



CENTRO DE INGENIERÍA Y DESARROLLO INDUSTRIAL



INVESTIGACION Y POSGRADO

ESPECIALIDAD DE TECNÓLOGO EN MECATRÓNICA



005401

Nombre del Proyecto Global

***Automatización de una máquina riveteadora de manivela y rotula para
modulo de limpia-parabrisa***

Nombre Particular de la Participación en el Proyecto

***Desarrollo de la estación de inspección del proceso de riveteado:
Estación tres***

Presenta: M. C. Bianca Miralda Medina Lott
Asesor: Dr. J. René Estrada Estrada

30 Junio de 2006

Nombre del Proyecto Global

Automatización de una máquina riveteadora de manivela y rotula para modulo de limpia-parabrisas.

Justificación del proyecto Global

Dado que se requiere una máquina riveteadora más productiva que la existente y que cumpla con los estándares de calidad que demandan los productos de la industria automotriz, es necesario modernizar dicha maquina mediante la incorporación de la instrumentación y automatismos que hagan de ella un equipo de mayor precisión.

Partiendo de la maquina semi-automática original, habrán de tomarse en cuenta aspectos relativos al control de calidad de la operación de riveteado a fin de evaluar la aceptación o rechazo del producto dentro de la línea misma del proceso.

Nombre Particular de la Participación en el Proyecto.

***Desarrollo de la estación de inspección del proceso de riveteado:
Estación tres.***

Descripción del proyecto

Este proyecto va enfocado al análisis y desarrollo de la estación tres de una máquina Riveteadora de cuatro estaciones. Esta máquina tiene como función generar el ensamble entre dos componentes que forman parte del módulo limpia-parabrisas empleado en diferentes modelos de vehículos.

La estación tres del proceso de esta máquina es denominada *Estación de Verificación*. En esta estación es en donde se inspecciona, mediante un instrumento de medición de distancia, que el riveteado de la rotula en la manivela del limpia-parabrisas se haya realizado de acuerdo a las especificaciones definidas por el cliente.

Esta estación es considerada un módulo de definición dado que el instrumento verificador enviará una señal digital de salida que indicará si la pieza cumple o no los requerimientos del cliente definiendo con esto la aceptación o rechazo del componente; ésta actividad se ejecuta en la estación cuatro.

Para la definición de las actividades que ha de realizar cada una de las estaciones del proceso, así como de la secuencia entre estaciones, se empleo una metodología descriptiva basada en diagramas de flujo. La metodología de control para procesos secuenciales es denominada Grafcet. Esta metodología permite estructurar de manera lógica y ordenada la secuencia de actividades particulares que habrán de realizarse con base en los resultados de actividades precedentes. Con este esquema de trabajo es posible visualizar particularidades de la estructura global de procesos complejos.

Para la ejecución de las estaciones que realiza la máquina, fue necesario contar con una interfase hombre-maquina. Esta interfase se consiguió mediante paneles o pantallas. Los paneles se desarrollaron empleando un software llamado PanelView®. Detalles particulares sobre todos estos aspectos serán descritos convenientemente en los apartados siguientes.

Motivación del Proyecto

Este trabajo surge de la necesidad por participar en un proyecto en donde se conjugaran aspectos mecánicos, electrónicos, y de control para ganar experiencia en la dirección de aspectos mecatrónicos. Dentro del área de automatización y control del CIDESI, existen un gran número de proyectos de esta naturaleza. En su momento fue importante conocer los aspectos generales de alguno de esos proyectos a fin de elegir el que se adecuara mejor a las necesidades del programa. En este sentido, el proyecto denominado "*Automatización de una máquina riveteadora de manivela y rotula para modulo de limpia-parabrisas*", satisfacía tanto los aspectos técnico requeridos como los tiempos dentro de los cuales este trabajo debía de encuadrar.

Dentro de los aspectos técnicos de interés que hicieron de este proyecto atractivo, se puede mencionar que la máquina riveteadora, en estado de obsolescencia, había de transformarla para que cumpliera con los requerimientos productivos que demanda la industria automotriz actual. Tomando en cuenta que el estado original de la máquina riveteadora partía de condiciones meramente mecánicas sin control automático alguno, resulto interesante conocer de cerca el proyecto y saber del requerimiento final que se perseguía para tal equipo, de aquí el interés por integrarme a participar en dicho proyecto.

De las pláticas con los líderes de proyecto en relación a integrarme en éste, surgieron propuestas en donde mi participación resultaba importante. Adentrarme en aspectos de programación electrónica, de coordinación del flujo de estados operativos del equipo, de requerimientos de definición de las etapas del proceso mecánico productivo, además de requerirse seguir de cerca la metodología de selección de componentes, fue determinante para tomar a este proyecto como estancia industrial.

Objetivo Particular

Definir las etapas necesarias para que la estación tres del proceso, *estación de verificación*, dé cumplimiento de manera confiable a la medición basada en los criterios de aceptación o rechazo del producto riveteado. Con base en la secuencia para lograr la verificación, se habrá de realizar la inspección del producto riveteado para lo cual se programarán los dispositivos de control involucrados.

Alcances del Proyecto Particular

- Definir la instrumentación y los dispositivos de medición necesarios para lograr la evaluación confiable del proceso de riveteado. También se habrá de definir la secuencia de medición y los puntos de evaluación en el riveteado para así declarar la aceptación o el rechazo del producto.
- Analizar los requerimientos mecánicos necesarios para que la estación tres inspeccione el área riveteada.
- Desarrollar e implementar los algoritmos de programación de control necesarios para ejecutar la secuencia de inspección de acuerdo al procedimiento mecánico antes definido
- Realizar la evaluación y puesta en punto de la estación.

Índice

| | |
|---|-----------|
| Introducción | 1 |
| 1. Capítulo 1 Fundamentos Generales. | 3 |
| 1.1. El proceso de riveteado. | 3 |
| 1.2. El control y la automatización. | 9 |
| 1.2.1. Controlador Lógico Programable. | 9 |
| 1.2.2. Herramientas y metodología para el desarrollo de un automatismo. | 15 |
| 2. Capítulo 2 Antecedentes. | 19 |
| 2.1. Descripción del producto. | 19 |
| 2.2. Descripción del componente. | 20 |
| 2.3. Descripción de la riveteadora original. | 21 |
| 3. Capítulo 3 Descripción del Proyecto. | 25 |
| 3.1. Riveteadora modernizada. | 25 |
| 4. Capítulo 4 Estación tres de la riveteadora: | |
| Estación de verificación. | 33 |
| 4.1 Componentes. | 33 |
| 4.2 Descripción de la configuración de la estación. | 37 |
| 4.3 Descripción del funcionamiento de la estación. | 39 |
| Conclusiones | 51 |
| APENDICE A | 54 |
| APENDICE B | 65 |
| APENDICE C | 69 |

INTRODUCCIÓN

El riveteado es un proceso antiguo al que se recurre para conseguir la unión de componentes. Éste proceso es comúnmente empleado para lograr el enlace permanente de cuerpos que soportan grandes cargas y en donde las soldaduras resultan inapropiadas por la misma razón.

El proceso de riveteado se ha llevado a cabo históricamente de las formas más simples que puedan imaginarse. Los antiguos herreros, por ejemplo, lograban la unión de componentes mediante el riveteado en caliente el cual lo efectuaban a golpes de martillo, como muestra la siguiente figura 1.

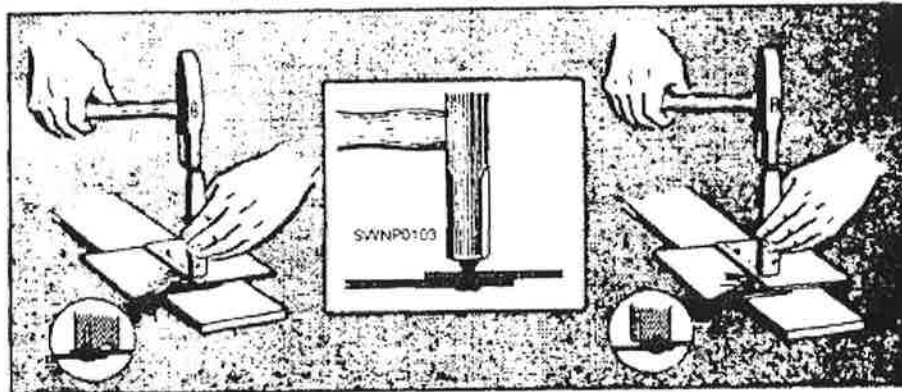


Figura 1. Forma simple de riveteado.

El proceso de riveteado ha evolucionado con el paso del tiempo a tal grado que hoy en día existen máquinas semi-automáticas y automáticas para rivetear componentes de grandes dimensiones y de alta resistencia que demandan grandes capacidades de carga para efectuar el proceso.

En la actualidad se pueden encontrar máquinas de riveteado que van desde sistemas manuales simples hasta equipos hidráulicos totalmente automatizados.

La máquina riveteadora que se expone en el presente reporte, representa la evolución de un equipo tipo revolver que originalmente realizaba el proceso de riveteado mediante controles manuales. En el equipo original se contaba con un carrusel de doce alojamientos para riveteado y un solo cabezal riveteador. El carrusel giraba hasta alcanzar la posición del cabezal mismo que efectuaba el riveteado con la herramienta que este alojaba. El operador del equipo se encargaba tanto de colocar en los alojamientos la pieza a rivetear como de descender el cabezal para efectuar el riveteado.

Con este proyecto se llevó a esta máquina a un nivel de gran automatización en donde la alimentación de las piezas a rivetear es la única actividad que se requiere del operador durante el proceso normal de producción.

Se incorporaron tres estaciones más a la ya existente en la riveteadora. Como primera estación se cuenta ahora con la verificación de componentes seguida de la ya existente estación de riveteado. Posterior a esta se incorporo la estación de verificación de riveteado y finalmente la estación de descarga. Cabe destacar que cada estación cuenta con su propio control electrónico de tal forma que el proceso productivo sigue una secuencia lógica programada de acuerdo al resultado en cada estación.

Relativo a la estación tres de la máquina, la cual forma la parte principal de este reporte, se puede mencionar que se planteo como objetivo hacer la evaluación de aceptación o rechazo del componente riveteado durante el proceso. Para tal efecto, se incorporó un sistema neumático que manipula un dispositivo de medición de alta precisión que opera a la misma frecuencia del ciclo productivo. La lógica del proceso de verificación toma en cuenta las acciones que habrán de ser realizadas en la etapa siguiente para la descarga del producto, obteniendo de esta manera un ciclo cerrado de acciones dependientes.

CAPITULO 1

FUNDAMENTOS GENERALES

En este capítulo se incluye una breve recopilación de información relativa a los temas que incluye este proyecto. En este sentido resulta obligado iniciar definiendo el proceso de riveteado para después hablar tanto de los tipos como de los procedimientos existentes para lograr ese proceso de manufactura. Para finalizar, se comentará un poco sobre los factores que definen la calidad de un riveteado.

Por otro lado, dedicaremos también un espacio en este capítulo para exponer brevemente sobre la implementación del control y la automatización requerida para la modernización del equipo en cuestión.

1.1 El proceso de riveteado

El proceso de riveteado es un proceso para el ensamble de componentes que bien, pueden efectuarse para unir hojas de metal o cualquier otro material, o para fijar componentes adicionales firmemente. Con el riveteado se realiza una deformación plástica del componente empleado para el ensamble. Con dicha deformación se garantiza la permanencia de los componentes permitiendo que conjuntamente realicen su función de manera eficiente.

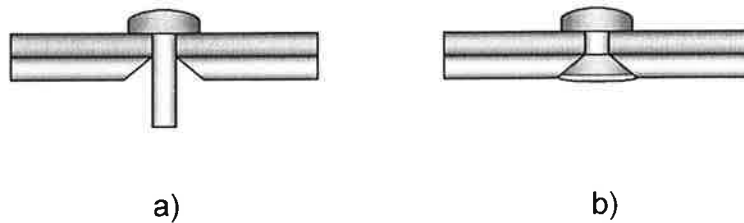


Figura 1.1.1. a) Placas a unir con zanco para riveteado.
b) Placas unidas con zanco ya riveteado.

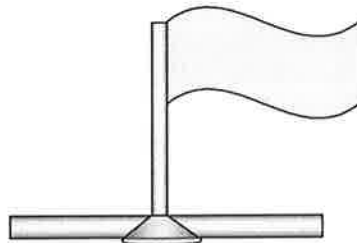


Figura 1.1.2. Componente riveteado a placa base.

Hace varias décadas, cuando los procesos de soldadura no alcanzaban los niveles de confiabilidad de hoy en día, las estructuras se unían mediante procesos de riveteado, tal y como se puede observar en la estructura de la figura siguiente.

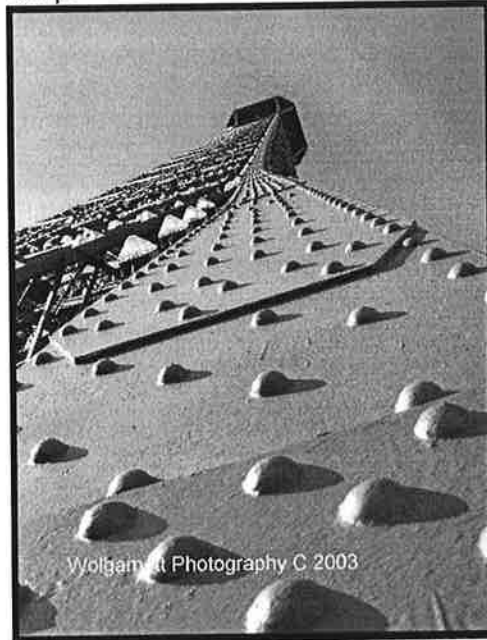


Figura 1.1.3. Estructura formada mediante placas riveteadas.

Procesos de riveteado

El riveteado de zancos de aluminio generalmente se realiza en frío dada la suavidad misma del material que resulta fácil de deformar. Los aceros pueden ser riveteados también en frío ya que en la actualidad ya se cuenta con herramientas riveteadoras de mucha mayor resistencia que los aceros convencionales.

Para zancos que habrán de ser riveteados y cuya resistencia es mayor, el proceso de riveteado requerirá también de un equipo de mayor capacidad de carga para lograr la deformación plástica del componente. En estos casos las riveteadoras neumáticas resultan ser más apropiadas.

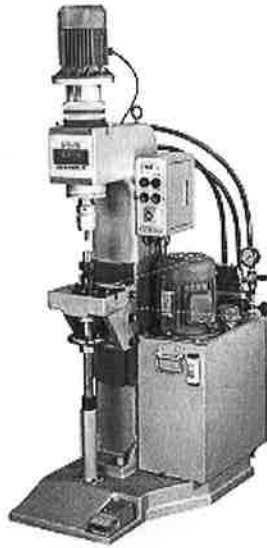


Figura 1.1.4. Riveteadora neumática semi-automática para trabajos de mediana capacidad.

Cuando los componentes de unión requieren de zancos riveteados de gran capacidad de carga, será también necesario el empleo de equipos de mayor capacidad. Las maquinas hidráulicas son las más apropiadas para estos casos.

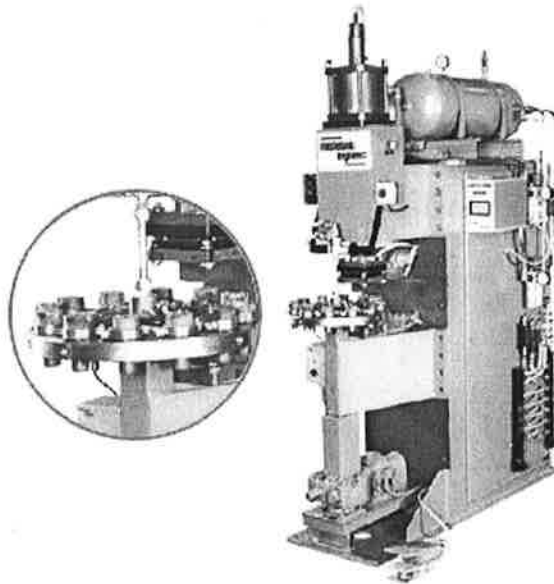


Figura 1.1.5. Riveteadora hidráulica semi-automática para trabajos de gran capacidad.

Aplicaciones de grandes estructuras y contenedores son casos típicos en donde el riveteado con remaches de gran capacidad de carga son empleados. La figura 1.1.6, que a continuación se presenta, ilustra una aplicación.



Figura 1.1.6. Aplicación de riveteado de gran resistencia para el caso de un recipiente contenedor.

Existen tres tipos de riveteado de acuerdo al tipo de remache o perno empleado.

- Remache universal o de cabeza estándar.- El riveteado universal se usa cuando no se requiere necesariamente una superficie lisa en donde las cabezas de los pernos pudieran afectar. La cabeza redonda de este riveteado pudiera impedir lograr tolerancias de diseño especificadas

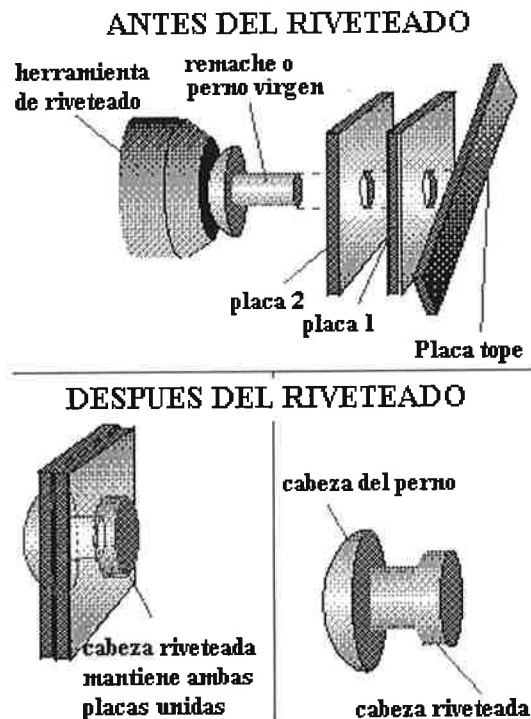


Figura 1.1.7. Remache universal con placa tope.

- Remache de cabeza oculta.- se usa en áreas en donde el acabado superficial es importante y es inadmisibles las protuberancias típicas de las cabezas universales.

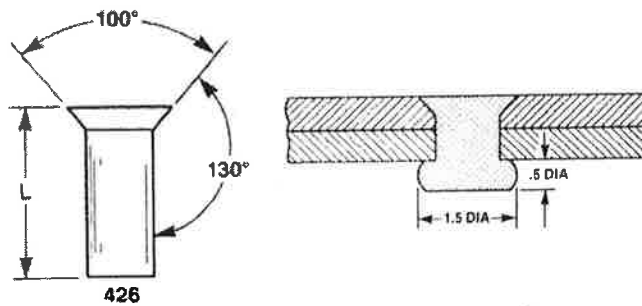


Figura 1.1.8. Tipo de remache de cabeza oculta.

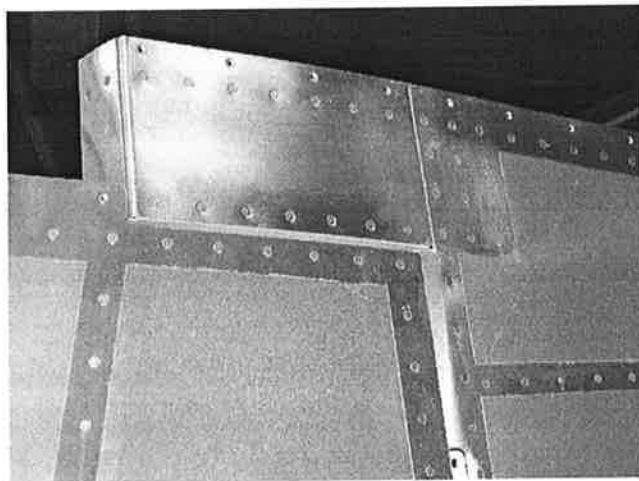
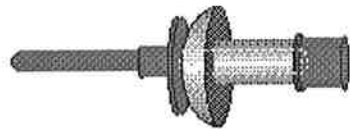
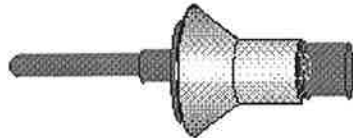


Figura 1.1.9. Apariencia de elementos unidos con remache de cabeza oculta.

- Remache de cabeza ciega.- Se emplea en lugares en donde no es posible emplear una barra tope en el extremo del remache.



Remache standard



Remache de cabeza oculta

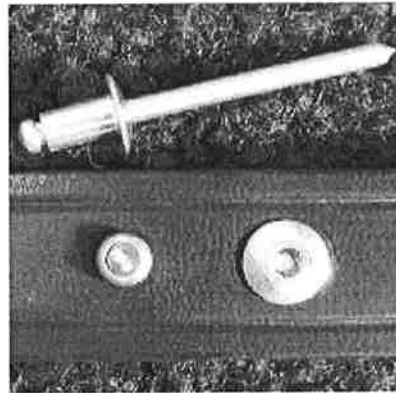


Figura 1.1.10. Dos tipos de remache ciego.

