



**AUTOMATIZACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAMBLE
PARA SUSPENSIONES TRASERAS DE VEHICULOS**

Johan Sebastián Cifuentes Robayo

Universidad Antonio Nariño

Facultada de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Bogotá, Colombia

2018

**AUTOMATIZACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAMBLE
PARA SUSPENSIONES TRASERAS DE VEHICULOS**

Johan Sebastián Cifuentes Robayo

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

Magister en automatización e instrumentación

Director (a):

Ing. Julián David Pareja Garzón MSc.

Línea de profundización:

Control, instrumentación y automatización

Universidad Antonio Nariño

Facultada de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Bogotá, Colombia

2018

Nota de aceptación

Firma Director de Tesis

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá D.C. junio de 2018

Dedicatoria

Dedicado a todas las personas que buscan innovación en la vida, que son apasionadas al realizar un trabajo que les gusta, que encuentran en la instrumentación, automatización y gestión de proyectos un mundo diferente a soluciones de problemas.

Agradecimientos

Principalmente a Dios y mis padres por el apoyo brindado durante el proceso de formación.

A los maestros de toda la carrera que brindaron su conocimiento y experiencia, apoyando la idea, guiando el nacimiento y culminación de este trabajo.

A General Motors por su disposición para apoyar ideas que contribuyen a mejorar cada día los procesos productivos de la planta.

TABLA DE CONTENIDO

| | | |
|---|---|----|
| 1 | RESUMEN | 13 |
| 2 | INTRODUCCIÓN | 15 |
| 3 | PROBLEMAS CON EL BANCO ACTUAL DE ENSAMBLE | 18 |
| | 3.1 Problemas de tipo eléctrico: | 18 |
| | 3.2 Problemas de tipo mecánico: | 20 |
| | 3.3 Problemas de tipo neumático: | 21 |
| 4 | OBJETIVOS DEL PROYECTO..... | 23 |
| | 4.1 Objetivo general: | 23 |
| | 4.2 Objetivos específicos: | 23 |
| 5 | DISEÑO METODOLÓGICO..... | 24 |
| | 5.1 Estudio de componentes: | 24 |
| | 5.2 Automatización: | 24 |
| | 5.3 Conexiones Eléctricas: | 24 |
| | 5.4 Diseño de sistema de fallo para sensores ABS: | 24 |
| | 5.5 Reducción de tiempos de ensamble y fallos en el banco de ensamble nuevo: | 25 |
| 6 | MARCO CONCEPTUAL | 26 |
| | 6.1 Descripción de una suspensión: | 26 |
| | 6.2 Partes y ensamble de una suspensión: | 27 |
| | 6.2.1 Puente trasero: | 27 |
| | 6.2.2 Plato del freno: | 27 |
| | 6.2.3 Tubería, manguera y purgador de frenos: | 28 |
| | 6.2.4 Guaya de freno de mano: | 29 |
| | 6.2.5 Campana: | 29 |
| | 6.2.6 Sensor ABS (Antilock Braking System): | 30 |
| | 6.3 Protocolo de comunicación Ethernet/IP industrial: | 36 |
| | 6.4 Estado del arte. | 40 |
| 7 | INSTRUMENTACIÓN PROPUESTA..... | 43 |
| | 7.1 Arquitectura de red y tiempos de latencia | 43 |
| | 7.2 Switches Ethernet no administrados Stratix 2000. | 45 |

| | | |
|-------|--|----|
| 7.3 | Flex I/O | 46 |
| 7.3.1 | Adaptador de red/fuente de alimentación | 47 |
| 7.3.2 | Base: | 48 |
| 7.3.3 | Módulos E/S: | 48 |
| 7.4 | Cálculo de la corriente de instrumentación (Flex I/O): | 50 |
| 7.5 | Diseño de circuito para el sistema de prueba y error de sensores ABS | 51 |
| 7.6 | Diseño de HMI | 53 |
| 7.7 | Controlador Lógico Programable (PLC) | 60 |
| 8 | PROGRAMACIÓN SECUENCIAL Y ESTANDARIZACIÓN DEL BANCO DE ENSAMBLE | 62 |
| 8.1 | Diseño de lógica de programación para el controlador L32E en RS Logix 5000 | 62 |
| 8.2 | Funcionamiento y activación de tareas en controladores de apriete (Stanley) | 64 |
| 8.3 | Cálculo de la corriente del sistema de potencia | 65 |
| 8.3.1 | Balance de potencia por fase: | 67 |
| 8.4 | Diseño de conexiones neumáticas | 68 |
| 9 | RESULTADOS Y ANALISIS | 71 |
| 9.1 | Dispositivo nuevo de ensamble | 71 |
| 9.2 | Mejora en tiempos de ensamble | 73 |
| 9.3 | Optimización de elementos del banco de ensamble | 74 |
| 10 | COSTOS DEL PROYECTO | 75 |
| 10.1 | Costo de elementos. | 75 |
| 10.2 | Costo de horas de ingeniería. | 77 |
| 11 | CONCLUSIONES | 78 |
| 12 | TRABAJOS FUTUROS | 80 |
| 13 | REFERENCIAS BIBLIGRÁFICAS | 81 |

Lista de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Banco de ensamble antiguo 2017 | 16 |
| Figura 2. Estructura del banco de ensamble nuevo | 17 |
| Figura 3. Tablero de potencia antiguo (2017)..... | 19 |
| Figura 4. Caja de conexiones de control | 20 |
| Figura 5. Soporte de reacción de torque soldado | 21 |
| Figura 6. Cilindro e inyector de aire para prueba de estanqueidad | 22 |
| Figura 7. Sistema de prueba y error para manguera instalada..... | 25 |
| Figura 8. Suspensión de eje rígido de un automóvil..... | 26 |
| Figura 9. Puente trasero..... | 27 |
| Figura 10. Plato freno | 28 |
| Figura 11. Ductos del freno..... | 28 |
| Figura 12. Guaya de freno de mano..... | 29 |
| Figura 13. Campana de M300..... | 30 |
| Figura 14. Comparación de frenado con y sin ABS | 31 |
| Figura 15. Válvula de frenado | 32 |
| Figura 16. Componentes del sistema ABS | 32 |
| Figura 17. Señal de referencia para un sensor ABS pasivo..... | 33 |
| Figura 18. Señal de salida de un sensor de M300..... | 34 |
| Figura 19. Señal obtenida de un sensor ABS activo | 35 |
| Figura 20. Detección de un ABS Hall..... | 35 |
| Figura 21. ABS hall con anillo codificador magnético..... | 36 |
| Figura 22. Arquitectura de red..... | 43 |
| Figura 23. Latencia de red | 44 |
| Figura 24. Switch Stratix 2000..... | 46 |
| Figura 25. Grupo Flex | 47 |
| Figura 26. Adaptador de red..... | 47 |
| Figura 27. Bornes de conexión de la base | 48 |
| Figura 28. Módulo de entradas discretas | 49 |
| Figura 29. Módulo de salidas discretas | 49 |
| Figura 30. Módulo de entradas analógicas | 50 |
| Figura 31. Fuente VDC 5A..... | 51 |
| Figura 32. Circuito eléctrico de prueba para sensores ABS..... | 53 |
| Figura 33. Asignaciones de IP HMI | 54 |
| Figura 34. Asignación de tags para HMI | 55 |
| Figura 35. Plantilla base | 56 |
| Figura 36. Selección de modelos..... | 57 |
| Figura 37. Pantalla de monitoreo..... | 58 |

| | |
|--|----|
| Figura 38. Pantalla de botones de ayuda | 59 |
| Figura 39. Hora a hora producción | 60 |
| Figura 40. PLC Compact Logix L32E | 61 |
| Figura 41. Árbol de programación | 63 |
| Figura 42. Controladores de torque (Stanley)..... | 66 |
| Figura 43. Tablero de potencia | 67 |
| Figura 44. Cilindro y conexiones neumáticas | 68 |
| Figura 45. Válvula de corte de presión de aire | 69 |
| Figura 46. Bloque de electroválvulas Manifold | 69 |
| Figura 47. Pantalla de estanqueidad y ajuste tuerca campana | 70 |
| Figura 48. Estructura banco de ensamble nuevo..... | 71 |
| Figura 49. Banco de ensamble antiguo | 72 |
| Figura 50. Banco de ensamble nuevo | 72 |
| Figura 51. Tiempo de ensamble del banco antiguo y del nuevo, modelo M200 | 73 |
| Figura 52. Tiempo de ensamble del banco antiguo y del nuevo, modelo M300 | 73 |

Lista de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Cálculo de corriente en instrumentos de control..... | 50 |
| Tabla 2. Convenciones del estándar para elementos | 64 |
| Tabla 3. Activación de tareas respecto a bits | 65 |
| Tabla 4. Corriente total del sistema de potencia | 68 |
| Tabla 5. Costos por elementos | 76 |
| Tabla 6. Costos por hora de ingeniería..... | 77 |

SÍMBOLOGIA

| Abreviatura | Término | Unidad SI | Definición |
|-------------|-----------------|-----------|------------|
| t | Tiempo | s | |
| I | Corriente | A | (2) |
| R | Resistencia | Ω | (2) |
| PSI | Presión | PSI | |
| V | Voltaje | Ω | (2) |
| Req | Periodo | Ω | (5) |
| VDC | Voltaje Directo | V | |
| VAC | Voltaje Alterno | V | |
| V | Velocidad | Km/s | |

ABREVIATURAS

| Abreviatura | Término |
|-------------|---------|
|-------------|---------|

| | |
|----------------|--|
| PLC | Controlador Lógico Programable |
| HMI | Interfaz Hombre Máquina |
| TAG | Etiqueta de programación realizada para identificar un dato en el PLC o HMI |
| ABS | Sistema de Frenado Antibloqueo |
| GAP | Piñón usado para detección del ABS |
| Dip Switch | Conjunto de micro-interruptores eléctricos |
| Error Proofing | Sistema de Prueba y error |

1 RESUMEN

Este documento muestra el desarrollo de un proyecto de profundización enfocado a la automatización, mejora y estandarización de un banco de ensamble de suspensiones traseras en la empresa (General Motors Colmotores zona franca).

En primer lugar, se analizaron los problemas que genera el banco de ensamble de suspensiones traseras actual, como por ejemplo conexiones eléctricas ineficientes y mal realizadas que no cumplen con las normas RETIE, conexiones neumáticas deterioradas, instrumentación en mal estado, problemas de lógica muerta en la secuencia de programación y falta de control en los componentes que se ensamblan respecto a su funcionabilidad y calidad. Se diseñaron y crearon los sistemas aprueba de error para un banco de ensamble totalmente nuevo, permitiendo conocer el estado de los elementos que se van a montar en el banco como tubería de frenos basado en la inyección de aire para verificar escapes, y sensores ABS (Antilock Braking System) por medio del módulo analógico.

Junto a esto, se normalizan las conexiones de todo tipo en el dispositivo nuevo (neumáticas y eléctricas), y se realizan los planos respectivos a partir de la información de componentes seleccionados para la automatización y control de energía eléctrica. Se realizan las conexiones de cada elemento siguiendo el manual de estandarización de la compañía [GCCH1](#).

Por otra parte, se realizó la lógica Ladder adaptada a la secuencia de ensamble para los modelos SGM308 (Sail), M200 (Spark Life) y M300 (Spark GT). La implementación está basada en el protocolo de comunicación Ethernet/IP industrial en tiempo real, usando el software (RS Logix 5000®) de (Rockwell Automación). El hizo uso del lenguaje de programación Ladder para un PLC Compact Logix L32E de la marca (Allen Bradley). El controlador se comunica a través de un Switch Ethernet Stratix 2000 de la marca (Allen Bradley), con un módulo Flex I/O de la marca (Allen Bradley) encargado de la adquisición de las señales de

instrumentación en general. También se programó la HMI (Interfaz Hombre Maquina) marca (Siemens) MP277_10Touch por medio del software (Wincc Flexible®).

Por último, se realiza la validación del banco de ensamble y el correcto funcionamiento de los sistemas de prueba y error de los componentes ensamblados a la suspensión trasera.

2 INTRODUCCIÓN

Con la respectiva mejora continua que se aplica a los procesos de producción en la industria buscando reducir tiempos y costos de fabricación, factores determinantes en un área de industrial, se ve la necesidad de estar actualizado en la implementación de tecnologías cada vez más eficientes que conduzcan a estas finalidades. Es fundamental para las corporaciones realizar monitoreos constantes de las maquinas que puedan generar cuellos de botella (de producción lenta), creando planes de acción que conlleven a optimizar la operación.

El presente proyecto de implementación estuvo encaminado a la automatización y mejora de un banco de ensamble nuevo (**Figura 2. Estructura del banco de ensamble nuevo**) de suspensiones traseras de eje rígido de automóviles fabricados en la empresa (General Motors Colmotores zona franca), por medio de la implementación de un protocolo de comunicación que ejecute el proceso en tiempo real. La compañía compra en 2015 a la empresa (Gabriel de Colombia S.A) el dispositivo (**Figura 1. Banco de ensamble antiguo 2017**), dónde son ensambladas las suspensiones traseras, modelos como Spark Life (M200), Sail (SGM308), Spark GT (M300) con el fin de aumentar la ganancia, ya que al ser una zona franca está exenta de impuestos y las partes de importación son de menor costo. La máquina de ensamble ha trabajado aproximadamente 12 años, el dispositivo presenta muchas fallas de tipo, mecánico, eléctrico y neumático debido al deterioro y posible falta de planeación en el mantenimiento.

Figura 1. Banco de ensamble antiguo 2017



Fuente. Autor

También, es complejo realizar cambios en la programación debido a que la lógica realizada en el PLC (Controlador Lógico Programable), es compleja de entender, esta desordenada y posee muchas variables de otros modelos de suspensiones ya no fabricadas.

Según el estándar corporativo de (General Motors Colmotores zona franca), se deben realizar ensayos a componentes como los sensores ABS del freno y sistema de frenado (sistemas de prueba y error), garantizando que estén en excelentes condiciones como lo exigen las normas y reglamentación de calidad del proceso, sin embargo, en muchas ocasiones se desajustan o se dañan componentes de la máquina generando errores de fabricación en la suspensión, los cuales posteriormente en el ensamble son detectados y producen no solo pérdidas de tiempo sino de dinero. Para esto, se trabajó en nuevos diseños de los sistemas de prueba y error basados en los ya disponibles en el dispositivo de ensamble antiguo, se implementaron nuevas pruebas como la detección de fallo de los sensores ABS.

Se busca con en este trabajo de grado, la elaboración bajo estándares internacionales del nuevo banco de ensamble. Este banco tendrá componentes electrónicos, neumáticos y eléctricos de última tecnología, además de implementar protocolos de comunicación industrial ajustados a la necesidad de trabajar ensambles en tiempo real (3 segundos máximo). La compañía proporcionó la estructura base del dispositivo (**Figura 2. Estructura del banco de ensamble nuevo**) y se procedió a realizar los montajes pertinentes.

