

2016



Julio César  
Chávez Prieto

**YOROZU**

YOROZU MEXICANA S.A. DE C.V.

[Automatización de Proceso  
de Machueleo en Front  
Suspension Modelo L12F]

### Agradecimientos:

Una vez concluido el presente proyecto me gustaría agradecer a las personas que lo hicieron posible, a mi asesor en la empresa Rubén Alejandro Rosales Cuellar quien se encargó de hacerme saber la importancia de las cosas más pequeñas, que todo proyecto, acción e idea requiere y es dependiente de esas nimiedades que a menudo se pasan por alto. A mi asesor escolar Víctor Manuel Herrera Ambriz quien procuro mantener cada puto en orden y transmitir el conocimiento que posee sin escatimar en esfuerzos, y por ultimo a todos aquellos que ayudaron, sin saber, a forjarme un carácter, un sentido de responsabilidad y ética por cualquier trabajo.

## Resumen:

En la empresa Yorozu Mexicana S.A de C.V. se realiza un sobre-proceso en algunas de sus piezas, este sobre-proceso consta de limpiar, en piezas de la línea de ensamble y en piezas ya pintadas, las cuerdas de las tuercas que se alojan en el ensamble de dichas piezas, esta actividad la realiza un operador con ayuda de un taladro neumático y un machuelo. El siguiente proyecto busca hacer más eficiente el proceso de limpieza en la pieza Front Suspension Modelo L12F introduciendo a la línea una nueva estación que se encargara de realizar dicha limpieza automáticamente, su principal fuente de movimiento y trabajo será la energía neumática y utilizara actuadores acordes a este tipo de energía, buscando como principal objetivo el reducir tiempo, crear la menor cantidad de fallas posibles en el proceso y evitar deformaciones en la pieza.

## **Tabla de Contenido**

Lista de Tablas .....	5
Lista de Figuras .....	6
Introducción .....	7
Marco Teórico .....	10
Metodología .....	22
Resultados .....	34
Conclusiones .....	42
Programa de actividades Cronograma de actividades .....	43
Referencias .....	44

## Lista de Tablas

Tabla 1: consumo en cilindros de avance.....	34
Tabla 2: consumo de motores.....	34
Tabla 3: consumo total.....	35
Tabla 4: caudal a la salida del Booster.....	35
Tabla 5: tiempo de carga.....	36
Tabla 6: proceso en línea de bujes antes de automatización.....	37
Tabla 7: condición en línea de bujes antes de automatización.....	37
Tabla 8: proceso en línea de ensamble antes de automatización.....	38
Tabla 9: condición en línea de ensamble antes de automatización.....	38
Tabla 10: proceso en línea de bujes actual.....	39
Tabla 11: condición en línea de ensamble actual.....	40
Tabla 12: proceso en línea de bujes actual.....	40
Tabla 13: condición en línea de bujes actual.....	40

# Lista de Figuras

Ilustración 1: Ejemplo de especificación en la pieza.....	7
Ilustración 2: Elementos que componen el ensamble Front L12F .....	8
Ilustración 3: Diagrama de bloques de un sistema neumático .....	11
Ilustración 4: Diagrama de bloques de un sistema automatizado .....	11
Ilustración 5: Elementos de un cilindro .....	13
Ilustración 6: cilindro de doble efecto .....	14
Ilustración 7: manifold electroneumatico .....	14
Ilustración 8: unidad FRL.....	15
Ilustración 9: Booster.....	16
Ilustración 10: elementos de un robot.....	17
Ilustración 11: robot NC.....	19
Ilustración 4: robot de intervención.....	19
Ilustración 5: sensor laser.....	20
Ilustración 14: sensor magnético.....	20
Ilustración 15: PLC omron.....	21
Ilustración 16: Proceso de machueleo M8.....	22
Ilustración 17: Proceso M10.....	23
Ilustración 18: Proceso M12.....	23
Ilustración 6: dispositivo de machueleo.....	24
Ilustración 7: cople flexible.....	24
Ilustración 81: inicio de armado de jig.....	25
Ilustración 22: revisión de pieza en jig (posicionamiento).....	25
Ilustración 23: unidad manifold.....	26
Ilustración 24: caja de unidades remotas.....	26
Ilustración 95: unidad remota.....	26
Ilustración 10: distribución de red de comunicación.....	26
Ilustración 117: red de comunicación.....	26
Ilustración 128: unidad remota del robot.....	27
Ilustración 139: manifold del robot.....	27
Ilustración 30: alimentación de unidades remotas.....	27
Ilustración 141: conexión de sensores de cilindros.....	28
Ilustración 15: conexión de sensores de machuelos.....	28
Ilustración 163: sensor de machuelo.....	28
Ilustración 174: componentes del Booster.....	29
Ilustración 185: conexión neumática.....	30
Ilustración 19: prueba M8.....	30
Ilustración 207: prueba M10.....	30
Ilustración 218: modificación en jig.....	31
Ilustración 229: soportes para evitar vibraciones.....	31
Ilustración 40: ejemplos de piezas que se dieron de alta.....	33

# Introducción

YOROZU MEXICANA S.A. DE C.V. Es una Empresa Japonesa del ramo de automotriz con giro de fabricación de unidades de suspensión para automóviles y partes componentes relacionadas con la suspensión.

Fundada el 08 de Febrero de 1993 e inicio de arranque de producción en Mayo de 1994 con una capacidad de producción de 324 000 unidades por año (a nivel vehículo).

Dichas unidades de suspensión automotriz se dividen en 5 tipos, los cuales son Transver Link, Pedal Clutch, Pedal Brake, Beam y Front, con distintos modelos para cada unidad. Esta última unidad mencionada funge como suspensión delantera (como su nombre lo indica) en algunas líneas de vehículos fabricados por la empresa Nissan, y es en el modelo L12F de esta en la que se centrara el proyecto que a continuación se presentara.

El puesto que ocupare en este proyecto será el de becario en el área de Ingeniería Ensamble y mi cargo en el será el de segundo responsable, teniendo como principales actividades el montado de la estación en la que aplicara el proceso que posteriormente se explicara, la colocación y el cableado de periféricos, conexiones neumáticas, pruebas con dispositivos actuadores, ajustes, apoyo en programación de equipos, apoyo en monitoreo para corridas tipo pilotaje y apoyo en la documentación posterior a la entrega.

El proceso de fabricación de este modelo de suspensión delantera comienza con el dibujo técnico y las especificaciones de la pieza (Front), en el que se muestran los componentes que tiene dicha pieza y la forma en la que se ensamblaran, así como las especificaciones de calidad necesarias para hacerlo un producto apto, confiable y capaz de cumplir ante toda norma de seguridad.

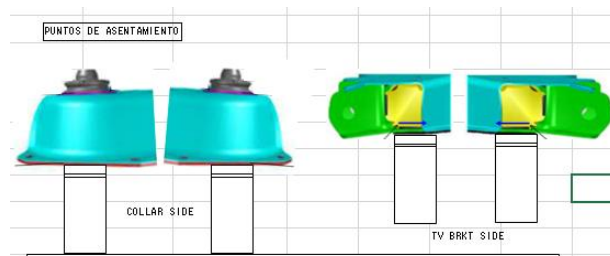


Ilustración 23: Ejemplo de especificación en la pieza

Una vez que se haya tomado en cuenta lo anterior comienza el proceso mecánico de la pieza, el cual da inicio en el área de estampado de la corporación, en esta área gracias a troqueles con moldes y prensas específicos se da forma a través de cortes y dobleces a secciones de lámina en forma rectangular, fabricando así cada componente que formara parte del ensamble final de la pieza. Una vez terminados los componentes se llevan al área de ensamble de la planta, la cual consta con varias líneas, enfocadas cada una al ensamble por medio de soldadura de las unidades de suspensión anteriormente mencionadas. La línea de ensamble de la pieza a la cual está enfocada este proyecto consta con varias estaciones de soldadura, donde con ayuda de jig's (mesas de trabajo de cada estación) se le da un acomodo específico a cada componente del ensamble para posteriormente ser soldado por un robot, esto lo hace con dos tipos de soldadura, por puntos y por cordones de diversas longitudes, al final de este proceso se tiene una estación de inspección donde se verifica que el ensamble cumpla con los puntos y cordones específicos de soldadura, además de realizar limpieza de cuerdas de tuercas que se encuentran en el ensamble, las medidas de dichas tuercas son: 10mm con paso diametral de 1.25 (3 tuerca) y 12mm con paso diametral de 1.75 (1 tuerca) esto para evitar que alguna chispa que este alojada en ella impida el ensamble posterior vía tornillo. Se utilizan dos taladros neumáticos, cada uno con un machuelo de diámetro igual al de las cuerdas de tuerca anteriormente mencionadas, los cuales intercambia en cada proceso dependiendo de la pieza y que tipo de tuercas posee.

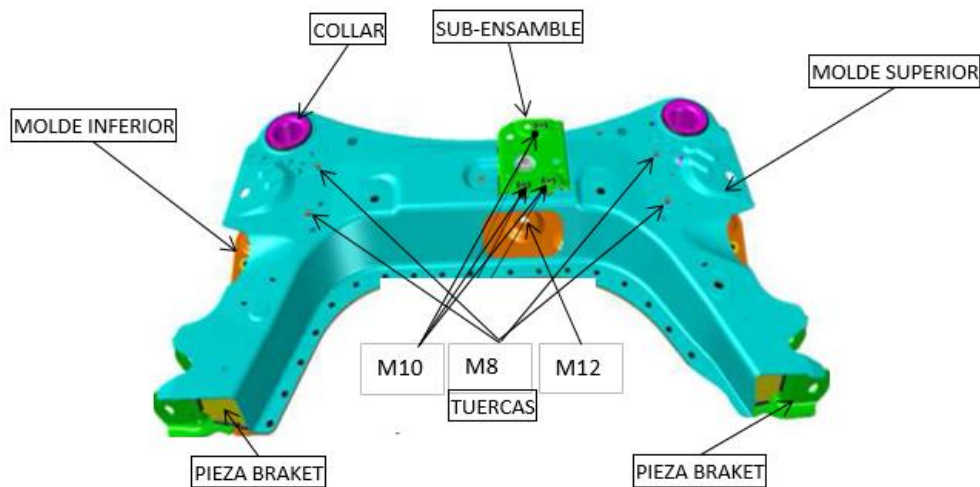


Ilustración 24: Elementos que componen el ensamble Front L12F



A continuación las piezas son llevadas a su siguiente proceso, donde se les aplica una capa de pintura de un grosor especificado por el cliente. Para pintar dichos ensambles primero son llevados a través de una cadena transportadora a varios subprocesos donde se da enjuague a las piezas en una serie de tinas con químicos especiales para obtener un mejor resultado al momento de aplicar la pintura, una vez hecho esto se aplica la pintura con aspersores que la arrojan a presión en forma de abanico, logrando cubrir por completo la pieza, incluyendo la cuerda de las tuercas que tiene ensambladas, estas poseen dimensiones milimétricas, las cuales son: 8mm con paso diametral de 1.25 (4 tuercas), 10mm con paso diametral de 1.25 (3 tuerca) y 12mm con paso diametral de 1.75 (1 tuerca). Una vez pintados los ensambles son dirigidos por la cadena al horno, donde son sometidos a altas temperaturas para lograr una durabilidad mayor en la pintura.

