor fotoeléctrico externo o el modo de ejecución libre, dicho sensor de localización de piezas debe detectar la pieza antes de que el dispositivo Checker la inspeccione.

3 Inspeccionar la pieza

Cree un sensor de inspección por cada característica de la pieza que desea verificar. El resultado proporcionado por un sensor de inspección puede ser apta o no apta la pieza. Para que el dispositivo Checker acepte una pieza, todos los sensores de inspección deben comunicar el resultado apta. Si el resultado de cualquier sensor de inspección es no apta, el dispositivo Checker rechazará la pieza.

El dispositivo Checker ofrece tres tipos de sensores de inspección: sensores de luminosidad, que detectan las propiedades de luminosidad; sensores de contraste, que detectan propiedades de alto contraste, y sensores de patrones, detectan patrones de coincidencia.



Para crear un sensor de inspección, haga clic en la característica que desea verificar y ajuste el umbral de activación del sensor de modo que las piezas correctas se encuentren por encima de dicho umbral y las defectuosas por debajo del mismo. Ajuste el rango y la sensibilidad de los sensores de brillo y contraste hasta que distingam de forma óptima las piezas correctas de las defectuosas.

! Puede invertir el resultado de cualquier sensor de inspección si necesita detectar características de oscuridad en lugar de características de luminosidad, características de bajo contraste en lugar de características de alto contraste o patrones de discordancia en lugar de patrones de coincidencia.

Si en la tarea se emplea un sensor de localización de piezas, el dispositivo Checker volverá a colocar automáticamente todos los sensores de inspección en función del lugar donde haya encontrado la pieza en la imagen.

4 Configuración de las salidas, comprobación y ejecución

El dispositivo Checker dispone de dos líneas de salida que puede configurar el propio usuario: **Salida 0** y **Salida 1**. Puede configurar el dispositivo Checker para que ante una señal por cualquiera de las dos líneas cuando detecte, acepte o rechace una pieza, o bien puede desactivar la línea de salida.

Pruebe la tarea a la velocidad de producción para asegurarse de que las piezas correctas sean aceptadas y las defectuosas rechazadas. Una vez efectuada la comprobación, ajuste la temporización de las señales de salida de la tarea según estime oportuno. No se olvide de guardar la tarea, en el dispositivo Checker y en su PC, antes de desconectar estos dos equipos.

Para poner el dispositivo Checker a trabajar, active el modo de ejecución, desconecte el cable USB y vuelva a colocar la cubierta de goma en el conector USB.

Conexión del dispositivo Checker

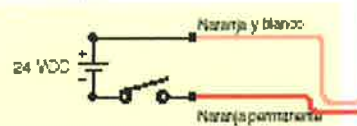
Alimentación

Tensión: +24 VDC (23-26 VDC)
Corriente: 200 mA máx.



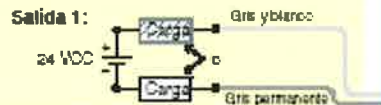
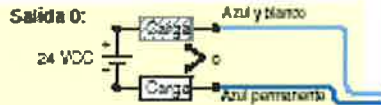
Entrada del disparador de pieza externo

Disparador activado: > 8 VDC (≥3 mA)
Disparador desactivado: < 2 VDC (≤1.5 mA)
Protección: aparcamiento independiente de la polaridad



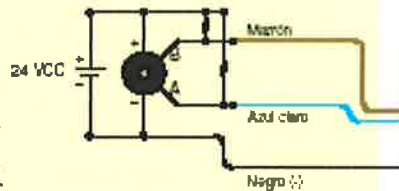
Salida 0 y Salida 1

Salida: interruptor de estado sólido
Valores nominales del interruptor: 100 mA, 24 VDC máx.
Caída de tensión máx.: 3.5 VDC con 100 mA
Corriente de pérdida máxima en estado apagado: 200 µA
Carga máx.: 100 mA
Protección: aparcamiento y protección contra cortocircuitos, sobrecorrientes y polaridad invertida



Entradas del codificador (sólo en el modelo Checker 101E)

Tipo: incremental, en cuadratura de codificación
4X, colector abierto
Codificador activado: > 14 VDC
Codificador desactivado: < 5 VDC
Requisitos: seleccionar la carga para que la corriente sea sólo en el 50% del valor máximo del codificador. Conecte la terna de hilos del codificador al hub de color negro del dispositivo Checker.
Entradas: Marrón Entrada 0, Azul claro: Entrada 1.
El primer pulso en la Entrada 0 inicia al contador positivo del codificador.
Nota: la mayoría de los codificadores transmiten al primer pulso a la posición '0' para rotar en el sentido de las agujas del reloj.