Este tipo de riveteado con remache ciego es de uso muy común. La herramienta manual que se emplea para expandir el zanco del remache se conoce como remachadora

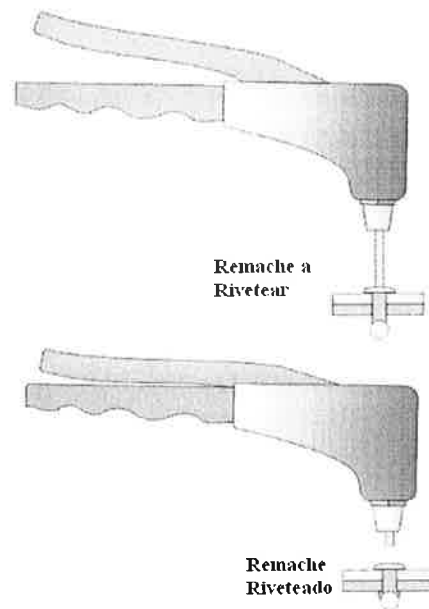


Figura 1.1.11. Riveteado de remache ciego con herramienta manual.

Ventajas del riveteado

El riveteado tiene varias ventajas sobre otros tipos de procesos de unión entre las cuales se pueden mencionar:

- Los pernos o remaches son relativamente baratos.
- Permiten diferentes tipos de acabado superficial.
- Son muy fácil de ensamblar.

- Pueden ser empleados para unir diferentes tipos de materiales con diferentes espesores.
- Son resistentes.

En la industria aeronáutica, las aleaciones de aluminio son de las más comúnmente empleadas para producir remaches. Esto hace uniones más ligeras y resistentes a la atmósfera y corrosión química.

Los remaches generalmente se construyen con zancos rectos. Los zancos no tienen cuerda como el caso de los tornillos y por consiguiente son más baratos y fáciles de producir. Los remaches pueden tener diferentes configuraciones de cabeza con lo cual se puede obtener diferentes acabados de superficie. Los remaches de tipo estándar tienen cabeza lisa redonda que se puede pulir o pintar para lograr una superficie lisa. Los remaches se pueden ensamblar con una gran variedad de métodos. Existen herramientas manuales como también existen máquinas de grandes dimensiones y capacidades de carga.

Desventajas del riveteado

Existen algunas desventajas del riveteado. Los remaches no pueden ser desmontados con facilidad y por consiguiente su instalación se limita a aquellos lugares de ensamble permanente. Sin embargo, los remaches pueden ser taladrados y desmontados para lograr el desensamble. Posteriormente puede usarse un nuevo remache para lograr nuevamente la unión.

Calidad de un proceso de riveteado

La calidad de un proceso de riveteado lo define la configuración del mecanizado y la deformación permanente tanto del zanco como de las placas de unión. Para verificar la calidad del mecanizado habrá de tomarse en cuenta los siguientes aspectos:

- Longitud insuficiente del zanco a rivetear.- Con una longitud del zanco por debajo de lo requerido, la configuración geométrica del volumen riveteado sería insuficiente como para resistir la carga requerida para la unión.
- Longitud en exceso del zanco.- si se tiene una longitud que excede a la requerida, la presión ejercida por el cabezal y herramienta sobre el zanco tenderá a deformar la placa de unión dado el exceso en volumen que se requiere deformar.

En la siguiente figura se ilustran estos dos casos además del caso ideal.

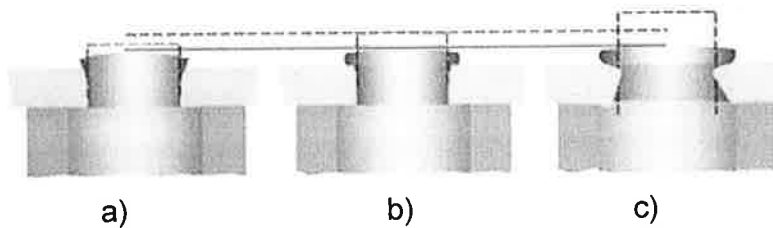


Figura 1.1.12. Configuraciones del riveteado que definen la calidad del proceso.

- a) Zanco de longitud insuficiente
- b) Zanco de longitud adecuada
- c) Zanco de longitud excesiva

Un aspecto más que se toma en cuenta para definir la calidad de un riveteado universal es el diámetro de la cabeza riveteada. Como regla general este diámetro es de alrededor de dos veces el diámetro del zanco original.

1.2 El control y la automatización

1.2.1. Controlador Lógico Programable

Se entiende por controlador lógico programable (PLC), o autómeta programable, a toda máquina electrónica diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales.

Campos de aplicación

Un autómeta programable suele emplearse en procesos industriales que tengan una o varias de las siguientes necesidades:

- Espacio reducido.
- Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- Procesos secuenciales.
- Maquinaria de procesos variables.
- Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.

Aplicaciones generales:

- Maniobra de máquinas.
- Maniobra de instalaciones.
- Señalización y control.

Ventajas e inconvenientes de los PLC's

Entre las ventajas tenemos:

- Menor tiempo de elaboración de proyectos.

- Posibilidad de añadir modificaciones sin costo añadido en otros componentes.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor costo de mano de obra.
- Mantenimiento económico.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con el mismo autómata.
- Menor tiempo de puesta en funcionamiento.
- Si el autómata queda pequeño para el proceso industrial puede seguir siendo de utilidad en otras máquinas o sistemas de producción.

Y entre los inconvenientes:

- Adiestramiento de técnicos.
- Costo.

Al día de hoy los inconvenientes se han hecho nulos, ya que la mayoría de las carreras de ingeniería incluyen la automatización como una de sus asignaturas. En cuanto al costo tampoco hay problema, ya que hay autómatas para todas las necesidades y a precios ajustados (tenemos desde pequeños autómatas por poco más de \$1000. hasta PLC's que alcanzan cifras mucho mas elevadas).

Estructura externa

Existen diferentes modelos de PLC's en las que varían las formas y configuraciones de acuerdo al fabricante e inclusive al lugar de procedencia del equipo. A continuación se muestra en la siguiente figura 1.2.1.1 la apariencia de diferentes modelos de los PLC variantes en capacidades y aplicaciones.

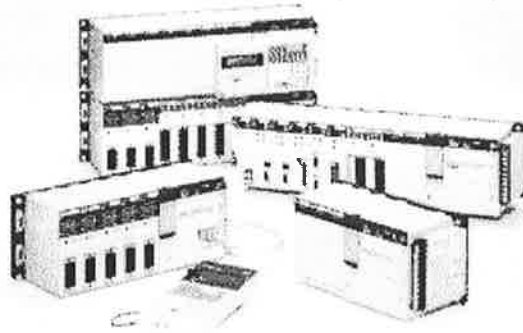


Figura 1.2.1.1. Estructura Externa de un PLC

Todos los autómatas programables, poseen una de las siguientes estructuras:

- Compacta: en un solo bloque están todos los elementos.
- Modular.
- Estructura americana: separa las E/S del resto del autómata.
- Estructura europea: cada módulo es una función (fuente de alimentación, CPU, E/S, etc.).

Exteriormente nos encontraremos con cajas que contienen una de estas estructuras las cuales poseen indicadores y conectores en función del modelo y fabricante.

Para el caso de una estructura modular se dispone de la posibilidad de fijar los distintos módulos en railes normalizados, para que el conjunto sea compacto y resistente.

Los micro-autómatas suelen venir sin caja, en formato kit, ya que su empleo no es determinado y se suele incluir dentro de un conjunto más grande de control o dentro de la misma maquinaria que se debe controlar.

Estructura interna

La estructura interna de un PLC cuenta con unidades, las cuales realizan los procesos de forma complementaria. En el siguiente diagrama (ver figura 1.2.1.2) se muestra como se constituye un PLC.

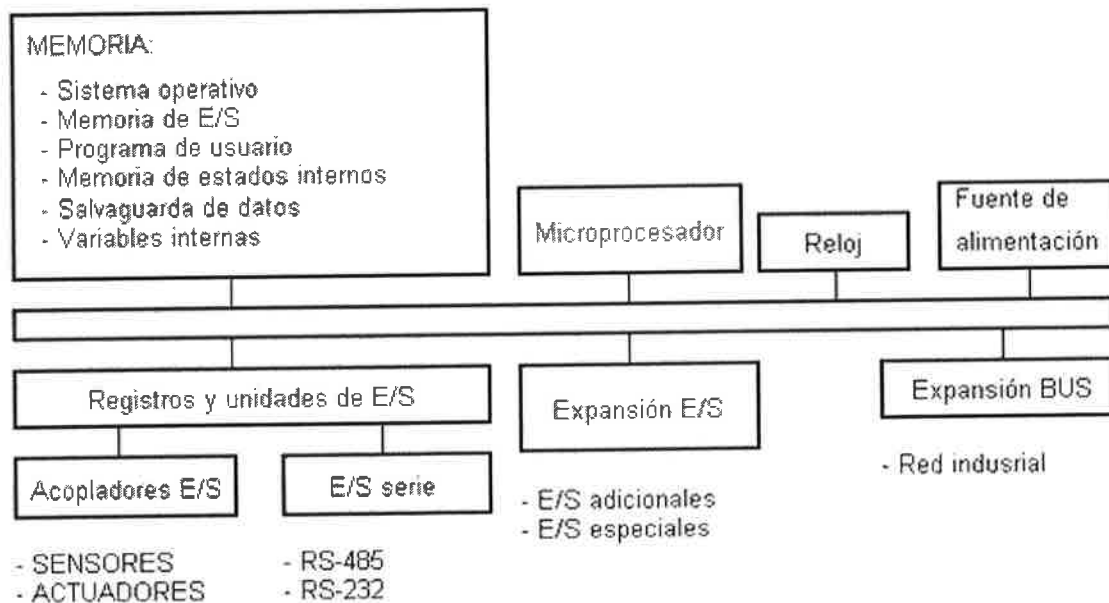


Figura 1.2.1.2. Estructura Interna de un PLC

Los elementos esenciales que todo autómata programable posee como mínimo, son:

- Sección de entradas: se trata de líneas de entrada, las cuales pueden ser de tipo digital o analógico. En ambos casos se tienen unos rangos de voltaje característicos, los cuales se encuentran en las hojas de datos del fabricante. A estas líneas se conectan los sensores.
- Sección de salidas: son una serie de líneas de salida, que también pueden ser de carácter digital o analógico. A estas líneas se conectan los actuadores.
- Unidad central de proceso (CPU): se encarga de procesar el programa de usuario que se introduce. Para ello se dispone de diversas zonas de memoria, registros, e instrucciones de programa.

Además de estos elementos se puede disponer de los siguientes dispositivos adicionales (ver figura 1.2.1.2):

- Unidad de alimentación (algunas CPU la llevan incluida).
- Unidad o consola de programación: que permite introducir, modificar y supervisar el programa de usuario.
- Dispositivos periféricos: como por ejemplo nuevas unidades de E/S, más memoria, unidades de comunicación en red, etc.
- Interfaces: facilitan la comunicación del autómatas mediante enlace serie con otros dispositivos (como una PC).

Memoria

Dentro de la CPU se dispone de un área de memoria la cual se emplea para diversas funciones:

- Memoria del programa de usuario: aquí se introduce el programa que el autómatas va a ejecutar cíclicamente.
- Memoria de la tabla de datos: se suele subdividir en zonas según el tipo de datos (como marcas de memoria, temporizadores, contadores, etc.).
- Memoria del sistema: aquí se encuentra el programa en código máquina que monitoriza el sistema (programa del sistema o firmware). Este programa se ejecuta directamente por el microprocesador/microcontrolador que posea el autómatas.
- Memoria de almacenamiento: se trata de una memoria externa que se emplea para almacenar el programa de usuario y, en ciertos casos, parte de la memoria de la tabla de datos. Suele ser de uno de los siguientes tipos: EPROM, EEPROM, o FLASH.

CPU (Unidad Central de Procesamiento)

La CPU es el corazón del autómatas programable. Es la encargada de ejecutar el programa de usuario mediante el programa del sistema es decir, el programa de usuario es interpretado por el programa del sistema. Sus funciones son:

- Vigilar que el tiempo de ejecución del programa de usuario no excede un determinado tiempo máximo (tiempo de ciclo máximo). A esta función se le suele denominar Watchdog (perro guardián).
- Ejecutar el programa de usuario.
- Crear una imagen de las entradas, ya que el programa de usuario no debe acceder directamente a dichas entradas.
- Renovar el estado de las salidas en función de la imagen de las mismas obtenida al final del ciclo de ejecución del programa de usuario.
- Chequeo del sistema.

Para la ejecución del programa, el autómatas posee un ciclo de trabajo, que ejecutará de forma continua. En la siguiente figura se esquematiza, mediante un diagrama de bloques, la secuencia del ciclo de trabajo del PLC.

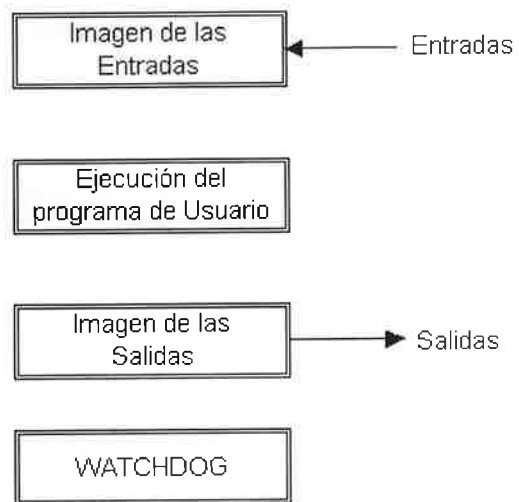


Figura 1.2.1.3. Ciclo de Trabajo de un Autómata Programable

Unidades de Entrada/Salida (E/S).

Las unidades de entrada/salida son dispositivos periféricos de los PLC's, los cuales son esenciales para un proceso. En la figura 1.2.1.4 se puede observar la apariencia típica de los módulos E/S.

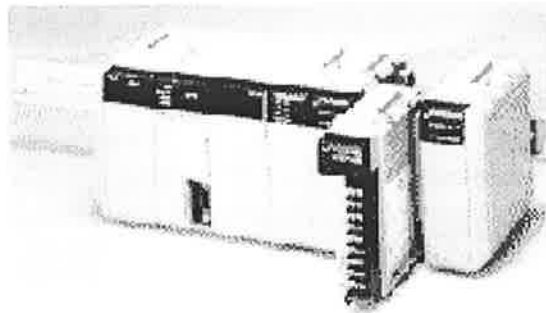


Figura 1.2.1.4. Modulo de Entradas y Salidas de un PLC.

Generalmente se dispone de dos tipos de E/S:

- Digital
- Analógica

Las E/S digitales se basan en el principio de todo o nada, es decir o no conducen señal alguna o poseen un nivel mínimo de voltaje. Estas E/S se manejan al nivel de bit dentro del programa de usuario.

Las E/S analógicas pueden poseer cualquier valor dentro de un rango determinado especificado por el fabricante. Se basan en convertidores A/D (Análogo/Digital) y D/A (Digital/Análogo) aislados de la CPU (ópticamente o por etapa de potencia). Estas señales se manejan al nivel de byte o palabra (8/16 bits) dentro del programa de usuario.

Las E/S son leídas y escritas dependiendo del modelo y del fabricante, es decir pueden estar incluidas sus imágenes dentro del área de memoria o ser manejadas a través de instrucciones específicas de E/S.

La figura 1.2.1.4 muestra un modulo de entradas y salidas.

Interfaces

Todo PLC, salvo casos excepcionales, posee la virtud de poder comunicarse con otros dispositivos (como una PC). Lo normal es que posea una E/S serie del tipo RS-232 / RS-422.

A través de esta línea se pueden manejar todas las características internas del autómata, incluyendo la programación del mismo, y suele emplearse para monitorización del proceso en otro lugar separado.

Equipos o unidades de programación

El PLC debe disponer de alguna forma de programación, la cual se suele realizar empleando alguno de los siguientes elementos (ver figura 1.2.1.5):

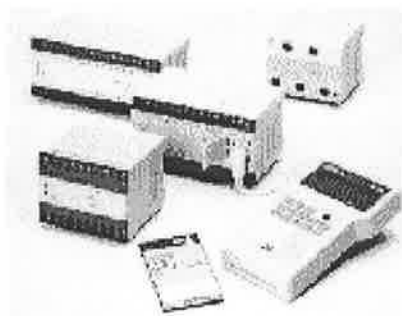


Figura 1.2.1.5. Equipos de Programación.

- Unidad de programación: suele ser en forma de calculadora. Es la forma más simple de programar el autómata, y se suele reservar para pequeñas modificaciones del programa o la lectura de datos en el lugar de colocación del autómata.
- Consola de programación: es una terminal a modo de ordenador que proporciona una forma más cómoda de realizar el programa de usuario y observar parámetros internos del autómata. Obsoleto actualmente.
- PC: es el modo más potente y empleado en la actualidad. Permite programar desde una computadora personal estándar, con todo lo que ello supone: herramientas más potentes, posibilidad de almacenamiento en

soporte magnético, impresión, transferencia de datos, monitorización mediante software SCADA, etc.

Para cada caso el fabricante proporciona lo necesario, bien el equipo o el software/cables adecuados. Cada equipo, dependiendo del modelo y fabricante, puede poseer una conexión a uno o varios de los elementos anteriores. En el caso de los micro-plc se escoge la programación por PC o por unidad de programación integrada en la propia CPU.

Dispositivos periféricos.

El autómata programable, en la mayoría de los casos, puede ser ampliable. Las ampliaciones abarcan un gran abanico de posibilidades, que van desde las redes internas (LAN, etc.), módulos auxiliares de E/S, memoria adicional hasta la conexión con otros autómatas del mismo modelo.

Cada fabricante facilita las posibilidades de ampliación de sus modelos, los cuales pueden variar incluso entre modelos de la misma serie.

1.2.2. Herramientas y metodología para el desarrollo de un automatismo

Para la participación en el proyecto fue importante iniciar por familiarizarse con el software necesario para la elaboración del control de cada estación, así como también, con la metodología a seguir en la elaboración e implementación de un automatismo.

Como solución al desarrollo de programas de control para problemas secuenciales, se utiliza la metodología GRAFCET que, se basa en diagramas de flujo para definir la secuencia que se desea realizar.

Este diagrama funcional permite describir los comportamientos del automatismo en relación a las informaciones que recibe, imponiendo un funcionamiento riguroso, evitando de esta forma incoherencias, bloqueos o conflictos en el funcionamiento. En cada nivel de descripción, este diagrama puede ser modificado o corregido, sin necesidad de volver a partes ya estudiadas. Para una descripción más detallada de la metodología GRAFCET, refiérase al apéndice A.

La guía GEMMA (Guide d'Etudes des Modes de Marches et d'Arrêts / Guía de estudio de modos de marchas y paros), se trata de una representación organizada de todos los modos o estados de Marcha y Paradas en que se puede encontrar un proceso de producción automatizado y orienta sobre los saltos o transiciones que pueden darse de un estado a otro. Para una descripción más detallada de la guía GEMMA, refiérase al apéndice B.

Una vez teniendo estructurada la guía GEMMA, esta se vuelve a diseñar, manteniendo la secuencia, mediante la metodología GRAFCET. De esta manera, todo el proceso de control es basado en la metodología GRAFCET.

El paso siguiente es el de traducir estos diagramas de flujo a diagramas escalera. Por medio de estos diagramas es programado y controlado el **PLC**. El PLC es el encargado del control de proceso de la máquina, por ésta razón es necesario comprobar, verificar y corroborar, que, de acuerdo a las exigencias del cliente, el programa este bien definido y libre de errores. Con esta metodología aplicada, un error puede ser detectado fácilmente sin necesidad de la puesta en punto de la máquina automatizada.

Para la interacción hombre-máquina se utiliza una terminal que, por medio de pantallas, mantiene una comunicación entre la máquina misma y el operador. La terminal que se empleo para la ejecución de este proyecto fue el PanelView®. Con este sistema interactivo, el operador puede solicitar información de estado al equipo y dicha interacción se logra mediante un teclado y una pantalla. En la siguiente figura se ilustra esta terminal.