Figura 2. Estructura del banco de ensamble nuevo



Fuente. Autor

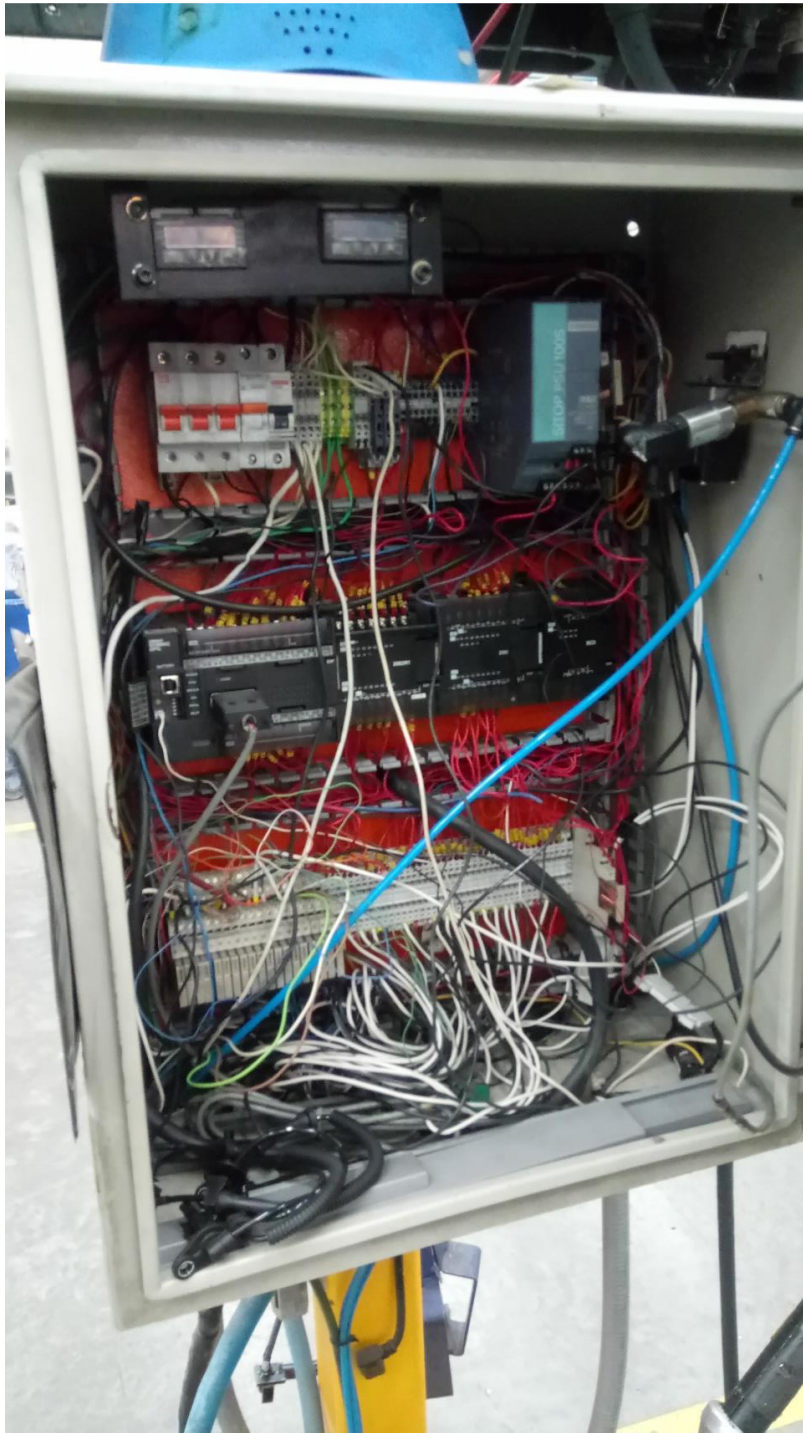
3 PROBLEMAS CON EL BANCO ACTUAL DE ENSAMBLE

3.1 Problemas de tipo eléctrico:

Haciendo un diagnóstico inicial, la empresa no posee planos eléctricos de la máquina. Cuando se compró el banco de ensamble no fueron proporcionados por (Gabriel de Colombia S.A), este hecho y el descuido en las conexiones eléctricas hacen que realizar cambios o reparaciones sea algo complejo debido a la falta de identificación del cableado y desorden. Se tiene un tablero en el cual, la potencia y el control están combinados siendo poco conveniente ya que se pueden presentar ruidos en las señales analógicas causando una medición incorrecta. También está ubicada una electroválvula usada para la prueba de estanqueidad del freno (**Figura 3. Tablero de potencia antiguo (2017)**), si la válvula llegara a tener un escape de aire podría generarse humedad en el tablero generando corrosión en los contactos y componentes eléctricos.

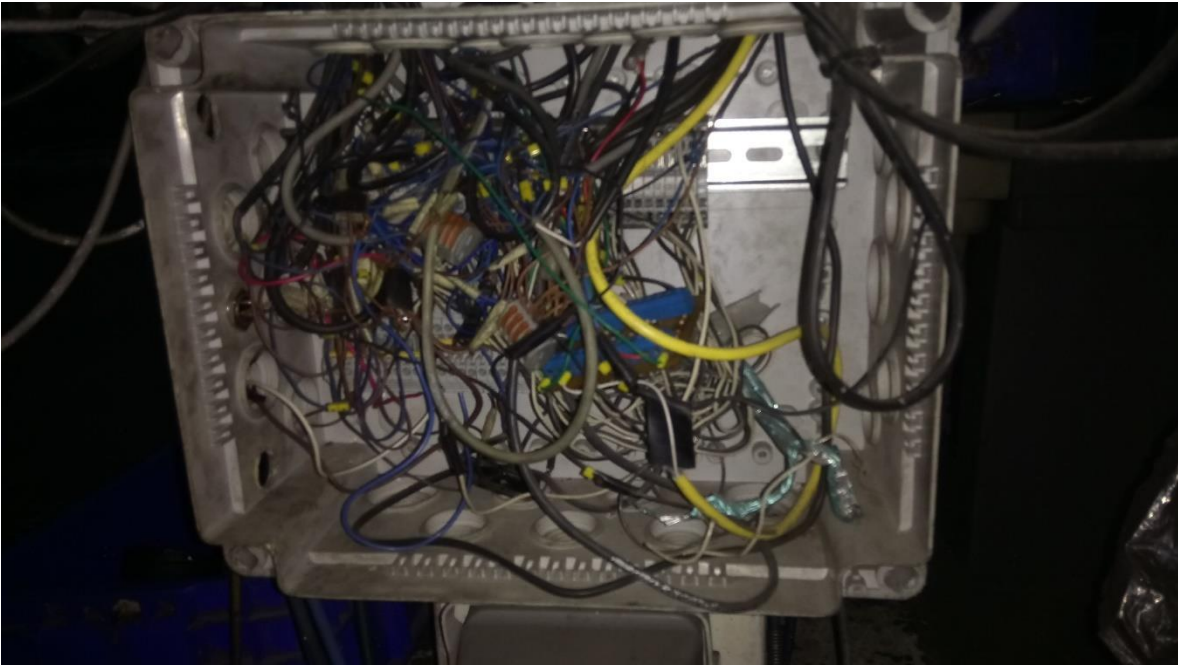
Se encuentra cableado eléctrico por el suelo, con el cual se pueden tropezar los operarios de ensamble o pueden estar expuestos a riesgos de descarga eléctrica. El cableado va desde el tablero de potencia a una caja de paso donde se encuentran conectados los sensores y electroválvulas de los cilindros neumáticos de forma desordenada, los cables de control positivos de 24 VDC y comunes 0 VDC están unidos unos con otros en forma de trenza (**Figura 4. Caja de conexiones de control**), soltándose con frecuencia y generando paradas en la producción o mal funcionamiento debido a la pérdida de señales, además la instrumentación puesta en el dispositivo tiene deterioro por el tiempo de uso y en ocasiones es necesario realizar una contingencia para que funcione sin algunos detectores (sensores), omitiéndolos por medio de programación o forzando la señal.

Figura 3. Tablero de potencia antiguo (2017)



Fuente. Autor

Figura 4. Caja de conexiones de control



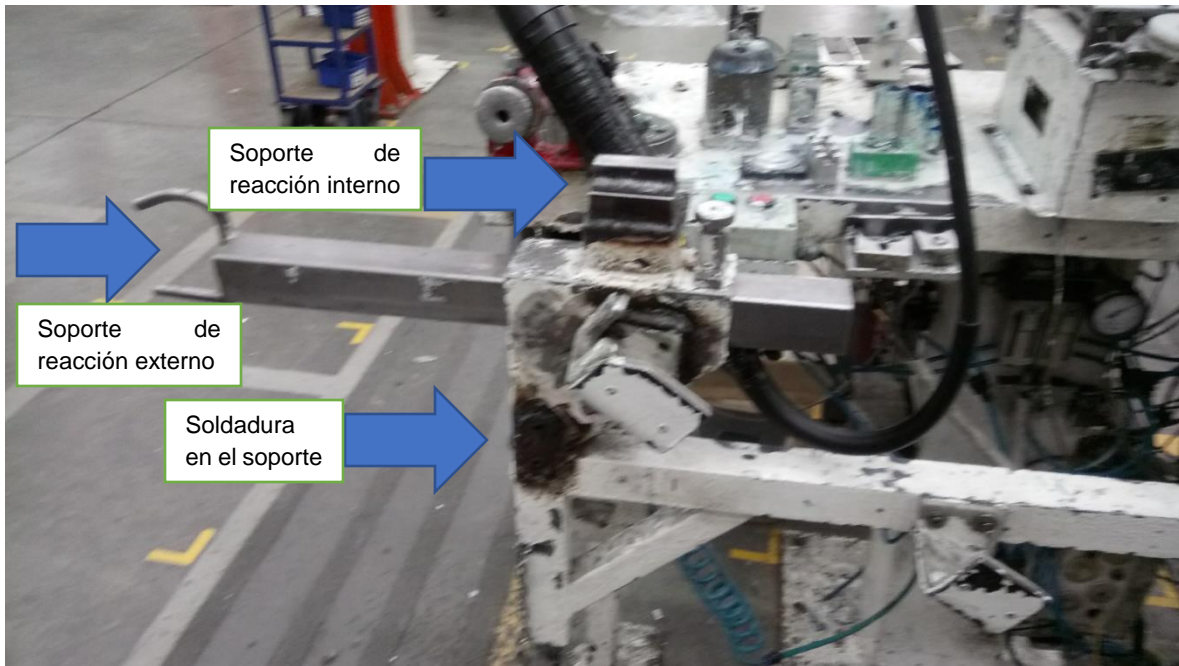
Fuente. Autor

3.2 Problemas de tipo mecánico:

Se presenta corrosión en el dispositivo originando fatiga en el material de los soportes de reacción de torque (**Figura 5. Soporte de reacción de torque soldado**), estos anulan la fuerza ejercida por el tensor (Stanley) al realizar aprietes de tuercas, haciendo que no se transmitan al operador previniendo incidentes debido al valor de torque que se aplica, hay que soldar continuamente los componentes y reforzar la estructura.

Los agujeros roscados realizados para la fijación de los soportes dónde se apoya la suspensión no poseen buen material, originando que se deba realizar un nuevo agujero roscado en una ubicación cercana. Otro problema es la combinación de las dimensiones y unidades de los agujeros en milímetros y pulgadas, dificultando encontrar tornillería en pulgadas debido a que (General Motors Colmotores zona franca) en su estándar internacional maneja sistema internacional de medidas (SI).

Figura 5. Soporte de reacción de torque soldado



Fuente. Autor

3.3 Problemas de tipo neumático:

Las mangueras neumáticas tienen acoples en pulgadas, en (General Motors Colmotores zona franca) solo se manejan los componentes en milímetros ocasionando que cuando algo se daña no haya repuesto en el almacén, incrementando el tiempo de las paradas de línea de producción, esto no solo afecta al área de ensamble de suspensiones sino a toda la planta ya que al no ensamblar ejes traseros no se pueden terminar los vehículos en su totalidad. Los cilindros tienen escapes de aire, lo cual origina pérdidas de presión en la máquina y el fallo en la prueba de estanqueidad del freno (**Figura 6. Cilindro e inyector de aire para prueba de estanqueidad**). Las válvulas neumáticas se quedan en ocasiones sin accionamiento debido a fallas mecánicas en los componentes internos, como por ejemplo bloqueo de la aguja debido al desgaste y continuo uso.

Figura 6. Cilindro e inyector de aire para prueba de estanqueidad



Fuente. Autor

4 OBJETIVOS DEL PROYECTO

4.1 *Objetivo general:*

Automatizar y estandarizar mediante un protocolo de comunicación industrial, un banco de ensamble para suspensiones traseras de vehículos en la empresa (General Motors Colmotores zona franca).

4.2 *Objetivos específicos:*

- Realizar selección de instrumentación adecuada para el banco.
- Implementar un protocolo de comunicación industrial para mejorar el funcionamiento del banco en tiempo real (1 s).
- Diseñar la lógica Ladder estandarizada para el banco de trabajo con un control lógico secuencial.
- Estandarizar conexiones eléctricas y neumáticas del dispositivo según normativa de la compañía.
- Diseñar el sistema para detección de fallos en sensores ABS (Antilock Braking System).
- Aumentar la eficiencia del banco de ensamble en cuanto a reducción de tiempos de ensamble y fallos.

5 DISEÑO METODOLÓGICO

Para cumplir con los objetivos planteados en el proyecto se diseña la metodología como una estrategia que contempla el desarrollo y solución definitiva de cada problemática abordada en el proyecto.

Inicialmente se toma la estructura del banco de ensamble nuevo como punto de referencia y se procede a realizar cada una de las siguientes fases:

5.1 Estudio de componentes:

Se evaluará por medio del estándar global [GCCH1](#) junto con la aplicación (secuencia de ensamble de suspensiones traseras), que componentes son necesarios para realizar la automatización y mejora de todos los aspectos (eléctrico, electrónico, neumático, mecánico) para el banco de ensamble, como sensores inductivos, válvulas neumáticas, cilindros, tipo de cable y calibre, sensores de presión, tornillería de fijación e instrumentación en general.

5.2 Automatización:

Se ha pensado en la implementación del protocolo de comunicación Ethernet/IP industrial por medio de un Switch Stratix 2000 de ocho puertos de conexión RJ45 hembra conectado a un PLC Compact Logix L32B de la marca Allen Bradley disponible en el almacén de la compañía, el controlador debe ser programado con el software (RS Logix 5000®) V19.01 con lenguaje Ladder, estaría ligado a una HMI (Siemens) MP277_10Touch programada en (Wincc Flexible®), a su vez un módulo Flex I/O será el encargado de interactuar con las señales discretas y analógicas de la instrumentación y comunicarlas al PLC para ejecutar la acción de control.

5.3 Conexiones Eléctricas:

Se aplicará RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas) siguiendo código de colores según la tensión eléctrica a manejar. Se realizará un balance de cargas e implementación de protecciones según los componentes a conectar. También se implementarán dos tableros el primero manejando la parte de potencia y el segundo la de control por medio del módulo Flex I/O.

5.4 Diseño de sistema de fallo para sensores ABS:

Se realizará un análisis del sensor para conocer sus características, y que forma es más conveniente para conocer el estado de este. En la instalación eléctrica del automóvil se energiza el ABS a 12VDC, se diseñará un circuito eléctrico verificando

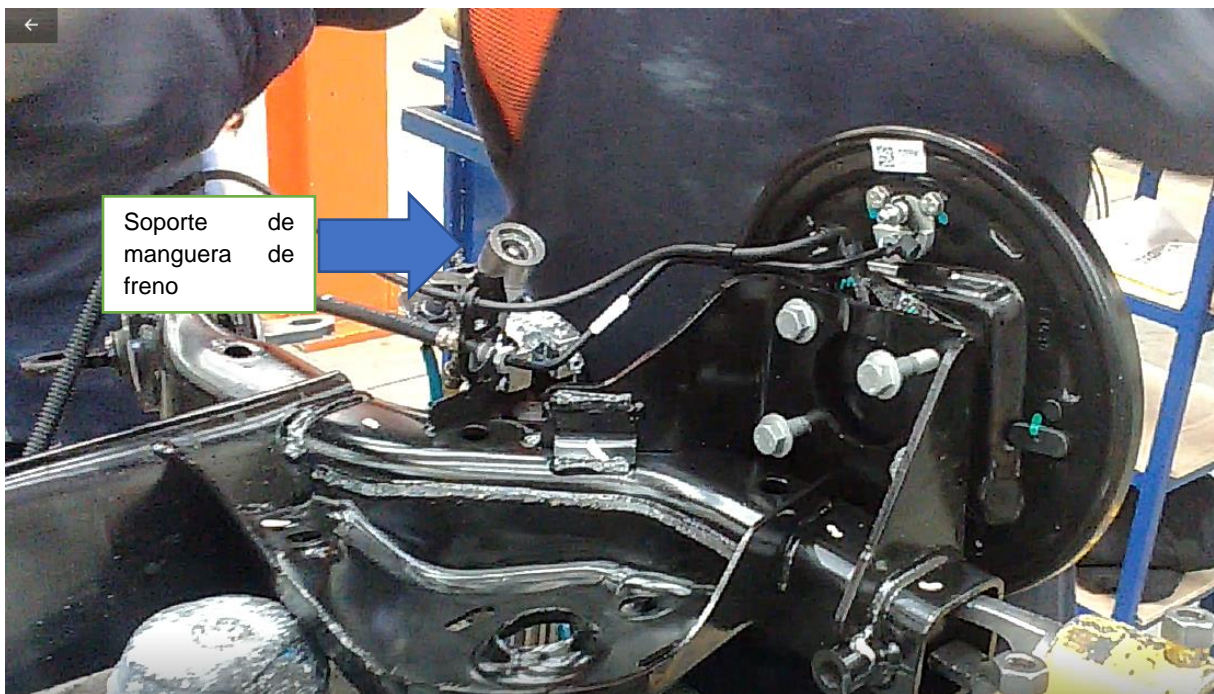
la continuidad en el ABS por medio de la ley de OHM y tomando la intensidad cuando se conecte en paralelo.

5.5 Reducción de tiempos de ensamble y fallos en el banco de ensamble

nuevo:

Algunos componentes se pueden omitir del banco antiguo ahorrando pasos, como por ejemplo el sistema de prueba y error de la manguera de freno el cual indica ajuste a la tubería (**Figura 7. Sistema de prueba y error para manguera instalada**) por medio de los soportes con sensores. Posteriormente se realiza la prueba de estanqueidad inyectando aire por los ductos de las mangueras, en este paso se daría cuenta el operario si la manguera está situada en el ducto de la tubería de freno o no, ganando segundos en el ensamble y eliminando sensores y lógica innecesaria.

Figura 7. Sistema de prueba y error para manguera instalada



Fuente. Autor

La prueba de estanqueidad del banco antiguo demora 22 segundos, se reducirá a 10 que se considera que es suficiente para verificar si hay caída de presión en los ductos del freno.

También, teniendo en cuenta que todo en el dispositivo es nuevo, no presentará fallos por desgaste en los componentes en algunos años.