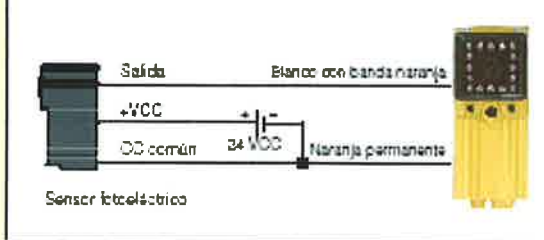


Ejemplos

Conexión del dispositivo a un módulo PLC

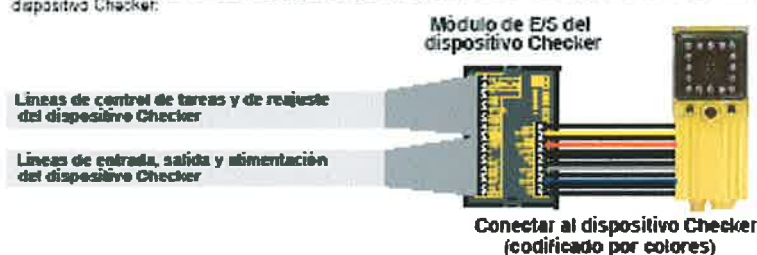


Uso de un sensor fotoeléctrico como disparador externo



Módulo de E/S del dispositivo Checker

El módulo de E/S del dispositivo Checker, opcional (CKR-ICB00-101) permite conmutar entre las tareas guardadas de dicho dispositivo y realizar un nuevo ajuste de sus sensores mientras está funcionando. Este módulo también dispone de un bloque de terminales que permite conectar otros dispositivos a las líneas de E/S estándar del dispositivo Checker. La siguiente figura proporciona información general del módulo de E/S del dispositivo Checker.



Distancia de trabajo y campo de visión

La distancia desde la tapa de la lente del dispositivo Checker hasta la pieza se denomina distancia de trabajo. El campo de visión abarca todo lo que dicho dispositivo puede ver a esa distancia. Para poder verificar cualquier pieza, el dispositivo Checker necesita ver una porción suficientemente grande de la misma y con un nivel de detalle adecuado. Si la lente estándar no permite al dispositivo Checker realizar esta tarea, Cognex ofrece un juego de lentes adicionales (CKLENSKIT-101-00) a un precio asequible. Las tablas siguientes muestran los rangos de distancias de trabajo y campos de visión de las lentes disponibles:

		Campo de visión (pulgadas)			
		Lente de 16 mm	Lente de 8 mm	Lente de 5,8 mm (estándar)	Lente de 3,6 mm
Distancia de trabajo (pulgadas)	3	0,45 x 0,95	0,94 x 0,78	1,8 x 1,0	2,3 x 1,8
	6	0,91 x 0,71	1,9 x 1,5	2,7 x 2,1	4,6 x 3,6
	9	1,4 x 1,1	2,8 x 2,2	4,0 x 3,1	6,9 x 5,4
	12	1,8 x 1,4	3,8 x 2,9	5,8 x 4,1	9,2 x 7,1
	18	2,7 x 2,1	5,6 x 4,4	8,0 x 6,2	13,9 x 10,7
	24	3,7 x 2,8	7,5 x 5,8	10,7 x 8,2	18,5 x 14,8
	30	4,5 x 3,5	9,4 x 7,3	13,3 x 10,3	23,1 x 17,9

		Campo de visión (mm)			
		Lente de 16 mm	Lente de 8 mm	Lente de 5,8 mm (estándar)	Lente de 3,6 mm
Distancia de trabajo (mm)	75	11 x 9	24 x 18	33 x 25	58 x 45
	150	23 x 18	47 x 36	67 x 51	115 x 89
	250	38 x 29	76 x 61	111 x 86	192 x 149
	400	61 x 47	125 x 97	178 x 137	308 x 238
	600	91 x 71	188 x 146	266 x 206	462 x 357
	800	122 x 94	251 x 194	355 x 275	616 x 476
	1000	152 x 118	314 x 243	444 x 343	770 x 595

Optimización de la iluminación

La iluminación incorporada del dispositivo Checker está optimizada para distancias de trabajo comprendidas entre 75 y 375 mm (3 a 15 pulgadas). Dependiendo de la capacidad de reflexión de la pieza, puede ser necesario utilizar una fuente de iluminación externa para trabajar con distancias de trabajo mayores.

El dispositivo Checker se puede montar formando un determinado ángulo para reducir el brillo máximo y los reflejos de piezas reflectantes, tal y como se muestra a continuación:



Precauciones

A la hora de instalar el dispositivo Checker, tome estas precauciones para reducir el riesgo de lesiones y daños materiales:

- No utilice el dispositivo Checker en aplicaciones en las que una señal de salida incorrecta o ausente pueda causar daños personales.
- No ajuste el engraje del dispositivo Checker en presencia de piezas o equipos en movimiento.
- Utilice una fuente de alimentación homologada con una salida nominal de 24 VCC, 150 mA como mínimo y de Clase 2, denominada Fuente de alimentación limitada (LPS, Limited Power Source). La aplicación de cualquier otra tensión supone un riesgo de incendio o descarga eléctrica y puede dañar el dispositivo Checker.
- Para que el dispositivo Checker cumpla la norma de protección IP67, la cubierta de goma del conector USB debe estar totalmente insertada.
- No instale el dispositivo Checker en lugares donde quede expuesto a factores de riesgo medioambientales, como por ejemplo calor excesivo, humedad, impactos, vibraciones, sustancias corrosivas o inflamables, o electricidad estática.
- Para reducir el riesgo de daños o fallos de funcionamiento, banda todos los hilos y cables alejándolos de cualquier fuente de alta tensión.
- Los tornillos de montaje no deben llegar al fondo de los orificios. Si se utilizan tornillos demasiado largos, el dispositivo Checker puede resultar dañado.
- No modifique ni altere el dispositivo Checker. Cualquier tipo de manipulación anulará automáticamente la garantía.