El siguiente paso en el proceso es la inserción de bujes en los collares de la pieza y la limpieza de las cuerdas de cada tuerca M8 del ensamble, este último proceso se añade debido a que al momento de hacer el ensamble final de esta pieza con el vehículo la pintura en la cuerda de las tuercas impide que los tornillos giren con libertad para hacer la unión y necesiten un re-trabajo al momento de aplicar una torsión mayor sobre ellos.

Esta actividad es realizada manualmente por un operador y consiste en que con ayuda de un machuelo y un taladro neumático se reavive la cuerda y se limpie la pintura que se aloje en ella,

Este proyecto busca automatizar el proceso de machueleo que realiza el operador en la pieza Front Suspension modelo L12F, las prioridades en el trabajo se basaron en la necesidad de hacer la línea más productiva, dado que la actividad manual que se lleva a cabo al momento de machuelear la pieza consume tiempo innecesario y reduce la productividad, además de distribuir una red neumática capaz de soportar las bajas de presión en la estación, teniendo en cuenta que esta trabajara principalmente con energía neumática y tiene una demanda superior a la de la mayoría de las estaciones de trabajo en la empresa.

# Marco Teórico

Neumática.

El concepto moderno de neumática trata sobre los fenómenos y aplicaciones de la sobrepresión o depresión (vacío) del aire. La mayoría de las aplicaciones neumáticas se basan en el aprovechamiento de la sobreimpresión.

Según su actual definición, la neumática es una técnica moderna, pero según su concepción original es una de las formas de energía más antigua de las conocidas por el hombre. Existen manuscritos del siglo I de nuestra era donde se describen mecanismos accionados por aire caliente; en el transcurso de los siglos siguientes fueron diseñados dispositivos, generalmente con fines bélicos.

La neumática moderna, con sus grandes posibilidades, se inicia en Europa a partir de la mitad del siglo XX debido a la acuciante necesidad de una automatización racional del trabajo. Desde entonces la neumática ha ido evolucionando, y lo seguirá haciendo según las necesidades de la industria, ofreciendo en la actualidad una extensa gama de productos.

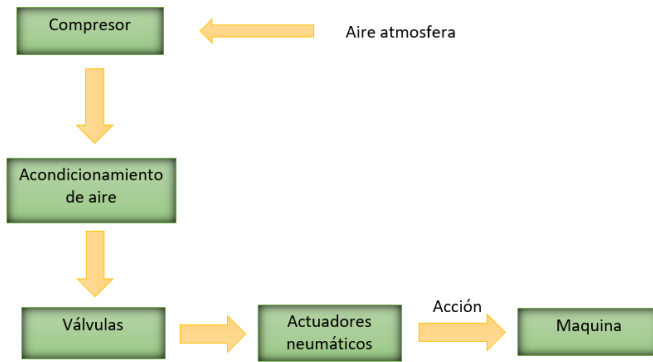
La concepción y estudio de los sistemas neumáticos requiere el conocimiento de los elementos neumáticos y su funcionamiento, así como la interconexión entre ellos.

La energía neumática que emplea aire comprimido como fuente de potencia, tiene cualidades excelentes entre las que destacan:

- El aire es abundante y barato.
- Se transforma y almacena fácilmente.
- Es limpio, no contamina y carece de problemas de combustión con la temperatura.

Los elementos neumáticos pueden alcanzar velocidades de trabajo elevadas pero, dada la compresibilidad del aire, su regulación no es constante.

Los esfuerzos de los actuadores neumáticos tienen un techo alto, aunque limitado e inferior a los de otras técnicas. Exigen un coste elevado en la instalación del generador de energía neumática y su manipulación es algo ruidosa, como consecuencia de los escapes existentes. [1]



*Ilustración 25: Diagrama de bloques de un sistema neumático*

### Automatización Neumática.

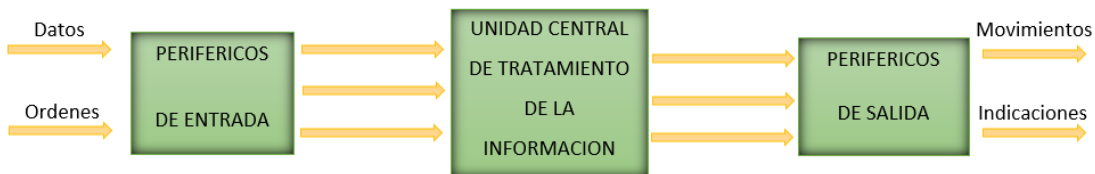
La automatización puede ser considerada como el paso más importante del proceso de evolución de la industria en el siglo XX, al permitir la eliminación total o parcial de la intervención humana, obteniéndose las ventajas siguientes:

- Reducción de los costes de mano de obra directos.
- Uniformidad de la producción y ahorro de material.
- Aumento de la productividad.
- Mayor control de la producción al poder introducir en el proceso sistemas automáticos de muestreo.
- Aumento de la calidad del producto final.

En todo proceso de automatización se distinguen tres partes:

- Elementos periféricos de entrada, a través de los cuales llega al sistema la información.
- Unidad central del tratamiento de la información.
- Elementos periféricos de salida, que, de acuerdo con las órdenes elaboradas por la unidad central, gobiernan los elementos de potencia.

Existen diversas técnicas para la realización de automatismos: la electromecánica, la electrónica, la neumática, etc. [1]



*Ilustración 4: Diagrama de bloques de un sistema automatizado*

### Actuadores Neumáticos:

En un sistema neumático los receptores son los llamados actuadores neumáticos o elementos de trabajo, cuya función es la de transformar la energía neumática del aire comprimido en trabajo mecánico.

Los actuadores neumáticos se clasifican en dos grandes grupos:

- Cilindros

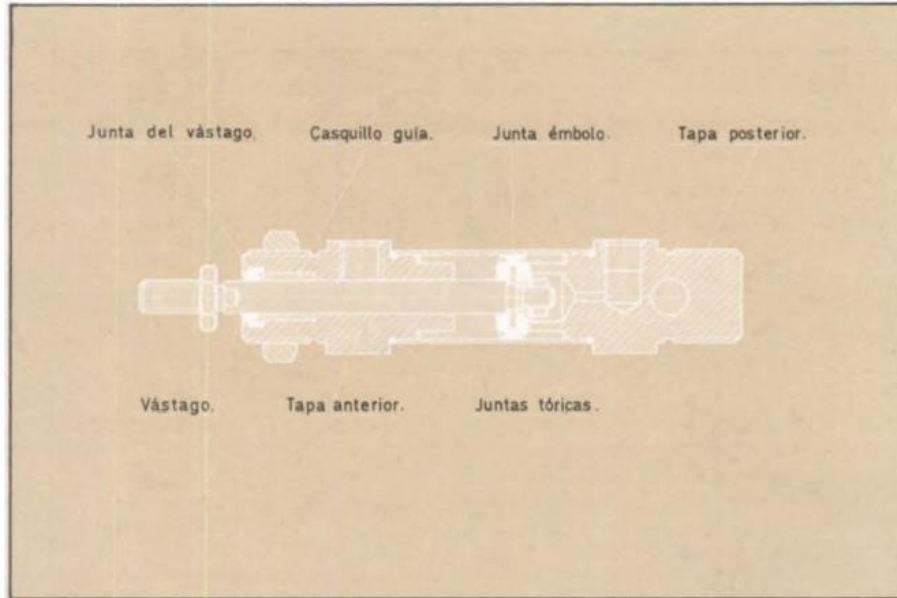
- Motores

Aunque el concepto de motor se emplea para designar una máquina que transforma energía en trabajo mecánico, en neumática solo se habla de un motor si es generado un movimiento de rotación, aunque es también frecuente llamar a los cilindros motores lineales.

### Cilindros Neumáticos:

Los cilindros neumáticos tienen como principal función el transformar la energía neumática en trabajo mecánico de movimiento rectilíneo, que consta de carrera de avance y carrera de retroceso. Generalmente el cilindro neumático está constituido por un tubo circular cerrado en los extremos mediante dos tapas, entre las cuales se desliza un embolo que separa dos cámaras. Al embolo va unido un vástago que, saliendo a través de una o ambas tapas, permite utilizar la fuerza desarrollada por el cilindro en virtud de la presión del fluido al actuar sobre las superficies del embolo.

Los dos volúmenes de aire en que queda dividido el cilindro por el embolo reciben el nombre de cámaras. Si la presión de aire se aplica en la cámara posterior de un cilindro, el embolo y vástago se desplazan hacia adelante (carrera de avance). Si la presión de aire se aplica en la cámara anterior del cilindro, el desplazamiento se realiza en sentido inverso (carrera de retroceso). [1]

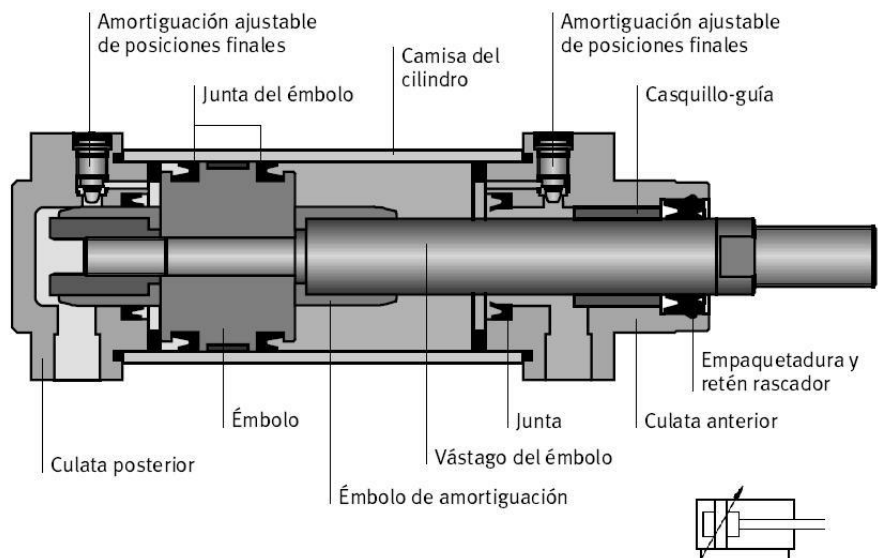


*Ilustración 5: Elementos de un cilindro*

#### Cilindro de doble efecto:

El cilindro de doble efecto, como su nombre lo indica, puede realizar trabajo en ambos sentidos, es decir, el desplazamiento del émbolo está afectado en ambas direcciones por el aire comprimido. La carrera de avance sucede cuando se introduce aire comprimido en la cámara posterior y dejando la cámara anterior abierta a la atmosfera, a través de una válvula. La carrera de retroceso se efectúa introduciendo aire a presión en la cámara anterior y comunicando la cámara posterior con la atmosfera, igualmente a través de una válvula para la evacuación del aire contenido en esa cámara del cilindro.