6 MARCO CONCEPTUAL

6.1 Descripción de una suspensión:

En la industria actual existen diferentes tipos de suspensiones como la tratada en este documento (**Figura 8. Suspensión de eje rígido de un automóvil**), esta suspensión tiene unidas las ruedas mediante un eje formando un conjunto que se sostiene en el bastidor mediante ballestas y/o resortes que hacen de elemento elástico transmitiendo las oscilaciones al conjunto de los amortiguadores como consecuencia, todo el movimiento que afecta a una rueda se transmite a la otra del mismo eje, como el eje va fijado directamente sobre el bastidor, la inclinación se transmite a todo el vehículo.

Figura 8. Suspensión de eje rígido de un automóvil



Fuente. (Definición ABC, 2017)

6.2 Partes y ensamble de una suspensión:

Las piezas usadas en (General Motors Colmotores zona franca) para el ensamble de una suspensión de M300 (Spark GT) son:

6.2.1 Puente trasero:

Es el encargado de soportar el peso del vehículo en la parte de atrás (**Figura 9. Puente trasero**), a él se ensamblan los demás componentes.

Figura 9. Puente trasero

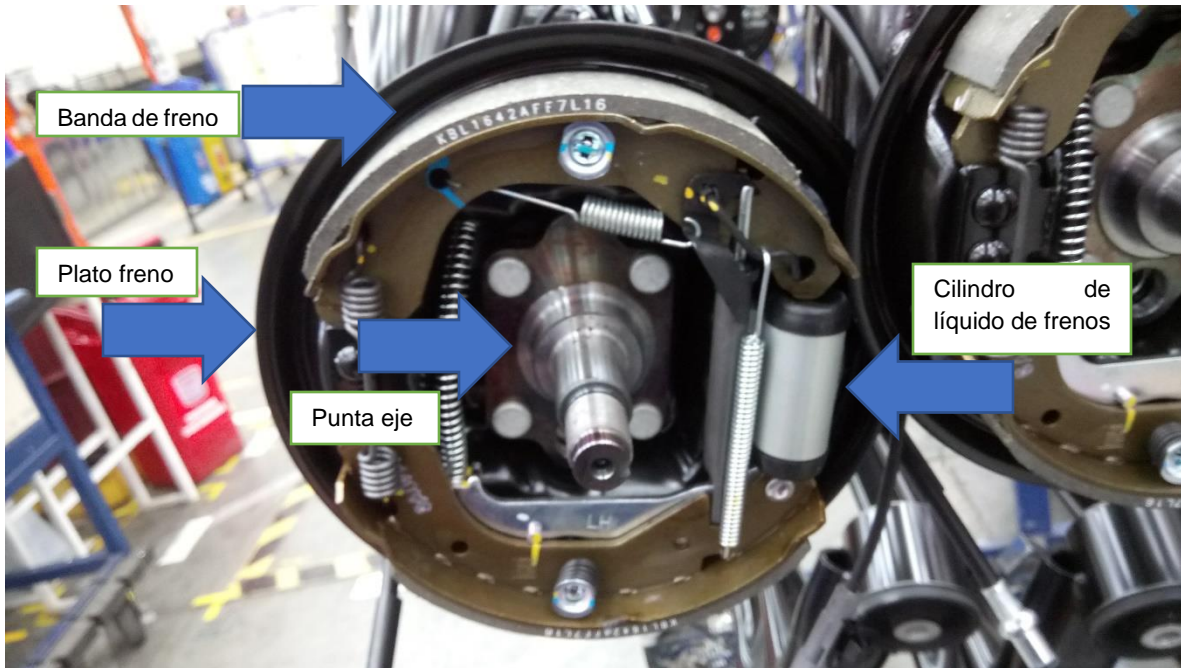


Fuente. Autor

6.2.2 Plato del freno:

En la parte interna posee las bandas para el frenado, así como también un sistema mecánico de graduación de apertura o cierre de las mismas. Se evidencia el cilindro (**Figura 10. Plato freno**) dónde se almacena el líquido de frenos, en el cual al presionar el pedal del freno transmite la fuerza a las bandas abriéndolas e intentando detener la rueda. A este sistema se le hace la prueba de estanqueidad verificando escapes por medio de inyección de aire. El plato del freno va unido por cuatro pernos que trae la punta eje al puente, son apretados en el banco de ensamble junto con la rosca frontal es para montar la campana por medio del rodamiento.

Figura 10. Plato freno

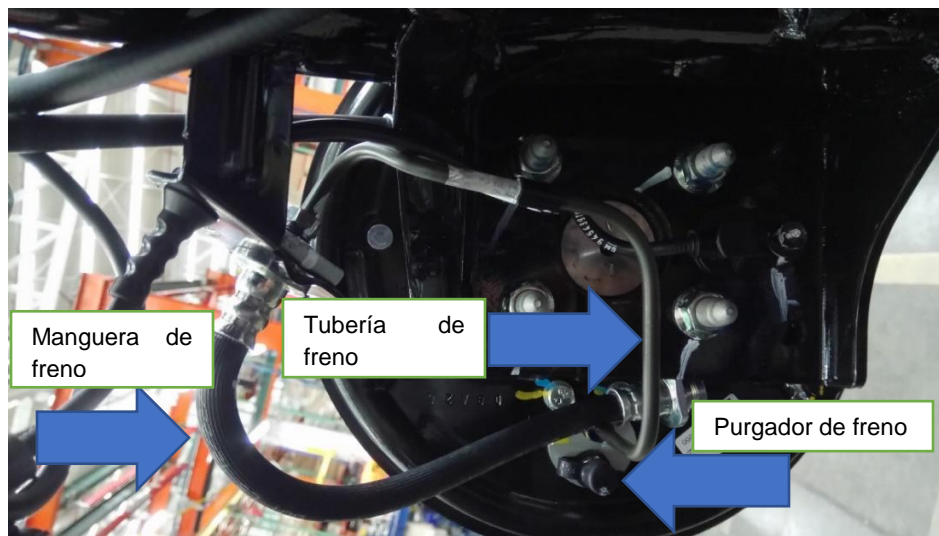


Fuente. Autor

6.2.3 Tubería, manguera y purgador de frenos:

El líquido de frenos entra por la manguera, pasa por la tubería (**Figura 11. Ductos del freno**) y entra en el cilindro ejerciendo presión abriendo las bandas. El purgador tiene a función de liberar el aire de los ductos para que solo se encuentre líquido, es ajustado en el banco de ensamble.

Figura 11. Ductos del freno



Fuente. Autor

6.2.4 Guaya de freno de mano:

La función de esta guaya (**Figura 12. Guaya de freno de mano**) es mantener la rueda bloqueada abriendo mecánicamente las bandas de frenado cuando se parquea, ya sea en una pendiente o un descenso evitando que el vehículo se mueva. En el banco de ensamble se verifica el montaje de la guaya halándola por medio de cilindros neumáticos según el modelo, si la guaya no está correctamente ensamblada o la dimensión es mayor que la de referencia el cilindro hace un mayor recorrido activando un sensor magnético indicando una falla en el halado, se debe proceder con una verificación y reiniciando previamente la prueba.

Figura 12. Guaya de freno de mano

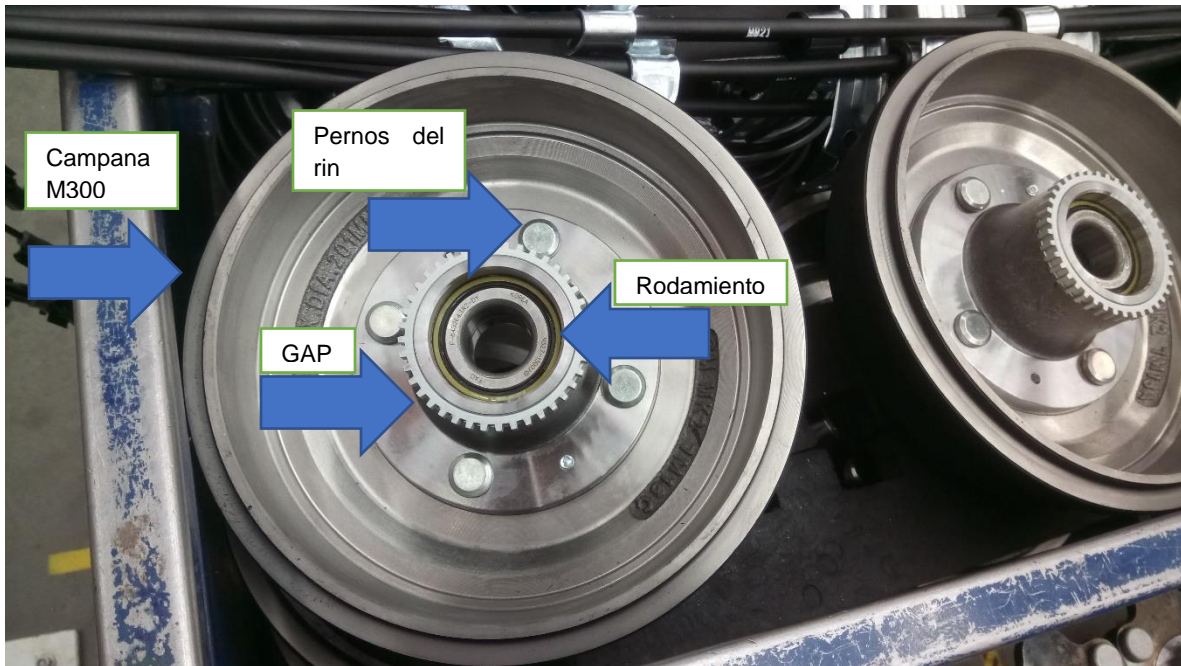


Fuente. Autor

6.2.5 Campana:

Es fijada en el banco de ensamble al puente trasero por medio de la punta eje con una tuerca, allí se aloja el rodamiento (**Figura 13. Campana de M300**) el cual posee cuatro pernos que sujetan el rin de la rueda a la campana. Además de estas partes, está el GAP el cual es una especie de piñón, y es el encargado por medio del sensor ABS de enviar pulsos a la válvula de control cada vez que se detecta un diente.

Figura 13. Campana de M300



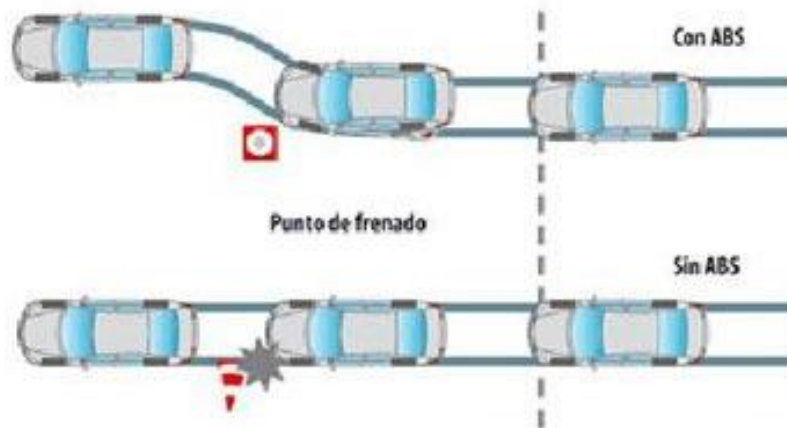
Fuente. Autor

6.2.6 Sensor ABS (Antilock Braking System):

El sistema frenos antibloqueo (ABS) es un sistema de frenado para evitar que las ruedas se bloqueen y patinen al frenar, con lo que el vehículo no solamente desacelera de manera óptima, sino que permanece estable y direccionable durante la frenada (se puede girar mientras se frena). Fue diseñado para ayudar al conductor a mantener cierta capacidad de dirección y evitar el arrastre durante el frenado. Con el sistema ABS se impide que alguna de las 4 ruedas patine, lo que permite dirigir el vehículo y seguir manteniendo el frenado.

En (**Figura 14. Comparación de frenado con y sin ABS**) se puede apreciar como con los frenos ABS se puede de cambiar de dirección el vehículo para no colisionar con el coche u obstáculo en frente, sin el sistema ABS se podría girar y colisionar.

Figura 14. Comparación de frenado con y sin ABS



Fuente. (Areatecnología, 2016)

En cada rueda se encuentra un sensor de revoluciones o régimen que está conectado con la unidad central de control electrónico del ABS; las revoluciones de las ruedas así medidas se comparan constantemente entre sí y con la velocidad real del vehículo. En el caso de que la velocidad de giro de alguna rueda disminuya más que proporcionalmente, la electrónica detecta el peligro de bloqueo y reduce inmediatamente la presión hidráulica del líquido de frenos sobre el circuito de freno correspondiente.

El ABS actúa automáticamente sin que el conductor tenga que reducir la presión sobre el pedal del freno. Los sensores de velocidad de las ruedas detectan el bloqueo y envían señales para modificar la presión de frenado por medio de la válvula (**Figura 15. Válvula de frenado**), variando rápidamente y adaptándose al requerimiento. Los sistemas ABS comúnmente usados en los vehículos modernos realizan la operación de disminuir y aumentar la presión de frenado unas 15 o 18 veces por segundo, aunque mantengamos pisado el pedal del freno a fondo.

Figura 15. Válvula de frenado

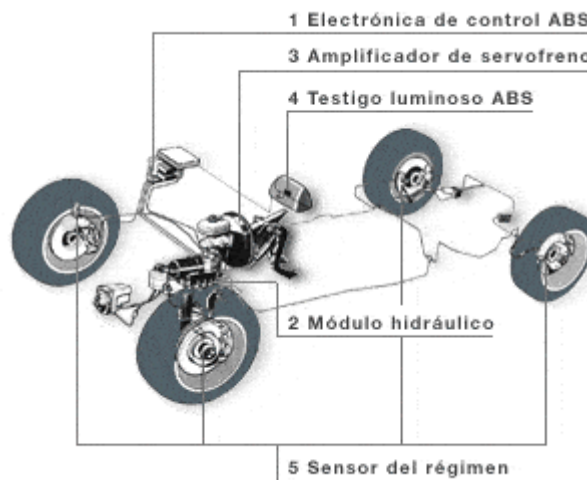


Fuente. (Areatecnología, 2016)

Sobre pavimento húmedo, el sistema permite que el agua drene por las estrías y no se forme la cuña de agua por no girar las ruedas provocando que el coche deslice sobre el agua (aquaplaning) sin ningún control sobre el mismo.

El sistema completo de antibloqueo es vigilado por el dispositivo de mando. En caso de una perturbación, el dispositivo desconecta el ABS y activa la lámpara de control del ABS (**Figura 16. Componentes del sistema ABS**) avisando en ese momento no está disponible el sistema ABS de frenado. La lámpara de seguridad del ABS se enciende cuando se conecta el encendido y se apaga nada más que el motor se pone en marcha.

Figura 16. Componentes del sistema ABS



Fuente. (Areatecnología, 2016)

- Ventajas de los sensores ABS:
 - El proceso instantáneo de regulación garantiza una manejabilidad plena del automóvil en todo momento, incluso en situaciones de frenado de emergencia.
 - El automóvil permanece siempre manejable, incluso al frenar a fondo.
 - El conductor (hasta el menos experto) conserva un dominio perfecto del automóvil al frenar.
 - El automóvil no derrapa al frenar a fondo en una curva.
 - El comportamiento del automóvil al frenar es independiente de las condiciones del suelo.
 - En conjunto, el ABS constituye una contribución importante a la seguridad activa del automóvil.

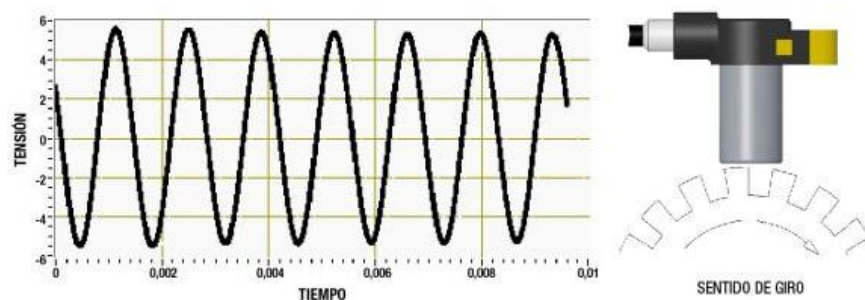
6.2.6.1 Clasificación del Sensor ABS:

Se pueden clasificar en dos grandes grupos:

1. Sensores ABS pasivos. Para ruedas dentadas (inductivos)

Los sensores ABS pasivos suelen ser más grandes y no empiezan a funcionar hasta que la rueda no alcanza una velocidad rotacional mínima determinada. Se componen de una bobina que rodea un núcleo magnético y un imán permanente. El flujo magnético que se produce entre los dientes y los valles de la rueda, inducen una tensión sinusoidal de salida (**Figura 17. Señal de referencia para un sensor ABS pasivo**) que es proporcional a la velocidad de las variaciones que detecta el sensor. La tensión varía en función de la velocidad de rotación y la distancia a la rueda dentada (Gap) tanto en frecuencia como en amplitud.