Obtención de ayuda

Tiene a su disposición un servicio de soporte en línea a través de la dirección de Internet support.cognex.com, aunque también puede contactar directamente con Cognex:

Región	Teléfono	Correo electrónico directo
Northamérica	+1-800-693-6300	support.us@cognex.com
Japón	+81-3-5577-6400	support.jp@cognex.com
Europa	+33 1 4777 1550	support.eu@cognex.com

Información adicional

Cable (alimentación y ES)	24 AWG, 9.60 m, en espiral
Fusible de alimentación de 24 V	Fusible rearmable de 500 mA y 50 V capaz de recuperarse una vez eliminada una sobrecarga. Protege contra sobretensiones y cableados invertidos.
Fusible de salida	Fusible rearmable de 200 mA y 30 V capaz de recuperarse una vez eliminada una sobrecarga. Protege cada salida contra sobrecorrientes.
Peso	240 g (8.47 onzas)
Temperatura de funcionamiento	0° a 50 °C (32° a 122 °F)
Temperatura de almacenamiento	-30° a 80 °C (-22° a 176 °F)
Humedad de funcionamiento	0% - 90% sin condensación
Protección	IP67
Altitud máxima	2.000 metros
Impacto	80 Gs durante 5 ms en cada eje (según IEC 600-3-2)
Vibración	10-5s (10-500 Hz) a 100 M/s ² / 15 mm durante 2 horas en cada eje (según IEC 600-3-6)



NOTA: este equipo ha sido probado y ha superado las pruebas de cumplimiento de los límites establecidos en la Parte 15 de las normas FCC para dispositivos de dispositivos digitales de Clase A. Estos límites están diseñados para ofrecer una protección razonable contra interferencias perjudiciales cuando el dispositivo se utiliza en un entorno comercial. Este equipo genera, utiliza y puede emitir energía de radiofrecuencia, por lo que, si no se instala y utiliza de acuerdo con el manual de instrucciones, puede provocar interferencias perjudiciales en las comunicaciones. La utilización de este dispositivo en zonas restringidas probablemente produzca interferencias perjudiciales, que el usuario deberá eliminar por cuenta propia.

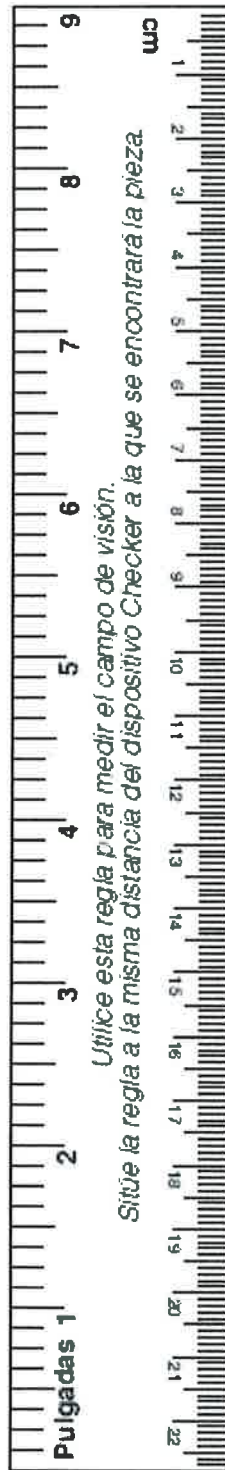
Copyright © 2008 Cognex Corporation. Reservados todos los derechos.

Queda totalmente prohibida la copia parcial o total de este documento, así como su transferencia a cualquier otro medio o traducción a cualquier otro idioma, sin el permiso escrito de Cognex Corporation.

El hardware y los componentes de software descritos en este documento pueden estar amparados por el hecho de ser patentes de EE.UU. inscritas en el sitio Web de Cognex (<http://www.cognex.com/patents.asp>). También hay otras patentes de EE.UU. y extranjeras pendientes.

Checker, CheckMate, Cognex y el logotipo de Cognex son marcas comerciales o marcas comerciales registradas de Cognex Corporation. Microsoft, Windows y el logotipo de Windows son marcas comerciales o marcas comerciales registradas de Microsoft Corporation en los Estados Unidos y/o en otros países.

520-6616-es



Utilice esta regla para medir el campo de visión.
Sitúe la regla a la misma distancia del dispositivo Checker a la que se encontrará la pieza.

ANEXO II

Fotos del Poka-yoke, estación de soldadura, piezas e imágenes de trabajo.