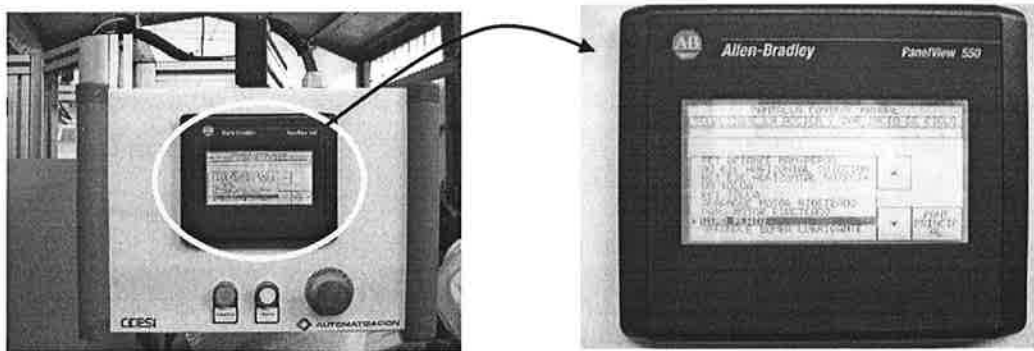


Figura 1.2.2.1. Terminal PanelView®.

El software para realizar estas pantallas en el PanelView®, es el PanelBuilder®. Este software diseña aplicaciones de pantallas de control y, para simplificar el diseño de aplicaciones, usa menús, cajas de dialogo y herramientas familiarizadas con Windows®.

Una aplicación en PanelBuilder®, es un arreglo lógico de pantallas que contienen objetos tales como push buttons, indicadores, listas de control, grafico de barras y alarmas. Cuando la aplicación es descargada a la Terminal PanelView, el operador interactúa con estos objetos presionando las funciones de las teclas o presionando la pantalla de la Terminal en donde aparecen las teclas digitalizadas.

Las aplicaciones son transferidas entre la computadora y una Terminal PanelView® por medio de una conexión serial, conexión de red o memory card.

Metodología a seguir en la implementación de un automatismo

Una vez comprendida la guía GEMMA y la metodología GRAFCET, se podrán desarrollar los pasos para la automatización de un proceso. Las etapas necesarias para la implementación de la metodología GRAFCET se enlistan a continuación:

Etapa 1 - Determinar los aspectos generales del proceso y generar el GRAFCET de producción de primer nivel (descriptivo).

Etapa 2 - Determinar los elementos del proceso y seleccionar los detectores, indicadores y actuadores necesarios.

Etapa 3 - Representar el GRAFCET de producción de segundo nivel (tecnológico y operativo).

Etapa 4 - Estudiar los diferentes estados de GEMMA para determinar qué estados son necesarios en el automatismo y realizar su descripción.

Etapa 5 - Definir sobre GEMMA los caminos de evolución entre los distintos estados.

Etapa 6 - Diseñar los elementos que componen el pupitre del operador y su ubicación.

Etapa 7 - Definir sobre GEMMA las condiciones de evolución entre los distintos estados.

Etapa 8 - Preparar el GRAFCET completo de segundo nivel a partir del de producción representado antes y de la GEMMA.

Etapa 9 - Escoger la tecnología de control: número de autómatas programables, tipo de entrada y salidas, reguladores industriales, bus de comunicación.

Etapa 10 - Representar el GRAFCET de tercer nivel concreto (a nivel de autómatas).

Etapa 11 - Instalación, implementación, puesta a punto y pruebas.

Conclusiones

En este capítulo se hizo una breve descripción de los aspectos más relevantes que habrán de ser mencionados para la descripción de este reporte y el buen entendimiento del proyecto en el que se participó.

Con la información aquí contenida se buscó introducir al lector en el entorno general dentro del cual este proyecto cae incluyendo para ello, los temas que para su realización se abarcaron.

Se espera que con esta información se haya logrado que el lector pueda reconocer lo que es un proceso de riveteado y que además tenga presente los elementos básicos necesarios para la automatización y el control de equipos industriales. En este sentido también resulto de interés para el autor mostrar que, para la implementación de un automatismo, se cuenta con una metodología

estructurada que facilita la implementación lógica de las etapas del proceso de automatización.

CAPITULO 2

ANTECEDENTES

En este capítulo se dará un panorama descriptivo de los aspectos más importantes que definen el proyecto. Hablaremos del producto del cual se obtuvo la necesidad del proceso de riveteado y que motivó a este trabajo. Seguidamente, ahondaremos de forma más particular en la descripción de los componentes del ensamble, rótula y manivela, y para finalizar, se dará un panorama del estado original de la máquina riveteadora a fin de reconocer, con base en el capítulo siguiente, las implementaciones efectuadas con este proyecto.

2.1. Descripción del producto

El ensamble rótula-manivela que se rivetea con la máquina que motiva este proyecto forma parte de los componentes de un sistema limpia parabrisas automotriz. En la figura siguiente se puede apreciar uno de los modelos del sistema limpia parabrisas.

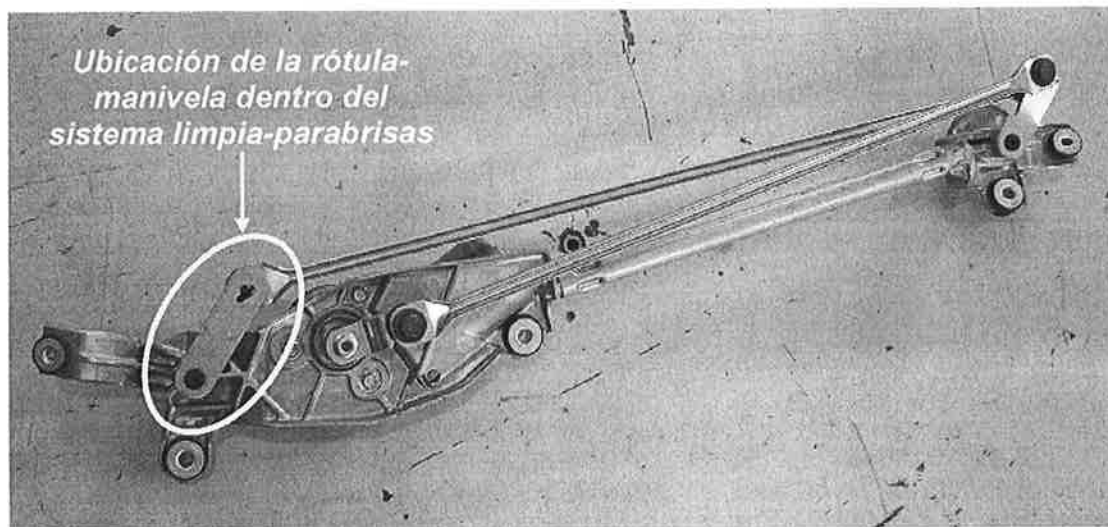


Figura 2.1.1. Sistema limpia-parabrisas y ubicación del ensamble rótula-manivela.

Como puede observarse en la figura anterior, una de las varillas del sistema se acopla a uno de los extremos de la manivela, mientras que la rótula, acoplada en el otro extremo, queda alojada en su cavidad. Esta cavidad está embebida en la estructura base del sistema.

En la figura siguiente puede observarse un acercamiento de la ubicación del componente dentro del sistema.

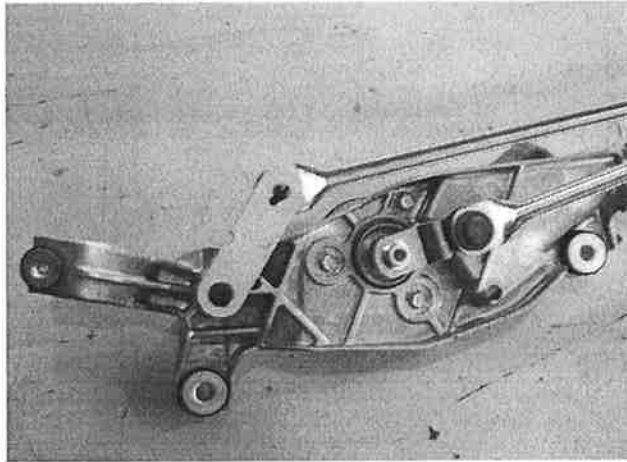


Figura 2.1.2. Acercamiento para mejor observación de la rótula-manivela.

2.2. Descripción del componente

El proceso de riveteado que se empleó en este caso, no fue precisamente para unir dos láminas, como es típico, si no fue con el fin de acoplar un elemento mecánico a una placa, siendo ambos componentes de acero. En la siguiente figura se pueden observar los dos elementos que forman el ensamble.

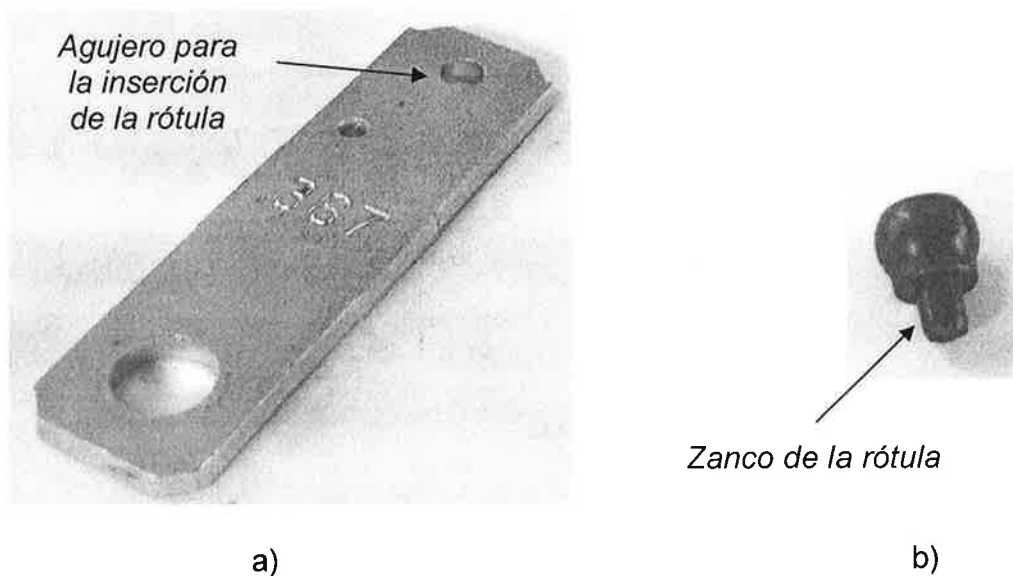


Figura 2.2.1. Elementos de unión. a) Manivela, b) Rótula

En la siguiente figura se puede ver el ensamble de los dos componentes antes del proceso de riveteado.

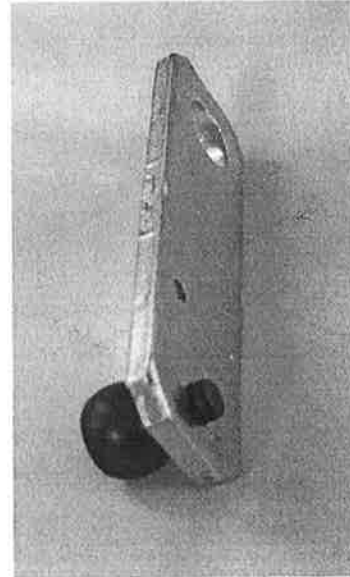


Figura 2.2.2 Ensamble de rótula con manivela antes del proceso de riveteado.

La función del componente o ensamble dentro del sistema limpia-parabrisas es la de transmitir un movimiento de vaivén desde un extremo del mecanismo al otro, mediante un sistema biela-manivela. Este movimiento de vaivén es producido por la rotación de un motor eléctrico.

El mecanismo rótula-manivela pivotea en el extremo opuesto a la localización de la rótula. En ese extremo de la manivela, va acoplado un eje y es ahí en donde el limpiador del parabrisas va montado.

2.3 Descripción de la riveteadora original

Riveteadora BALTEC 330 RN: Caso de estudio

Como ya se mencionó, este proyecto es el resultado de la necesidad por modernizar una máquina riveteadora ya existente. La máquina original contaba con un cabezal modelo 330 RN de la firma inglesa BALTEC. Dicho cabezal está montado en un pedestal y la máquina está provista de una bancada giratoria tipo revolver que alberga alojamientos para recibir los componentes rótula-manivela. Tanto el pedestal como la bancada del equipo original se mantuvieron para lograr la máquina renovada, solo que la bancada tuvo que ser ligeramente modificada para adecuarse a las estaciones previstas por la modernización del equipo.

En las figuras siguientes puede observarse el aspecto del cabezal y de la bancada antes citada.



Figura 2.3.1. Cabezal Modelo 330RN BALTEC para riveteado.

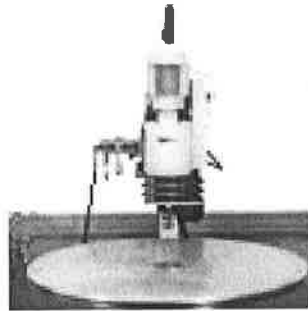


Figura 2.3.2. Cabezal en pedestal y con bancada giratoria.

El cabezal del equipo soporta la herramienta riveteadora mediante el chuck y el conjunto desciende hasta incidir en el zanco de la rótula produciendo en él la deformación plástica.



Figura 2.3.3. Herramienta en chuck generando el riveteado.

El chuck produce el movimiento rotatorio además de generar oscilaciones angulares de acuerdo a un patrón de riveteado predefinido desde el diseño del

equipo. En la figura siguiente se puede observar el patrón oscilatorio que la herramienta sigue para realizar un tipo determinado de riveteado. Esta tecnología se conoce como “de oscilación radial” dado que el patrón de movimiento que tiende a inclinar a la herramienta es respecto al eje radial de giro.



Figura 2.3.4. Herramienta en chuck generando el riveteado con oscilación radial.

Existen diferentes tipos de riveteado de los cuales habrán de obtenerse diferentes geometrías en la configuración del mecanizado. Dos factores son los más relevantes en la definición de dicha configuración, el tipo de oscilación radial y el tipo de herramienta. En la figura que a continuación se incluye se pueden observar tres tipos de herramienta para riveteado.

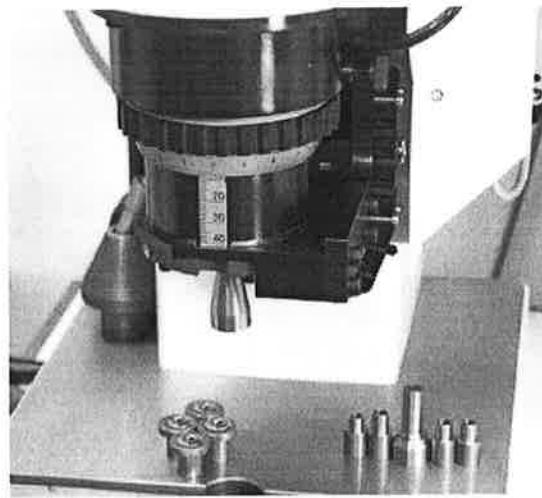


Figura 2.3.5. Tres tipos diferentes de herramienta para riveteado.

El tipo de herramienta que se empleó para producir el riveteado del caso de estudio, es de la configuración que se ilustra en la figura siguiente.



a)



b)

Figura 2.3.6. a) Herramienta para el riveteado del zanco de la rótula.
b) Herramienta montada en el chuck del cabezal.

Conclusiones

En este capítulo se dio un panorama descriptivo de los aspectos más importantes que definen el proyecto como necesidad del producto. Se ahondo en la descripción de los componentes del ensamble, rótulo y manivela, y del estado original de la máquina riveteadora, con la finalidad de que el lector tenga una clara visión de cómo se llevaron acabo las implementaciones del proyecto.

CAPITULO 3

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En este capítulo se hará una descripción global del estado final al que se llevo la riveteadora después de la modernización. Se abordaran aspectos generales del funcionamiento de cada estación desde el punto de vista mecánico paralelamente con las secuencias de automatización.

3.1. Riveteadora modernizada

Muchos cambios fueron implementados a la maquina original mismos que incluían la incorporación de otros sistemas mecánicos necesarios para que el equipo cumpliera con los nuevos requerimientos de fabricación, pasando por la adición de automatismos hasta llegar a la implementación de sistemas electrónicos de control.

Bancada giratoria

Desde el punto de vista mecánico la bancada rotatoria fue provista de doce montaduras para el componente rótula-manivela. Las montaduras se muestran en la siguiente figura.

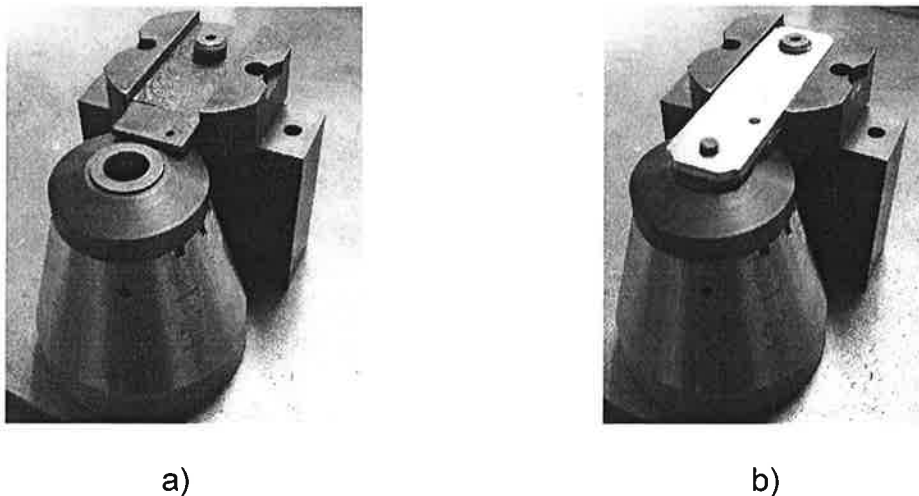
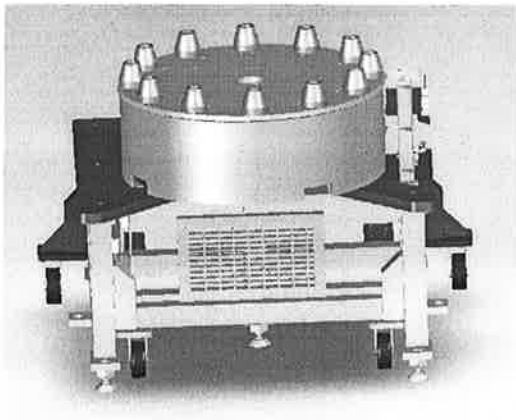
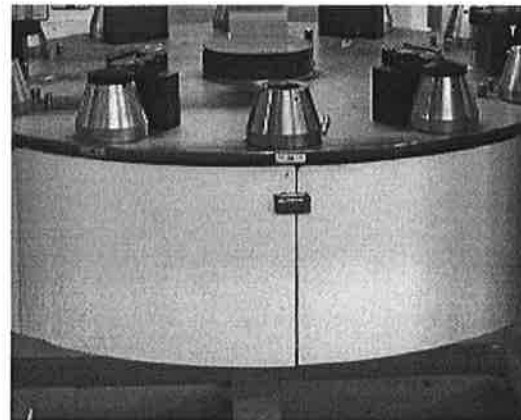


Figura 3.1. Montadura para componente rótula-manivela.
a) Sin componente mostrando cavidad que aloja la rótula y perno que se inserta en la manivela.
b) Con componente ya posicionado.

La bancada rotatoria puede observarse en la siguiente figura.



a)



b)

Figura 3.2. Bancada rotatoria con doce montaduras.

- a) Concepto de diseño.
- b) Fotografía de la bancada.

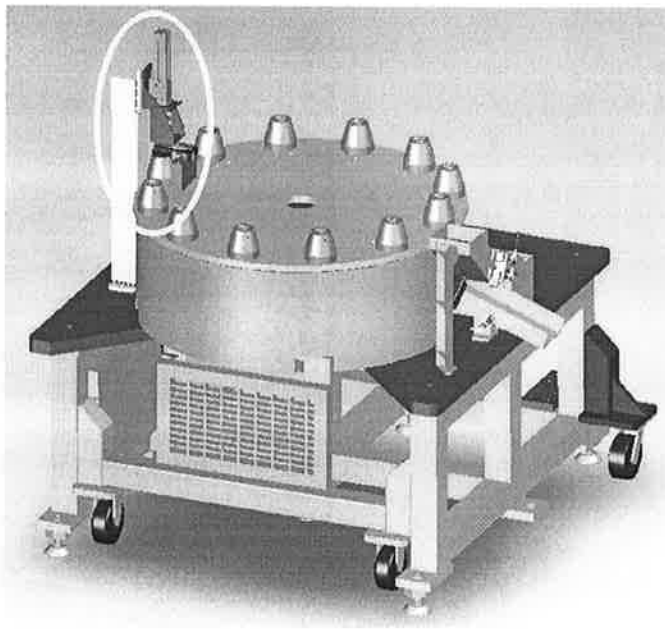
La secuencia utilizada para el movimiento rotatorio de la bancada esta dividida en varias etapas. Estas etapas son:

- **Etap 0. Inicio.**- En esta etapa se da comienzo al ciclo del movimiento rotatorio.
- **Etap 1. Verificación de sensores.**- Se verifica mediante sensores que los sistemas de todas las estaciones se encuentren en condiciones iniciales.
- **Etap 2. Posicionamiento de rótula-manivela en montadura.** De forma manual el operador de la máquina inserta componente rótula-manivela en la montadura
- **Etap 3. Activar Inicio.** Se genera la señal para iniciar el movimiento de la bancada.
- **Etap 4. Giro bancada.** Es una etapa de transición e incluye todo el tiempo durante el cual la bancada se encuentra en movimiento.
- **Etap 5. Fin del Ciclo.** Define el fin del ciclo y por consiguiente indica que la bancada ha cesado su movimiento.