Para una presión determinada en el circuito, el movimiento de retroceso en un cilindro de doble efecto desarrolla menos fuerza que el movimiento de avance, ya que la superficie del émbolo se ve ahora reducida por la sección transversal del vástago. Normalmente, en la práctica no se requieren fuerzas iguales en los dos movimientos opuestos. [1]



*Ilustración 6: cilindro de doble efecto*

### Manifold:

Los manifolds de electroválvulas permiten centralizar funciones de un depósito o varios de forma modular, mejorando la eficiencia del sistema y permitiendo un mejor control del proceso.

Un manifold es la alternativa automatizada a las placas multivías con codos cambiadores, y también a las mangueras flexibles. La automatización de esta operación da como resultado seguridad, flexibilidad y se amortiza rápidamente.

### Principio de funcionamiento:

Se conecta a un depósito o línea, tantas válvulas como funciones tenga que realizar este elemento (por ejemplo carga, descarga, CIP...) Se trabaja de forma automatizada y se elimina toda la manipulación manual, evitando así los riesgos de accidentes.

Consta de una matriz de válvulas en función del número de elementos a conectar (ya sean depósitos o líneas), y el número de funciones para cada uno de estos elementos. El conjunto está montado en módulos y sobre un bastidor con pies regulables. [2]



*Ilustración 7: manifold electroneumatico*

Electroválvula:

Las válvulas distribuidoras dirigen el aire comprimido hacia varias vías en el arranque, la parada y el cambio del sentido del movimiento del pistón dentro del cilindro.

El acondicionamiento eléctrico se realiza por medio de bobinas de solenoide que en el caso de máxima seguridad están siempre alimentadas, para que ante un fallo en la alimentación eléctrica, vayan a la posición de seguridad.

Las electroválvulas de doble solenoide permiten que la válvula vaya de una posición a la otra mediante una señal eléctrica de impulso a la bobina opuesta (sistema biestable de doble pilotaje). De este modo permanecen en la posición deseada sin que sea necesario que la bobina este excitada de forma permanente (el embolo se queda inmóvil una vez desaparecida la señal de mando – función memoria). [8]

Unidad FRL:

Esta unidad está compuesta por un filtro, un regulador de presión y un lubricador del aire. El aire debe ser filtrado para que las partículas remanentes que no han sido eliminadas o generadas en el deposito acumulador, el filtro secador y el separador de agua no ejerzan una acción de abrasión sobre los elementos neumáticos. Además los dispositivos neumáticos deben alimentarse con el aire comprimido a una presión determinada (normalmente 6 bares) independientemente de los consumos variables de la instalación, misión que realiza el regulador de presión. Por otro lado, las partes móviles de los sistemas neumáticos necesitan lubricación, función realizada por el lubricante. [8]

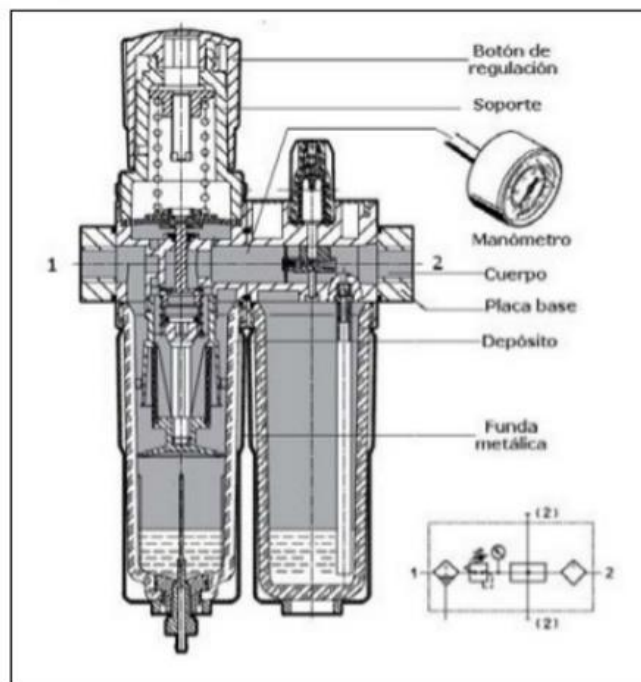


Ilustración 8: unidad FRL

Multiplicador de presión neumático (Booster):

La presión de aire aplicada en la parte superior del pistón provoca el desplazamiento del vástago en una cámara llena de aceite. Bajo esta acción, el aceite alcanza una presión elevada correspondiente a la presión neumática multiplicada por la relación de las secciones del pistón y del vástago. Usualmente es un componente de simple efecto con corte de presión de aceite al corte de presión de aire y vuelta al estado de reposo por retorno resorte. [9]



*Ilustración 9: Booster*

Robótica:

El término "Robot" aparece en la literatura Inglesa en 1921, (Karel Capek "Rossum Universal Robots").

Robota = trabajo realizado de manera forzada

Según el diccionario Webster, un robot es un dispositivo Automático que efectúa funciones ordinariamente asignadas a los seres humanos.

Según la RIA (Robot Industry Association):

Un robot industrial es un manipulador reprogramable multifuncional diseñado para mover materiales, piezas, herramientas o artefactos especiales, mediante movimientos variables programados, para la ejecución de tareas potencialmente muy diversas.

La robótica industrial (de manipulación) nace de exigencias prácticas en la producción: es un elemento importante de la automatización flexible, encaminada a la reducción de costes. [3]

Clasificación de los robots industriales:

- a) Manipuladores secuenciales
  - Movimientos definidos de forma discreta entre situaciones predefinidas.
  - Utilizan microrruptores, finales de carrera, etc.



- Controlados por autómatas programables.

Cabe destacar que la característica antropomórfica más común en nuestros días es la de un brazo mecánico, el cual realiza diversas tareas industriales. Existen en el mercado diversas empresas dedicadas a la fabricación de robots industriales por lo que existen diferentes marcas y modelos. Un robot está formado por los siguientes elementos: estructura mecánica, transmisiones, actuadores, sensores, elementos terminales y controlador. Aunque los elementos empleados en los robots no son exclusivos de estos (máquinas herramientas y otras muchas máquinas emplean tecnologías semejantes), las altas prestaciones que se exigen a los robots han motivado que en ellos se empleen elementos con características específicas. La constitución física de la mayor parte de los robots industriales guarda cierta similitud con la anatomía de las extremidades superiores del cuerpo humano, por lo que, en ocasiones, para hacer referencia a los distintos elementos que componen el robot, se usan términos como cintura, hombro, brazo, codo, muñeca, etc.

Los elementos que forman parte de la totalidad del robot son:

- Manipulador
- Controlador
- Dispositivos de entrada y salida de datos



*Ilustración 10: elementos de un robot*

Características más importantes propias de los robots:

- Grados de libertad:

Cada uno de los movimientos independientes (giros y desplazamientos) que puede realizar cada articulación con respecto a la anterior. Son los parámetros que se precisan para determinar la posición y la orientación del elemento terminal del manipulador. El número de grados de libertad

del robot viene dado por la suma de los GDL de las articulaciones que lo componen. Puesto que las articulaciones empleadas suelen ser únicamente de rotación y prismáticas, con un solo grado de libertad cada una, el número de GDL del robot suele coincidir con el número de articulaciones que lo componen.

- Espacio de trabajo:

El volumen de trabajo de un robot se refiere únicamente al espacio dentro del cual puede desplazarse el extremo de su muñeca. Para determinar el volumen de trabajo no se toma en cuenta el actuador final. La razón de ello es que a la muñeca del robot se le pueden adaptar grippers de distintos tamaños.

Programabilidad:

La inclusión del controlador de tipo microelectrónica en los robots industriales, permite la programación del robot de muy diversas formas. En general, los modernos sistemas de robots admiten la programación manual, mediante un módulo de programación. Las programaciones gestual y textual, controlan diversos aspectos del funcionamiento del manipulador:

- Control de la velocidad y la aceleración.
- Saltos de programa condicionales.
- Temporizaciones y pausas.
- Edición, modificación, depuración y ampliación de programas.
- Funciones de seguridad.
- Funciones de sincronización con otras máquinas.
- Uso de lenguajes específicos de Robótica.

Tipos de configuraciones morfológicas La estructura del manipulador y la relación entre sus elementos proporcionan una configuración mecánica, que da origen al establecimiento de los parámetros que hay que conocer para definir la posición y orientación del elemento terminal. Fundamentalmente, existen cuatro estructuras clásicas en los manipuladores, que se relacionan con los correspondientes modelos de coordenadas en el espacio y que se citan a continuación: cartesianas, cilíndricas, esféricas, angulares. Así, el brazo del manipulador puede presentar cuatro configuraciones clásicas:

- Cartesiana

- Cilíndrica
- Esférica
- De brazo articulado
- SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm). [3]

b) Robots con control numérico (NC robots)

- Permiten realizar trayectorias continuas definidas por guiado y/o por programa en lenguaje simbólico.
- Existe un subsistema que interpreta instrucciones codificadas en cierto lenguaje de alto nivel.

Subgrupos limitados: Robots reproductores y robots de trayectoria punto a punto



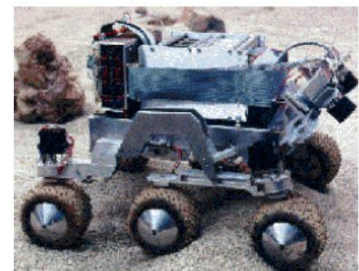
*Ilustración 11: robot NC*

c) Robots "inteligentes"

- Analizan el estado de su entorno, toman decisiones y generan sus propios planes de acción.
- El complejo subsistema de control integra técnicas de reconocimiento de formas y de inteligencia artificial.
- Elaborado sistema de percepción (sensores)
- Actualmente en investigación.

Robótica de servicios (o de intervención):

- Seguridad, ergonomía....
- Factores económicos en 2º plano Clasificación:
- Telemanipuladores (ambientes de riesgo, cirugía...)
- Robots móviles autónomos
- Robots móviles teleoperados (explosivos, exploración...) [4]



*Ilustración 27: robot de intervención*

### Sensores laser:

La detección con sensores de reflexión se dificulta a menudo por una variedad de razones que incluyen el color, material y acabado superficial del objeto, así como por el medio ambiente. Con la finalidad de resolver estos problemas, se ha combinado la estabilidad de un láser CMOS con la versatilidad de un sensor con amplificador integrado en un estuche metálico de uso rudo para crear un sensor de propósito general más estable y más fácil de usar.