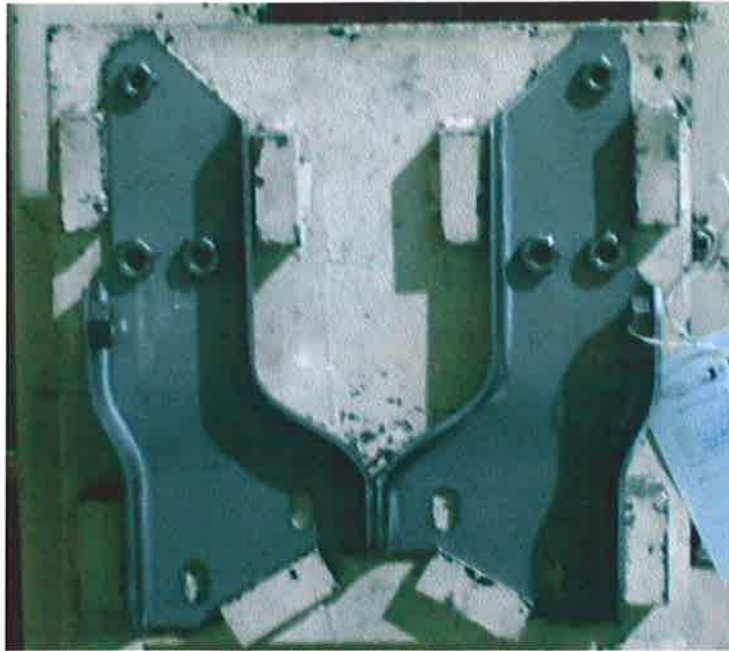


Fig. 3 Piezas Center Bracket derecha e izquierda.



Fig. 4 Estación de soldadura Center Bracket con mesa poka-yoke.



Fig. 5 **Poka-yoke Center Bracket GM.**

Imágenes usadas con los sensores.

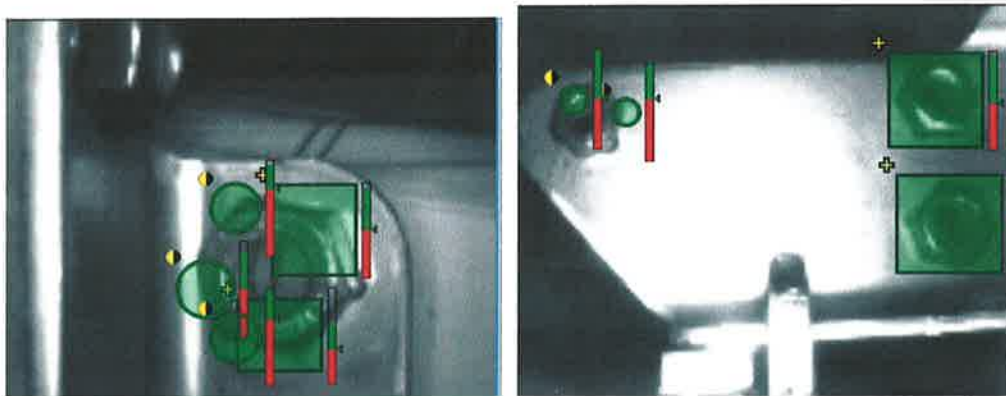


Fig. 6 a) Configuración de sensores de inspección en la tuerca M14 de la pieza izquierda. b) Configuración de los sensores de inspección para tuercas M12 y M10 del Center Bracket izquierdo.

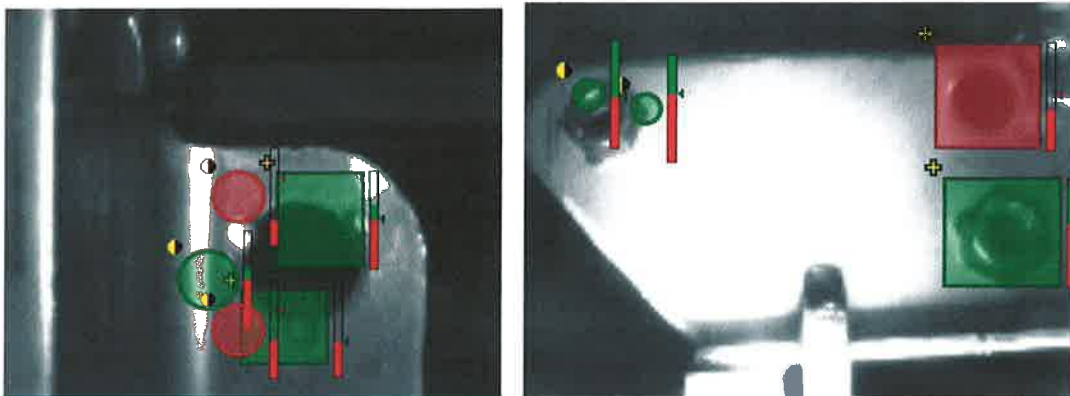


Fig. 7 a) Falta de tuerca M14 en pieza izquierda. b) Falta de una tuerca M12 en pieza izquierda.