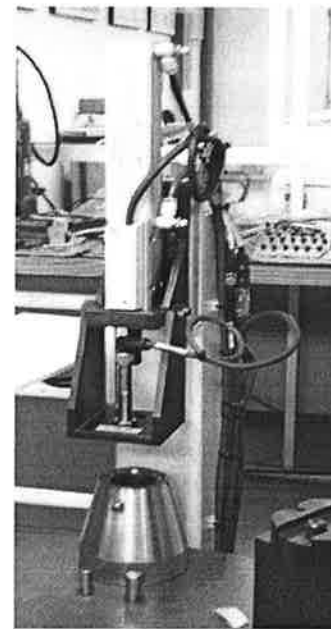
Estación Uno: Estación de verificación de partes

La estación uno es la primera como sistema en el proceso a la que se somete el componente rótula-manivela después de que el operador ha realizado el posicionamiento en la montadura.

En la figura siguiente se puede ver la ubicación de esta estación dentro del entorno de la máquina.



a)



b)

Figura 3.3. Estación Uno: Estación de verificación de partes.

- a) Concepto de diseño.
- b) Fotografía de la estación.

Esta es una estación que tiene como función el reconocimiento de pieza en la montadura. La identificación del modelo del componente rótula-manivela también es detectada. Con base en estas dos inspecciones, se generará una señal de salida que será de verdadero siempre y cuando el componente corresponda con el modelo programado en la producción de riveteado. Si no se encuentra el componente posicionado en la montadura, o si el componente no corresponde con el modelo predefinido por la programación, la señal generada será de falso. Ésta misma señal es condición de entrada para las demás estaciones indicando tanto el tipo como la presencia o no del componente en la montadura. Estas condiciones estarán indicadas con un falso o verdadero.

La secuencia utilizada operación de la estación de verificación de partes esta divide en las siguientes etapas:

- **Etapas 0. Inicio.-** En esta etapa se da comienzo al ciclo de verificación del componente.
- **Etapas 1. Verificación de sensores.-** Se verifica mediante sensores que los sistemas de todas las estaciones se encuentren en condiciones iniciales.
- **Etapas 2. Bancada en posición.** En esta etapa se verifica que la bancada giratoria este en la posición correspondiente para dar inicio a la operación de esta estación.
- **Etapas 3. Avance del pistón denominado "pistón presencia de componente".** Se da la instrucción de avance al pistón. Este pistón acarrea consigo el sensor que detecta la presencia del componente.

- **Etap 4. Toma de lectura con el sensor CEU5.** Esta es una etapa de toma de lectura efectuada por el sensor resistivo-magnético (sensor CEU5) que detecta la presencia o no del componente en la montadura.
- **Etap 5. Retroceso del “pistón presencia de componente”.** Se da la instrucción de retroceso al pistón y por consiguiente se aleja el sensor CEU5.
- **Etap 6. Verificación de sensores.-** Se verifica mediante sensores que los sistemas de todas las estaciones se encuentren en condiciones iniciales.
- **Etap 7. Fin del Ciclo.** Define el fin del ciclo de verificación del componente.

Estación Dos: Estación de riveteado

La estación siguiente a la de verificación de componente, es la estación de riveteado. Esta es en donde el cabezal de la herramienta desciende hasta alcanzar el zanco de la rótula, y por consiguiente, realizar la deformación plástica dado a su movimiento oscilatorio.

Una vez que el pistón que arrastra la herramienta haya alcanzado su punto inferior se habrá logrado el riveteado del componente. En este momento la herramienta asciende regresando a su condición inicial, dándose por terminado el ciclo del riveteado.

En la figura siguiente se puede ver la ubicación de esta estación dentro del entorno de la máquina.



a)



b)

Figura 3.4. Estación Dos: Estación de Riveteado.

- a) Concepto de diseño.
- b) Fotografía de la estación.

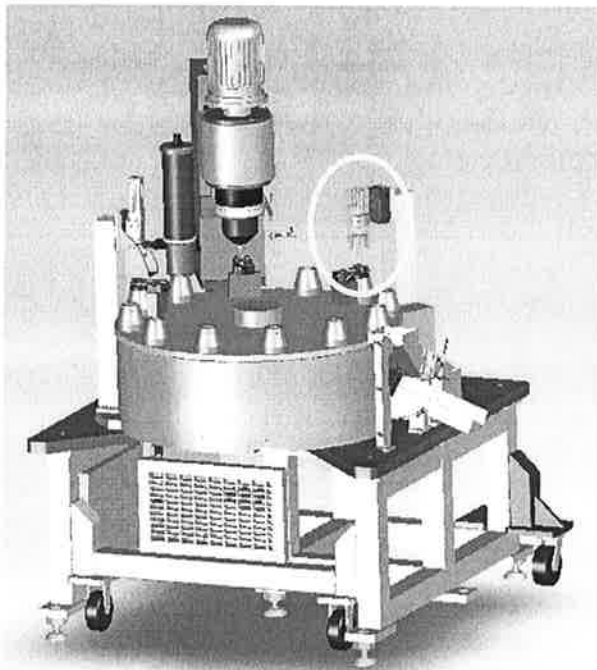
La secuencia utilizada operación de la estación de riveteado esta dividida en las siguientes etapas:

- **Etap 0. Inicio.-** En esta etapa se da comienzo al ciclo de verificación del componente.
- **Etap 1. Verificación de sensores.-** Se verifica mediante sensores que los sistemas de todas las estaciones se encuentren en condiciones iniciales.
- **Etap 2. Bancada en posición.** En esta etapa se verifica que la bancada giratoria este en la posición correspondiente para dar inicio a la operación de esta estación.
- **Etap 3. Avance del pistón denominado “pistón de riveteado”.** Se da la instrucción de avance al pistón. Este pistón acarrea consigo el cabezal que incluye chuck y herramienta.
- **Etap 4. Retroceso del “pistón de riveteado”.** Se da la instrucción de retroceso al pistón y por consiguiente se aleja la herramienta.
- **Etap 5. Verificación de sensores.-** Se verifica mediante sensores que los sistemas de todas las estaciones se encuentren en condiciones iniciales.
- **Etap 6. Fin del Ciclo.** Define el fin del ciclo de riveteado.

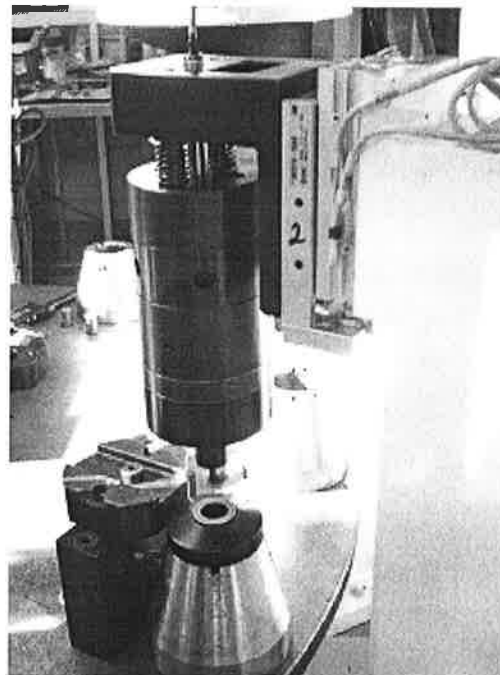
Estación tres: Estación de verificación de riveteado

Una vez que el componente se ha riveteado en la estación dos, la bancada gira llevando al componente hacia la siguiente estación. Dicha estación es denominada “de verificación de riveteado”.

La siguiente figura ilustra esta estación y su ubicación dentro del entorno de la máquina.



a)



b)

Figura 3.5. Estación Tres: Estación de verificación de riveteado.

- a) Concepto de diseño.
- b) Fotografía de la estación.

El sensor LVDT, sensor de desplazamiento longitudinal, esta soportado por el pistón “de verificación de riveteado”. Este sistema desciende una vez que la bancada haya alcanzado la posición correspondiente del componente a verificar. Con el descenso del sistema el sensor incidirá sobre la cabeza riveteada tomando una lectura de altura con la cual se determina la aceptación o rechazo del producto.

La secuencia utilizada operación de la estación de riveteado esta dividida en las siguientes etapas:

- **Etap 0. Inicio.-** En esta etapa se da comienzo al ciclo de verificación del componente.
- **Etap 1. Verificación de sensores.-** Se verifica mediante sensores que los sistemas de todas las estaciones se encuentren en condiciones iniciales.
- **Etap 2. Bancada en posición.** En esta etapa se verifica que la bancada giratoria este en la posición correspondiente para dar inicio a la operación de esta estación.
- **Etap 3. Avance del pistón denominado “pistón de verificación de riveteado”.** Se da la instrucción de avance al pistón. Este pistón acarrea consigo el cilindro dentro del cual se encuentra el sensor LVDT.
- **Etap 4. Toma de lectura con el sensor LVDT.** Esta es una etapa de toma de lectura efectuada por el sensor LVDT (sensor de desplazamiento longitudinal).
- **Etap 5. Almacena medición tomada por el sensor LVDT.** En esta etapa se envía a una localidad de memoria del PLC la medición obtenida y se compara con los valores limites aceptables definidos por el cliente. De aquí la aceptación o rechazo del producto.
- **Etap 6. Retroceso del “pistón de verificación de riveteado”.** Se da la instrucción de retroceso al pistón y por consiguiente se aleja el instrumento de medición.
- **Etap 7. Verificación de sensores.-** Se verifica mediante sensores que los sistemas de todas las estaciones se encuentren en condiciones iniciales.
- **Etap 8. Fin del Ciclo.** Define el fin del ciclo de la verificación de riveteado.

El graficet correspondiente a esta estación se verá con detalle en el capítulo siguiente.

Estación cuatro: Estación de descarga

La estación de descarga es la última en el proceso y tiene como tarea tomar la pieza procedente de la estación de verificación de riveteado y transportarla mediante un brazo manipulador hacia el lugar correspondiente, llámese sección de componentes aceptados o rechazados.

La siguiente figura ilustra esta estación y su ubicación dentro del entorno de la máquina.

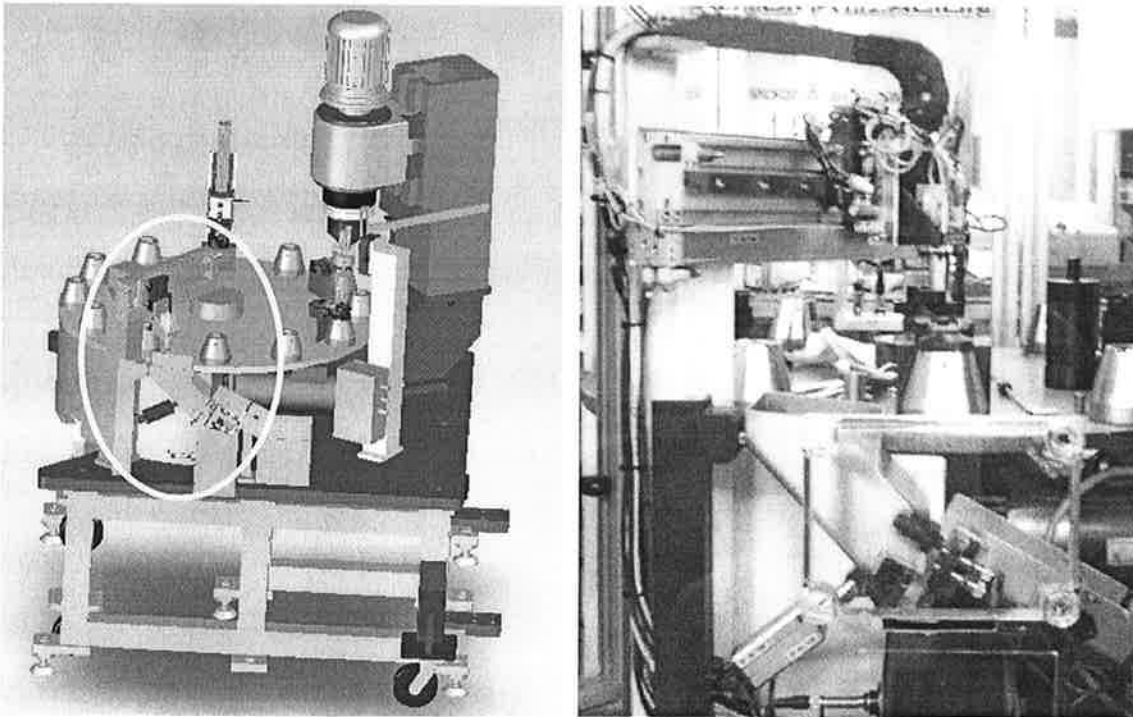


Figura 3.6. Estación Cuatro: Estación de descarga.

- a) Concepto de diseño.
- b) Fotografía de la estación.

La secuencia utilizada operación de la estación de riveteado esta divide en las siguientes etapas:

- **Etapa 0. Inicio.-** En esta etapa se da comienzo al ciclo de verificación del componente.
- **Etapa 1. Verificación de sensores.-** Se verifica mediante sensores que los sistemas de todas las estaciones se encuentren en condiciones iniciales.
- **Etapa 2. Bancada en posición.** En esta etapa se verifica que la bancada giratoria este en la posición correspondiente para dar inicio a la operación de esta estación.
- **Etapa 3. Avance del pistón denominado “pistón de desplazamiento horizontal”.** Se da la instrucción de avance al pistón. Este pistón se posiciona hacia donde se encuentra el componente en la montadura.

- **Etapas 4. Avance del pistón denominado “pistón de sujeción”.** Se da la instrucción de avance al pistón. Este pistón se posiciona sobre el componente en la montadura.
- **Etapas 5. Avance sistema “afianza manivela”.** Se da la instrucción de avance a pistón que lleva consigo el imán. Este imán es quien afianza la manivela.
- **Etapas 6. Retroceso del “pistón de sujeción”.** Se da la instrucción de retroceso al pistón y por consiguiente se eleva de la montadura el componente.
- **Etapas 7. Retroceso del “pistón de desplazamiento horizontal”.** Se da la instrucción de retroceso al pistón y por consiguiente arrastra al componente hasta su posición inicial.
- **Etapas 8. Retroceso del sistema “afianza manivela”.** Se da la instrucción de retroceso al pistón y por consiguiente el componente es depositado sobre la tolva que deposita el componente en los contenedores.
- **Etapas 9. Verificación de sensores.-** Se verifica mediante sensores que los sistemas de todas las estaciones se encuentren en condiciones iniciales.
- **Etapas 10. Fin del Ciclo.** Define el fin del ciclo de descarga.

Conclusiones

En este capítulo se abordaron aspectos generales del funcionamiento de cada estación desde el punto de vista mecánico así como también se describieron las etapas operativas que se asentaron con la automatización.

Se describió el estado final al que se llevó la riveteadora con la modernización mostrando gráficamente los componentes o sistemas que fueron implementados.

Se hizo particular énfasis en describir la función de cada estación y en mostrar la ubicación de los sistemas dentro del entorno global del equipo.

Con este capítulo se buscó dar al lector un panorama detallado de las capacidades particulares de los sistemas involucrados en el equipo y así mostrar las funciones globales de la riveteadora resultante.

CAPITULO 4

ESTACIÓN TRES DE LA RIVETEADORA: ESTACIÓN DE VERIFICACIÓN

En este capítulo se dará una descripción detallada de la estación tres de la máquina, estación de verificación de riveteado. Como ya se mencionó, la tarea de esta estación es verificar la calidad del riveteado, la cual queda definida por su altura y diámetro de base. La altura será medida por el sensor de desplazamiento longitudinal mientras que el diámetro de la base será de alguna forma tomado en cuenta por el tubo que desciende buscando descansar sobre la manivela.

El objetivo aquí será definir de manera explícita todos los aspectos mecánicos involucrados, los detalles de la verificación, lo relativo a la secuencia de programación, de la estructura empleada para programar el PLC, así como su interacción con el PanelView®.

En el siguiente apartado iniciaremos por describir en forma detallada los componentes involucrados en la estación.

4.1. Componentes

Pistón.-

Esta formado por un embolo que se ajusta al interior de las paredes de un cilindro. El embolo efectúa un movimiento alternativo al ser obligado por fluido que ocupa el cilindro a modificar su presión y volumen lo que a su vez se transforma en un movimiento longitudinal.

La riveteadora esta provista de un sistema neumático que suministra del aire necesario con la presión requerida a todos los pistones en el equipo, incluyendo este.

A continuación se muestra el sistema neumático del equipo.

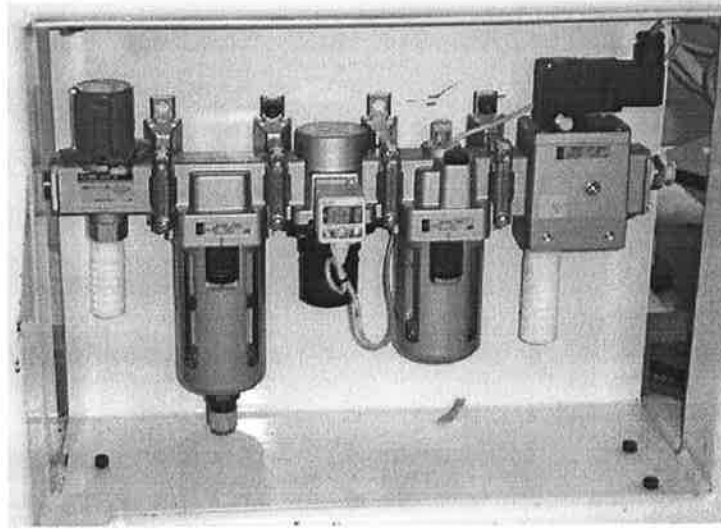
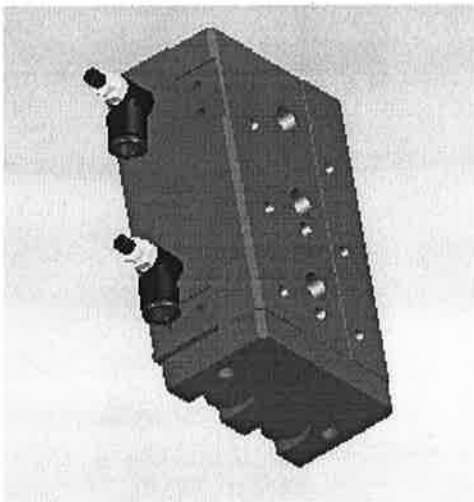


Figura 4.1.1. Sistema neumático.

La presión neumática que entra al cilindro se controla por medio de electroválvulas activando un compartimiento del pistón ya sea de avance o de retroceso. En la siguiente figura se muestra la apariencia del pistón utilizado.



a)



b)

Figura 4.1.2. Pistón neumático.

a) Concepto de diseño.

b) Fotografía del pistón ya instalado.

En figura siguiente se muestra la apariencia de la electroválvula empleada.



Figura 4.1.3. Modelo de Electroválvula empleada.

Para controlar los límites de desplazamiento del pistón, y por ende del sistema de medición, se emplearon dos sensores magnéticos, uno al principio y otro al final de la carrera.

Sensor LVDT.-

El Transformador Diferencial Variable Lineal (Linear Variable Diferencial Transformer) es un dispositivo de sensado de posición que provee un voltaje de salida de CA (Corriente Alterna) proporcional al desplazamiento de su núcleo que pasa a través de sus arrollamientos. Los LVDTs proveen una salida lineal para pequeños desplazamientos mientras el núcleo permanezca dentro del bobinado primario. La distancia exacta es función de la geometría del LVDT. La siguiente figura esquematiza al sensor LVDT

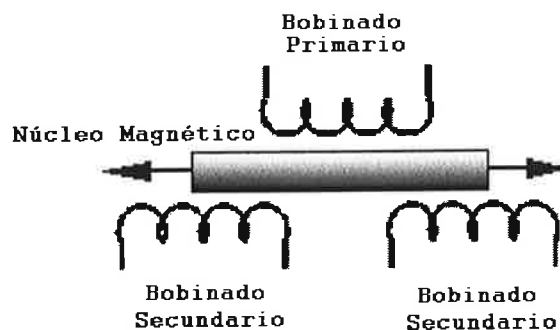


Figura 4.1.4. Esquema del sensor LVDT

El LVDT es un tipo común de transductor electromecánico que puede convertir el movimiento rectilíneo de un objeto al cual esta acoplado mecánicamente, en una señal eléctrica correspondiente. Los sensores de posición lineal LVDT están fácilmente disponibles para medir movimientos de unas pocas millonésimas partes de pulgada hasta varias pulgadas, pero también son capaces de medir posiciones de hasta ± 20 pulgadas.