El LR-Z no se ve afectado por el color, acabado superficial o la forma. Esto se logra con su tecnología CMOS y la función de control de potencia de luz. [10]

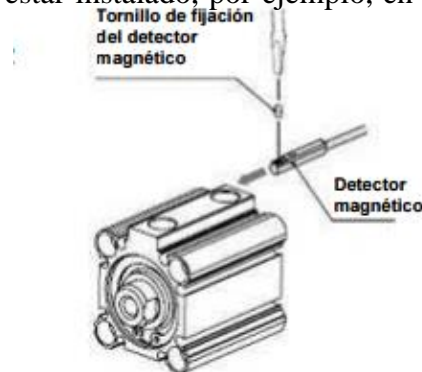


*Ilustración 28: sensor laser*

### Sensores magnéticos:

El detector magnético ha sido diseñado para detectar la posición de un imán en un cilindro neumático. El imán puede estar instalado, por ejemplo, en un émbolo, una mesa deslizante, etc.

[6]



*Ilustración 14: sensor magnético*

## PLC:

Un controlador lógico programable es un computador especialmente diseñado para automatización industrial, para el control de una máquina o proceso.

La principal diferencia entre una PC y un PLC, es que el PLC contiene múltiples canales para medir distintas señales provenientes de sensores instalados en la máquina o proceso que controlan.

También tienen canales de salida de señal que actúan sobre la máquina o proceso que controlan.

Un PLC permite controlar o proteger un proceso, posibilitando además las opciones de monitoreo y diagnóstico de condiciones (alarmas), presentándolas en un HMI (Human-Machine Interface) o pantalla de operación, o presentándolas a una red de control superior. [7]



*Ilustración 15: PLC omron*

## Metodología

El proyecto busca como fin el automatizar el proceso de limpieza de cuerda en las tuercas a partir de machueo, esto utilizando principalmente actuadores cuya fuente de energía es la neumática. Se usaran 4 motores neumáticos adaptados a sistemas de movimiento vertical generado por un cilindro en ambos sentidos, dos de los sistemas poseerán cada uno un machuelo de medidas iguales a M8 x 1.25 (ilustración 15), estos sistemas estarán posicionados a los laterales de la pieza y tendrán un movimiento lineal limitado por guías y topes mecánicos, el movimiento será aportado por dos cilindros, al dar avance al primero posicionara el dispositivo de machueo en la primer tuerca M8, el motor comenzara a girar con ayuda del aire comprimido y descenderá hasta realizar la limpieza de la cuerda en dicha tuerca, una vez hecho esto el motor revolucionara en sentido contrario y ascenderá hasta llegar al límite del cilindro, el segundo cilindro se activara posicionando el dispositivo de machueo en la segunda tuerca M8 y realizara el mismo proceso que en la tuerca anterior. El proceso será el mismo tanto para el dispositivo posicionado en el extremo derecho de la pieza como para el posicionado en el extremo izquierdo, activándose ambos al mismo simultáneamente para reducir el tiempo de la operación.

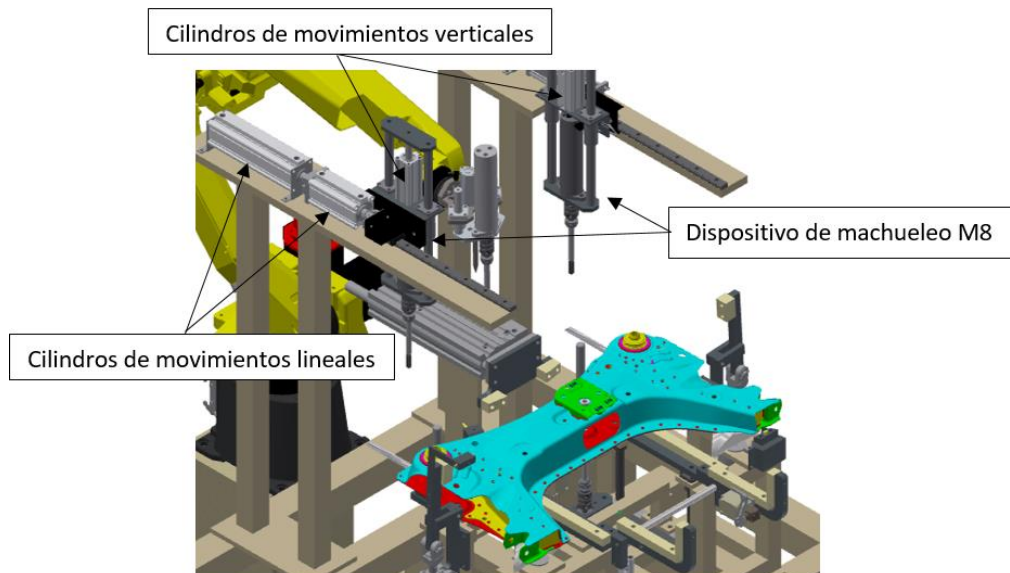
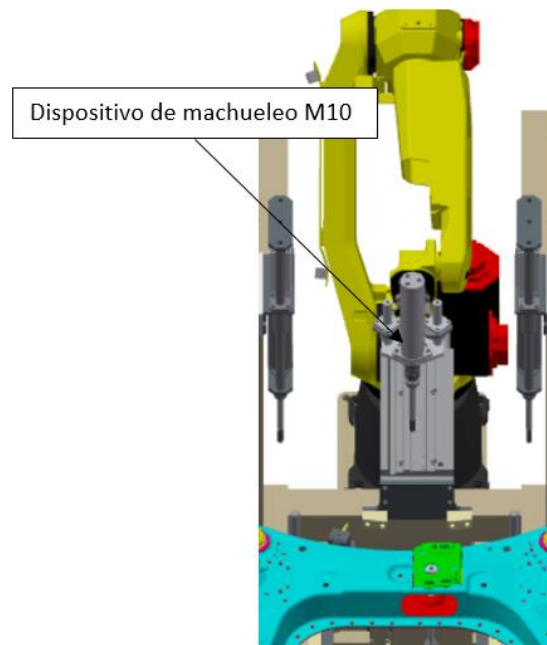


Ilustración 16: Proceso de machueo M8

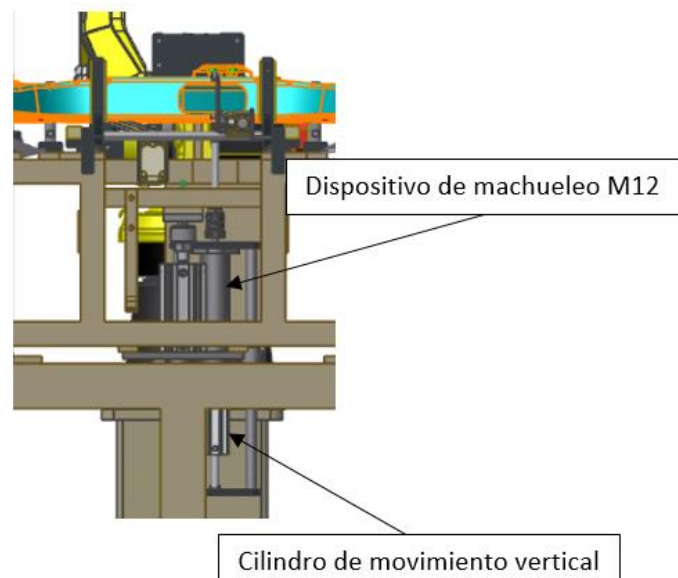
El sistema con el machuelo con medidas iguales a M10 x 1.25 tendrá el mismo sistema de movimiento vertical pero aportado por un cilindro de menor avance y estará posicionado en la parte terminal del robot de la estación, esto debido a que se facilitara la limpieza de las tuercas

M10, ya que estas se encuentran en puntos cercanos entre si y gracias a la libertad de movimiento del robot se asegurara el correcto posicionamiento del dispositivo de machueleo sobre la tuerca, asegurando así el actuar de este (ilustración 17).



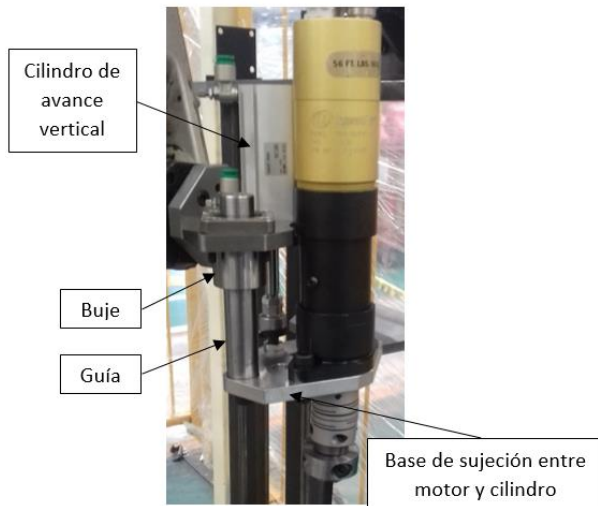
*Ilustración 17: Proceso M10*

El ultimo dispositivo portara un machuelo con medidas iguales a M12 x 1.75 y estará posicionado en la parte inferior de jig, dicho dispositivo solo tendrá movimientos verticales aportados por un cilindro, similar a los sistemas anteriores. El posicionamiento de este último dispositivo se debe a que de esta forma no ocasionara ninguna interrupción en el proceso completo y no será un obstáculo en el actuar del robot (ilustración 18).



*Ilustración18: Proceso M12*

Cada motor posee un cople flexible (ilustración 18) que permitirá el correcto posicionamiento del machuelo contra la tuerca, ya que en algún momento se tendrá una tuerca con un ligero desfase con respecto al área de contacto con el ensamble. Como se mencionó anteriormente cada motor estará sujeto a un sistema de movimiento proporcionado por un cilindro, este sistema consta de dos bujes y dos guías que se encargaran de dar firmeza y un deslizamiento sin movimientos laterales (ilustración 19).



*Ilustración 30: dispositivo de machueleo*



*Ilustración 29: cople flexible*

**Armado Del Jig (Mesa de trabajo de la estación):**

El inicio de las actividades es el armado de la mesa de trabajo de la estación, esto consiste en unir todas las piezas, bases de contacto y mecanismos móviles que conforman dicha mesa con tornillería milimétrica. Dichas bases deben quedar en posiciones específicas ya que de otra manera la pieza a la que se le hará el proceso no asentaría de manera correcta en el jig y esto ocasionaría que los dispositivos de machueleo no coincidieran con las tuercas en cuestión, provocando el mal funcionamiento de la estación, en el proceso de esta actividad se tendrá que estar pendiente de cualquier anomalía en tanto a las especificaciones de la estación, ya sea al momento de realizar el ensamble o al termino de dicha actividad, debido a que si alguna pieza no concuerda con las



dimensiones especificadas podría afectar el proceso y se tendrá un retraso con respecto al cronograma.



*Ilustración 311: inicio de armado de jig*



*Ilustración 22: revisión de pieza en jig (posicionamiento)*

### Colocación y cableado de periféricos:

La prioridad de esta actividad se basa en colocar los manifold (unidades de control neumático) y unidades remotas (dispositivo de distribución de señales) necesarias para la estación (ilustración 22 y 23), esto teniendo en cuenta que si se hiciera de manera errónea o sin los cuidados necesarios estos podrían intervenir en los movimientos que tendrán tanto el robot como la mesa de trabajo en dicha estación, dañando así la estación y afectando el avance en el proyecto.