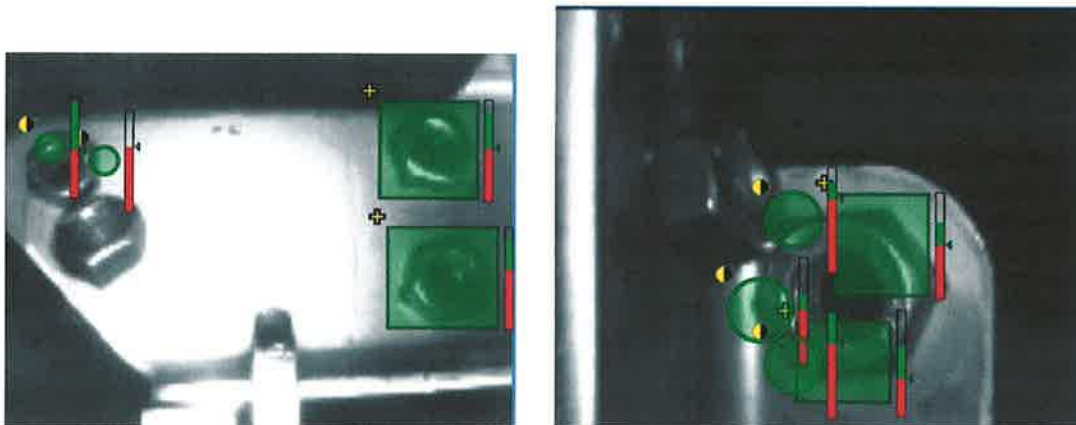


Fig. 8 a) y b) Algunos casos especiales de piezas defectuosas.

ANEXO III

Programación en escalera y pantallas del PanelView

Diagrama de escalera LAD 10- POKAYOKE

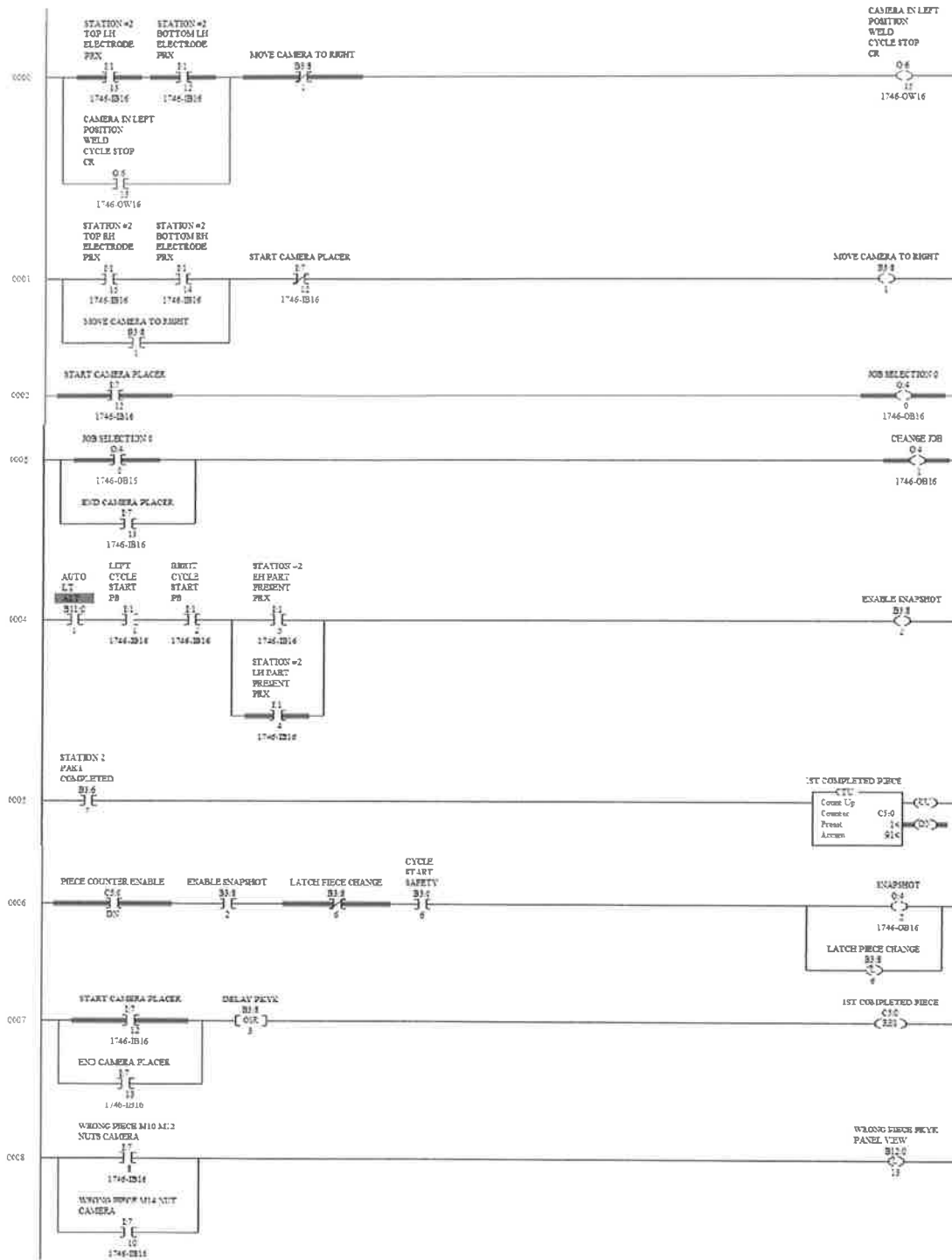


Fig. 9.a Diagrama de escalera LAD 10- POKAYOKE. Primera parte.