En la siguiente figura se ilustra los componentes de un LVDT típico.

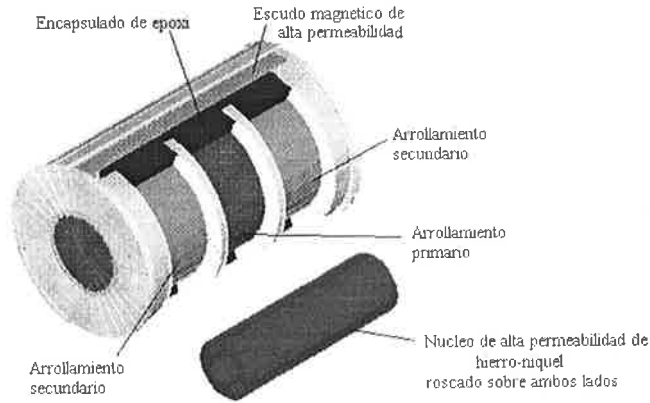


Figura 4.1.5. Componentes del sensor LVDT

El transductor LVDT empleado fue de la marca inglesa RDP Group con número de producto MD5 / 500AG. En figura siguiente se muestra la apariencia del LVDT mencionado.



Figura 4.1.6. Apariencia del LVDT RDP/MD5/500AG

En el apéndice C se incluye la hoja de especificaciones técnicas del transductor empleado.

Acondicionador de Señal

Aunque un LVDT es un transformador eléctrico, requiere potencia de corriente alterna de amplitud y frecuencia completamente diferente de las líneas ordinarias para así operar apropiadamente, típicamente 3V (RMS) a 2.5 KHz.

Suministrar la excitación para un LVDT es una de las funciones del módulo amplificador el cual es a veces conocido como acondicionador de señal. Este se muestra en la figura siguiente.

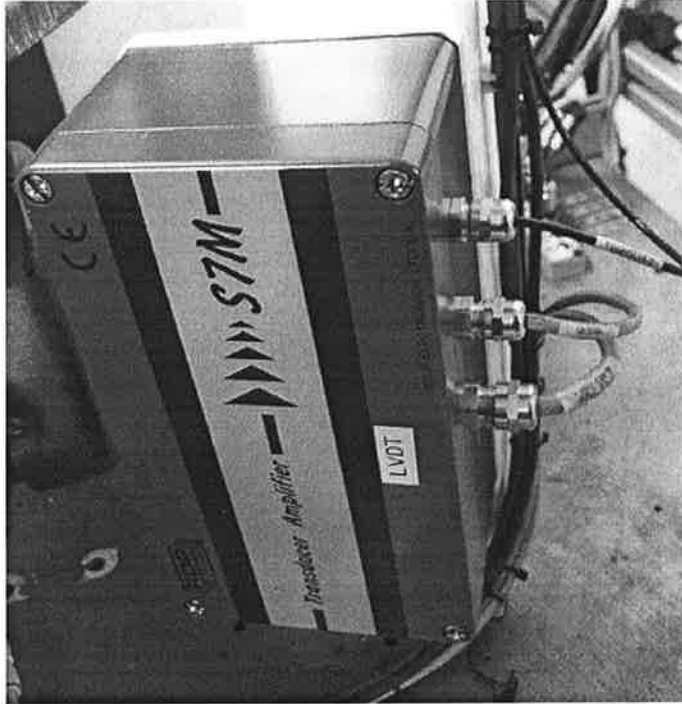


Figura 4.1.7. Módulo Amplificador.

La función principal de este modulo es la de acondicionar la señal ya que el LVDT entrega una señal en CA que difiere de los tipos de señal con los que puede operar un PLC común. Por lo anterior, esta señal requiere ser modificada para que un PLC pueda utilizarla, es decir, una vez que la señal es procesada por el amplificador de señal, se obtiene una señal de corriente de 4 a 20 mA la cual esta dentro de los rangos estándares de operación permitidos para cualquier PLC.

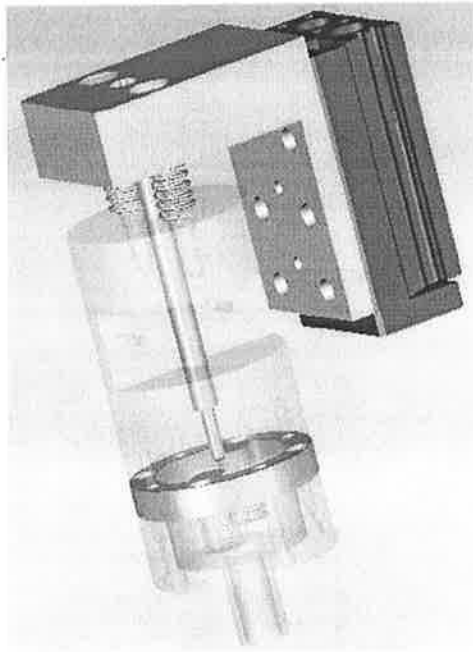
4.2. Descripción de la configuración de la estación

Como ya se mencionó, esta estación esta compuesta de un cilindro neumático el cual tiene como función posicionar al sistema de medición en el lugar adecuado para tomar la lectura.

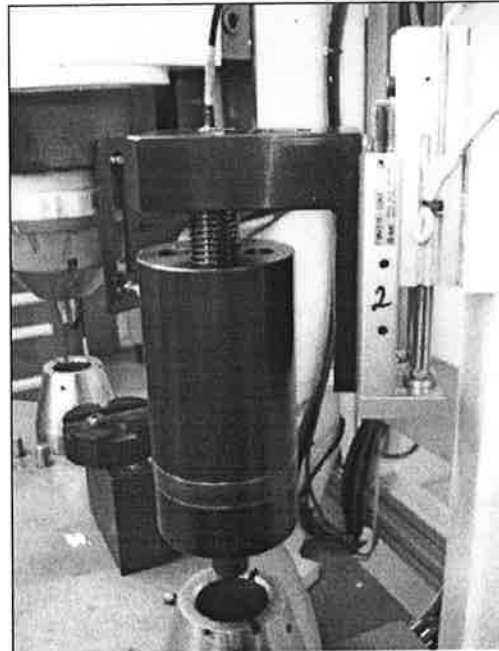
El sistema de medición fue diseñado de tal forma que un cilindro hueco contiene en su interior al LVDT. El cilindro hueco, junto con el transductor, hacen el recorrido impuesto por el pistón neumático hasta el punto en que, el extremo inferior del cilindro hueco, incide en la superficie de la manivela que fue unida con la rotula mediante el riveteado.

Con el descenso del sistema de medición la cabeza riveteada deberá quedar dentro del tubo hueco sin que exista interferencia, es decir, el tubo no deberá descansar sobre la cabeza riveteada. Cuando tal interfería se presente, el sistema de medición detectaría una cabeza riveteada de mayor área que la aceptable y por ende clasificaría al riveteado como ineficiente.

En la siguiente figura se pueden observar los detalles contractivos del concepto de este sistema.



a)



b)

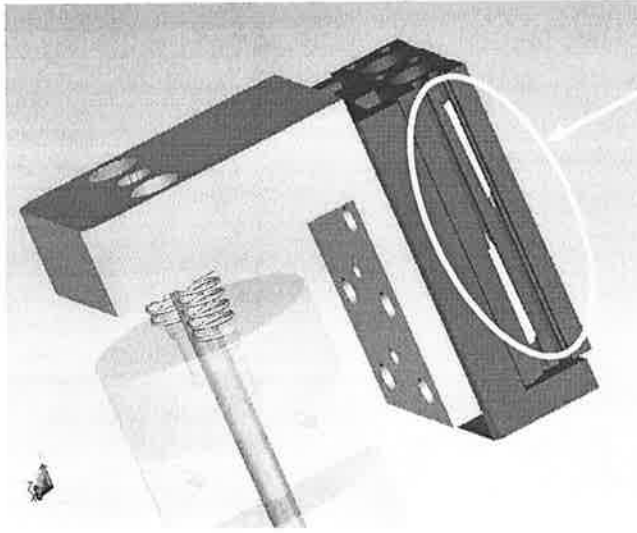
Figura 4.2.1 Sistema de verificación.

- a) Concepto de diseño del sistema de verificación.
- b) Fotografía del sistema de verificación instalado.

En la figura anterior 4.2.1 a) puede observarse que el transductor LVDT está posicionado en el centro del cilindro hueco. Este sistema está acoplado mediante pernos de posicionado al pistón neumático.

Con el descenso del sistema, la manivela topará y empujará al cilindro hueco, mismo que está provisto de un sistema de muelle por resortes, de tal forma que la punta del transductor descansará sobre la cabeza riveteada y tomará la medición.

Los sensores magnéticos que indican la posición del sistema de medición dentro la carrera del ascenso y descenso están localizados en del pistón neumático. La figura que a continuación se incluye, muestra la localización de tales sensores.



Sensores
magnéticos

Figura 4.2.2 Localización de los sensores magnéticos.

4.3. Descripción del funcionamiento de la estación

De acuerdo a la guía GEMMA de este proceso y a las especificaciones del cliente, fue necesario desarrollar diferentes modos de operación. El principal, en donde la estación realiza la secuencia de verificación, se denomina *Modalidad de Automático*. Las otras modalidades para este proceso también serán descritas aquí. Estas son, a saber, la *Modalidad de Reset* y *Modalidad Manual*. Estos modos quedan contemplados en la guía GEMMA para el proceso.

A continuación se desglosa la *descripción de las etapas en Modalidad Automática*.

- **Etapa 0. Inicio.-** En esta etapa se da comienzo al ciclo de verificación del componente.
- **Etapa 1. Verificación de sensores.-** Se verifica, mediante sensores, que los sistemas de todas las estaciones se encuentren en condiciones iniciales.
- **Etapa 2. Bancada en posición.** En esta etapa se verifica que la bancada giratoria este en la posición correspondiente para dar inicio a la operación de esta estación.
- **Etapa 3. Avance del pistón denominado “pistón de verificación de riveteado”.** Se da la instrucción de avance al pistón. Este pistón acarrea consigo al cilindro dentro del cual se encuentra el sensor LVDT.
- **Etapa 4. Toma de lectura con el sensor LVDT.** Esta es una etapa de toma de lectura efectuada por el sensor LVDT.
- **Etapa 5. Retroceso del “pistón de verificación de riveteado”.** Se da la instrucción de retroceso al pistón y por consiguiente se aleja el instrumento de medición.
- **Etapa 6. Verificación de sensores.-** Se verifica mediante sensores que los sistemas de todas las estaciones se encuentren en condiciones iniciales.
- **Etapa 7. Fin del Ciclo.** Define el fin del ciclo de la verificación de riveteado.

A continuación se muestra el *GRAF CET* correspondiente al *Modo Automático*, y se describen las condiciones necesarias para el cambio de etapas.

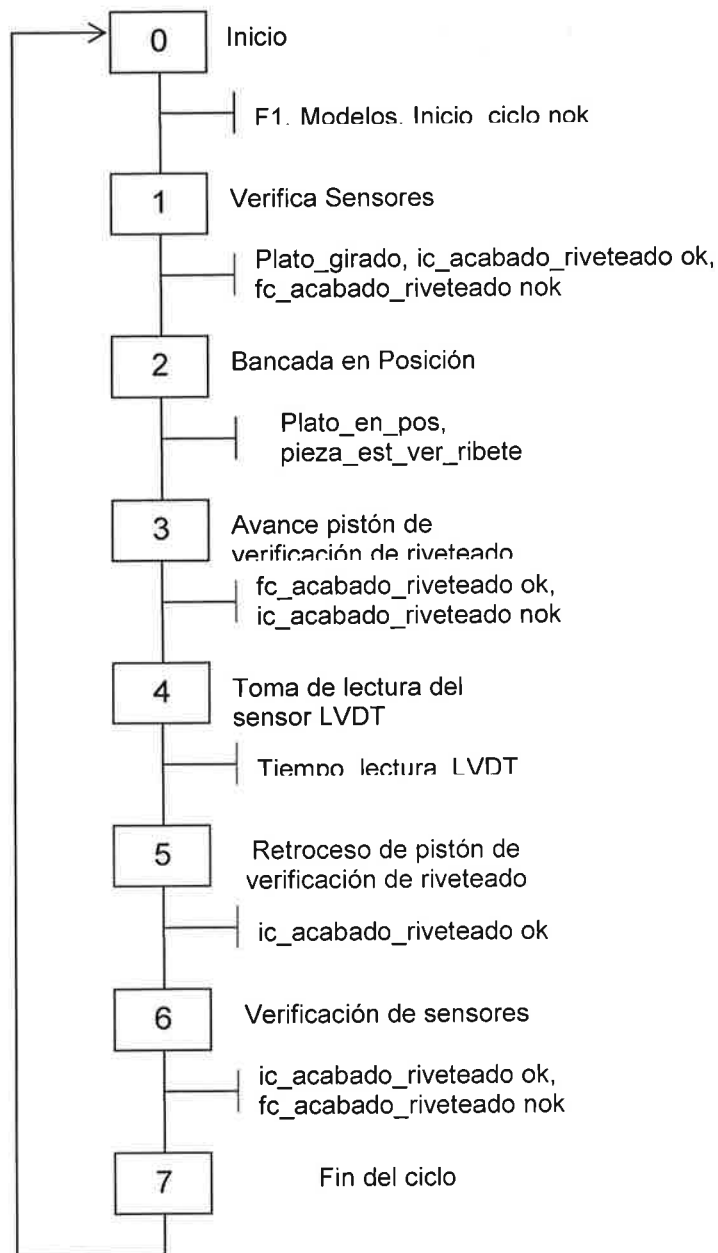


Figura 4.3.1 GRAFCET modo automático

Etapa 0

En la *etapa 0* se comienza con el proceso indicando para esta operación que se encuentra seleccionado el modo automático. Para comenzar con esta etapa, hay condiciones que se deben de tomar en cuenta, ya que sin estas el proceso no avanza. Estas condiciones son:

- el estado del control de paro de emergencia debe estar activado (Control_On),
- el sensor indicador de presión neumática debe estar activado (Presión_ok),

- el botón de paro de emergencia del armario debe estar normalmente cerrado, esto significa que no se encuentre habilitado,
- la tecla de paro de emergencia que se localiza en el panel deberá también estar deshabilitada.

Etapa 1

Una vez que las condiciones anteriores se hayan dado, el proceso se encuentra en la *etapa 0*; etapa de comienzo del proceso. Para el avance a la *etapa 1*, se deben cumplir las siguientes condiciones:

- que se este ubicado en producción normal. De acuerdo a la guía GEMMA esto se denomina estado F1,
- que el componente rótula-manivela especificado corresponda con el modelo colocado por el operador,
- que el *interruptor normalmente cerrado* de arranque de estación (Inicio_ciclo), se encuentre desactivado.

Al cumplirse estas condiciones entonces se avanza a la *etapa 1* y automáticamente se desactiva la *etapa 0*.

Etapa 2

En la *etapa 2*, denominada *bancada en posición*, se debieron de haber cumplido ciertas condiciones, siendo estas:

- que la bancada se encuentre en movimiento (plato_girado),
- que el pistón denominado "pistón de verificación de riveteado" se encuentre en posición inicial, estos es, el sensor de inicio de carrera del pistón este habilitado (ic_acabado_riveteado) y el sensor de final de carrera del pistón se encuentre deshabilitado (fc_acabado_riveteado).

Definidas estas condiciones, el proceso se encuentra en la *etapa 2*. De esta manera ya se dan instrucción al proceso de colocar la bancada en posición para la continuación a la *etapa 3*.

Etapa 3

La *etapa 3* del proceso es en donde se da la instrucción de avance al pistón de verificación de riveteado. Para que ésta orden pueda ser ejecutada, se deberán de cumplir cierta condiciones iniciales. Estas son:

- la bancada debe encontrarse *en posición*. Que la bancada se encuentre en posición implica que las montaduras deben estar ocupando el lugar exacto para cada estación,
- que esté activado un indicador de componente en estación de verificación de riveteado ubicado en la montadura. Esta señal es proveniente de la estación 1 en conjunto con el control de la bancada (pieza_est_ver_ribete).

Siendo aceptadas estas condiciones entonces se ejecutaría la instrucción de avance al pistón

Etapa 4

Una vez que se haya dado la instrucción ordenada en la etapa 3, el pistón se activa para el avance hasta el final de carrera. Es decir, el sistema de medición que aloja al transductor LVDT se desplaza.

Una de las condiciones que mostraría que el pistón avanzó es que el sensor de final de carrera se encuentre cerrado, y por consiguiente, que el sensor de inicio de carrera se encuentra sin señal como un contacto abierto. Estas condiciones indicarían que se detectó el embolo del pistón,

En la etapa 4 se da la instrucción de toma de lectura al transductor LVDT. Para tal efecto, se utiliza un timer interno del PLC que da el tiempo necesario al sensor para tomar una lectura confiable. El tiempo de toma de lectura confiable se contemplo ser de aproximadamente 1segundo. Con ese tiempo se observó que ya se garantizaba la estabilidad del LVDT.

El valor capturado por el transductor LVDT es una señal análoga. Esta señal análoga varía en pulsos según el desplazamiento del sensor y es almacenada en una localidad interna del PLC.

Dado que los límites definidos para dar por aceptado o rechazado un componente riveteado esta dado en unidades de longitud (varia entre 0.7mm y 1.1mm de altura de la cabeza riveteada), fue necesario realizar una calibración que correlacionara el numero de pulsos que detecta el LVDT con la correspondiente extensión longitudinal que los produce.

Etapa 5

Para llegar a esta etapa ya se tuvo que haber almacenado un valor que indique ya sea que el componente fue aceptado o rechazado. Con esta señal se podrá continuar entonces con la instrucción de retroceso del pistón de verificación de riveteado.

Etapa 6

Una vez dada la instrucción de retroceso del pistón, el sensor de inicio de carrera detecta que el pistón se encuentra en posición inicial, siendo esta la condición para comenzar esta etapa 6.

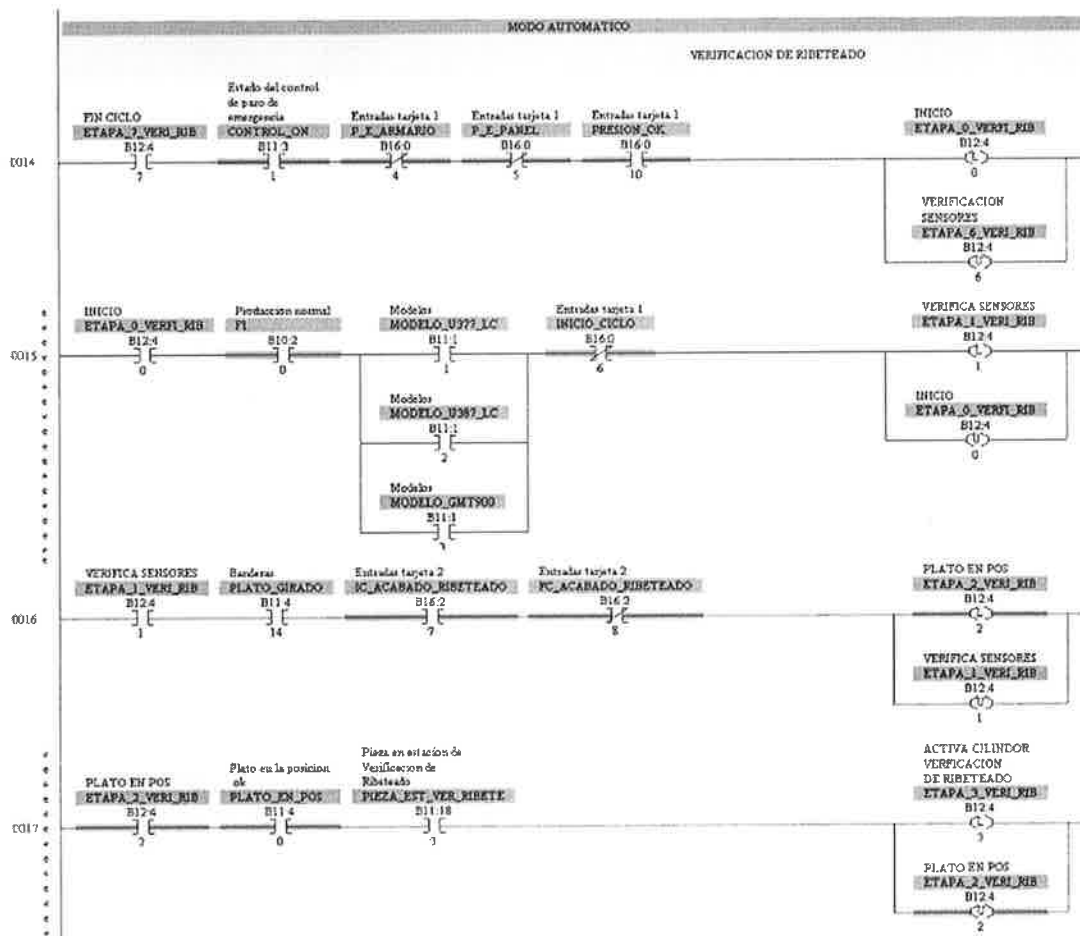
En la etapa 6 se ordena al proceso el siguiente paso, éste es, la verificación de sensores. La etapa de verificación de sensores consiste en garantizar que se encuentren los dispositivos en condiciones iniciales.