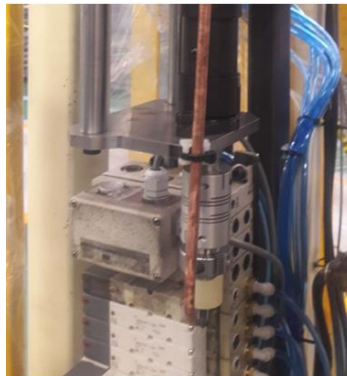


Ilustración 23: unidad manifold



Ilustración 24: caja de unidades remotas



Ilustración 325: unidad remota

Una vez hecha la instalación adecuada tanto de las unidades remotas como las unidades manifold se procedió a conectar la red de comunicación entre las unidades remotas, los manifold y el PLC.

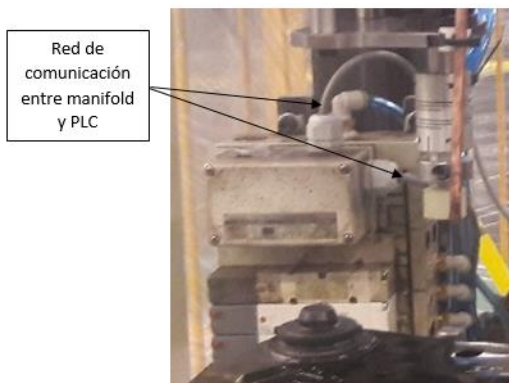


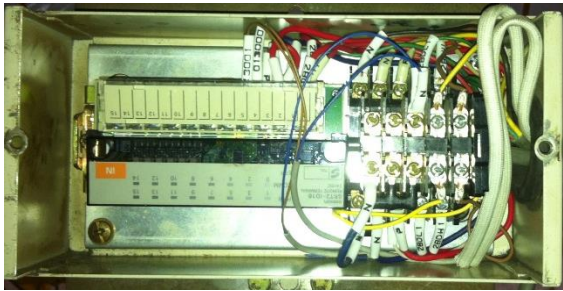
Ilustración 34: distribución de red de comunicación



Ilustración 337: red de comunicación

La estación cuenta con tres periféricos colocados en la mesa de trabajo, dos son unidades manifold y el restante es una caja que almacena dos unidades remotas.

El robot tiene, para uso de su herramienta terminal (motor neumático), dos periféricos más, los cuales son una unidad remota para distribuir las señales de la herramienta y un manifold para alimentar neumáticamente dicha herramienta (ilustración 27 y 28).



*Ilustración 358: unidad remota del robot*



*Ilustración 369: manifold del robot*

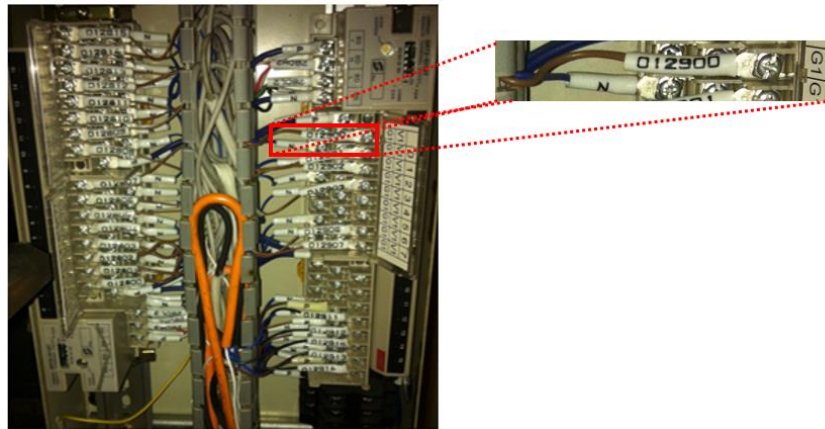
La conexión de red de comunicación inicia (al salir del módulo PLC) conectando los dos periféricos colocados en el robot (manifold y unidad remota) para después pasar a las unidades remotas alojadas en la caja anteriormente mencionada, se realizaron algunos puentes para dar alimentación a las celdas de entradas de ambas unidades donde los sensores se conectarán posteriormente (ilustración 29). Una vez hecho lo anterior mencionado se pasa la red de las unidades conectadas hacia los manifold y para finalizar se retorna la red nuevamente hacia el PLC.



*Ilustración 30: alimentación de unidades remotas*

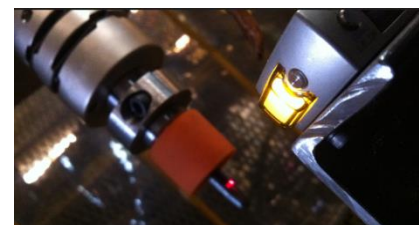
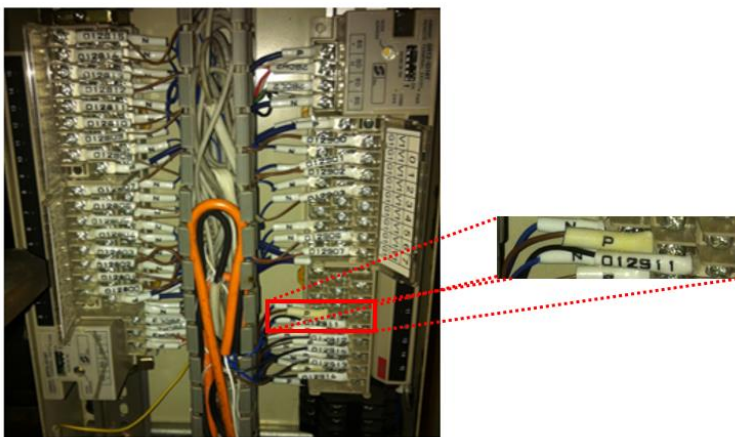
Una vez terminada y conectada la red de comunicación, instalado el equipo de trabajo y actuadores se prosigue con el instalado y conectado de sensores. Los cilindros que se usan en esta estación poseen ranuras especialmente diseñadas para la colocación de sensores magnéticos denominados

DA93, estos sensores magneticos una vez energizados detectan el campo magnetico que genera el embolo del cilindro y se accionan al momento de hacer dicha deteccion enviando una señal a la unidad remota a la que este conectado, asi podemos saber la posicion en la que se encuentra el cilindro en cuestion (avance o retorno según sea el caso) y manipular las condiciones de la estacion o los cilindros que se encuentran en ella. Este tipo de sensores es tipo NPN ya que constan solo de 2 cables, el cable de color azul va conectado en la seccion de 0 volts (N) de la unidad remota y el cable marron a la seccion de las señales.



*Ilustración 371: conexión de sensores de cilindros*

Como modo de seguridad se instalaron sensores laser del tipo LR-Z, los cuales detectan la localizacion del machuelo e impedirian que la estacion arranque si llegara a faltar algun dispositivo de machueleo, la conexión de este tipo de sensor es similar a la del DA93 diferenciandolo por el color de los cables y que este va conectado tando a 0 volts (N) como a 24 volts (P) y a la seccion de las señales.



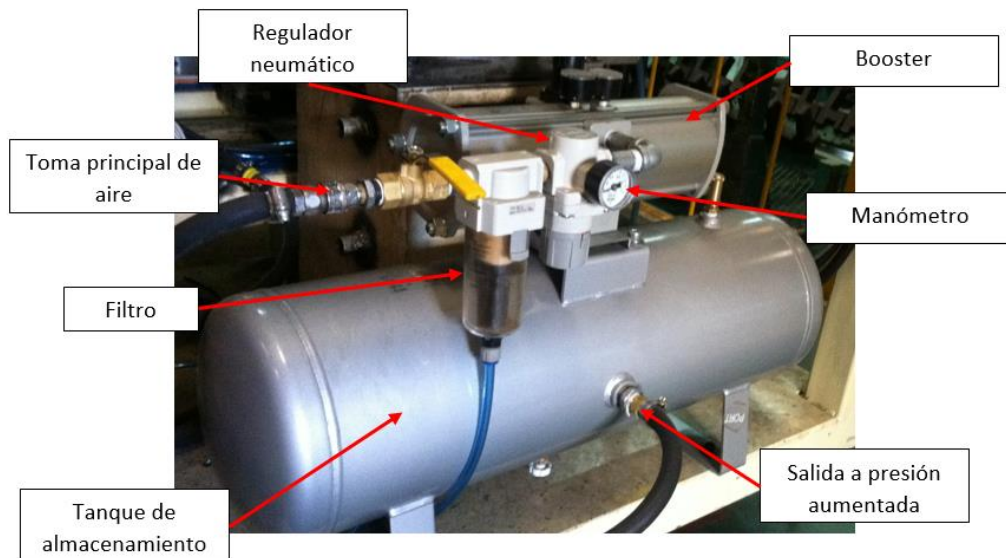
*Ilustración 383: sensor de machuelo*

*Ilustración 39: conexión de sensores de machuelos*

### Conexiones neumáticas:

Una vez terminado el armado de los mecanismos de la mesa de ensamble y la colocación y conexión de periféricos, se continua con la conexión neumática, esta actividad consiste crear y extender una red neumática a lo largo de la estación, de manera que su acomodo no interfiera en ningún momento con el robot o la mesa de trabajo, y así lograr alimentar neumáticamente los cilindros y motores que estarán alojados en dicha estación, dando movimiento a sus partes mecánicas para lograr sujetar la pieza en cuestión y realizar los movimientos necesarios para la acción de machueleo. Para esta red se hace uso de manguera de ocho milímetros de diámetro y de conectores rápidos que están situados en los cilindros y manifolds para hacerlo de una manera más práctica y eficiente.

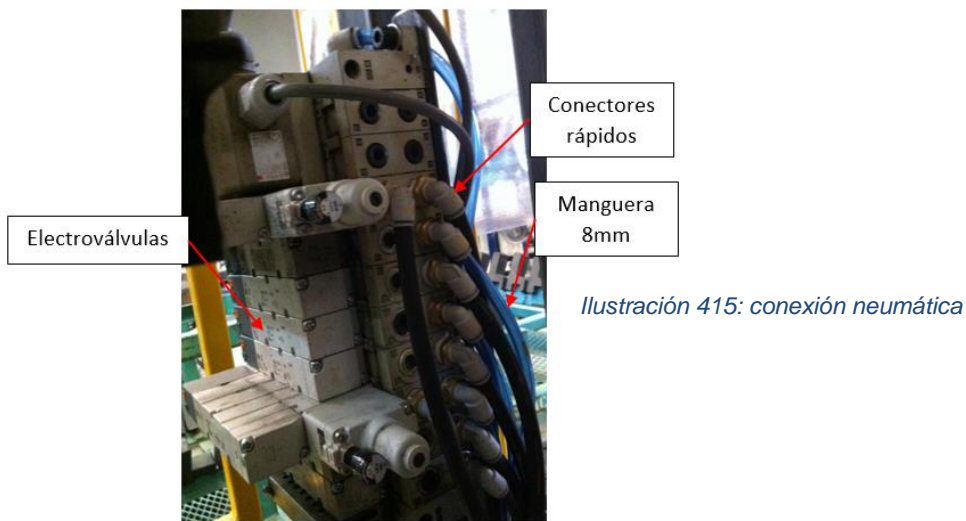
La planta consta de compresores que abastecen todas las estaciones de la línea de ensamble, esto lo hacen a través de tuberías que contienen tomas y estas recorren cada línea de ensamble. Una de estas tomas es la que suministra aire comprimido a la estación, pero lo hace de una forma distinta a las demás. La toma llega a la estación y está conectada a un FR que está regulado a .5MPa de presión, de este regulador pasa a un Booster, el cual comprime aún más el aire hasta mantenerlo a una presión de .9MPa.