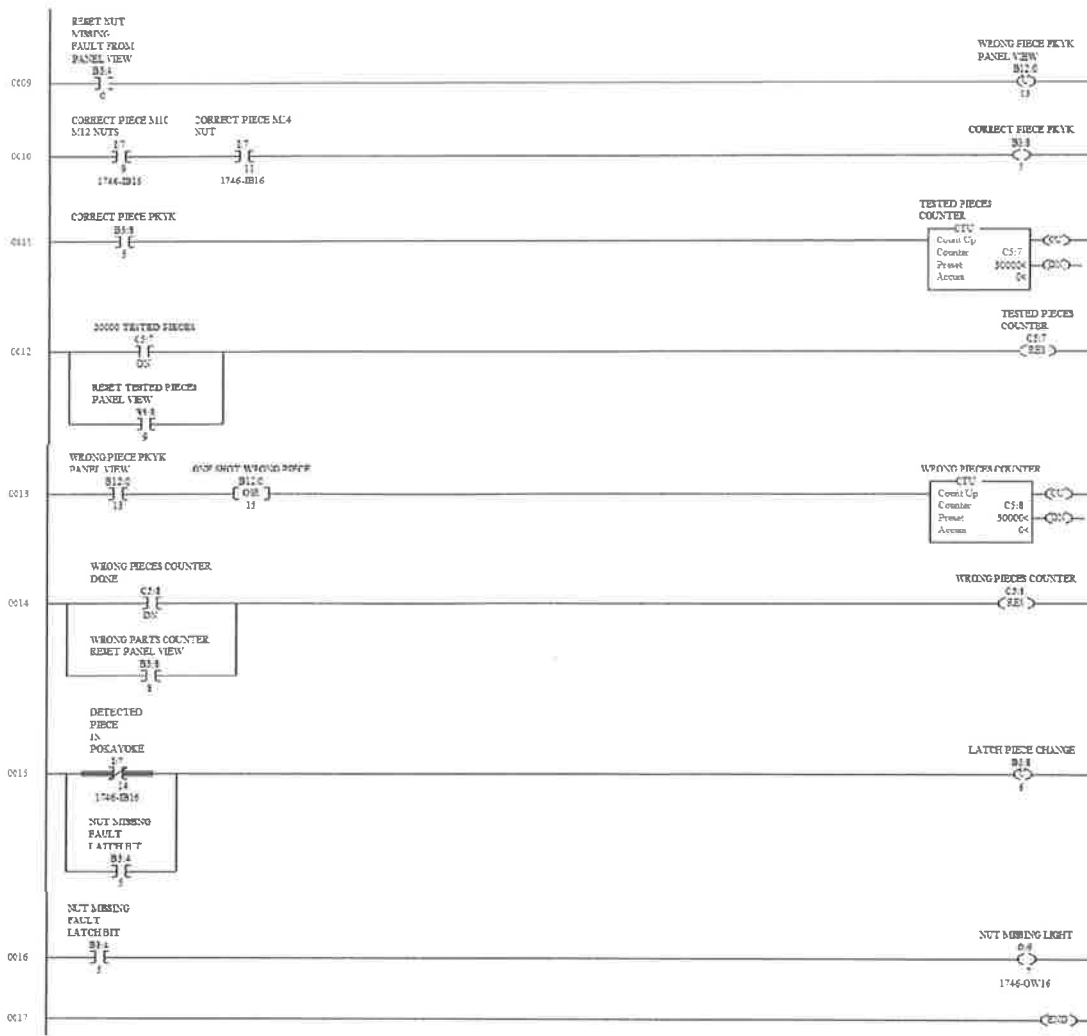


Fig. 9.b Diagrama en escalera LAD 10- POKAYOKE. Segunda parte.

Modificaciones en el travesaño 0010 del diagrama en escalera LAD 2 – MAIN.

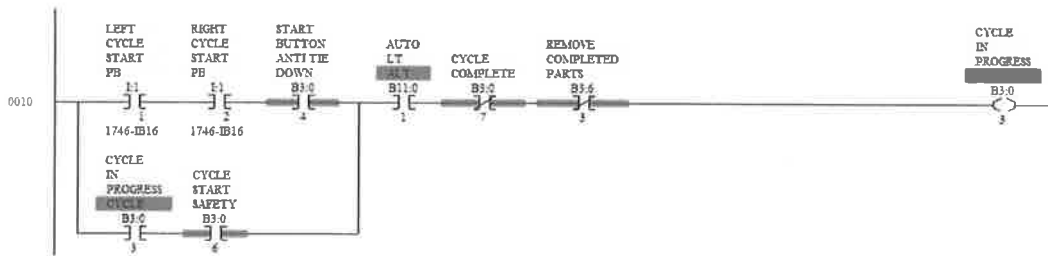


Fig. 10.a Escalón 0010 antes de ser modificado.