Etapa 7

Habiendo verificado que los dispositivos se encuentran en condiciones iniciales, se da comienzo a esta etapa 7. La etapa 7 es la última dentro del ciclo de automático para la verificación de componente riveteado. La salida de la etapa 7 es retroalimentada a la entrada de la etapa 0, esto es para dar continuidad al proceso.

Con el GRAFCET de la secuencia automática finalizada y verificada, se procede a la conversión de la estructura GRAFCET a diagramas escalera. Esta estructura es

necesaria para elaborar el programa que necesita el PLC. A continuación se ilustra la secuencia automática en la estructura de diagrama escalera.



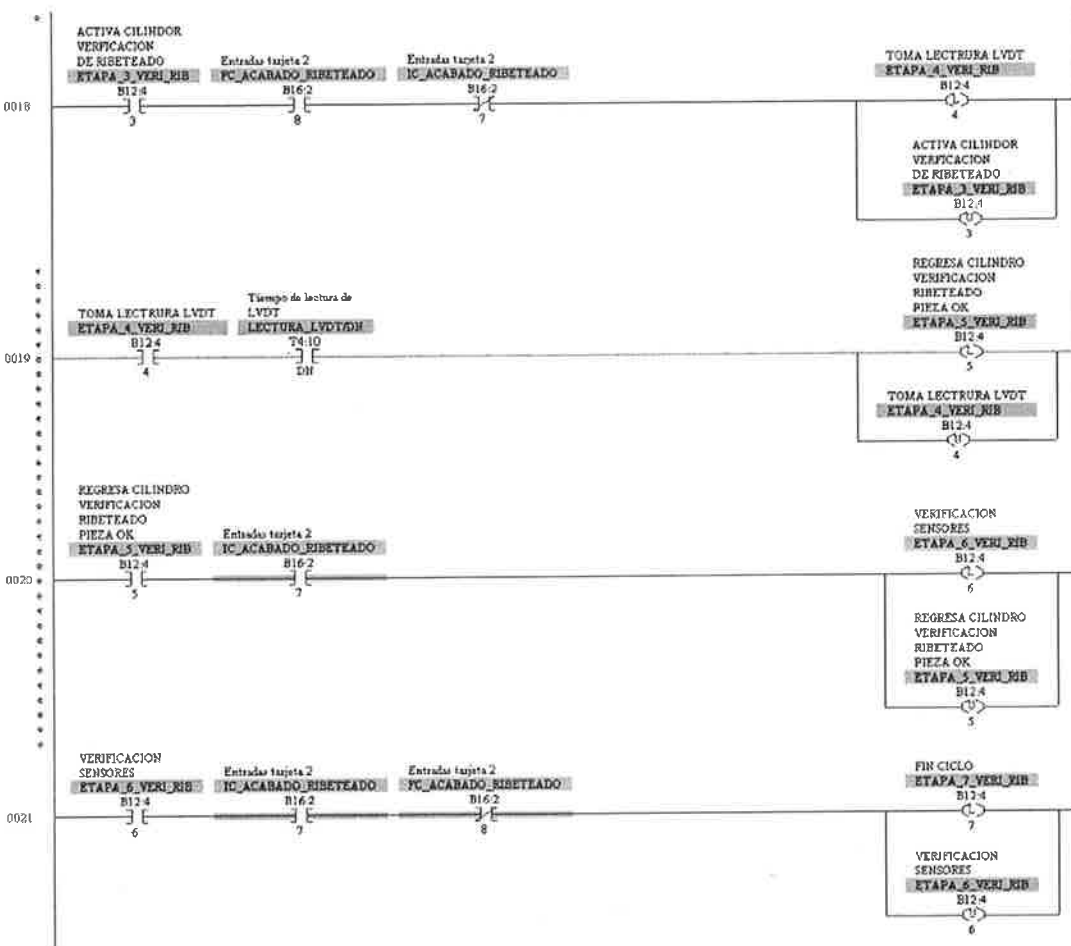


Figura 4.3.2. Diagrama escalera de la secuencia en modo automático.

Modalidad Manual

En la secuencia del modo manual, el pistón de avance retroceso es controlado por el operador. Esta secuencia solamente tiene dos condiciones o etapas. Estas son:

- Etapa 1 para el avance del pistón de verificación de riveteado y
- Etapa 2 para el retroceso del pistón.

Estas condiciones son controladas por el operador por medio de teclas localizadas en la terminal PanelView®

A continuación se muestra la secuencia en diagrama escalera para la programación en el PLC.

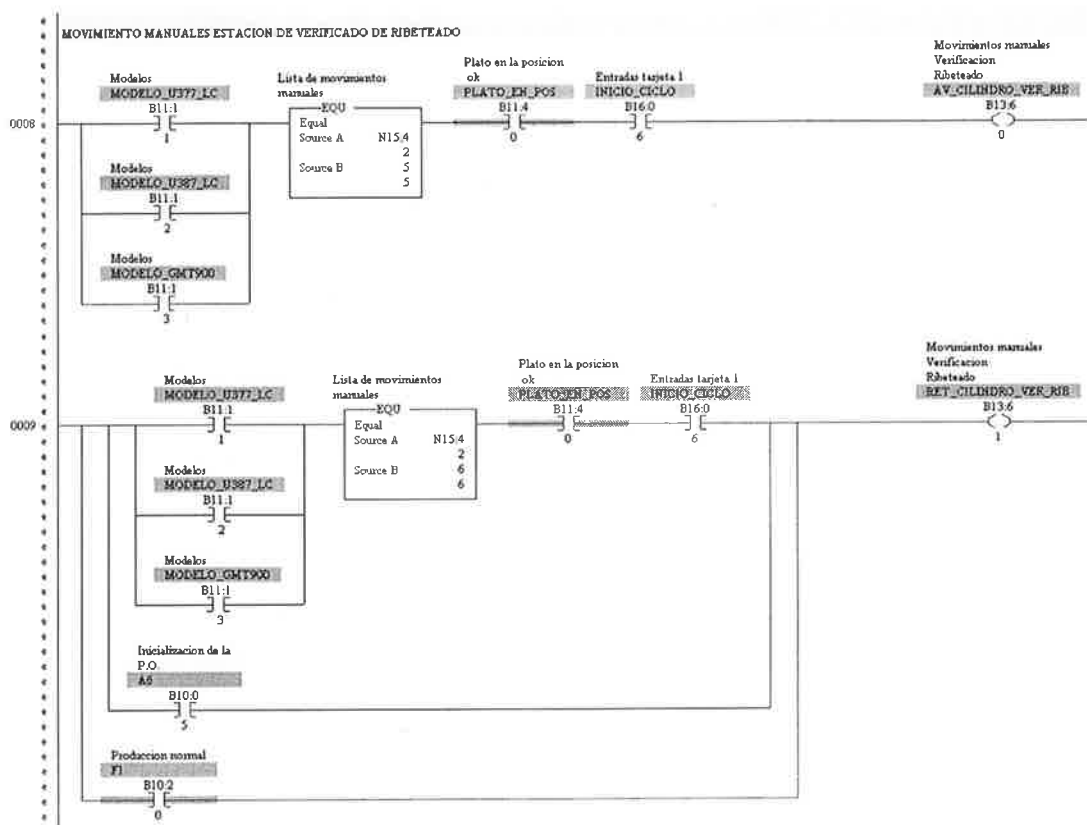


Figura 4.3.3. Diagrama escalera de la secuencia en modo manual.

Modalidad Reset

La secuencia de modo reset es en donde se inicializa el sistema global del equipo. Este modo es importante en casos tales como:

- Cuando la maquina se arranca y se desea tener al equipo en las condiciones apropiadas para producción,
- Cuando se requiere recobrar las condiciones para el arranque de operaciones después de haberse presentado fallas que entorpecieron la producción normal del equipo,
- Cuando fue necesario recurrir a paros de emergencia, etc.

El equipo de riveteado, como un todo, cuenta con una lógica de reset muy completa, pero aquí nos limitaremos a describir solamente la secuencia reset correspondiente a la estación tres.

A continuación se muestra el *GRAF CET* correspondiente al *Modo Reset*, de la estación tres.

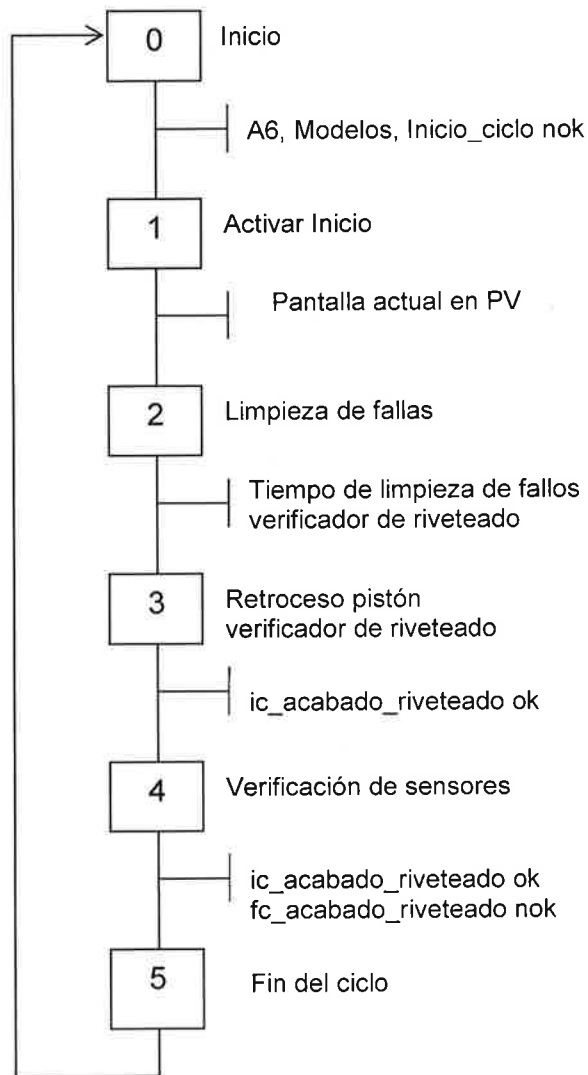


Figura 4.3.4 GRAFCET modo automático

Secuencia Reset

Etapa 0

En la *etapa 0* se da comienzo a la secuencia de reset, para la cual también necesita estar las condiciones necesarias para esta etapa. Estas condiciones son: el estado del control de paro de emergencia se encuentre activado (Control_on), el botón de paro de emergencia del armario se encuentre normalmente cerrado, esto significa que no se encuentre habilitado, como también la tecla de paro de emergencia que se localiza en el panel.

Etapa 1

Partiendo de la etapa 0, se desea continuar a la siguiente etapa. Las condiciones necesarias para avanzar a la etapa 1, llamada activar inicio, son la siguientes: este

seleccionado el estado A6 (Puesta del sistema en el estado inicial), que el interruptor de arranque de estación (inicio_ciclo) se encuentre desactivado, y este seleccionado el modelo rótula-manivela indicado por el operador.

Etapa 2

Para el avance a la etapa 2 de limpieza de fallas, tiene una única condición, siempre y cuando se encuentre en el pantalla de arranque de estación, pasará a la etapa de limpieza de fallas.

Etapa 3

Estando localizado en la etapa 2, la siguiente condición que se encuentra enseguida, es un tiempo de limpieza de fallos de verificación de riveteado con tiempo de duración de dos segundos. Una vez que el tiempo se haya cumplido, avanza a la etapa 3 denominada "retroceso del cilindro verificador de riveteado".

Etapa 4

Una vez que el pistón haya retrocedido hasta ser captado por el sensor de inicio de carrera del pistón de verificación de riveteado entra a la etapa 4 de verificación de sensores.

Etapa 5

Cuando la estación se encuentre en condiciones iniciales, termina en la ultima etapa de fin de ciclo.

Con esto se describe el comportamiento y las condiciones necesarias para realizar la secuencia de reset. A continuación se ilustra el diagrama escalera de esta secuencia.

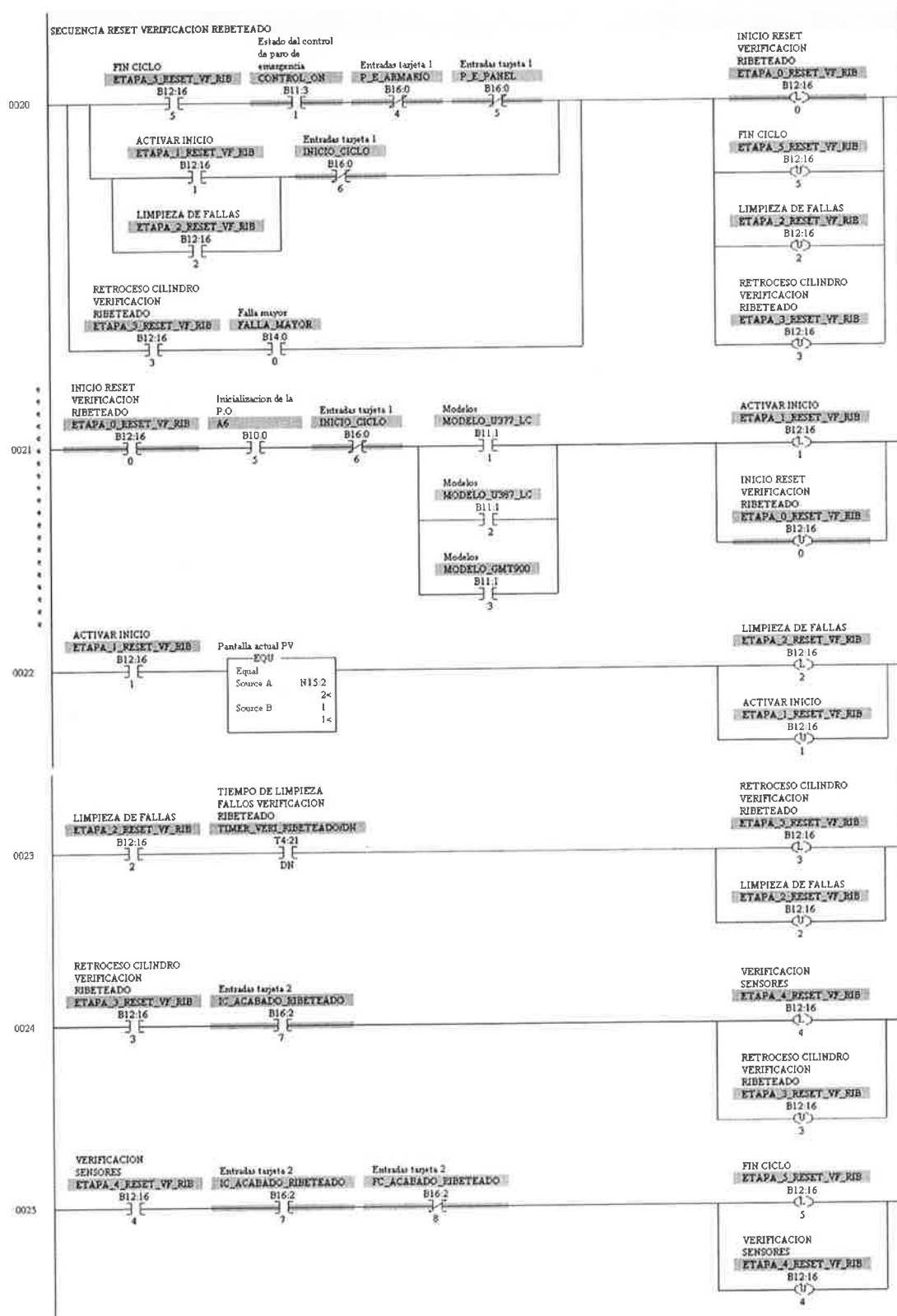


Figura 4.3.5. Diagrama escalera de la secuencia en modo reset.

Pantallas PanelView®

Para la interacción hombre-maquina, se elaboró la comunicación del estado operacional del equipo con el operador. La forma visual en donde el operador puede observar el estado real de la máquina se llevo a cabo con el PanelView®. Con esta herramienta, se despliega toda relación y estado operativo de la máquina al operador indicándole de las funciones realizadas dentro del proceso global. En este caso particular, nos limitaremos a describir las pantallas que fueron necesarias para conformar la estación 3 y su relación con el lenguaje de programación del PLC. En la siguiente imagen se observa la pantalla utilizada para desplegar los datos relativos al conteo de componentes aceptados y rechazados durante un ciclo operativo determinado.

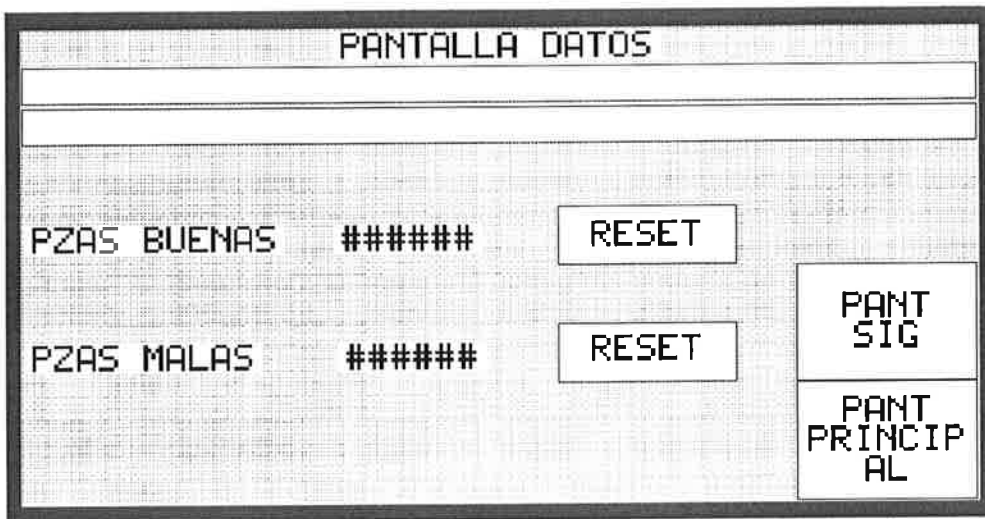


Figura 4.3.6. Pantalla de Datos del conteo de piezas de la estación tres.

Este conteo se efectúa almacenando en registros la información enviada por la estación 3, esto con base en el lenguaje de programación del PLC. Las direcciones de registro de almacenamiento se enlazan con la pantalla realizada en PanelBuilder® y se despliega el valor almacenado.

En la pantalla de la Figura 4.3.6 se observan también teclas de reset. Estas teclas, de igual manera, están direccionadas a comandos del lenguaje de programación del PLC, esto es, las teclas de reset limpian los contadores de las piezas buenas como la de las piezas malas.

Otro aspecto importante que es desplegado en el panel es la altura del riveteado. El dato obtenido del sensor LVDT, esta dado en pulsos por unidad de desplazamiento. Dado que existe linealidad entre estas variables, se realizó una calibración que las correlacionara. Esta correlación quedó programada y puede

ser modificada y/o corregida a través del panel. Esta pantalla puede observarse en la figura siguiente.



Figura 4.3.7. Pantalla de Datos de altura de ribeteado.

Conclusiones

En este capítulo se describió detalladamente la estación de verificación de riveteado, estación tres del equipo. Se detalló de manera explícita todos los aspectos mecánicos involucrados, los detalles de la verificación, lo relativo a la secuencia de programación, de la estructura empleada para programar el PLC, así como su interacción con el PanelView®.

Se definieron tres tipos de GRAFSETS que siempre han de aparecer en todo automatismo. Estos son, a saber:

- secuencia de modo automático,
- secuencia de modo manual y
- secuencia de modo reset

con base en estos modos secuenciales, se describió paso a paso cada una de las etapas incluidas para lograr las funciones de la estación de verificación de la riveteadora.

Con base en los GRAFSET descritos, se crearon e incluyeron los diagramas escalera necesarios para la programación del PLC en lo relativo a la estación de verificación.