*Ilustración 404: componentes del Booster*

Lo siguiente es conectar la salida del Booster a una unidad FRL, la cual regula la presión del aire una vez más a .5MPa, esto con el fin de tener una reserva de aire para el consumo de la estación, dado que los motores neumáticos consumen mucho de este aire. Con lo anteriormente mencionado se pretende evitar las caídas de presión y así reducir cualquier falla en tanto a la presión de aire

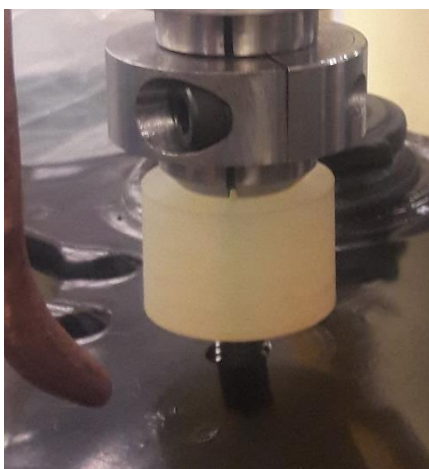
con los motores y su desempeño a la hora de realizar la limpieza en la cuerda de las tuercas en cuestión. Al salir de la unidad FRL el conducto de alimentación se dirige a los manifolds de la estación (3 manifolds), estos manifold son los que nos ayudan a manipular (con ayuda de las electroválvulas) a los dispositivos que se encargan directa o indirectamente de realizar la actividad de machueleo. Cada manifold posee una unidad remota que se encuentra comunicada con el PLC de la estación, esta es la que envía las señales para activar las electroválvulas que se requieran y enviar el flujo de aire al dispositivo que se necesite accionar, ya sea a un motor o a cualquier cilindro de la estación.



*Ilustración 415: conexión neumática*

#### Pruebas Con Dispositivos De Machueleo (motores neumáticos):

Esta actividad está centrada en corroborar, en base a pruebas si los motores neumáticos tienen el torque suficiente para realizar la limpieza de cuerdas en las tuercas de la pieza. Una vez que se tienen los dispositivos de machueleo instalados y alimentados en la estación se pide a producción el facilitar piezas para comenzar con las pruebas necesarias, estas pruebas se realizan activando manualmente los motores y el avance de los cilindros en los dispositivos.



*Ilustración 43: prueba M8*

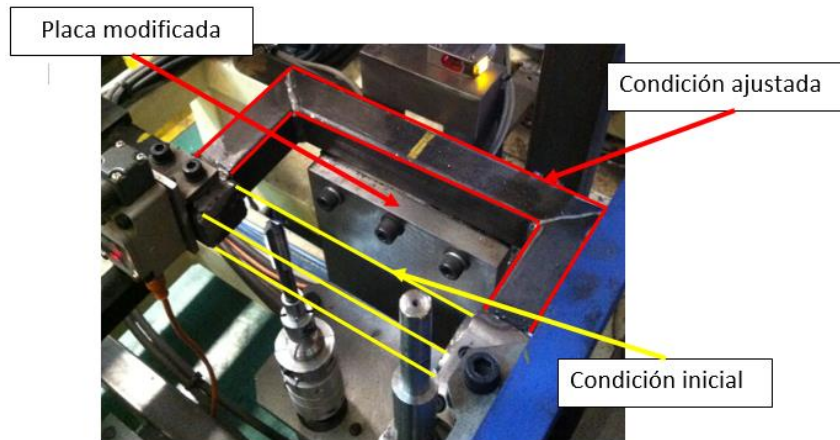


*Ilustración 427: prueba M10*

En las primeras pruebas se detectó que el machuelo de medida M10 tenía atoramiento contra la tuerca, la contramedida a esto fue el subir la presión del aire comprimido desde la unidad FRL que se encuentra alimentando el circuito hasta .55MPa, una vez hecho esto se corrigió el problema y se obtuvo un resultado aceptable.

Ajustes:

Algunos de estos ajustes ocurrieron en el jig, debido a que el dispositivo M12 no coincide con la tuerca, una vez detectado el problema se modificó el jig y una pieza correspondiente al dispositivo de machueo.



*Ilustración 448: modificación en jig*

Se colocaron soportes en las estructuras que soportan los cilindros de movimiento horizontes de los dispositivos de machueo M8, esto debido a que con el accionar de los cilindros se tienen vibraciones que afectan el posicionamiento de los dispositivos, una vez hecho esto se corrigió la anomalía y se obtuvo un resultado aceptable en tanto a las vibraciones de la estación.



*Ilustración 459: soportes para evitar vibraciones*

Apoyo en programación de equipo:

Debido a que esta parte del proyecto es esencial, lo primordial en esta actividad está en aportar ideas que generen un impacto en la estación de machueo, un ejemplo de estas ideas es el reducir los tiempos de está creando espacios más cortos en tanto a la respuesta entre el accionar de cada dispositivo, así como el evitar tiempos “muertos” identificando pausas en el proceso por parte de los actuadores, además de generar propuestas de flujo para crear un desplazamiento adecuado del operado en su proceso. Como objetivo personal para esta sección se planteó el comprender el ciclo que tiene el proceso de machueo automatizado y a partir de esto generar supuesto referentes al funcionamiento para después debatirlos con personal más capacitado y así generar el mayor conocimiento con respecto a la manipulación de estos dispositivos.

Apoyo en monitoreo de corridas tipo pilotaje:

Las corridas tipo pilotaje consisten en probar la estación con un flujo normal al que se tiene planeado para cuando se adopte en la línea el proyecto, esto se hace por periodos de dos horas y tiene como fin el identificar fallas y posibles fallas en la estación. Al inicio del pilotaje se capacita al operador mostrándole el funcionamiento de la estación y los puntos que tiene que revisar previo a comenzar su proceso, una vez hecho esto se procede a tomar un lugar el que sea posible observar el flujo del operador, así como el funcionamiento de la estación a prueba, esto con el fin de que si llegara a ocurrir alguna falla en la estación se tenga oportunidad de intervenir rápidamente e intervenir lo menor posible en el proceso. En este tipo de pilotajes se detectaron fallas en la estación con respecto a sensores de avance mal colocados, y se corrigieron en el momento de dicho pilotaje, ajustando de tal forma que no volviera a ocurrir.

Apoyo en documentación:

Una vez entregado el proyecto se tienen que evaluar los cambios que se hicieron en la estación, y las modificaciones en las piezas pertenecientes a dicha estación, estas piezas una vez comprobado su buen funcionamiento se tienen que dar de alta en almacén, para que en el momento en que lleguen a fallar exista un repuesto y la línea no pare por falta de este, el procedimiento de dar de alta una pieza para almacén consiste en realizar el dibujo de la pieza en cuestión, este dibujo debe contar con todas las especificaciones necesarias para realizar su fabricación, una vez hecho esto se



pasa a firmar con personal capacitado para hacer un último cheque y autorizar la nueva pieza de almacén.

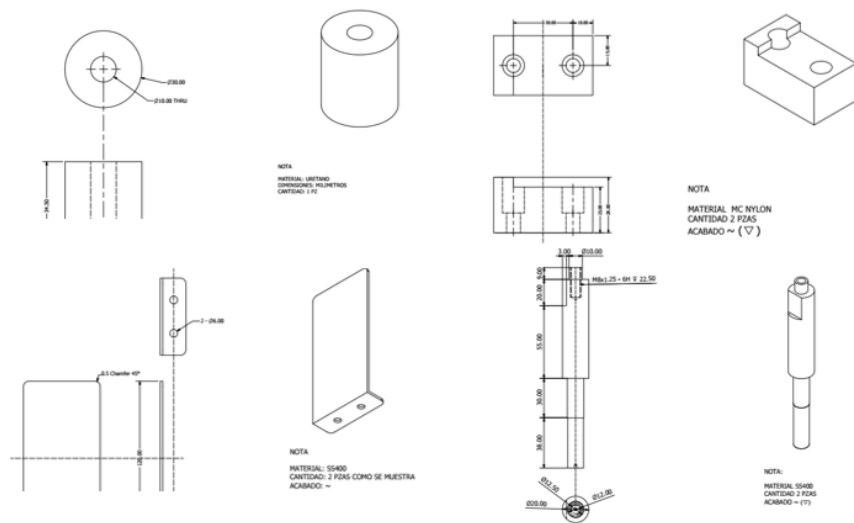


Ilustración 40: ejemplos de piezas que se dieron de alta

# Resultados

## NEUMATICA:

Debido a que la estación funciona principalmente con energía neumática se decidió calcular el aire que esta consume en cada ciclo, y determinar si el sistema implementado en ella (Booster) es suficiente para satisfacer la demanda de aire por parte de la estación.

Teniendo en cuenta que los dispositivos de machuelo son los que más consumo de aire tienen y que esto engloba tanto a los motores como a los cilindros de avance de estos, se decidió alimentar en un principio con el Booster solo a estos dispositivos. En base a esto se realizaron los cálculos necesarios para determinar el consumo de dichos dispositivos y del mismo modo determinar la factibilidad del Booster.

Lo primero en calcular es el consumo de los cilindros de avance de los dispositivos de machuelo. Este cálculo consiste en identificar, en base al modelo del cilindro, las medidas necesarias para determinar su volumen, estas medidas son el diámetro del embolo y la carrea del vástago.

Consumo de aire en cilindros		
	Cantidad de cilindros	$\phi$ = diametro del embolo
datos cilindros de avance (75mm)	3	0.032
datos cilindro de avance (50mm)	1	0.02

Volumen de consumo aire en un ciclo	
e = carrera del vástago	$V = ((\pi(\phi)^2)/4)(e) \text{ (m}^3\text{)}$
0.075	0.000180956
0.05	0.000015708
<b>TOTAL</b>	<b>0.000196664</b>

Tabla 14: consumo en cilindros de avance

La exigencia de los motores neumaticos en tanto al consumo de aire esta ya delimitada, y se puede encontrar en la hoja de especificciones de dicho producto. Una vez obtenidos estos datos se procede a tomar tiempos, esta actividad consiste en verificar el tiempo en que cada dispositivo esta accionado durante un ciclo de trabajo y asi junto con los datos de consumo obtenidos de la hoja de especificaciones, determinar la demada total en tanto a motores neumaticos.