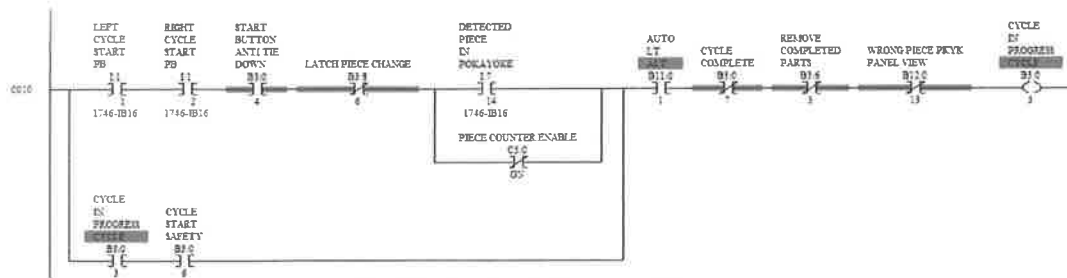


Fig. 10.b Escalón 0010 con modificaciones.

Modificaciones en el travesaño 0011 del diagrama en escalera LAD 5 – FAULTS.

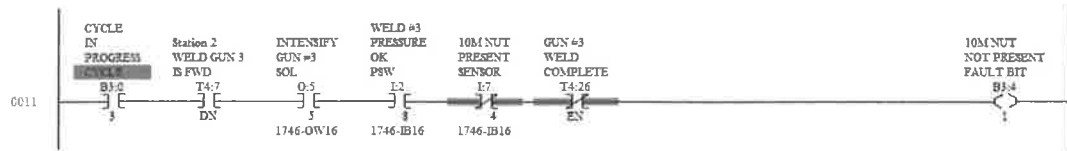


Fig. 11.a Peldaño sin modificaciones.

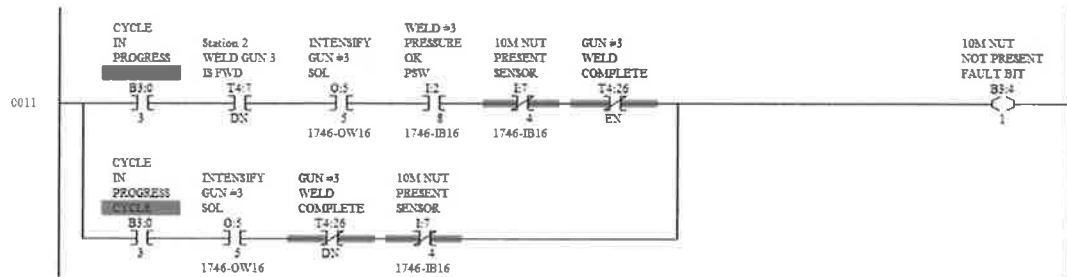


Fig. 11.b Escalón modificado.

Modificaciones en el travesaño 0014 e incorporación de nuevos escalones en el diagrama de escalera LAD 5 – FAULTS.

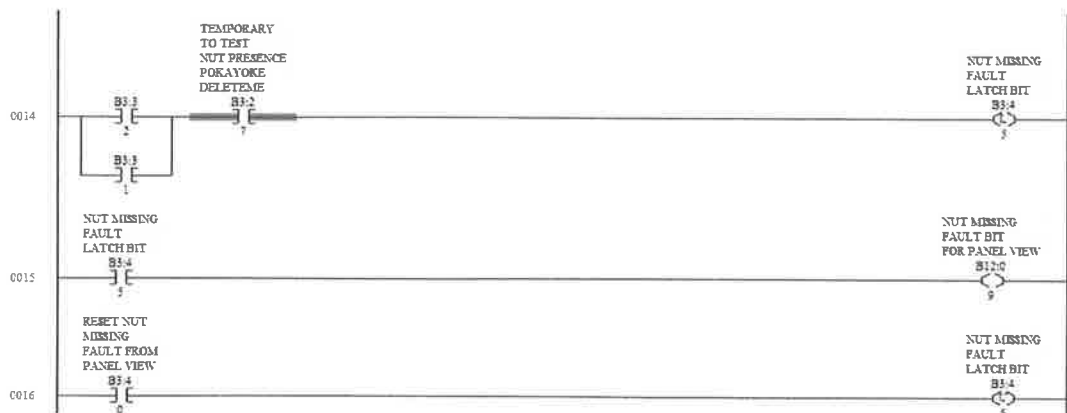


Fig. 12.a Antes de modificar.