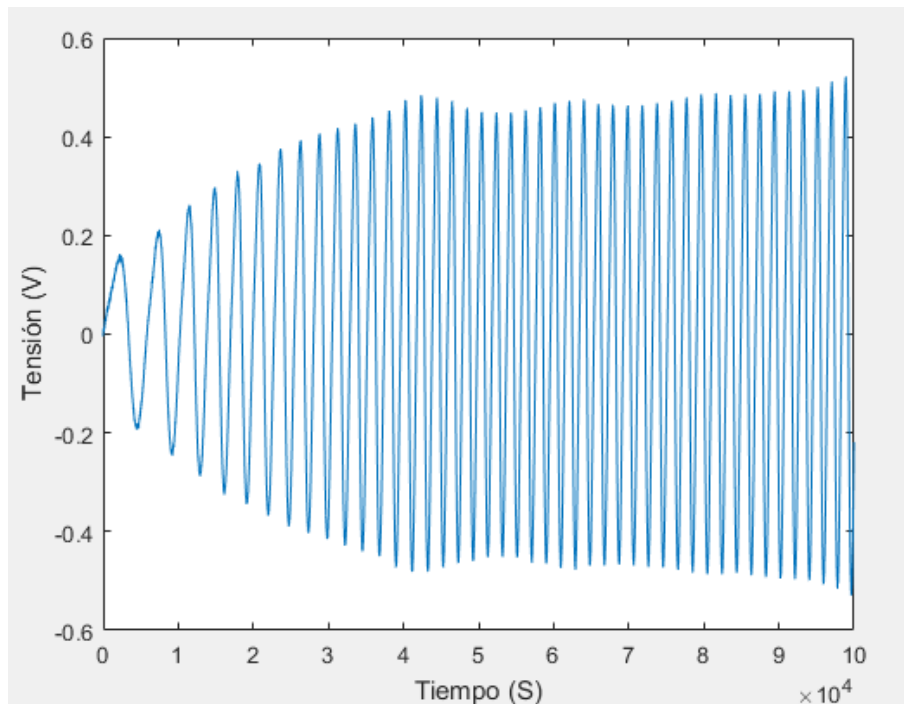
Figura 17. Señal de referencia para un sensor ABS pasivo



Fuente. (FAE, 2017)

En la asignatura sistemas y señales digitales de la maestría, se realizó el análisis de la señal tomada por un sensor ABS de M300 por medio de un osciloscopio (**Figura 18. Señal de salida de un sensor de M300**), los datos fueron llevados al software (Matlab®, 2017) dónde se toman 100.000 muestras en un segundo siendo las magnitudes características la tensión eléctrica en función del tiempo. Es interesante analizar la tendencia y ver que al inicio de la toma de datos como la rueda está venciendo la inercia a la cual está sometida normalmente, la amplitud de la onda es mayor y el voltaje producido a la salida es menor, la señal va buscando estabilidad a través del paso del tiempo. Todo esto se realizó con la finalidad de proponer un proyecto de grado el cual consistía en realizar un análisis de la onda sinusoidal y con base a esto diseñar un sistema de detección de fallos de sensores ABS comparando la onda de uno nuevo respecto a uno usado y a punto de fallar, no fue posible debido a la falta de conocimiento en esta área y a la complejidad que puede conllevar realizar un proyecto de esta magnitud, se propone como un trabajo futuro.

Figura 18. Señal de salida de un sensor de M300



Fuente. Autor

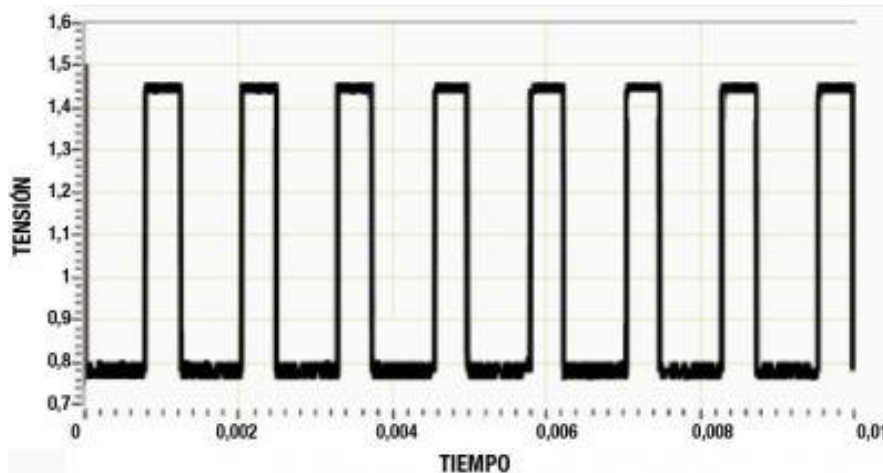
2. Sensores ABS activos. Para ruedas con codificador magnético/dentado

Los sensores ABS activos reciben este nombre porque precisan un aporte externo de energía para empezar a funcionar.

La respuesta que obtenemos del sensor es una señal cuadrada cuya frecuencia es

proporcional a la velocidad de giro de la rueda (**Figura 19. Señal obtenida de un sensor ABS activo**). La amplitud de la señal no depende de la velocidad y además debido a la tecnología de detección es posible la lectura de esta desde los 0 km/h.

Figura 19. Señal obtenida de un sensor ABS activo



Fuente. (FAE, 2017)

- ABS Hall

Estos sensores son más precisos que los anteriores y deben instalarse con mucha exactitud (**Figura 20. Detección de un ABS Hall**). Se compone de un sensor semiconductor acoplado a un circuito electrónico que protege el sensor de posibles picos de tensión y un imán permanente.

El principio de funcionamiento se basa en el llamado efecto Hall que consiste en la generación de un voltaje transversal (tensión Hall) al sentido de la corriente en un conductor, esto genera la acción de un campo magnético perpendicular.

Figura 20. Detección de un ABS Hall



Fuente. (FAE, 2017)

- ABS Hall con anillo codificador magnético

Comparte el principio de la rueda dentada, sin embargo, la variación del campo magnético se produce debido al cambio de polaridad de una rueda imantada por secciones (**Figura 21. ABS hall con anillo codificador magnético**). No lleva imán permanente por lo que se consigue reducir el tamaño del sensor.

Figura 21. ABS hall con anillo codificador magnético



Fuente. (FAE, 2017)

Para ver más información del ensamble de una suspensión remítase a los videos entregados como anexo.

6.3 Protocolo de comunicación Ethernet/IP industrial:

Está definido en las dos capas de protocolo del modelo OSI, usa topologías de árbol cada nodo es un Switch o HUB, la capa 3 de red está casi siempre el protocolo de internet IP adecuado para tiempo real, TCP puede ser usado para tráfico en tiempo no real, llevando la información por segmentos y luego reafirmandose.

Es necesario conocer la terminología que maneja el protocolo de comunicación.

| | |
|---------------|--|
| Acho de banda | La capacidad de transmisión de la red, expresada en bits por segundo. Ethernet tradicional cuenta con un ancho de banda de 10 Mbit. Fast Ethernet cuenta con 100 Mbit. |
| Boot | <p>BootP (Bootstrap Protocol) es un protocolo de bajo nivel que proporciona configuraciones a otros nodos en una red TCP/IP. Los archivos de configuración BootP permite asignar automáticamente direcciones IP a un módulo Ethernet (también es posible obtener máscaras de subred y direcciones de gateway desde BootP).</p> <p>La opción predeterminada Ethernet de la fábrica es BootP habilitado. Al momento del encendido, el módulo envía un mensaje que contiene la dirección de hardware al servidor BootP en la red.</p> |

| | |
|--------------|--|
| | <p>El servidor es una computadora con software del servidor BootP instalado. El servidor compara la dirección del hardware con las de los datos históricos del archivo de configuración y devuelve un mensaje al módulo con la dirección IP apropiada.</p> |
| Puente | <p>Un nodo de interred entre dos subredes de comunicación similares donde hay mínima traducción de protocolo.</p> |
| CIP | <p>Protocolo de control e información, el nivel de aplicación de Ethernet/IP. CIP usa el modelo de conexión en red "productor/consumidor". En este modelo, un productor difunde una vez (realiza una difusión múltiple) los datos a todos los consumidores. Todos los consumidores ven los datos simultáneamente y pueden consumir (recibir) los datos o no consumirlos. El tiempo de transmisión es uniforme, independientemente de la cantidad de consumidores.</p> |
| Consumidor | <p>Un dispositivo de destino en el modelo de conexión en red CIP. Vea CIP.</p> |
| CSMA/CD | <p>Acceso múltiple de detección de portador/detección de colisión. El método de acceso usado en Ethernet. Cuando un dispositivo desea obtener acceso a la red, examina la red para determinar si está inactiva (detecta el portador). Si la red está activa, el dispositivo espera un plazo aleatorio de tiempo antes de un reintento. Si la red está inactiva y dos dispositivos obtienen acceso a la línea simultáneamente, las señales tienen una colisión. Cuando se detecta la colisión, los dispositivos retiran y cada uno espera un plazo aleatorio de tiempo antes de un reintento.</p> |
| Determinismo | <p>La capacidad de pronosticar cuándo se entregará información. Importante en las aplicaciones que tienen tiempo más crítico.</p> |
| DHCP | <p>El protocolo de configuración de computadora principal dinámica (DHCP) es un protocolo de Internet, similar a BootP, para la automatización de la configuración de computadoras que usan TCP/IP. El DHCP se puede usar para asignar automáticamente direcciones IP, transmitir parámetros de configuración de pila TCP/IP, tales como la máscara de subred y el encaminador predeterminado, y proporcionar información adicional acerca de la configuración, tales como direcciones de la impresora, servidores de tiempo y noticias.</p> |

| | |
|--|--|
| DNS | El sistema de nombre de dominio (DNS) es un método jerárquico distribuido de organizar el espacio de nombre de la Internet. El DNS agrupa administrativamente las computadoras principales en una jerarquía de superioridad que permite la distribución y mantenimiento amplios del direccionamiento e información adicional. Una gran ventaja del DNS es que elimina la dependencia en un archivo mantenido centralmente que asigna nombres de la computadora principal a las direcciones. |
| Ethernet | Una norma de nivel físico que usa el acceso múltiple de detección del portador con los métodos de detección de colisión (CSMA/CD). |
| Red Ethernet | Una red de área local diseñada para el intercambio de alta velocidad de información entre computadora y dispositivos asociados. |
| Ethernet/IP | Protocolo industrial Ethernet. Ethernet/IP aplica un nivel de aplicación común (CIP) a Ethernet agrupando los mensajes en TCP/UD/IP. |
| Mensajes explícitos | Mensajes que no tienen tiempo crítico usados para la configuración de dispositivos y la recolección de datos, tales como la descarga de programas o la transmisión de mensajes entre dos PLC similares. |
| Ethernet rápida | Ethernet que funciona a 100 Mbps/segundo. |
| Full-duplex | Un modo de comunicación que permite a un dispositivo enviar y recibir información simultáneamente, lo cual dobla el ancho de banda. |
| Nombre de dominio completamente calificado | Un nombre de dominio completamente calificado (FQDN) es un nombre de dominio que incluye todos los dominios de nivel superior relacionados con la entidad nombrada. Si usted considera el DNS como una estructura de árbol en que cada nodo tiene su propia etiqueta, un nombre de dominio completamente calificado para un nodo específico sería la etiqueta seguida por las etiquetas de todos los demás nodos entre la etiqueta y la raíz del árbol. Por ejemplo, para una computadora principal, un FQDN incluiría una cadena que identifica la computadora principal determinada, además de todos los dominios de los cuales es parte la computadora principal hasta e inclusive el dominio de nivel superior (el dominio de raíz siempre es nulo). Por ejemplo, PARIS.NISC.SRI.COM es un nombre de dominio completamente calificado para la computadora principal a 192.33.33.109. |
| Gateway | Un módulo o conjunto de módulos que permiten las comunicaciones entre nodos en redes diferentes. |

| | |
|------------------------------------|--|
| Nombre de la computadora principal | El nombre de la computadora principal es el nombre único para una computadora dentro del dominio. Siempre es el primer elemento de un nombre completo y, con el dominio y sufijo de dominio de nivel superior, crea el nombre único de dicha computadora en la Internet. Por ejemplo, supongamos que el sitio web foobar es www.foobar.com. El nombre de la computadora principal es "www", lo cual no es único en el web, pero sí es único dentro del dominio foobar. |
| | El nombre de la computadora principal también puede hacer referencia al nombre de dominio completamente calificado, www.foobar.com en este ejemplo. Ambos métodos de asignación de nombres se usan a veces simultáneamente en diversos documentos. Para el propósito de este documento, el nombre de la computadora principal hará referencia al FQDN, es decir, www.foobar.com en este ejemplo. |
| Dispositivo de distribución | Un dispositivo central de conexión que conecta los dispositivos en una configuración de estrella. Los dispositivos de distribución generalmente no son útiles para los sistemas de control de E/S puesto que son aplicaciones que tienen tiempo más crítico y no pueden tolerar paquetes perdidos. |
| Mensajes implícitos | Transmisión de mensajes en tiempo real de datos de E/S. |
| IP | Protocolo de Internet que proporciona el mecanismo de encaminamiento para los mensajes. Todos los mensajes contienen no solamente la dirección de la estación de destino, sino también la dirección de una red de destino, lo cual permite que los mensajes se envíen en múltiples redes dentro de una organización o a otras partes del mundo. |
| Dirección IP | Número de identificación de 32 bits para cada nodo en una red de protocolo de Internet. Estas direcciones se representan como cuatro conjuntos de números de 8 bits (números desde 0 hasta 255) con puntos entre sí. Cada nodo en la red debe contar con una dirección IP única. |
| Tiempo espera | de El tiempo entre el inicio de una solicitud de datos y el comienzo de la transferencia de datos. |
| Dirección de módulo | de Un número de seis bits usado para identificar de manera única los módulos en el backplane local y extendido ControlLogix. |
| Difusión múltiple | En el modelo productor/consumidor CIP, un productor realiza una difusión múltiple (difunde) los datos una sola vez a todos los consumidores |
| Productor | La fuente de información en el modelo de conexión en red CIP. Vea CIP. |

| | |
|---------------------------|---|
| Rack | Una recolección física y lógica de módulos de aplicación que comparten una fuente de alimentación eléctrica y backplane comunes para la comunicación entre módulos. |
| Configuración de estrella | Una configuración de red en que los dispositivos se conecta a un dispositivo de distribución o interruptor central. |
| Máscara de subred | Una extensión de la dirección IP que permite que un sitio use una sola identidad de red para múltiples redes. |
| Interruptor | Un dispositivo de red que conecta (traslapa) dispositivos o segmentos de red. Un interruptor proporciona a cada transmisor/recipiente todo el ancho de banda de red (2x en el modo full-duplex), reduce las colisiones y aumenta el determinismo. |
| TCP | Protocolo de control de transporte. Un protocolo de transporte más confiable pero menos rápido que UDP. Se usa para los mensajes explícitos (que no tienen tiempo más crítico) en Ethernet/IP. |
| TCP/IP | Protocolo de control de transmisión/protocolo de Internet (TCP/IP). Un protocolo de nivel de transporte (TCP) y un protocolo de nivel de red (IP) generalmente usados para la comunicación dentro de redes y a través de interredes. |
| Transacción | Un intercambio de solicitud y datos y respuesta y datos. |
| UDP | Protocolo de datagrama del usuario. Protocolo de transporte que proporciona la capacidad muy sencilla y muy rápida de enviar datagramas entre dos dispositivos. Se usa para los mensajes de E/S (implícitos) en Ethernet/IP. |

6.4 Estado del arte.

El estudio de la física de los sensores es muy amplio, en la actualidad se acondicionan señales, se procesan datos, se convierten valores de medición de detección, entre otros acondicionamientos y manejos, a continuación, se mostrará parte del gran desarrollo enfocado a este tipo de detectores.

1. Análisis comparativo de los métodos de cálculo de polos Ángulo en desplazamiento en las ruedas de polos magnéticos utilizando ABS sensor. [18]

Las ruedas de polos magnéticas, que se usan típicamente en vehículos para medir la velocidad, tienen intolerancia de fabricación dando como resultado una longitud de polo variable en cada rueda. Por otra parte, debido a la exposición de partículas

como polvo, las características magnéticas de cada polo cambian durante un período de tiempo de trabajo. El objetivo del artículo es medir con precisión los ángulos de los polos analizando la señal del sensor ABS, se describe dos métodos para lograr un ángulo de polo óptimo o un cálculo de desplazamiento mediante la determinación de la media sincrónica aplicando el filtro de Kalman, acompañado de una nueva técnica de salto de polos para compensar las variaciones de velocidad. Los ángulos de polo calculados pueden usarse para calcular la señal de velocidad con mayor precisión.

2. Sistema inteligente de frenado antideslizante Sensorless para vehículos eléctricos sin corona en la rueda. [17]

Los motores sin escobillas se utilizan cada vez más indiferentes diseños de vehículos eléctricos en la rueda (EVs). En este documento se propone un sistema de frenado antibloqueo sin sensor (ABS) para EVs de rueda de motor sin escobillas. La solución propuesta omite la necesidad de instalar sensores ABS convencionales separados en cada esquina del vehículo. También, se muestra teórica y experimentalmente, que la forma general de una tensión de salida de sensor ABS convencional es idéntica a una fuerza electromotriz trasera de motor sin escobillas (BLDC). El sistema sensorless propuesto puede reducir los costes de fabricación y mantenimiento del vehículo y mejora perceptiblemente el funcionamiento del ABS por estimación exacta de la velocidad de la rueda y la identificación de la carretera usando métodos de proceso de la señal de la onda de onda. El sistema sensorless fue ampliamente probado usando el hardware ABS real. Estos experimentos mostraron que la precisión de la estimación de la velocidad de la rueda sin sensor propuesta para la propulsión de BLDC era mayor que la de los sensores ABS comerciales. Los resultados mostraron que el ABS escobillas sin sensor obtuvo mayor precisión, robustez y fiabilidad en comparación con el ABS sin sensor para motor de DC de escobillas.