Se hablo de las pantallas PanelView® que fueron creadas para la interacción hombre-maquina en lo relativo exclusivamente a la estación 3, indicando su función. Por brevedad, se omitió la descripción de todas aquellas pantallas de función general aunque estuvieran de alguna forma relacionadas con esta estación.

CONCLUSIONES

A manera de conclusión para este trabajo se puede iniciar por resaltar lo satisfactorio de la experiencia ganada al formar parte de un grupo interdisciplinario de ingenieros que tuvo como misión, conceptualizar y hacer realidad un equipo que involucra aspectos mecánicos, electrónicos y de control.

Como resultado de la Estancia Industrial en CIDESI se pudo vivir de cerca la forma en que las diferentes disciplinas involucradas en un proyecto mecatrónico se integran y organizan a fin de lograr los objetivos planteados dentro de los tiempos de entrega comprometidos.

También resultó bastante alentador sentirse un eslabón más de la cadena que conforma un grupo de trabajo de esta naturaleza, aunque con ello se adquiriera un compromiso, que de no cumplirse, entorpecería la obtención de la misión global del equipo.

Con esta participación fue también interesante descubrir que los grandes proyectos no son más que el resultado de las pequeñas aportaciones comisionadas a cada uno de los muchos participantes involucrados. Resulto muy enriquecedor el conocer como arranca un proyecto y participar desde el inicio en él. Tener una participación activa dentro del grupo dando inicialmente sólo ideas de concepto y hablando de aspectos muy generales y poco a poco vivir la evolución y maduración de las ideas, para ya posteriormente poner manos a la obra aportando la tarea comisionada; fue de gran aprendizaje.

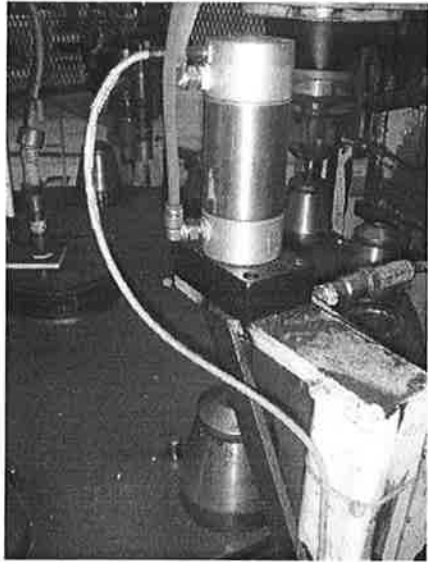
El haber conocido el estado original de una maquina considerada obsoleta y tener como misión hacer de ella un equipo totalmente autómatas y actual, fue algo que siempre resulto un reto.

Para concluir acerca de los resultados obtenidos con este proyecto, creo más apropiado recurrir a ilustrar lo que el equipo de trabajo recibió y a lo que finalmente llegó.

Ya que una imagen dice más mil palabras, resultará más interesante para el lector continuar con estas conclusiones dejándole ver el estado original y final del equipo.

ANTES

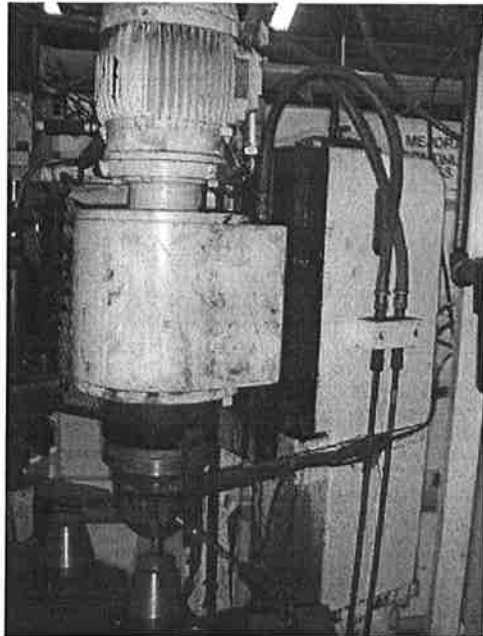
DESPUÉS



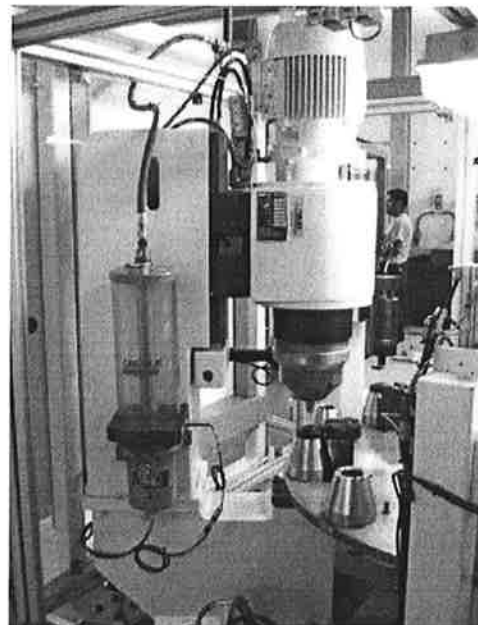
ANTES



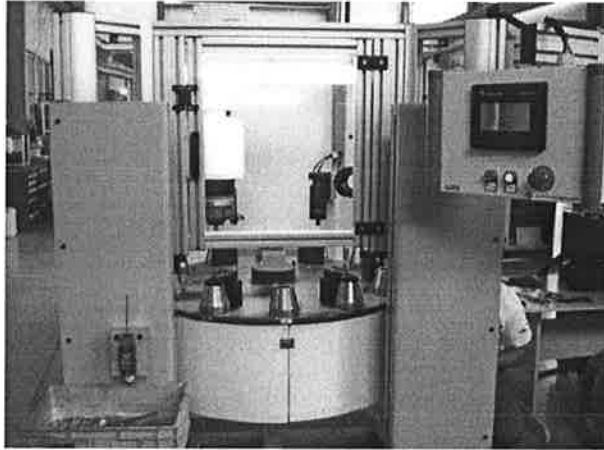
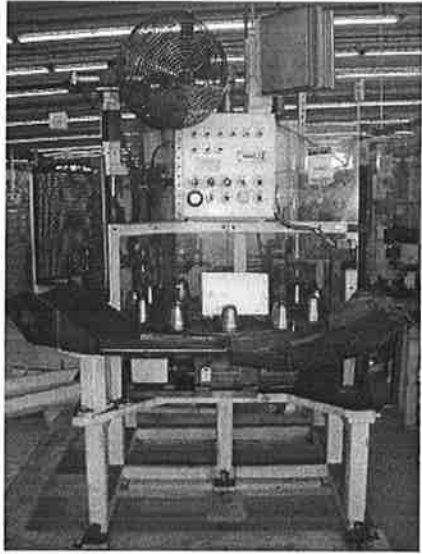
DESPUÉS



ANTES

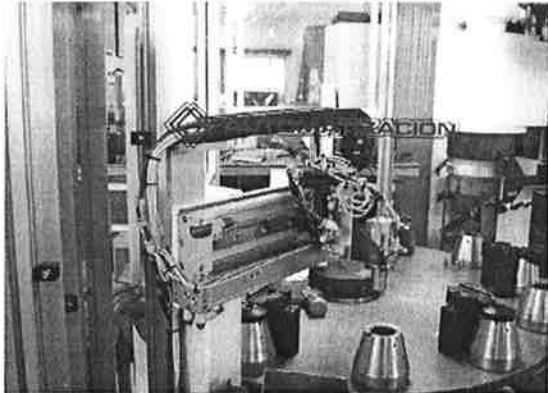
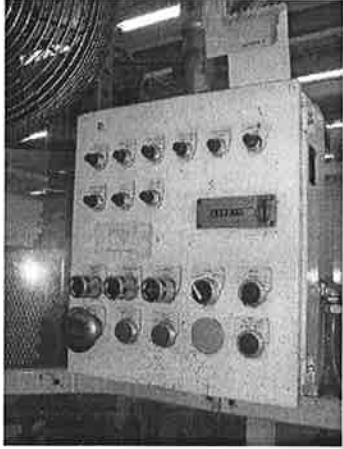


DESPUÉS



ANTES

DESPUÉS



APÉNDICE A

GRAFSET

La creciente complejidad de los automatismos industriales se traduce en una mayor dificultad para definir de una manera clara y sin ambigüedades las especificaciones funcionales a las que debe responder. Esta dificultad se ve agravada por la utilización de un gran número de informaciones de entrada y salida. Las distintas formas de descripción de un proceso podrían ser clasificadas en los distintos grupos:

- Una descripción literal únicamente resulta larga, incómoda, a veces imprecisa y, a menudo incompleta.
- Una descripción lógica (logigrama) está casi exclusivamente enfocada a una tecnología determinada, y no es apropiada a la realización mediante programa.
- Una representación por organigrama, más general, se adapta bien a las realizaciones mediante programa, pero resulta pobre en el caso de los secuenciales y no muestra los funcionamientos simultáneos, caso de que los haya.

Como solución al desarrollo de programas de control para procesos secuenciales se crea una metodología de diagrama funcional, llamada GRACFET (Graphe de Comands Etape/Transition, gráfico de mando etapa/transición)

Este diagrama funcional permite describir los comportamientos del automatismo en relación a las informaciones que recibe, imponiendo un funcionamiento riguroso, evitando de esta forma incoherencias, bloqueos o conflictos en el funcionamiento. En cada nivel de descripción, este diagrama puede ser modificado o corregido, sin necesidad de volver a partes ya estudiadas.

CONCEPTOS BÁSICOS

El Grafset se compone de un conjunto de:

- **Etapas o Estados** a las que van asociadas **acciones**.
- **Transiciones** a las que van asociadas **receptividades**.
- **Uniones Orientadas** que unen las **etapas** a las **transiciones** y las **transiciones** a las **etapas**.

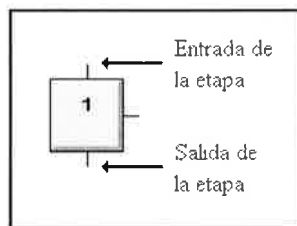
Etapas

Una etapa se caracteriza por un comportamiento invariable en una parte o en la totalidad de la parte de mando.

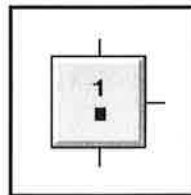
En un momento determinado, y según sea la evolución del sistema:

- · Una **etapa** puede estar **activa** o **inactiva**.
- · El conjunto de las **etapas activas** definen la situación de la parte demando.

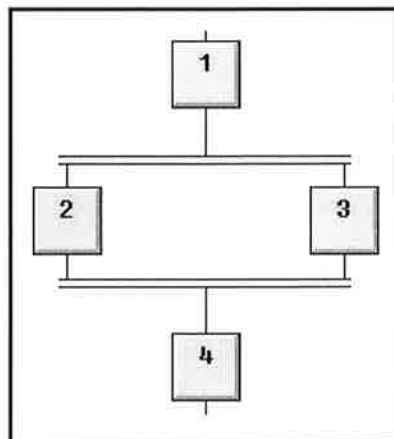
Las etapas se representan por un cuadrado con un número en su parte superior como identificación. La entrada y salida de una etapa aparece en la parte superior e inferior, respectivamente, de cada símbolo. El conjunto formado por el cuadrado y la extensión de las entradas y salidas constituye el símbolo completo de la **etapa**:



Cuando es necesario determinar la situación del Grafcet en un momento determinado, es muy cómodo identificar todas las etapas activas en ese momento, mediante un punto en la parte inferior de los símbolos de las etapas activas:



Cuando varias transiciones van unidas a una misma etapa, las uniones orientadas correspondientes se reagrupan antes o después de la etapa:

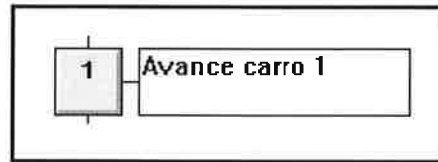


Acciones asociadas a las etapas

Las acciones están descritas, literal o simbólicamente, en el interior de uno o varios rectángulos unidos al símbolo de la etapa a la que van asociados.

Tanto las acciones asociadas a las etapas como las receptividades asociadas a las transiciones se pueden describir a dos niveles:

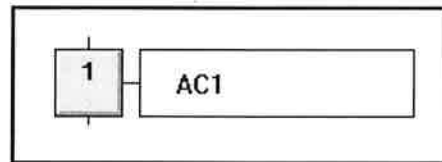
- · **Nivel 1:** no tienen en cuenta los elementos tecnológicos que implementan el órgano operativo y sólo se atienden a las especificaciones de tipo funcional. Se trata de describir las funciones del sistema.



Acción asociada a la etapa 1 (nivel 1):

Avance del carro 1

- · **Nivel 2:** se especifican los aspectos tecnológicos del órgano operativo y de lo que le rodea y de las especificaciones operacionales del órgano de control.



Acción asociada a la etapa 1 (nivel 2):

AC1

Cuando las acciones están descritas en forma simbólica, debe haber una tabla con la relación entre cada símbolo utilizado y la acción a ejecutar. Para el ejemplo anterior debería existir algo como:

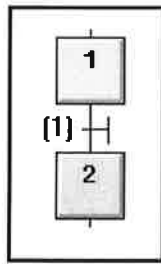
AC1: Avance del Carro 1

Transición

Una transición indica la posibilidad de evolución entre etapas. Esta evolución se consume al producirse el **franqueo** de la **transición**. El franqueo de una transición provoca el paso en la parte de mando de una situación a otra situación.

Una **transición** puede estar **validada** o **no validada**. Se dice que está validada cuando todas las etapas inmediatamente unidas a esta transición están activas.

Una transición entre dos etapas se representa mediante una línea perpendicular a las uniones orientadas, también puede llevar una línea paralela a las uniones orientadas. Para facilitar la comprensión del Grafcet cada transición puede ir numerada a la izquierda de la línea perpendicular.



Transición que une la etapa 1 con la etapa 2.

Receptividad asociada a la transición

A cada transición va asociada una proposición lógica llamada receptividad que puede evaluada a verdadero o falso. Entre todas las informaciones disponibles en un momento determinado, la receptividad agrupa solamente aquellas que son necesarias para el franqueo de la transición. La receptividad es función de informaciones externas (entradas) o internas (estado de contadores, temporizadores, estados activos o inactivos de otras etapas).

Las entradas de la parte de mando corresponden a las informaciones externas provenientes de la parte operativa, de consignas dadas por el operador, o de informaciones de otros sistemas.

La receptividad va escrita literal o simbólicamente, preferentemente a la derecha del símbolo de la transición.



Ilustración 2- Representación literal de la receptividad

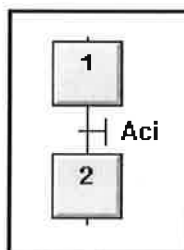


Ilustración 3- Representación simbólica de la receptividad

Cuando la receptividad está escrita en forma simbólica, una tabla debe dar la correspondencia entre cada símbolo utilizado y la información correspondiente. En el ejemplo anterior

Aci: Señal Arranque.

Cuando no hay condición asociada a una transición, se dice que la receptividad es verdadera siempre y se escribe =1.

Uniones orientadas

Las uniones orientadas unen las etapas a las transiciones y las transiciones a las etapas. Señalan el camino de las evoluciones.

Las uniones orientadas se representan mediante líneas horizontales o verticales. Las líneas oblicuas pueden ser empleadas excepcionalmente siempre que añadan claridad al diagrama. Por convenio, el sentido de las evoluciones en un Grafcet es de arriba hacia abajo.

Las flechas se utilizan para señalar la orientación de las uniones:

- · cuando no se respeta el convenio.
- · en casos especiales, siempre que su presencia aporte claridad y facilite la comprensión de las evoluciones del Grafcet.

Reglas de Evolución

Situación Inicial

La situación inicial del Grafcet caracteriza el comportamiento inicial de la parte de mando en relación a la parte operativa, y corresponde a las etapas activas al comienzo del funcionamiento. Si esta situación es siempre la misma, caso de los automatismos cíclicos, estará caracterizada por las etapas iniciales. Este caso corresponde a un comportamiento de reposo.

En el caso de automatismos no cíclicos, la situación de partida depende del estado del proceso en el momento de la puesta en marcha de la parte de mando. La forma de establecer la situación inicial debe ser definida en el Grafcet o en documentación adjunta.

Franqueo de una Transición

La evolución de la situación del Grafcet correspondiente al franqueo de una transición no puede producirse más que:

- · cuando esta transición está validada y
- · cuando la receptividad asociada a esa transición es cierta.

Cuando estas dos condiciones se cumplen, la transición es franqueable y entonces es franqueada **obligatoriamente**.

Evolución de las Etapas activas

El franqueo de una transición trae como consecuencia la activación simultánea de todas las etapas inmediatamente posteriores y la desactivación de todas las etapas inmediatamente anteriores.

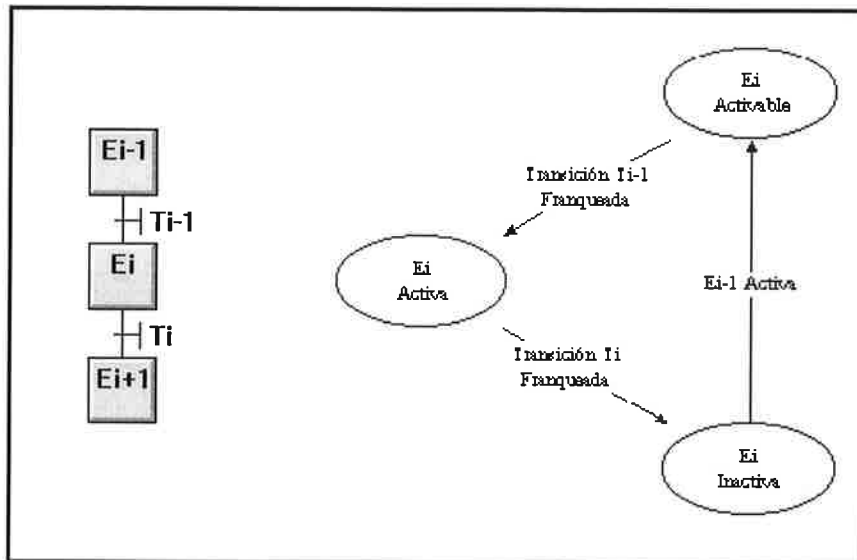
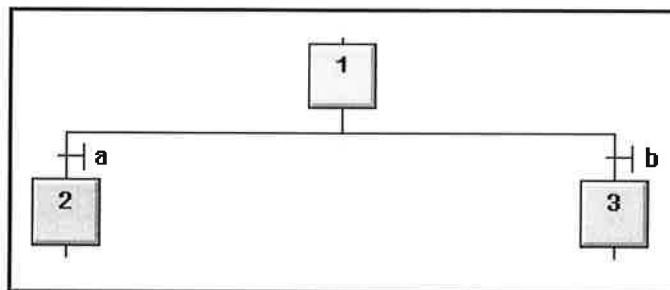


Ilustración 4- Estados posibles de la etapa Ei y sus transiciones

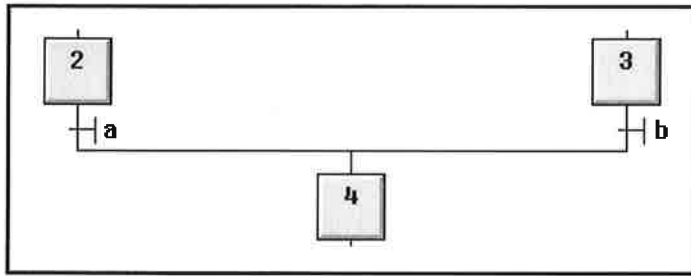
Reglas de estructuras de uso frecuente

- **Divergencia en O.** Se representa mediante el esquema.



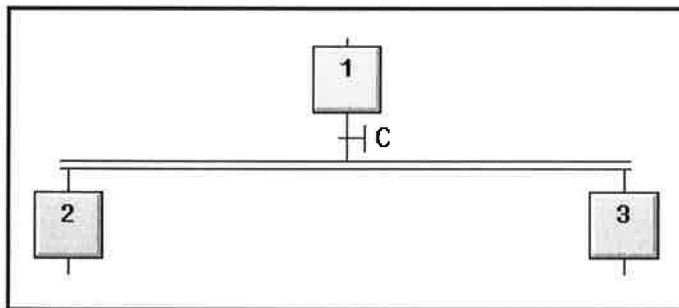
Cuando la etapa 1 está activa, según se cumpla la receptividad asociada a la transición **a** o la receptividad asociada a la transición **b**, pasará a ser activa la etapa 2 o bien la etapa 3 respectivamente.

- **Convergencia en O.** Se representa mediante el esquema.