Motor	Tiempo activo (s)	Consumo por segundo (m <sup>3</sup> /s)	Consumo del motor (m <sup>3</sup> )
M8	29.0	0.0155	0.4495
M10	21.0		0.3255
M12	14.2		0.2201
		<b>TOTAL</b>	<b>0.9951</b>

Tabla 15: consumo de motores

El consumo total se obtuvo sumando las demandas tanto de los cilindros como de los motores, quedando en un total de  $.995\text{m}^3$  de aire por cada ciclo, teniendo en cuenta que el ciclo de operación dura aproximadamente 30 segundos se tiene que por cada segundo se consume un total de aire de  $.331\text{m}^3$ .

Tiempo ciclo de la máquina (seg)	30.0
Consumo total motores ( $\text{m}^3$ )	0.9951
Consumo total cilindros ( $\text{m}^3$ )	0.000196664
<b>Consumo total (<math>\text{m}^3/\text{CICLO}</math>)</b>	<b>0.995296664</b>
Consumo por segundo ( $\text{m}^3/\text{seg}$ )	0.033176555
<b>Capacidad del tanque (<math>\text{m}^3</math>) y (L)</b>	
0.038	38

Tabla 16: consumo total

Lo siguiente es calcular el flujo de salida de Booster, al igual que el tiempo de llenado del tanque, el motivo de estos cálculos se debe a que es necesario saber si nuestro sistema de compresión (Booster – Tanque) es suficiente para la estabilidad de presión de la estación.

Para determinar estos datos se recurre tanto a tablas de comportamiento de presiones como de tiempo de carga, estas tablas se encuentran en las especificaciones de Booster y varían dependiendo del modelo del Booster.

El caudal de salida del Booster se obtiene de dichas tablas, manipulándolas con los valores y/o datos de presiones de la estación (Tabla 4).

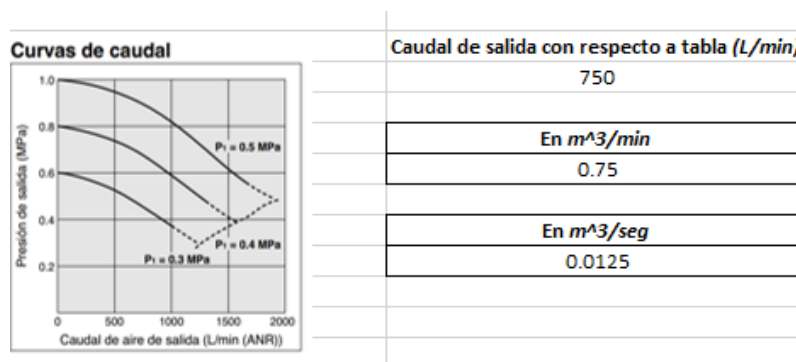


Tabla 17: caudal a la salida del Booster

El tiempo de llenado del tanque se obtiene por medio de tablas al igual que el caudal, aunque requiere de algunas relaciones sencillas.

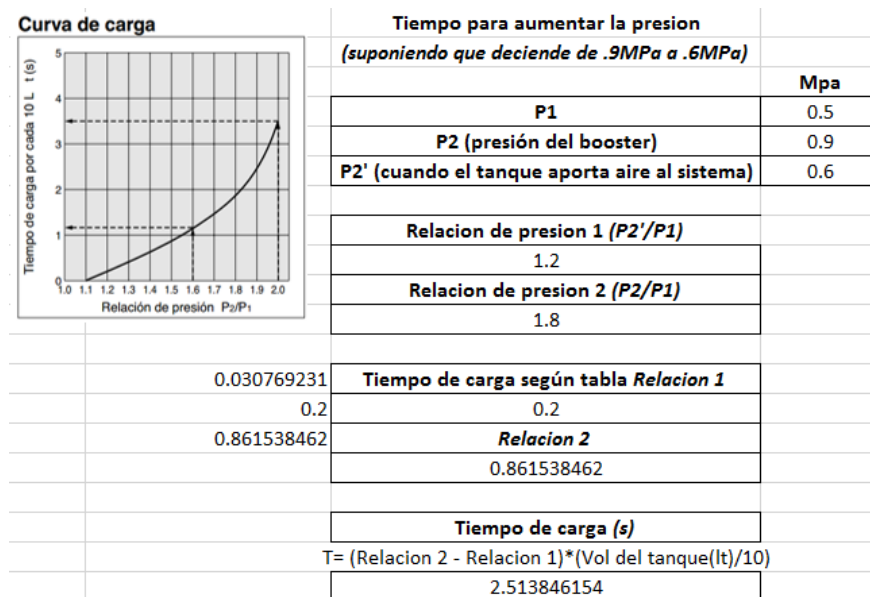


Tabla 18: tiempo de carga

Este tiempo se obtiene con las presiones que se tienen en el sistema neumático de la estación, P1 se refiere a la alimentación de entrada del Booster, P2 a la presión aumentada por el Booster y P2' a la baja de presión en el Booster cuando aporta a la estación. Las relaciones de presión se introducen a la tabla para determinar el valor de una segunda relación, una vez hecho esto se sustituyen en la fórmula de tiempo de carga y se obtiene el mismo (Tabla 5).

Observando los resultados de los cálculos expuestos anteriormente se podría decir que el sistema neumático no es óptimo para la estación, pero cabe mencionar que dichos cálculos están considerados para que la estación trabaje con .9MPa de presión alimentando los dispositivos de machueleo, sin embargo la estación consta de una unidad FRL conectada a la salida del Booster, y esta regula la presión una vez más a .5 MPa, por lo cual se reduce el consumo neumático innecesario de la estación y mantiene una reserva de aire en el tanque. Teniendo en cuenta que el consumo de la estación es casi equivalente a un tanque por segundo y que el tiempo de carga de dicho tanque, teniendo la salida regulada a .5MPa se reduce parcialmente a la mitad, la estación tiene bajas mínimas de presión y se mantiene estable durante la operación.

Resultados En Lineas Involucradas En El Proyecto:

Situación en línea de ensamble y bujes antes de implementación de machueleo automatizado

BUJES ACTUAL DISEÑO								
Process name	Activity	標準時間 (PLAN)				DISTRIBUCION DE OPERADORE		
		MAN	SET	M/C	TOTAL	OP1	OP2	OP3
COLR BRUSHING	take part	0.05	0.00	0.00	0.000	0.05		
	set part	0.17	0.14	0.34	0.475	0.17		
	retap and check	0.44	0.00	0.00	0.000	0.44		
	ONLY RETAP	0.28						
	packing	0.09	0.05	0	0.050	0.10		
					MAN	0.76	0.00	
					TAKTO time	0.79	0.79	

Tabla 19: proceso en línea de bujes antes de automatización

En la tabla que anteriormente se muestra (Tabla 6) se observa el tiempo que tarda el operador en realizar el proceso de inserción de bujes en la pieza Front modelo L12F (MAN) antes de implementar el machueleo automatizado, el proceso se divide en varias actividades, las cuales son: toma de pieza, colocación en jig de inserción de bujes, inspección de rutina y limpieza de cuerda de tuercas y por último el empacado en el rack de producto terminado. Además especifica el tiempo máximo que la empresa debe demorarse en terminar el proceso total de una pieza (TAKTO time), esto en base al volumen que el cliente exige mensualmente.

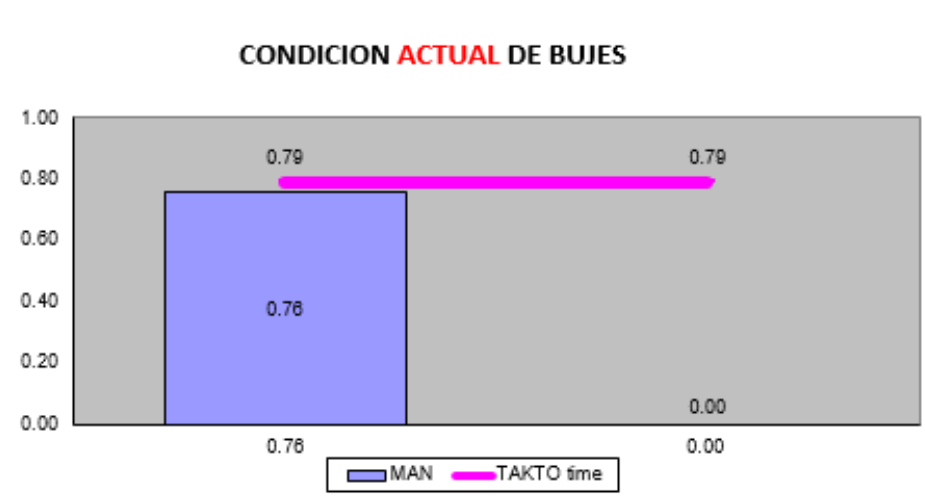


Tabla 20: condición en línea de bujes antes de automatización

Como se observa en la gráfica (Tabla 7) la línea de bujes cumple con el objetivo antes de adaptar la estación de machueleo, aunque se está muy al límite con el tiempo TAKTO.

SOLDADURA DISEÑO LB										
STACIO	Process name	標準時間 (PLAN)						DISTRIBUCION DE OPERAD		
		MAN	SET	CPK	M/C	CPK	TOTAL	OP1	OP2	OP3
1	AW MBR-FR SUSP UPR+COLLR SUSP MBR MTG, RR	0.30	0.25	0.12	0.63	0.60	0.88	0.30		
2	AW TV BRKT + UPR	0.23	0.18	0.19	0.58	0.69	0.76	0.23		
3	AW REINF-FR SUSP MBR R/L + NUT SQUARE WELD + COLLR STRG MTG	0.26	0.22	0.36	0.66	0.65	0.88	0.26		
4	AW REINF-FR SUSP MBR R/L	0.28	0.24	0.36	0.73	0.65	0.97	0.28		
5	S/W REINF 31 PUNTOS	0.15	0.11	0.13	0.88	0.88	0.99		0.15	
6	S/W (1) UPR & LWR (30 PUNTOS)	0.23	0.19	0.15	0.78	0.72	0.97		0.23	
7	S/W (2) UPR & LWR (18 PUNTOS)	0.18	0.13	0.13	0.79	0.86	0.92		0.18	
8	MAIN 1 AW LWR	0.17	0.12	0.15	0.79	0.96	0.91		0.17	
9	MAIN 2 AW COLLR + LWR	0.15	0.12	0.18	0.85	0.82	0.97		0.15	
10	MAIN 3 AW MBR ASSY FR SUSP + NUT SPDL M12	0.20	0.16	0.20	0.65	0.78	0.81		0.20	
11	MAIN 4 AW LWR + AW BRKT -FR SUSP MBR, LH + NUT M10 + MAIN	0.21	0.19	0.11	1.08	0.45	1.26			0.21
F	CHECK AND FORMING TAP AND GO NOGO	0.74		0.05		0.00	0.00			0.74
	ONLY TAPPING	0.55								
12	COLR BRUSHING + DATE STAMP	0.14	0.10	0.09	0.22	0.32	0.32			0.14
							time op.	1.06	1.07	1.08
							TAKTO time	1.13	1.13	1.13

Tabla 21: proceso en línea de ensamble antes de automatización

En esta tabla (Tabla 8) se muestran los tiempos de la línea de soldadura para cada actividad que se encuentra en ella, incluida la limpieza de cuerdas (ONLY TAPPING), y al igual que en la tabla anterior, se muestra el tiempo total en ensamblar una pieza completa (time op.) y el requerimiento mensual según exigencias del cliente.