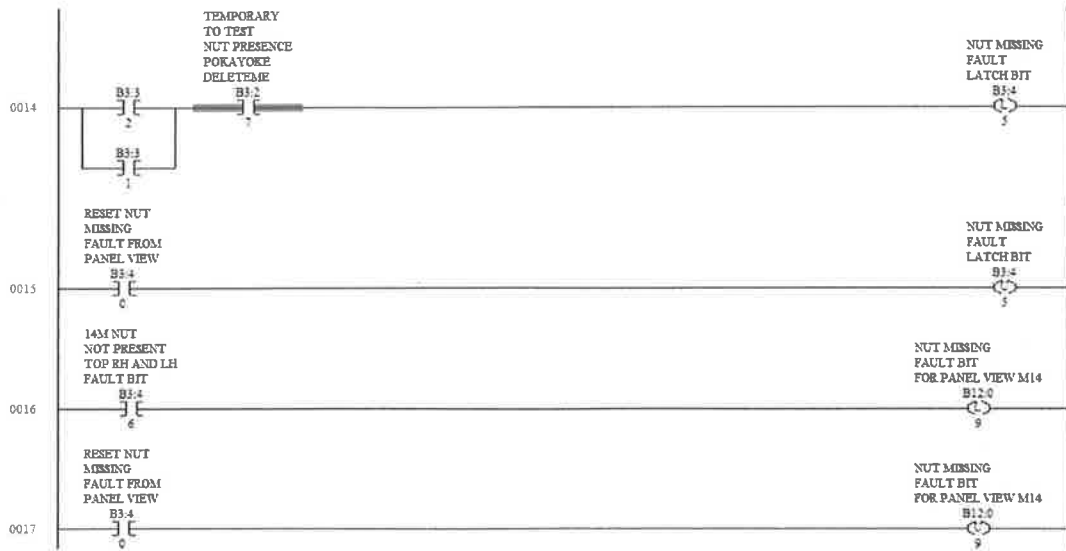


Fig. 12.b Modificaciones y anexión de nuevos travesaños.

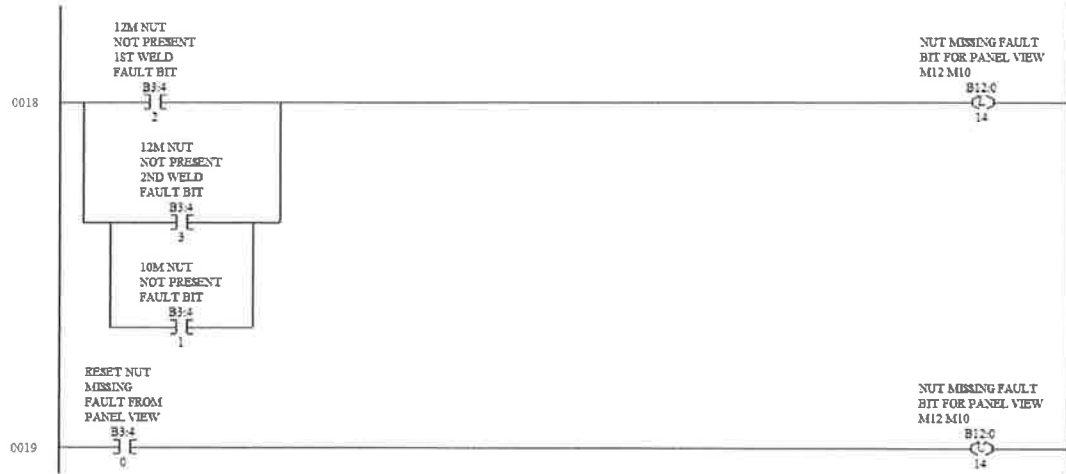


Fig. 12.c Nuevos peldaños.

Secuencia de pantallas para reestablecer una falla en el PanelView.

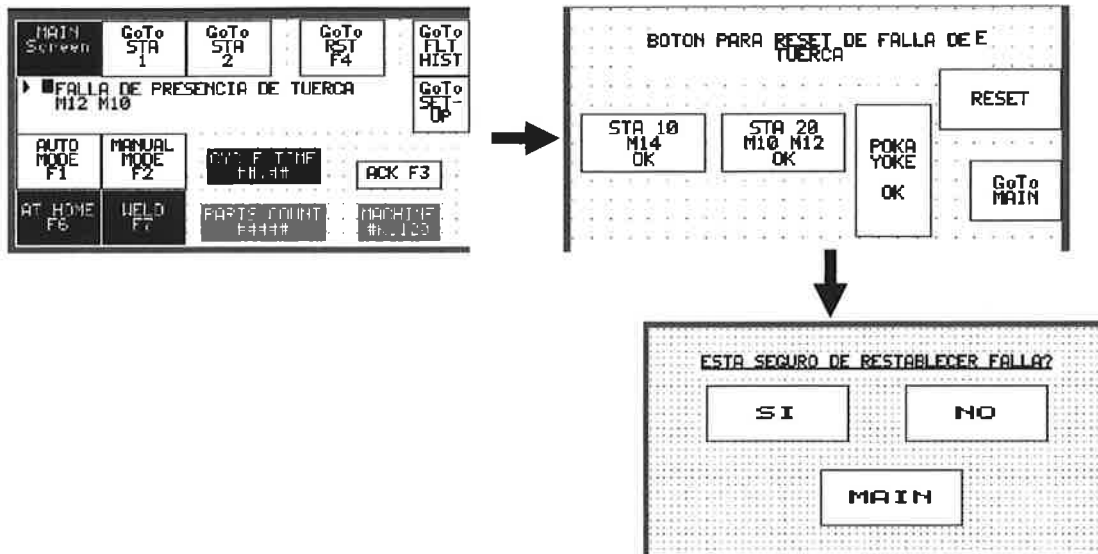


Fig. 13 Secuencia de pantallas en la terminal gráfica.