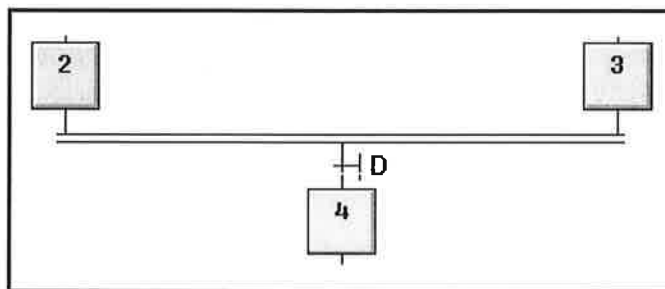
Si la etapa activa es la 2 debe cumplirse la receptividad asociada a la transición a para pasar a la etapa 4 a activa. Si la etapa activa es la 3 debe cumplirse la receptividad asociada a la transición b, para que la etapa 4 pase a estar activa.

- **Divergencia en Y.** Viene dada por el esquema.



Estando activa la etapa 1 y si se cumple la receptividad asociada a la transición C, pasan a estar activas las etapas 2 y 3.

- **Convergencia en Y.** Viene dada por el siguiente esquema:



Para que se activa la etapa 4 deben estar activas las etapas 2 y 3 y cumplirse la receptividad asociada a la transición D.

Evoluciones Simultáneas

Varias transiciones que son franqueables simultáneamente, son simultáneamente franqueadas. Esta regla de franqueo simultáneo permite descomponer el Grafcet

en varios diagramas, especificando claramente sus interconexiones. En este caso, es indispensable hacer intervenir, en las receptividades los estados activos de las etapas.

Activación y Desactivación Simultánea

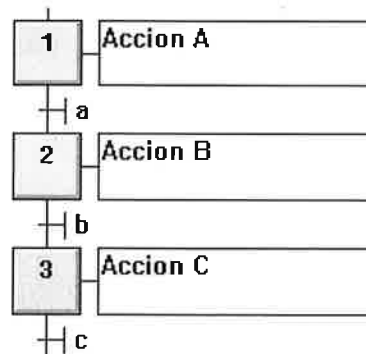
Si en el curso del funcionamiento de un automatismo una etapa debe ser desactivada y activada simultáneamente, ésta seguirá activa.

Estructuras Principales

Las estructuras de base más utilizadas se describen a continuación. Pueden combinarse entre ellas, siendo esta enumeración no limitativa.

Secuencia única

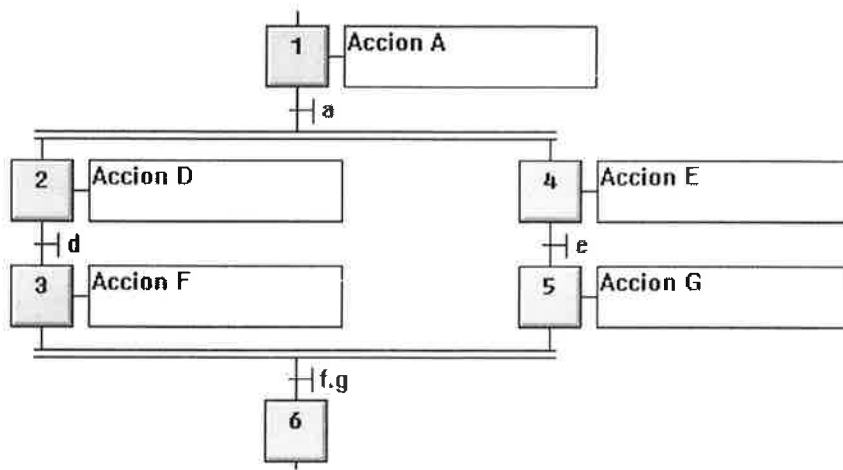
Una secuencia única se compone de una sucesión de etapas que son activadas una a continuación de otra. A cada Etapa le sigue solamente una transición y cada transición es validada por una sola etapa.



Se dice que la secuencia está activa si al menos lo está una etapa. Por el contrario se dice que está inactiva si todas las etapas están inactivas.

Secuencias Simultáneas: paralelismo estructural

Cuando el franqueo de una transición conduce a la activación de varias secuencias al mismo tiempo, se dice que son secuencias simultáneas. Después de la activación de estas secuencias, las evoluciones de las etapas activas en cada una de las secuencias son independientes. Para asegurar la sincronización de la desactivación de varias secuencias al mismo tiempo, generalmente se ponen etapas de espera recíproca.



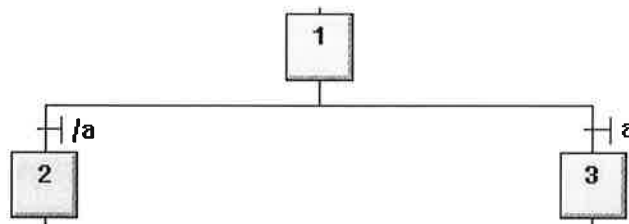
Las activaciones o desactivaciones simultáneas de estas secuencias pueden efectuarse en una o varias veces.

Selección de Secuencia

Una selección de secuencia, o una elección de evolución entre varias etapas o secuencias se presenta a partir de una o varias etapas, mediante tantas transiciones validadas como evoluciones posibles haya, es el caso de la divergencias en O.

Secuencias exclusivas

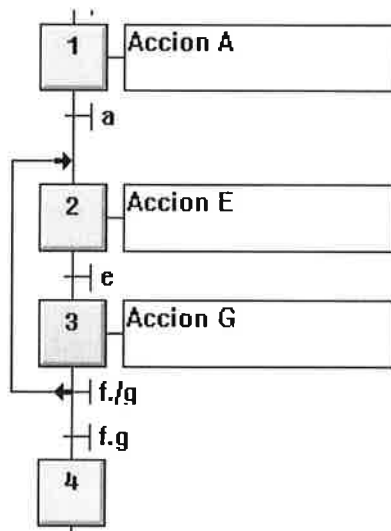
Para obtener una selección exclusiva entre varias evoluciones posibles a partir de una misma etapa, es necesario asegurar que todas las receptividades asociadas a las transiciones son exclusivas es decir, no pueden ser verdaderas simultáneamente. Esta exclusión puede ser de orden físico (incompatibilidad mecánica o temporal), o de orden lógico (en la escritura de las receptividades).



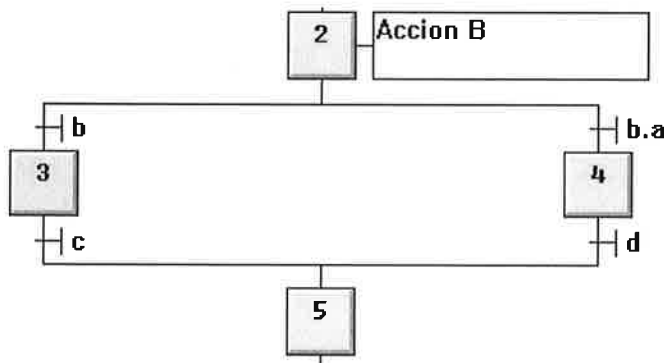
- **Salto de etapas y repetición de secuencia.** El salto de etapas permite saltar una o varias etapas, por ejemplo, cuando las acciones a efectuar por

estas etapas, lleguen a ser inútiles o no tengan objeto. Por el contrario, la repetición de secuencia, permite volver a comenzar la misma secuencia mientras que una condición establecida no sea cumplida.

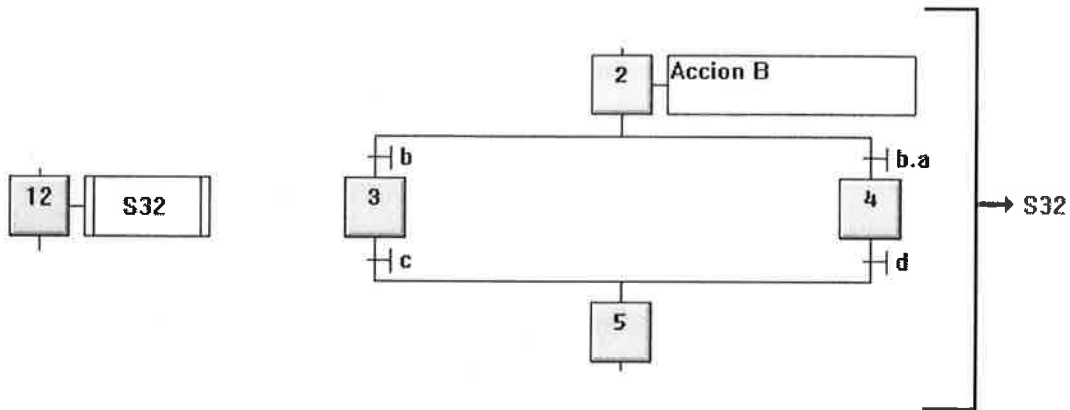
- **Paralelismo Interpretado.** Cuando las receptividades asociadas a las transiciones validadas por una o varias etapas no son exclusivas, pueden producirse evaluaciones simultáneas que activan varias etapas a la vez. Este segundo tipo de paralelismo se llama paralelismo interpretado.
- **Reutilización de la misma Secuencia.** Cuando una misma secuencia se utiliza varias veces, puede ser organizada de forma parecida a un subprograma. Las secuencias utilizadas como subprograma se representan mediante un rectángulo cuyos lados verticales van duplicados.



- **Paralelismo Interpretado.** Cuando las receptividades asociadas a las transiciones validadas por una o varias etapas no son exclusivas, pueden producirse evaluaciones simultáneas que activan varias etapas a la vez. Este segundo tipo de paralelismo se llama paralelismo interpretado.



- **Reutilización de la misma Secuencia.** Cuando una misma secuencia se utiliza varias veces, puede ser organizada de forma parecida a un subprograma. Las secuencias utilizadas como subprograma se representan mediante un rectángulo cuyos lados verticales van duplicados.



APÉNDICE B

GUÍA GEMMA

El desarrollo de la guía GEMMA, del francés Guide d'Etudes des Modes de Marches et d'Arrêts (Guía de estudios de modos de marcha y paros), se trata de una representación organizada de todos los modos o estados de Marcha y Paradas en que se puede encontrar un proceso de producción automatizado y orienta sobre los saltos o transiciones que pueden darse de un estado a otro.

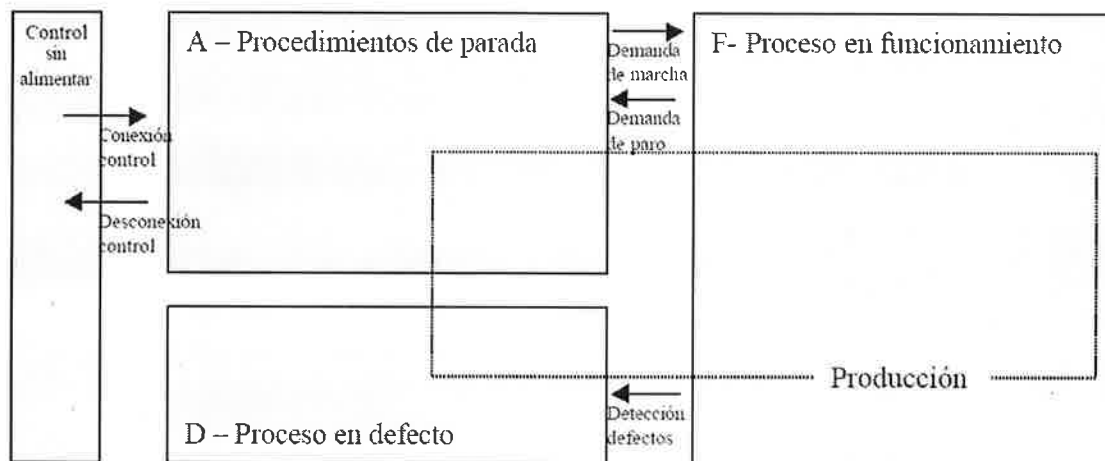


Figura 1 Modos de Funcionamiento

En la Figura 1, se muestra los modos de funcionamiento de la guía GEMMA, estos son:

- Proceso en funcionamiento.
- Procedimientos de parada.
- Proceso en defecto.
- Control sin alimentar.

Cada una de estos modos de funcionamiento se subdivide, de esta manera la guía GEMMA presenta 17 estados de funcionamiento posibles. Figura 2.

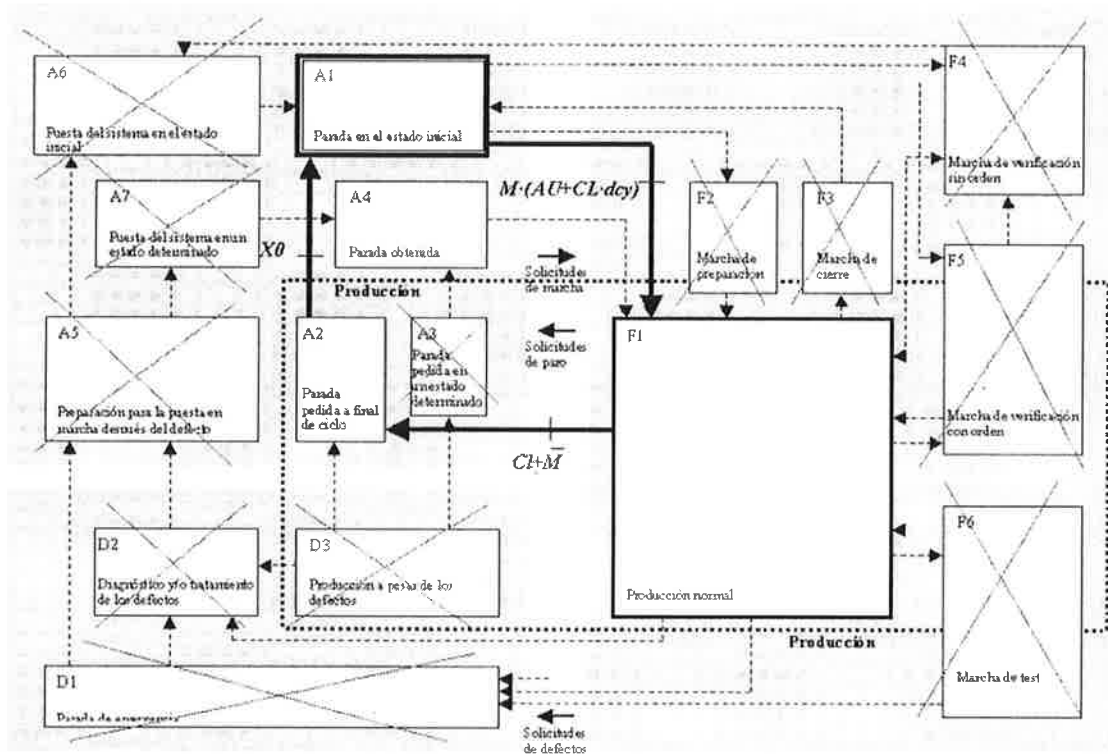


Figura 2. Estados de la guía GEMMA.

Grupo F. Procedimientos de funcionamiento

- F1 - Producción normal.** Estado en que la máquina produce normalmente. Es el estado más importante y en el se deben realizar las tareas por las cuales la máquina ha sido construida.
- F2 - Marcha de preparación.** Son las acciones necesarias para que la máquina entre en producción (precalentamiento, preparación de componentes,...).
- F3 - Marcha de cierre.** Corresponde a la fase de vaciado y/o limpieza que en muchas máquinas debe llevarse a cabo antes de la parada o del cambio de algunas de las características del producto.
- F4 - Marchas de verificación sin orden.** En este caso la máquina, normalmente por orden del operario, puede realizar cualquier movimiento o unos determinados movimientos preestablecidos. Es el denominado control manual y se utiliza para funciones de mantenimiento y verificación.
- F5 - Marchas de verificación con orden.** En este caso la máquina realiza el ciclo completo de funcionamiento en orden pero al ritmo fijado por el operador. Se utiliza también para tareas de mantenimiento y verificación. En

D3 - Producción a pesar de los defectos. Corresponde a aquellos casos en que se deba continuar produciendo a pesar de los defectos. Se incluye en estas condiciones casos en que, por ejemplo, sea necesario finalizar un reactivo no almacenable, en que se pueda sustituir transitoriamente el trabajo de la máquina por la de un operario hasta la reparación de la avería, ..

El procedimiento a seguir en la utilización del GEMMA consiste en:

- Estudiar los estados necesarios de la máquina a automatizar, anotando en cada uno de los rectángulos la descripción correspondiente y posibles variantes, si las hay. Aquellos estados que no serán utilizados se marcan con una cruz, indicando así que no se han considerado.
- Estudiar entre que estados será posible la evolución. La guía permite mostrar de forma gráfica todos los caminos deseados, marcando estos con una línea continua.
- Finalmente, de forma parecida a como se indican las transiciones en GRAFCET, se marcan las condiciones necesarias para poder seguir un determinado camino. En algunas ocasiones un determinado camino no tiene una condición específica o determinada, en este caso puede no ponerse indicación o es posible utilizar la condición que la acción anterior sea completa.

APÉNDICE C

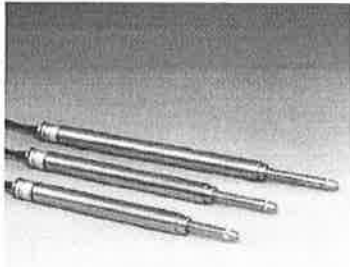
Hoja de datos del sensor LVDT

D5-Serie LVDT-Positionssensoren

ASM®

Automation
Sensorik
Messtechnik

2

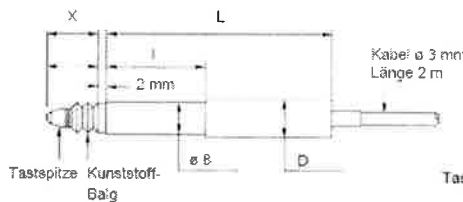


Miniatur-Sensor

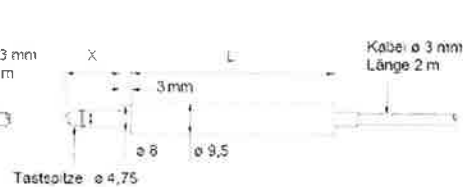
- Meßbereich: $\pm 0,25$ mm bis $\pm 12,5$ mm
- Version mit Rückstellfeder und Präzisionsführung
- Gehäuse aus Edelstahl
- Betriebstemperatur: -20 °C bis $+125$ °C (optional bis 200 °C)
- Linearität bis $0,1$ % für einige Modelle
- Für industrielle Umgebungen geeignet
- Absolutmessung
- Auflösung quasi unendlich



Modelle D5/10G8 bis D5/40G8



Modelle D5/100AG bis MD5/500AG



| Modell | Meßbereich [mm] | L [mm] | l [mm] | D [mm] | Elektr. Nullpunkt X [mm] | Empfindlichkeit (typ.) [mV / V / mm] | max. Federkraft ein/aus [N] |
|-----------|-----------------|--------|--------|--------|--------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| D5/10G8 | $\pm 0,25$ | 47,25 | - | 8 | 10,9 | 206 | 0,78 / 0,39 |
| D5/20G8 | $\pm 0,50$ | 47,25 | - | 8 | 12,2 | 200 | 0,78 / 0,39 |
| D5/40G | $\pm 1,0$ | 50,4 | 20,4 | 9,5 | 13,1 | 72 | 1,57 / 1,08 |
| D5/40G8 | $\pm 1,0$ | 50,4 | - | 8 | 13,1 | 72 | 1,57 / 1,08 |
| D5/100AG | $\pm 2,5$ | 58,1 | - | 9,5 | 11,5 | 76 | 1,18 / 0,78 |
| D5/200AG | $\pm 5,0$ | 64,8 | - | 9,5 | 11,5 | 72 | 1,28 / 0,83 |
| D5/300AG | $\pm 7,5$ | 84,5 | - | 9,5 | 15,2 | 58 | 2,4 / 0,93 |
| D5/400AG | $\pm 10,0$ | 95,5 | - | 9,5 | 19,0 | 57 | 2,06 / 0,78 |
| MD5/500AG | $\pm 12,5$ | 118 | - | 9,5 | 21,6 | 62 | 2,11 / 0,78 |

| | |
|------------------------------|---|
| Spannungsversorgung | 0,5 V_{eff} bis 7 V_{eff} ; kalibriert bei 5 V_{eff} und 5 kHz. Funktionsfähig auch bei Frequenzen von 2-10 kHz und $>1V_{eff}$. Stromaufnahme: 15...45 mA (bei 5 V_{eff} und 5 kHz), abhängig vom Bereich |
| Linearität | $\pm 0,5$ % (optional $\pm 0,25$ % oder $\pm 0,1$ %) |
| Wiederholgenauigkeit | $\pm 0,5$ μ m (unendlich) |
| Phasenverschiebung | 5-25° (bei 5kHz), abhängig vom Bereich |
| Temperaturkoeffizient | typ. $\pm 0,01$ %/°C (Empfindlichkeit), $\pm 0,01$ %/°C (Nullpunkt) |
| Betriebstemperatur | -20 °C bis $+125$ °C (optional bis 200 °C) |