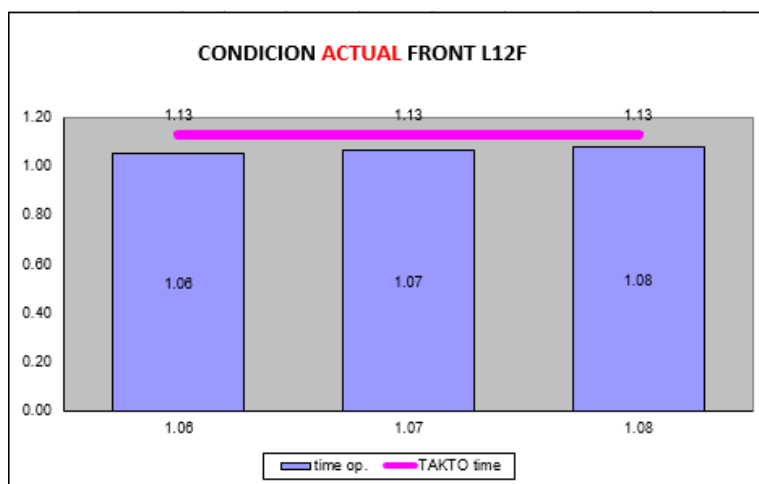


Tabla 22: condición en línea de ensamble antes de automatización

En la gráfica (Tabla 9) anterior se muestran los tiempos de cada operador en la línea de ensamble y al mismo tiempo se muestra el límite para cumplir con requerimientos del cliente, teniendo un margen pequeño aunque no tan pequeño como en la línea de inserción de bujes.

Situación en línea de ensamble y bujes implementando estación de machueleo automatizado

SOLDADURA DISEÑO LB										
ORDEN	Process name	標準時間 (PLAN)						DISTRIBUCION DE OPERADOR		
		MAN	SET	CPK	MIC	CPK	TOTAL	OP1	OP2	OP3
1	A/W MBR-FR SUSP UPR+COLLR SUSP MBR MTG, RR	0.30	0.25	0.12	0.63	0.60	0.88	0.30		
2	A/W TV BRKT + UPR	0.23	0.18	0.19	0.58	0.69	0.76	0.23		
3	A/W REINF-FR SUSP MBR/R/L+NUT SQUARE WELD+COLR STRGMTG	0.26	0.22	0.36	0.66	0.65	0.88	0.26		
4	A/W REINF-FR SUSP MBR/R/L	0.28	0.24	0.36	0.73	0.65	0.97	0.28		
5	S/W REINF 31 PUNTOS	0.15	0.11	0.13	0.88	0.88	0.99		0.15	
6	S/W (1) UPR & LWR (30 PUNTOS)	0.23	0.19	0.15	0.78	0.72	0.97		0.23	
7	S/W (2) UPR & LWR (18 PUNTOS)	0.18	0.13	0.13	0.79	0.86	0.92		0.18	
8	MAIN 1 A/W LWR	0.17	0.12	0.15	0.79	0.96	0.91		0.17	
9	MAIN 2 A/W COLR + LWR	0.15	0.12	0.18	0.85	0.82	0.97		0.15	
10	MAIN 3 A/W MBR ASSY FR SUSP + NUT SPDL M12	0.20	0.16	0.20	0.65	0.78	0.81		0.20	
11	MAIN 4 A/W LWR + A/W BRKT -FR SUSP MBR, LH + NUT M10 + MAIN	0.21	0.19	0.11	1.08	0.45	1.26			0.21
F	CHECK AND FORMING TAP AND GO NOGO	0.19		0.05		0.00	0.00			0.19
	ONLY TAPPING									
12	COLR BRUSHING + DATE STAMP	0.14	0.10	0.09	0.22	0.32	0.32			
							time op.	1.06	1.07	0.40
							TAKTO time	1.13	1.13	1.13

Tabla 23: proceso en línea de bujes actual

En la tabla anterior (Tabla 10) se muestran los tiempos y actividades de la línea de ensamble, pero ahora con la estación de machueleo automatizado instalada y funcionando en la línea de inserción de bujes, es posible notar que los tiempos de operación se redujeron, esto debido a que se eliminó la operación de limpieza en las cuerdas de las tuercas.

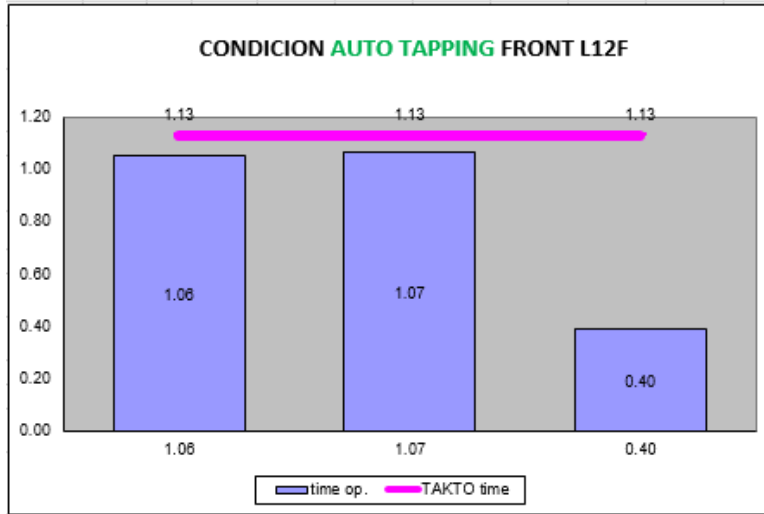


Tabla 24: condición en línea de ensamble actual

Una vez instalada la estación de machueleo y en operación se observa un cambio significativo en la línea de ensamble, ya que se reduce el tiempo de operación del operador #3 que es el encargado de dicha actividad, esto se puede observar en la gráfica que se muestra con anterioridad (Tabla 11).

BUJES PROPUESTA									
Process number	Process name	Activity	標準時間 (PLAN)				DISTRIBUCION DE OPERADORES		
			MAN	SET	M/C	TOTAL	OP1	OP2	OP3
12	COLR BRUSHING	take part	0.05	0.00	0.00	0.000	0.05		
		set part	0.17	0.14	0.34	0.475	0.17		
		retap and check	0.16	0.00	0.00	0.000	0.16		
		ONLY RETAP	0.28						
13	RETAP	RETAP	0.08	0.05	0.55	0.600	0.08		
		paking	0.09	0.05	0	0.050	0.10		
						MAN	0.55	0.00	
						TAKTO time	0.79	0.79	

Tabla 25: proceso en línea de bujes actual

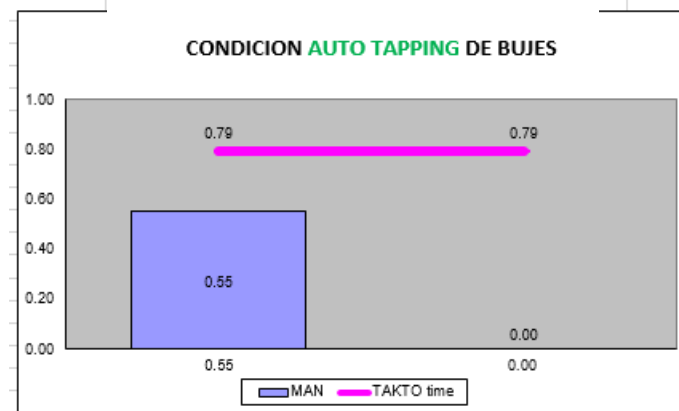


Tabla 26: condición en línea de bujes actual



Teniendo en cuenta las gráficas anteriores (Tabla 12 y 13) referentes a la línea de bujes una vez instalada y en funcionamiento la estación de machueleo, se puede observar que el tiempo hombre disminuye notoriamente, sin embargo en dichas gráficas no se toma en cuenta el aumento en pasos que el operador tiene, esto debido a que el flujo del proceso cambia y la distancia que el operador tiene que recorrer para terminar la operación completa aumenta, dejando los tiempos similares (aunque con mejora) a los que tenía antes de colocar e implementar la estación de machueleo automatizado.

El cambio en bujes es poco, pero el cambio en la línea de ensamble es considerable, arrojando así un resultado positivo al proyecto y aumentando las posibilidades de implementar sistemas similares en piezas distintas a las que se les realiza un re-trabajo similar.

## **Conclusiones**

Una vez concluido el proyecto se pudo observar el cambio en las líneas, tanto de ensamble como de inserción de bujes, aunque en esta última no fue un cambio notorio se ve reflejado en las tablas de condiciones y tiempos, en cambio en la línea de ensamble fue un cambio mucho más notorio llegando al punto de reducir casi por completo un operador. Este proyecto abre las puertas a nuevas ideas en la empresa y genera la posibilidad de ampliar la productividad en ella y lo haría de una manera más eficiente. En lo personal quedo satisfecho con el resultado, aunque me gustaría formar parte de proyectos similares en un futuro donde quiera que me encuentre. El armar este proyecto desde cero me abrió los ojos hacia el gran margen de errores que se pueden tener a lo largo del proceso, así como me mostro las mejores metodologías para evitarlos, aunque siempre habrá alguna falla que entorpezca el avance siempre hay que buscar prever dichas fallas y adelantarse a ellas.

# Programa de actividades Cronograma de actividades

		AUTOMATIZACION DE PROCESO DE MACHUELEO EN FRONT MODELO L12F																				
		Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				
		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	semana
Item	Actividades	plan																				
1	Armado de jig			■	■																	
2	Colocación y caleado de periféricos				■																	
3	Conexiones neumaticas					■	■															
4	Pruebas con dispositivos de machueleo (motores neumaticos)							■														
5	Ajustes							■	■													
6	Apoyo en programacion de equipos								■													
7	Apoyo en monitoreo para corridas tipo pilotaje									■	■	■										
8	Apoyo en documentacion												■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

## Referencias

[1] INTRODUCCION A LA NEUMATICA, ANTONIO GUILLEN SALVADOR

[2] INOXPA SOURCE OF SOLUTIONS

[3] DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UN LABORATORIO REMOTO DE ROBÓTICA,  
RAMON GONZALEZ ZAMBRANO

[4] ROBOTICA INDUSTRIAL, ANTONIO ROMEO

[5] KEYENCE CORPORATION

[6] SMC CORPORATION

[7] INTRODUCCION A LA PROGRAMACION DE CONTROLADORES LOGICOS (PLC), ROLF  
DAHL-SKONG

[8] NEUMÁTICA E HIDRÁULICA, CREUS SOLE ANTONIO

[9] JOUCOMATIC

[10] KEYENCE