3. ABS inteligente sin sensor para vehículos eléctricos. [19]

En este trabajo se propone un sistema antibloqueo de frenos sin sensor (ABS) que elimina la necesidad de instalar sensores ABS convencionales separados y ahorra los costos asociados con la instalación y mantenimiento de estos sensores para EVs en la rueda. El ABS propuesto explota la información transportada por la fuerza electromotriz trasera (EMF) de las máquinas eléctricas del vehículo en la rueda para obtener una estimación precisa de la velocidad en cada rueda y conducir la identificación de la carretera simultáneamente. Se utiliza un método de reducción de desviación de paquete de onda para mantener la precisión de la estimación de velocidad de rueda en presencia de ruido. Además de la estimación de la velocidad de la rueda sin sensor, el ABS propuesto es capaz de identificar las carreteras

mediante el análisis de la señal EMF trasera utilizando transformadas discretas de onda. El diseño fue realizado y probado completamente usando hardware real del ABS. Los resultados de la técnica sin sensor se compararon con un sensor de ABS comercial. Los resultados experimentales demostraron que el ABS sensorless puede substituir adecuadamente el sensor convencional del ABS en EVs de la rueda y mejorar perceptiblemente el funcionamiento del ABS.

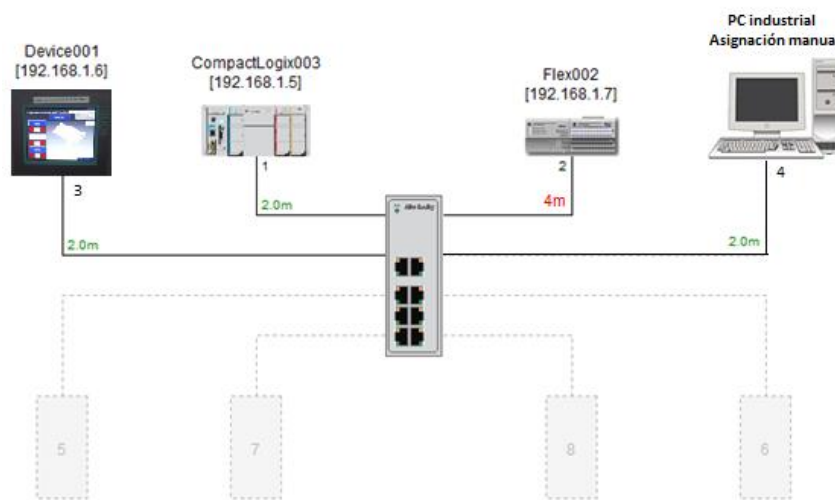
7 INSTRUMENTACIÓN PROPUESTA

Se pensó en una solución de comunicación por medio de un Switch Ethernet Stratix 2000 conectado a un PLC Compact Logix L32E de la marca (Allen Bradley) disponible en el almacén de la compañía. El controlador debe ser programado con el software (RS Logix 5000®) V19.01 con lenguaje Ladder, estaría ligado a una HMI (Siemens) MP277_10Touch programada en (Wincc Flexible®), a su vez un módulo Flex I/O será el encargado de interactuar con las señales discretas y analógicas del proceso comunicándolas al PLC (**Figura 22. Arquitectura de red**). El ancho de banda de todos los elementos conectados al Stratix 2000 es el mismo y es de 100 MB/s. Se establecen las direcciones IP fijas ya que si se asignan dinámicamente puede existir la posibilidad de una pérdida y difícil restablecimiento.

7.1 Arquitectura de red y tiempos de latencia

Es necesario establecer las distancias y las categorías del cableado para garantizar que todas las señales sean ejecutadas en tiempo real y sin retardo, para ello se tiene en cuenta los componentes a ser conectados al Switch no administrable Stratix 2000 Allen Bradley. Se conecta la HMI Siemens 277 con un cable UTP categoría 5e de 2m, se conecta el PLC con un cable UTP categoría 5e de 2m, y un módulo Flex I/O con un cable UTP categoría 5e de 4m, por último, un computador al cual se le asigna la IP dentro de la misma clase manualmente.

Figura 22. Arquitectura de red



Fuente. Autor

Se realizó por medio de CMD ping a las direcciones del PLC y adaptador de red Flex I/O para conocer el tiempo de latencia y si el proceso es ejecutado en tiempo real.

Figura 23. Latencia de red

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Wireless LAN adapter Wireless Network Connection 3:
    Media State . . . . . : Media disconnected
    Connection-specific DNS Suffix . . . . . :
Ethernet adapter Local Area Connection:
    Connection-specific DNS Suffix . . . . . :
    Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::2d1a:fd00:bfb8:a076x11
    IPv4 Address. . . . . : 192.168.1.230
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
    IPv4 Address. . . . . : 169.254.113.16
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.0.0
    Default Gateway . . . . . :
Wireless LAN adapter Wireless Network Connection:
    Media State . . . . . : Media disconnected
    Connection-specific DNS Suffix . . . . . : cnt.lan.gm.com
Tunnel adapter isatap.<F05C1539-CF17-46A0-AD26-F4CDB0085759>:
    Media State . . . . . : Media disconnected
    Connection-specific DNS Suffix . . . . . :
Tunnel adapter isatap.<BCDEE0DC-CB1E-46C7-8218-B1EFF3FD57FD>:
    Media State . . . . . : Media disconnected
    Connection-specific DNS Suffix . . . . . :
Tunnel adapter isatap.cnt.lan.gm.com:
    Media State . . . . . : Media disconnected
    Connection-specific DNS Suffix . . . . . :
Tunnel adapter Teredo Tunneling Pseudo-Interface:
    Media State . . . . . : Media disconnected
    Connection-specific DNS Suffix . . . . . :
C:\Users\NZ5HBL>ping 192.168.1.5
Pinging 192.168.1.5 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.1.5: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.1.5: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.1.5: bytes=32 time=1ms TTL=64
Reply from 192.168.1.5: bytes=32 time<1ms TTL=64
Ping statistics for 192.168.1.5:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 1ms, Average = 0ms
C:\Users\NZ5HBL>ping 192.168.1.7
Pinging 192.168.1.7 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.1.7: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.1.7: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.1.7: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.1.7: bytes=32 time<1ms TTL=64
Ping statistics for 192.168.1.7:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms
C:\Users\NZ5HBL>
```

Fuente. Autor

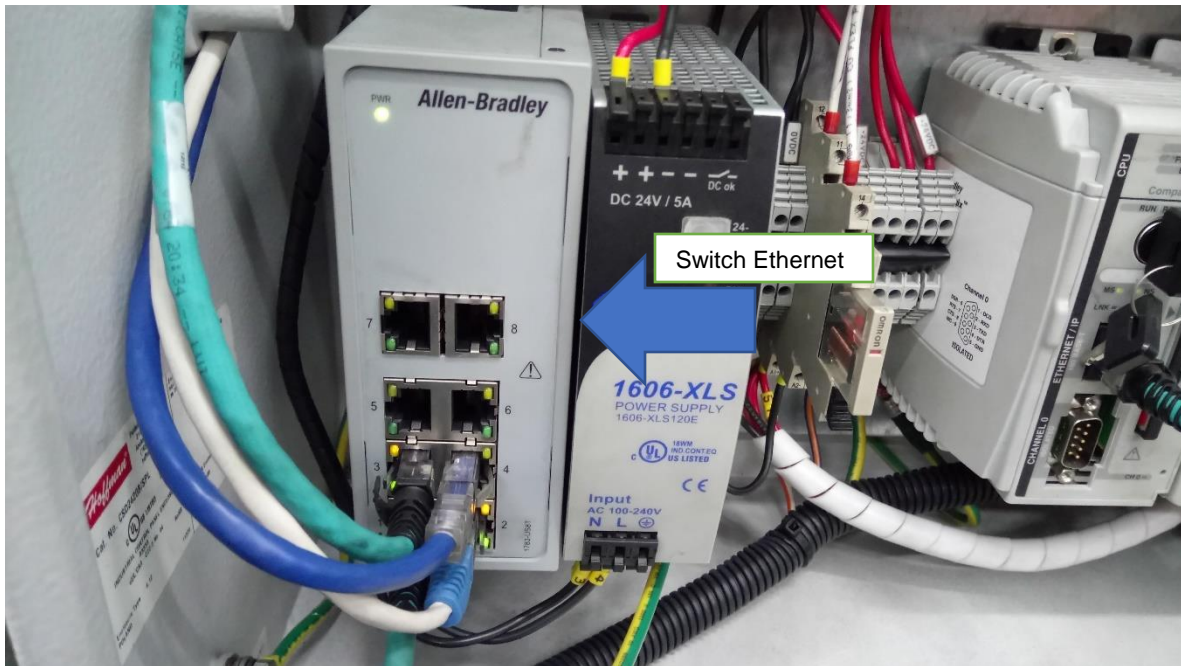
Se observa en (Figura 23. Latencia de red), que realizando el ping en la dirección 192.168.1.5 correspondiente al PLC el tiempo de envío y recepción del paquete de datos es de 1mS. Cuando se realiza en la dirección 192.168.1.7 correspondiente al Adaptador de red Flex I/O, el tiempo de envío de paquete de datos es de 0ms, luego el proceso es ejecutado en tiempo real establecido en 1s.

7.2 Switches Ethernet no administrados Stratix 2000

Se elige la opción del Switch de comunicación Stratix 2000 (**Figura 24. Switch Stratix 2000**) basado en el protocolo Ethernet/IP industrial para el enlace de los componentes ya que es una solución completa y de bajo costo y con las siguientes características:

- Velocidades de puertos de 100 MB y 1 Gb para satisfacer los requisitos de rendimiento de la red.
- Mayor rango de temperaturas de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ en determinadas versiones para satisfacer una amplia gama de aplicaciones.
- Diseño compacto para maximizar el espacio en el gabinete.
- Funcionamiento “Plug-and-Play” para facilitar la instalación y la integración.
- Protección frente a tormentas de difusión contra el tráfico de red no deseado.
- Carcasa metálica reforzada y clasificación IP30 para aplicaciones industriales.
- Dos entradas de alimentación para contribuir a maximizar el tiempo productivo en ambientes difíciles.

Figura 24. Switch Stratix 2000

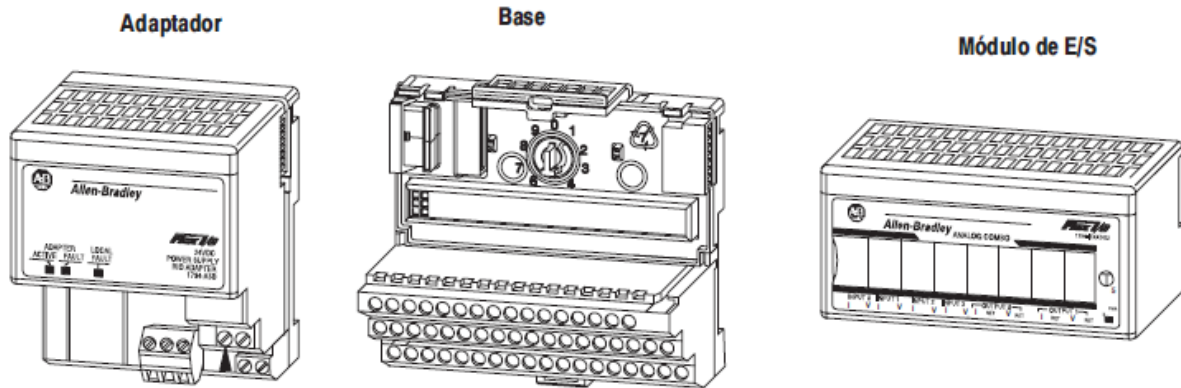


Fuente. Autor

7.3 Flex I/O

La solución de Flex I/O es muy conveniente para este proyecto debido a que es un rack remoto sin necesidad de emplear cableado hacia el PLC dónde se encuentre. Es un sistema eficiente frente al problema de una regata (ducto) limitada, por dónde sería complejo pasar todo el cableado de las señales teniendo en cuenta que son muchas variables de entradas y salidas. El grupo Flex está compuesto por (**Figura 25. Grupo Flex**):

Figura 25. Grupo Flex

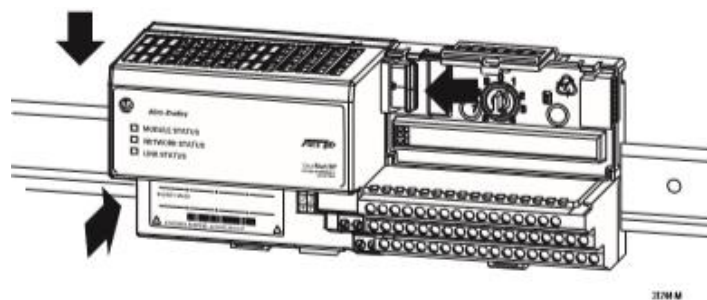


Fuente. [Flex I/O,1996](#)

7.3.1 Adaptador de red/fuente de alimentación.

Activa la lógica interna para un máximo de ocho módulos de E/S. La función del adaptador es la de procesar el enlace de las señales y la comunicación por medio del protocolo Ethernet/IP, para este proyecto se usó el 1794-AENT y se configuró el Dip-Switch para asignar la IP del equipo por medio de BOOT DHCP. Se debe instalar al igual que los demás componentes en un riel Channel (**Figura 26. Adaptador de red**) el cual debe estar conectado a la tierra de protección del sistema para así mismo aterrizar los elementos.

Figura 26. Adaptador de red



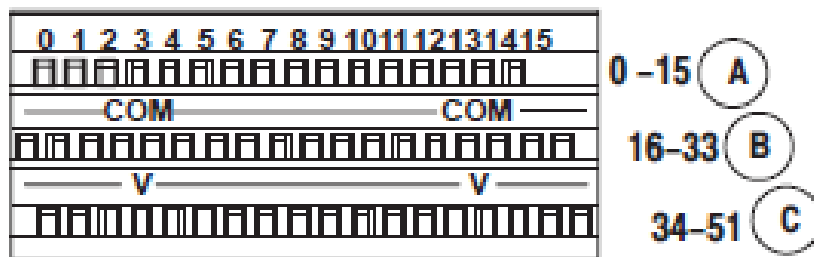
Fuente. [Flex I/O,1996](#)

Se usó la base TBN recomendada por el manual general de instalación [FLEX IO español](#), para todos los módulos en general de 16 E/S.

7.3.2 Base:

Contiene una regleta de bornes para terminar el cableado de dispositivos de dos o tres cables (**Figura 27. Bornes de conexión de la base**). La base posee un Dip-Switch con nueve números y según el módulo que se vaya a instalar (entradas o salidas discretas, analógicas), debe ser seleccionado. Por otra parte, las conexiones eléctricas se realizan siguiendo el manual de instalación [FLEX IO español](#), el cual recomienda la norma de colores negro para -VDC y rojo para +VDC, las señales producto de la instrumentación que resulten ser +VDC son de color rojo para mantener la regla a menos que el dispositivo tenga su propio cableado.

Figura 27. Bornes de conexión de la base



Fuente. [Flex I/O,1996](#)

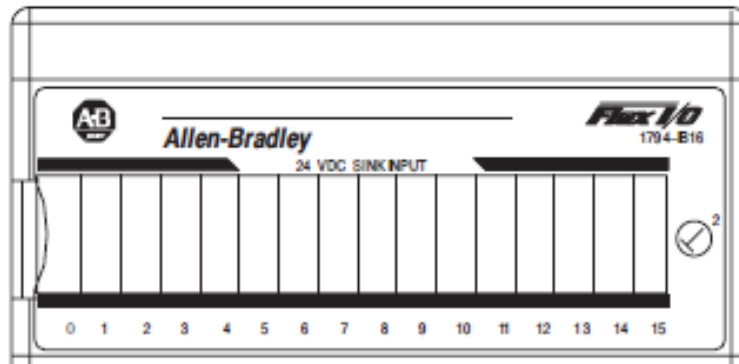
7.3.3 Módulos E/S:

Contiene la interface de bus y los circuitos necesarios para realizar funciones específicas relacionadas a su aplicación.

7.3.3.1 Módulo de entradas discretas 1794-IB16:

Es un módulo de 16 entradas a 24 VDC (**Figura 28. Módulo de entradas discretas**), este dispositivo funciona como drenador de voltaje, al conectar un instrumento debe de ser del tipo PNP para que su señal de salida +24 VDC sea leída por el módulo.

Figura 28. Módulo de entradas discretas

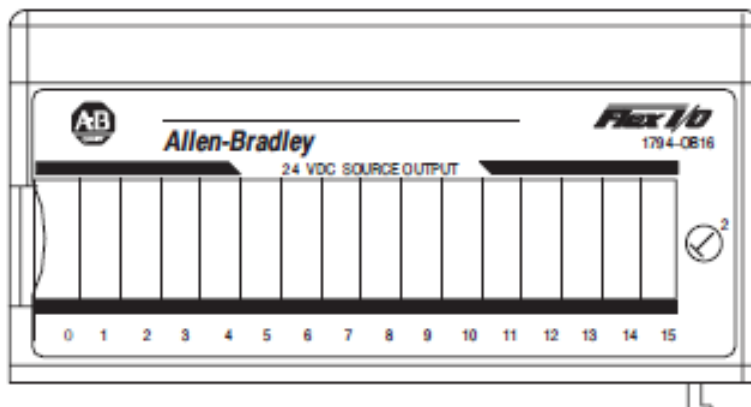


Fuente. [Flex I/O,1996](#)

7.3.3.2 Módulo de salidas discretas 1794-OB16:

Es un módulo de 16 salidas a 24 VDC (**Figura 29. Módulo de salidas discretas**), este dispositivo funciona como surtidor de voltaje, al conectar un instrumento entrega la señal de +24 VDC para la activación.

Figura 29. Módulo de salidas discretas

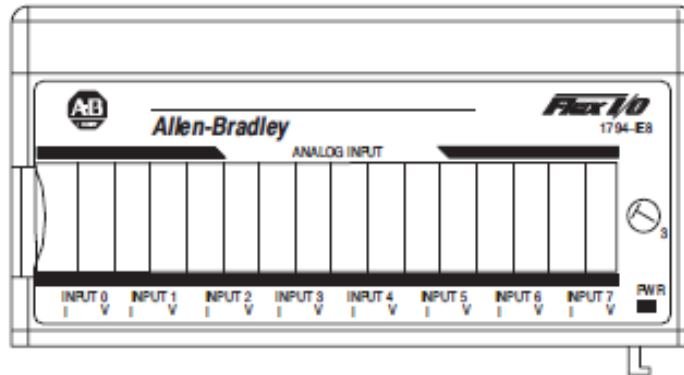


Fuente. [Flex I/O,1996](#)

7.3.3.3 Módulo de entradas analógicas 1794-IE8/B:

Es un módulo (**Figura 30. Módulo de entradas analógicas**) de 8 entradas analógicas configurables a lectura de corriente de 0ma a 24mA, -5V a 5 VDC, 0 VDC a 10 VDC.

Figura 30. Módulo de entradas analógicas



Fuente. [Flex I/O.1996](#)

7.4 Cálculo de la corriente de instrumentación (Flex I/O):

Se realizó el cálculo teórico de la corriente de la instrumentación (**Tabla 1. Cálculo de corriente en instrumentos de control**) para tener un estimado de la fuente de alimentación a usar, y la capacidad de corriente en cadena que va a pasar por el Flex I/O. Tomando en cuenta las recomendaciones del manual [FLEX IO español](#) de instalación, la corriente total que pasa por los módulos no debe exceder los 10 Amperios. Se toman los datasheet de cada uno de los instrumentos y se procede a realizar el cálculo.

Tabla 1. Cálculo de corriente en instrumentos de control

| Componente | cantidad | Intensidad por componente (mA) | Intensidad sumada (mA) |
|--|----------|--------------------------------|------------------------|
| Sensor inductivo pepperl fuchs NRB2-12GM40-E2-C-V1 | 14 | 200 | 2800 |
| Sensor magnético SMC D-M9PSAPC | 5 | 40 | 200 |
| Switch de presión digital SMC | 1 | 40 | 40 |
| Bloque manifold de válvulas SMC | 6 | 0,075 | 450 |
| Módulos Flex I/O | 7 | 60 | 420 |
| Total | | | 3910 |

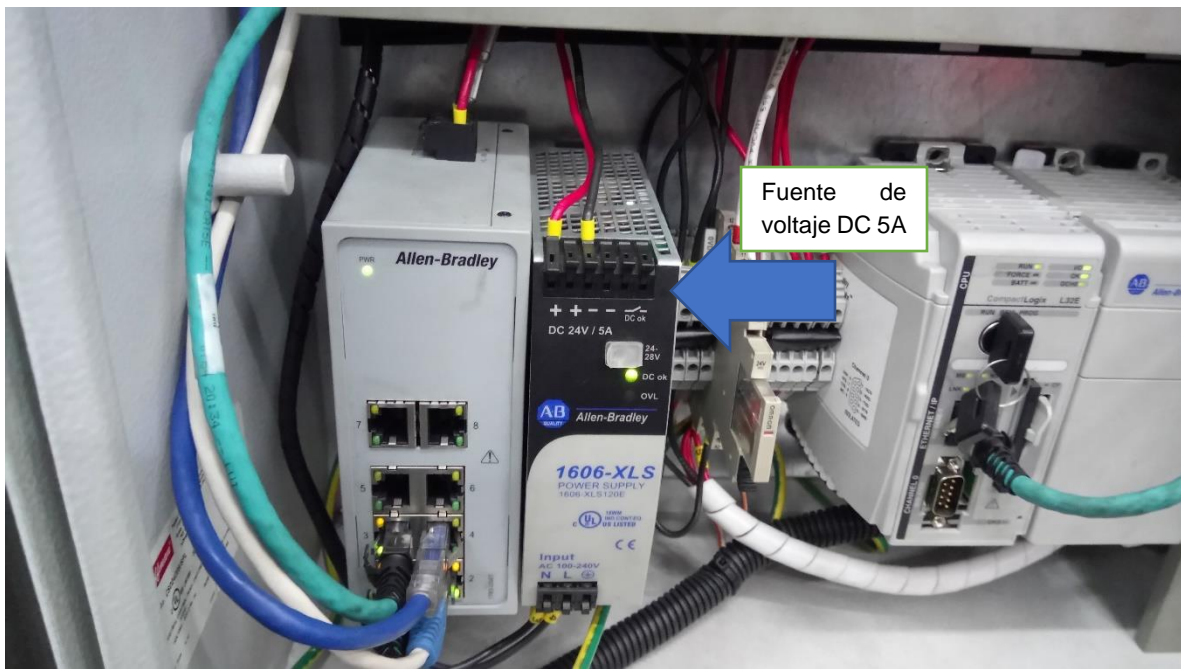
Fuente. Autor

Se debe tener en cuenta que los instrumentos no van a estar activos al tiempo, pero por seguridad se toma la corriente total que es de 4 amperios aproximadamente y se multiplica por un factor de seguridad (1) de 0.25 para evitar sobrecargas en el sistema.

$$4A * 1.25 = 5A \quad (1)$$

La fuente de alimentación Allen Bradley 1606XLS120E de 5 Amperios (**Figura 31. Fuente VDC 5A**) es la más adecuada y se encuentra disponible en el almacén.

Figura 31. Fuente VDC 5A



Fuente. Autor

7.5 Diseño de circuito para el sistema de prueba y error de sensores ABS

Es necesario realizar una prueba la cual indique el estado de los sensores ABS (Antilock Braking System) para cada modelo ensamblado de suspensión, conociendo su funcionamiento y así evitar retrabajos cuando los mismos están dañados. Según la resolución 3752 de 2015 del (Ministerio de Transporte) se busca para todos los automóviles nuevos, tener las normas de seguridad necesarias para proteger la vida, siendo este componente fundamental a la hora de realizar el frenado convirtiéndose en obligatorio.

Se diseñó un circuito eléctrico utilizando el principio de la ley de ohm (2) y el divisor de resistencias utilizando la resistencia interna de los sensores ABS de 380 MΩ, al

colocarla en paralelo con otra de menor valor se aproxima a la menor el valor resultante, por ésta razón se toma el criterio de fijar un valor de corriente de 12 mA como corriente de diseño por esta resistencia pasaran 24 VDC tomados del módulo Flex I/O energizado por una fuente independiente, ya que el manual del módulo [1794-FLEX IO ANALOGO](#) de lectura analógica sugiere independencia para evitar ruidos en el sistema.

$$R = \frac{V}{I} \quad \text{Ley de Ohm} \quad (2)$$

Siendo:

V: Voltaje DC de alimentación del circuito eléctrico.

I: Corriente de diseño del circuito eléctrico.

R: Resistencia del circuito eléctrico.

$$R = \frac{24 \text{ VDC}}{12 \text{ mA}} \quad \text{Reemplazando términos en (2)} \quad (3)$$

$$R = 2000 \Omega \quad (4)$$

La ecuación para calcular el total de resistores “n” en paralelo (5) es:

$$Req = \frac{1}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2}} \quad \text{Divisor de resistencias} \quad (5)$$

Siendo:

Req: Resistencia equivalente del circuito eléctrico.

R1: Resistencia de diseño.

R2: Resistencia del sensor ABS.

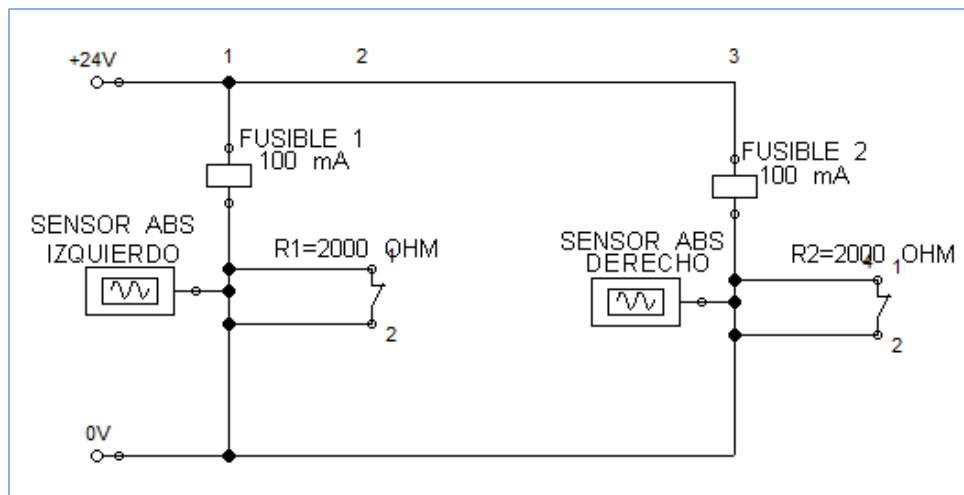
$$Req = \frac{1}{\frac{1}{2000 \Omega} + \frac{1}{380'000.000 \Omega}} \quad \text{Reemplazando términos en (5)} \quad (6)$$

$$Req = 1999.9894737396118 \approx 2000 \Omega$$

(7)

El valor de la resistencia en el circuito debe ser de **2000 Ω (7)**, en la programación del PLC se establecen unos límites de aprobación determinando que los sensores con ese valor de corriente están en pleno funcionamiento ver [anexo \(1.4.6 Subrutina SGM308\)](#). La señal del sensor ABS se monitorea en el módulo Flex I/O 1794-IE8/B en las entradas de corriente 0 y 1, se instala un fusible (**Figura 32. Circuito eléctrico de prueba para sensores ABS**) para proteger la entrada de en caso de corto circuito.

Figura 32. Circuito eléctrico de prueba para sensores ABS



Fuente. Autor

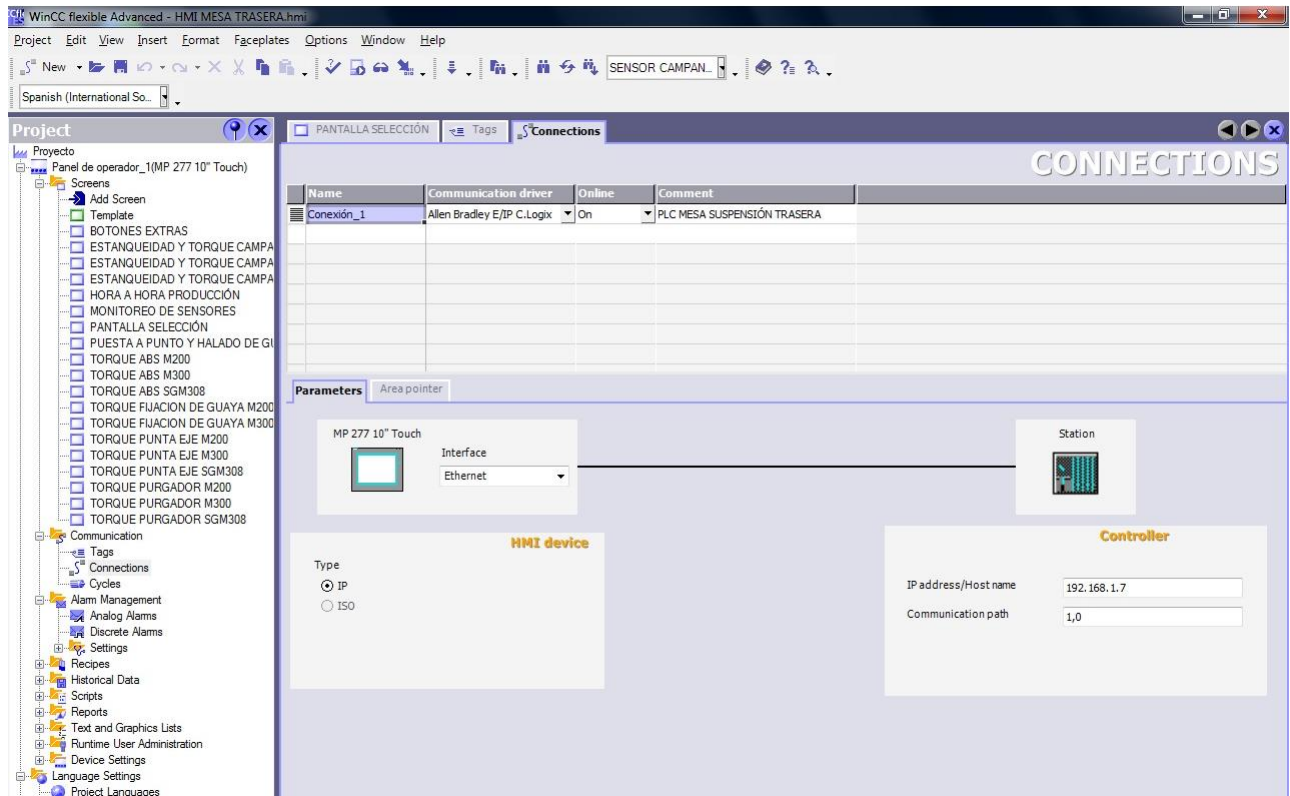
7.6 Diseño de HMI

Para la programación de la HMI, se utilizó un panel view de la marca (Siemens) referencia MP277_10Touch programada en (Wincc Flexible®).

Inicialmente se realiza el enlace del panel al Switch Ethernet Stratix 2000 Allen Bradley dónde se centralizan todas las conexiones (**Figura 33. Asignaciones de IP HMI**) se define una dirección IP fija. Se debe crear un nuevo proyecto por medio del software (Wincc Flexible®) dónde se asigna el tipo de panel a usar.

En la ventana de proyecto se selecciona la opción de conexiones, se crea una nueva indicando que el PLC que se va a vincular es de la marca Allen Bradley y es de la familia de los Compact Logix.

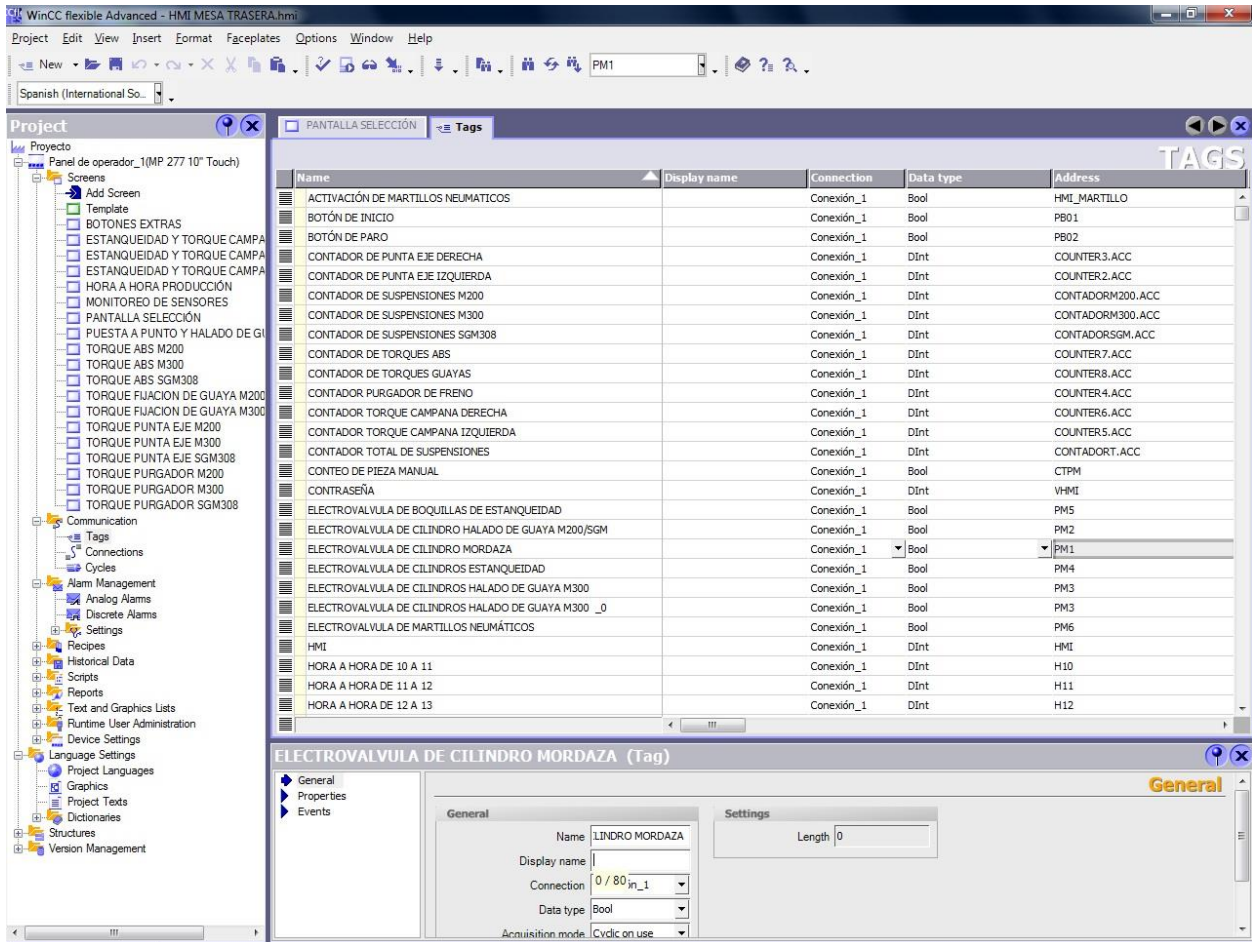
Figura 33. Asignaciones de IP HMI



Fuente. Autor

Con base en lo anterior, se crean los tags (etiquetas de programación) con los que va a interactuar el panel de operador. Existe una regla importante para este caso, y consiste en asignar exactamente el mismo nombre con el cual fue creado el tag en el programa de lógica en (RS Logix 5000®). En la ventana de proyecto, en comunicaciones, se seleccionan los tags y se comienzan a enlistar los necesarios (**Figura 34. Asignación de tags para HMI**) dando las propiedades de esa etiqueta si es perteneciente a un booleano (bool), entero (INT), doble entero (DINT) o una variable analógica (Real).

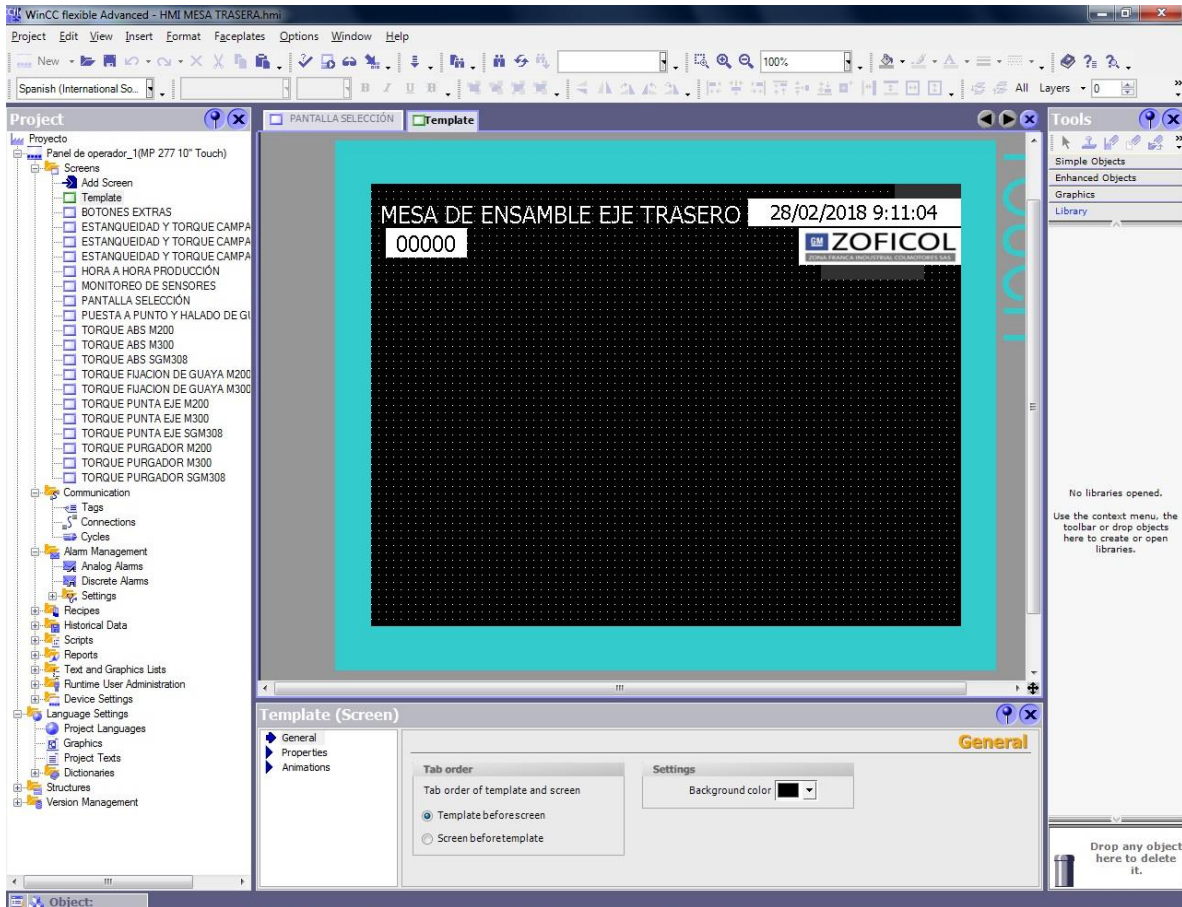
Figura 34. Asignación de tags para HMI



Fuente. Autor

Teniendo ya la lista de tags a usar agregada, se procede a crear las pantallas que aparecerán durante el proceso de ensamble, teniendo en cuenta que es una secuencia, se asignan pasos según el modelo. El panel va a cambiar automáticamente según las acciones de los operarios al pulsar los botones de inicio o el levantar una copa del selector para un apriete determinado. Se crea una plantilla base que aparecerá en todas las pantallas (**Figura 35. Plantilla base**), esta es llamada por el software Template.

Figura 35. Plantilla base



Fuente. Autor

Después se procede a crear las demás pantallas usadas para el ensamble, la primera es la de selección de modelo a ensamblar (**Figura 36. Selección de modelos**), consta de un conteo debajo de cada modelo para que el operario lleve la cuenta de cada suspensión trasera ensamblada en su totalidad y correctamente, en la parte derecha se lleva el conteo total de piezas. Los puntos que aparecen al lado de los contadores denotan el funcionamiento del sensor ABS, si desaparecen de la pantalla indica que el sensor está conectado y sus parámetros están dentro de los estándares de funcionamiento según lo programado en el PLC.

Figura 36. Selección de modelos



Fuente. Autor

El botón de monitoreo conduce a una nueva pantalla (**Figura 37. Pantalla de monitoreo**) dónde se puede ver el funcionamiento de la instrumentación del dispositivo, cuando los círculos están de color rojo indica que el sensor está dañado o sin activación, cuando están en verde indican un elemento, están denotados por el estándar global.

Figura 37. Pantalla de monitoreo



Fuente. Autor

Existen cinco botones en la pantalla de monitoreo: el de reiniciar secuencia vuelve el dispositivo a valores predeterminados de inicio contadores y temporizadores en cero, se libera la suspensión en caso de haber alguna anomalía; el botón de reiniciar halado de guaya se usa en el caso de fallo en el pinado de la guaya del freno de mano al plato; el botón reiniciar prueba de estanqueidad permite hacer la prueba de estanqueidad a la suspensión; el botón de pantalla principal devuelve el panel a la pantalla de selección de modelo; y por último el botón llamado botones de ayuda (**Figura 38. Pantalla de botones de ayuda**) el cual lleva a un panel con cuatro botones con activaciones manuales.

Figura 38. Pantalla de botones de ayuda



Fuente. Autor

El botón de martillos neumáticos activa los martillos de deformación con los cuales es deformada la turca de la campana evitando se gire. El botón de probar baliza activa la alarma sonora y la baliza instaladas para medir el tiempo de la operación. El botón de conteo de pieza manual es asignado en caso de contención para contar las piezas manualmente y mandar el dato al PLC del sistema Andon, el cual lleva la cuenta de la producción general del proceso. El botón de reinicio de Andon realiza la función de reiniciar la cuenta de piezas de la hora a hora y producción en general.

En la pantalla de selección de modelo, existe un botón en la parte inferior derecha llamado hora a hora, este lleva a una pantalla (**Figura 39. Hora a hora producción**) con visualización a la producción realizada en cada hora del día dentro del horario de producción.

Figura 39. Hora a hora producción

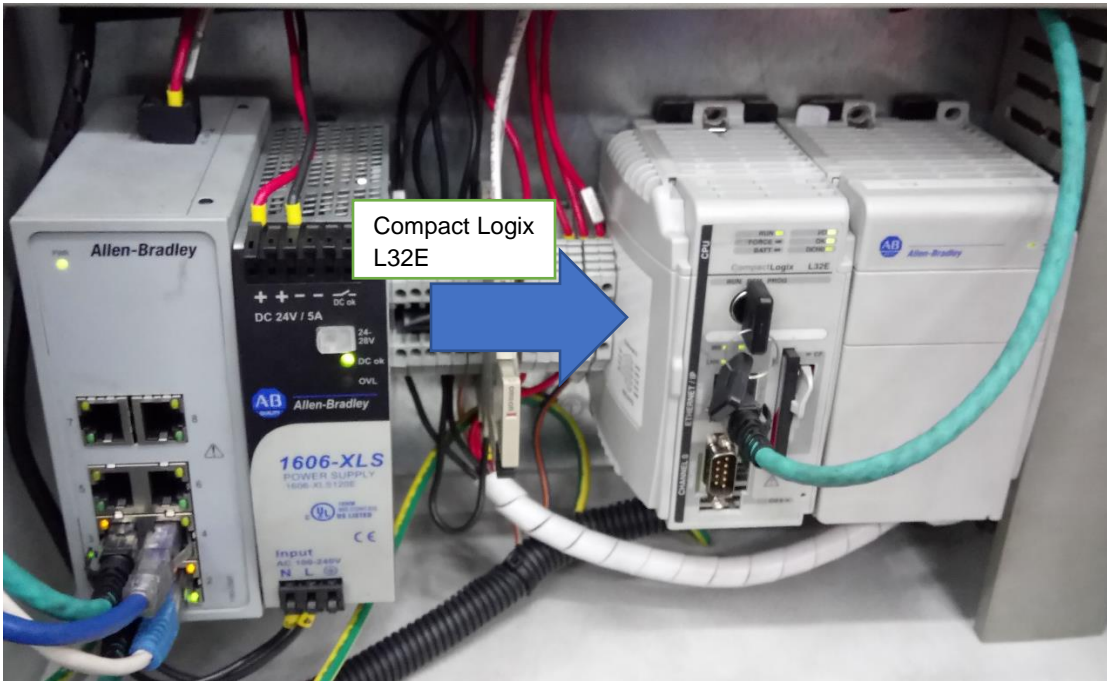


Fuente. Autor

7.7 Controlador Lógico Programable (PLC)

Se selecciona el PLC (Allen Bradley) de la familia de los Compact Logix de referencia L32E (**Figura 40. PLC Compact Logix L32E**) debido a su capacidad de memoria 750KB, adecuada para la automatización y control del banco de ensamble de suspensiones traseras. Otra ventaja es el protocolo de comunicación Ethernet/IP industrial que maneja, permitiendo una conexión de hasta 16 dispositivos por medio de un Switch con velocidad estándar de 100MB.

Figura 40. PLC Compact Logix L32E



Fuente. Autor

Debido al uso del Flex I/O no se requieren módulos de expansión asociados al chasis del PLC, se incorpora también una memoria eprom de 500Kb para respaldar la programación en caso de daño al equipo. Ver manual ([Especificaciones PLC L32E](#))

8 PROGRAMACIÓN SECUENCIAL Y ESTANDARIZACIÓN DEL BANCO DE ENSAMBLE

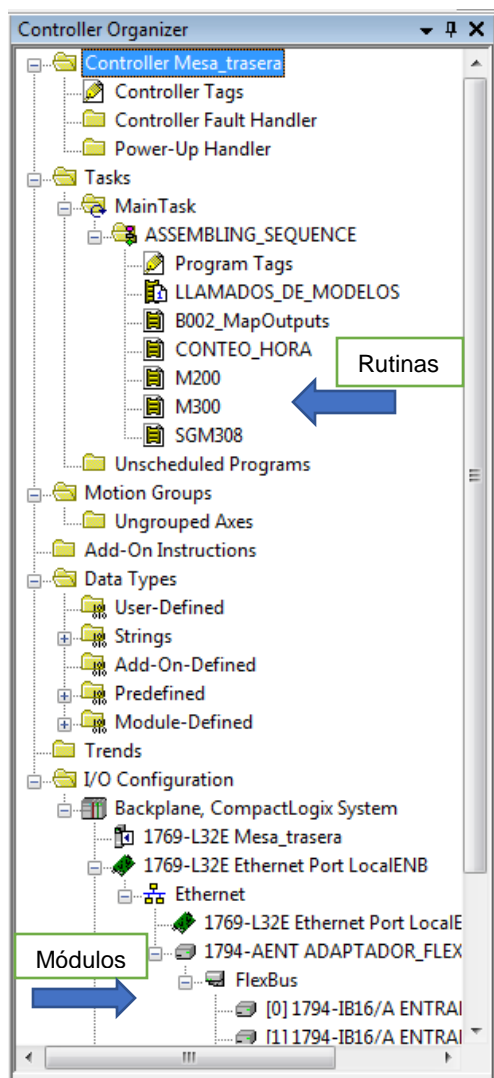
En General Motors la estandarización es un principio fundamental, por ello en cuanto a automatización se refiere se utilizan nomenclaturas para la instrumentación, normatividad para las conexiones eléctricas y neumáticas a nivel internacional. En el manual [GCCH1](#) se encuentran las principales, y se mencionaran las usadas en cada etapa.

8.1 *Diseño de lógica de programación para el controlador L32E en RS Logix 5000*

Lo primero que se debe de tener en cuenta a la hora de realizar la programación, es el proceso productivo que debe ejecutar la máquina. Para esto se realizaron diagramas de proceso para cada modelo de suspensión trasera que será ensamblada. Ver [anexo \(1.2 Diagramas de procesos y secuencias de ensamble de suspensiones\)](#) indicando los pasos que se deben desarrollar.

La lógica de la secuencia en el PLC está diseñada sobre el lenguaje de programación Ladder, basándose en esquemas eléctricos de contactos y bobinas de activación, esto se realiza en una tarea continua explicada en [\[3\]](#). El programa (RS Logix 5000®) se compone del árbol de organización de control, el cual a su vez consta de control de etiquetas, aquí es donde se establecen las señales que van a ser manipuladas en la secuencia. Las tareas también son parte importante, la usada está nombrada como ASSEMBLING_SEQUENCE, y dentro de la tarea está la rutina principal llamada LLAMADOS_DE_MODELOS y subrutinas donde se desarrolló las lógicas de cada modelo y mapeos de las señales provenientes de los controladores de torque (Stanley) usados para los ajustes de tuercas. En (**Figura 41. Árbol de programación**) se puede observar la configuración de módulos de comunicación y entradas y salidas, para este caso la tarjeta de red y conjunto Flex I/O.

Figura 41. Árbol de programación



Fuente. Autor

Los tags o etiquetas de programación se deben crear teniendo en cuenta el manual [GCCH1](#) . En resumen, los componentes para la automatización se deben nombrar de la forma indicada siguiendo los lineamientos del estándar (**Tabla 2. Convenciones del estándar para elementos**). La ventaja se debe a que en cualquier planta de General Motors al revisar un programa se hace fácil su entendimiento y ubicación de elementos. Los tags creados son usados con su respectiva dirección física y descripción, basados con nomenclatura del estándar corporativo se pueden ver en [anexo \(1.3 Tags realizados en la programación del PLC y HMI\)](#).

Tabla 2. Convenciones del estándar para elementos

| Elemento | Convención de programa |
|---|------------------------|
| Cilindro | C |
| Cilindro con sensor magnético | C01PX |
| Bloque de válvulas | PM |
| Sensor de proximidad | PPX |
| Replace This Instruction With Application Specific Instruction(s) | TBD |
| Always Off Bit For Permanent Block Only | AlwaysOff |

Fuente. Autor

El archivo realizado en software RS Logix 5000 es puesto como anexo y adjunto debido a su tamaño ([Programa PLC L32E banco de ensamble eje trasero](#)), en el archivo de 183 páginas se puede observar las líneas de programación para cada modelo a ensamblar con sus respectivos sistemas de prueba y error o simplificado en el [anexo \(1.4 programación Ladder RS Logix 5000 V19.01\)](#), un mapeo de los bits de activación de cada controlador (Stanley) y cada tarea que debe ejecutar el mismo. También se realiza la secuencia para un hora-hora de producción para saber cuántas suspensiones exitosas se han ensamblado y de qué modelo.

8.2 Funcionamiento y activación de tareas en controladores de apriete

(Stanley)

Los controladores (Stanley) utilizados para el proyecto son tres (**Figura 42. Controladores de torque**). Estos son empleados para controlar los sensores con los cuales se ajustan las tuercas de la suspensión, cada ajuste lleva una tolerancia permisible, si el valor de torque no está dentro de los parámetros una alarma es encendida en el controlador y no descuenta en el PLC el tornillo o apriete cada vez que se realiza un apriete adecuado el controlador (Stanley) manda una señal de OK. Los ajustes son configurados en las entradas y salidas de cada uno de los controladores para realizar activaciones de tareas por medio del PLC. Se asignaron las entradas P, R, S en los controladores uno y dos y para el tres las mismas con una adicional T, todo esto con la finalidad de realizar las combinaciones entre ellas.

Cada una de las letras corresponde a un bit como se muestra en (**Tabla 3. Activación de tareas respecto a bits**), el controlador se configura en el correspondiente valor binario más uno para activar cada una de las tareas. La tarea

1 es el stop de la herramienta e indica que no hay tareas con valor de torque activas, todas estas señales son activadas desde el PLC y llevadas al controlador para activar la que sea necesaria según la secuencia.

Para conocer todas las tareas y sus valores de torque y cada controlador diríjase a ([Tareas y bits de activación controladores \(Stanley\)](#)).

Tabla 3. Activación de tareas respecto a bits

| ACTIVACIÓN | VALOR | VALOR +1 | TAREA LETRA | VALOR TAREA |
|------------|-------|----------|-------------|-------------|
| P | 1 | 2 | 0 | 1 |
| R | 2 | 3 | P | 2 |
| S | 4 | 5 | R | 3 |
| T | 8 | 9 | P+R | 4 |
| | | | S | 5 |
| | | | P+S | 6 |
| | | | R+S | 7 |
| | | | P+R+S | 8 |
| | | | T | 9 |
| | | | P+T | 10 |
| | | | R+T | 11 |

Fuente. Autor

8.3 Cálculo de la corriente del sistema de potencia

Se tiene en cuenta que en el tablero antiguo de potencia las conexiones estaban a 110 VAC, al realizar una verificación en la acometida que llega desde el tablero principal se encuentra un problema con el sistema de puesta a tierra, el cual presentaba corrientes de fuga afectando los sistemas análogos y su medición cuando estos eran conectados a la protección de puesta a tierra. Se identifica una mala conexión realizada en el transformador que baja el voltaje de 440 VAC a 220 VAC y se corrige, por otra parte, la tierra estaba siendo utilizada como neutro en el tablero de potencia antiguo para obtener el voltaje de 110 VAC en las fases de 220 VAC.

En principio se ve la conveniencia de conectar los equipos a 220 VAC ya que bajaría la corriente que pasa por cada uno, además así lo recomienda el fabricante (Stanley) para sus controladores de torque. Se conectan desde el tablero principal de 220 VAC tres fases y el cable de tierra, cada línea puede soportar hasta 25 Amperios según el interruptor que está instalado en el tablero principal de 220 VAC.

Figura 42. Controladores de torque (Stanley)



Fuente. Autor

El circuito en el tablero nuevo de potencia (**Figura 43. Tablero de potencia**) es manejado en su totalidad por un voltaje de 220 VAC, iniciando por la acometida la cual llega a una protección de 25 amperios. De allí aguas abajo se conecta a un distribuidor de voltaje marca Legrand para realizar la conexión adecuada a cada uno de los elementos.

Figura 43. Tablero de potencia



Fuente. Autor

8.3.1 Balance de potencia por fase:

Teniendo en cuenta los componentes a conectar a la acometida y la protección que se instala de 25 amperios, no se puede exceder el valor de corriente debido a que la protección se activaría continuamente dejando el sistema sin energía eléctrica. Para que no suceda esto se realiza un balance de potencia (**Tabla 4. Corriente total del sistema de potencia**) por cada una de las fases.

Tabla 4. Corriente total del sistema de potencia

| COMPONENTE | INTENSIDAD (A) | NÚMERO DE BORNE |
|--------------------------------|----------------|-----------------|
| BRAKER PRINCIPAL FASE AMARILLA | 25 | 1 |
| BRAKER PRINCIPAL FASE AZUL | 25 | 2 |
| BRAKER PRINCIPAL FASE ROJA | 25 | 3 |
| BREAKER CONTROLADOR 1 | 10 | 4 |
| BREAKER CONTROLADOR 2 | 10 | 5 |
| BREAKER CONTROLADOR 3 | 10 | 6 |
| BREAKER BACK UP | 10 | 7 |
| BREAKER BACK UP | 4 | 8 |
| PROTECCIÓN FUENTE 1 L1 | 1 | 9 |
| FUENTE L2 | 1 | 10 |
| FUNTE PLC L1 | 1 | 11 |
| FUNTE PLC L2 | 1 | 12 |
| PROTECCIÓN FUENTE 1 L1 | 0.65 | 13 |
| FUENTE L2 | 0.65 | 14 |
| TOTAL, FASE L1 | 23 | |
| TOTAL, FASE L2 | 23 | |
| TOTAL, FASE L3 | 23 | |

Fuente. Autor

Se distribuye la corriente por cada una de las fases sin exceder los 25 Amperios de la protección y dejando un factor de seguridad de 2 amperios.

8.4 *Diseño de conexiones neumáticas*

Según el manual [GCCH1](#) del estándar global (General Motors Colmotores zona franca), la entrada de aire en un componente debe ir identificada de color azul y las salidas de color blanco, se realizaron las conexiones neumáticas teniendo en cuenta este principio de estandarización (**Figura 44. Cilindro y conexiones neumáticas**).

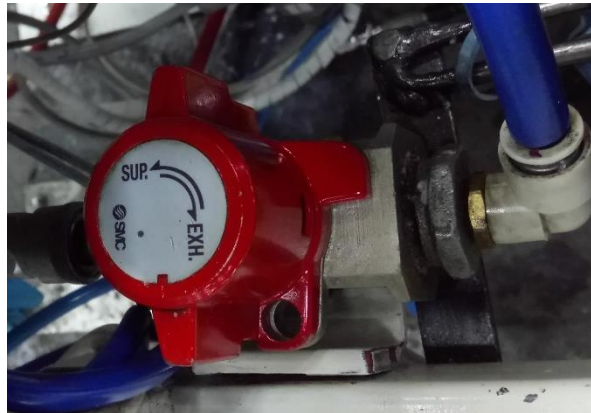
Figura 44. Cilindro y conexiones neumáticas



Fuente. Autor

Desde la acometida principal se conecta una manguera a una unidad de mantenimiento dónde el aire es liberado de posibles humedades provenientes del ambiente, después se conecta una manguera a la salida pasando por un ducto creado para eliminar el cableado eléctrico y neumático que se encontraba por el suelo anteriormente. La manguera termina en una válvula de paso (**Figura 45. Válvula de corte de presión de aire**) dónde en caso de emergencia se corta el aire del sistema ya que la energía de la maquina es la presión neumática siendo el principal riesgo de lesiones.

Figura 45. Válvula de corte de presión de aire



Fuente. Autor

De la válvula de corte de aire se inicia la conexión del banco de ensamble realizando una derivación a los dos sistemas que se van a manejar, prueba de estanquidad e instrumentación, cada uno posee un regulador de presión. La instrumentación se maneja a 80 PSI, en esta parte se deriva una conexión a un bloque Manifold de 5 electroválvulas (**Figura 46. Bloque de electroválvulas Manifold**) encargadas de mover los cilindros neumáticos, las entradas y las salidas se conectaron según la nomenclatura y estándar.

Figura 46. Bloque de electroválvulas Manifold



Fuente. Autor

La prueba de estanqueidad se realiza para conocer si el sistema de frenado tiene escapes inyectando aire en los ductos por medio de las mangueras del freno, se calibra el regulador a 120 PSI, y si hay una caída mayor a 2 PSI en la suspensión se presenta escape y debe ser revisada. La HMI (**Figura 47. Pantalla de estanqueidad y ajuste tuerca campana**) envía el mensaje y se debe reiniciar la prueba.

Figura 47. Pantalla de estanqueidad y ajuste tuerca campana



Fuente. Autor

Se realiza el esquema neumático de las conexiones realizadas al banco de ensamble ver en [anexo \(1.5 Esquema neumático del banco de ensamble\)](#)

9 RESULTADOS Y ANALISIS

A lo largo de los capítulos 7 y 8 se desarrollan los objetivos planteados en [4]

9.1 *Dispositivo nuevo de ensamble*

En GM se realizó el dispositivo nuevo (**Figura 48. Estructura banco de ensamble nuevo**), el cual fue automatizado siguiendo la estructura del banco de ensamble anterior.

Figura 48. Estructura banco de ensamble nuevo

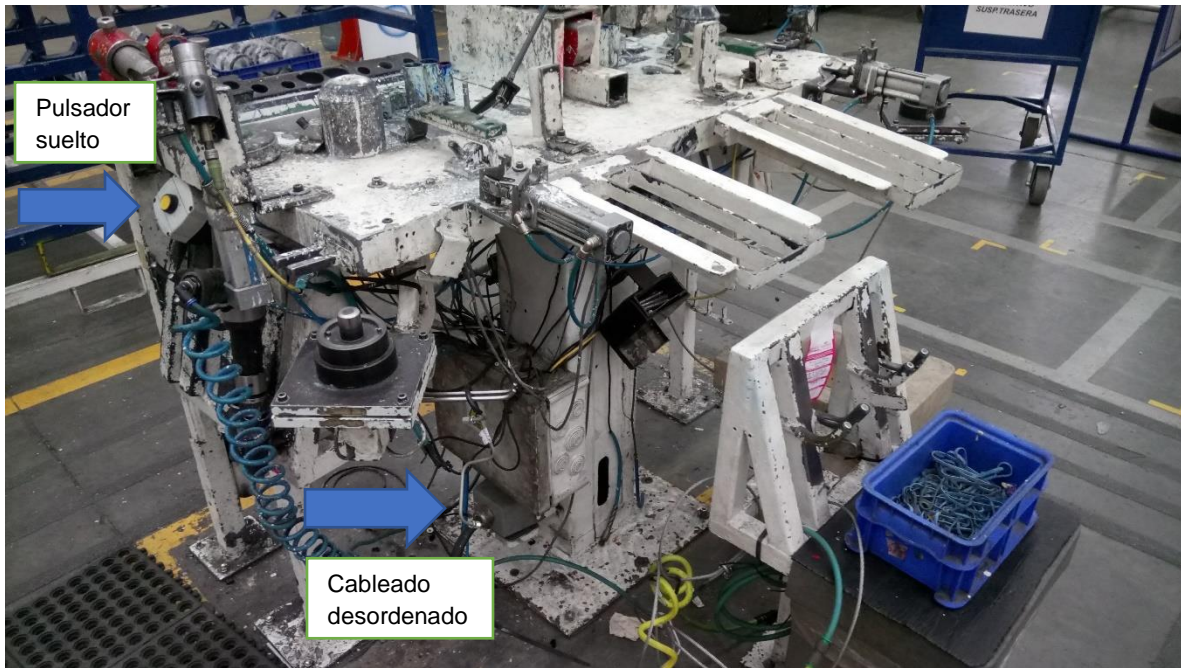


Fuente. Autor

Se procedió a instalar las bases, componentes mecánicos e instrumentación al dispositivo. Como se vio en los capítulos [7] y [8] se desarrollan las conexiones eléctricas, neumáticas y automatización originando el banco de ensamble nuevo, más simple y con mejores características.

Haciendo una comparación entre (**Figura 49. Banco de ensamble antiguo**) y (**Figura 50. Banco de ensamble nuevo**), se puede observar que el banco nuevo está más simplificado y organizado para realizar un trabajo más rápido y confiable.

Figura 49. Banco de ensamble antiguo



Fuente. Autor

Figura 50. Banco de ensamble nuevo



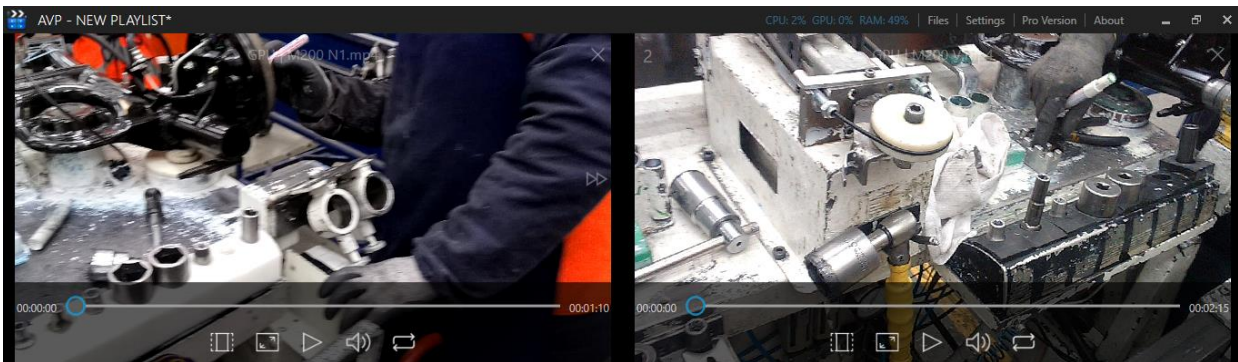
Fuente. Autor

9.2 Mejora en tiempos de ensamble

Se puede apreciar en los videos adjuntos como mejoran los tiempos y la calidad del ensamble al tener más control de componentes, como en el caso del monitoreo de los sensores ABS y demás sistemas de prueba y error, además las pantallas de ayuda que facilitan el seguimiento de la secuencia.

En el ensamble de M200 el tiempo pasa de ser 2 minutos con 15 segundos a 1 minuto con 10 segundos (**Figura 51. Tiempo de ensamble del banco antiguo y del nuevo, modelo M200**).

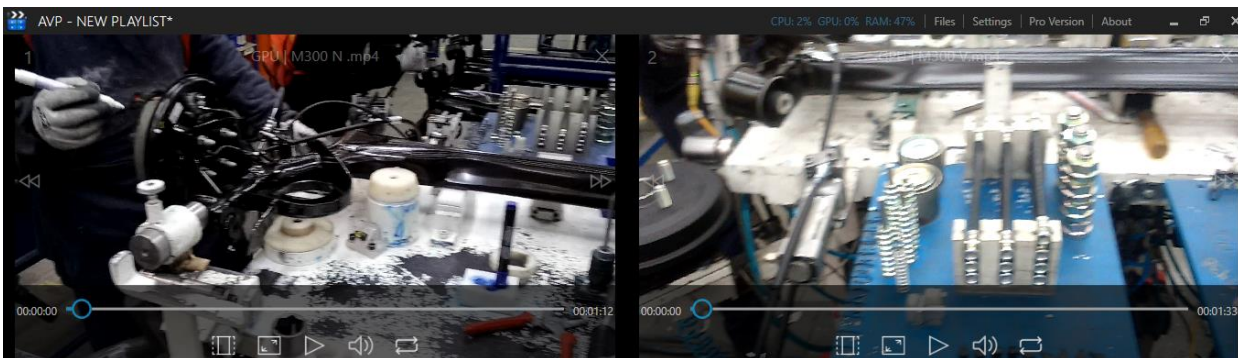
Figura 51. Tiempo de ensamble del banco antiguo y del nuevo, modelo M200



Fuente. Autor

El ensamble de M300 pasa de ser 1 minuto con 34 segundos a 1 minuto con 13 segundos (**Figura 52. Tiempo de ensamble del banco antiguo y del nuevo, modelo M300**).

Figura 52. Tiempo de ensamble del banco antiguo y del nuevo, modelo M300



Fuente. Autor

Para el ensamble de SGM308 pasa de ser 1 minuto con 45 segundos a 1 minuto con 13 segundos.

9.3 Optimización de elementos del banco de ensamble

Algunos de los componentes no son necesarios a la hora del ensamble, por esta razón son eliminados y así mejorando los tiempos del proceso. Ver [anexo \(1.1 Componentes de los bancos, actual y propuesto para el ensamble de suspensiones traseras\)](#).

10 COSTOS DEL PROYECTO

Se tiene en cuenta dos aspectos para realizar el estimado de costos del proyecto

10.1 Costo de elementos.

| ITEM | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | PRECIO UNIDAD (\$) | PRECIO TOTAL (\$) |
|-------------------------------|--------------------------------------|----------|--------------------|-------------------|
| SENSOR INDUCTIVO | PEPPERL + FUCHS NBB2-12GM50-E2-C3-V1 | 14 | 170880,2 | 2392322,8 |
| SENSOR MAGNETICO | SMC DM9BSDPC | 6 | 366837,6 | 2201025,6 |
| PRESOSTATO DIGITAL | SMC ISE30A-C6L-D | 1 | 562060,7 | 562060,7 |
| BLOQUE DE ELECTROVÁLVULA | SMC VFS2100-5FZ | 6 | 220695,6 | 1324173,6 |
| ELECTROVÁLVULA ESTANQUEIDAD | SMC VX220AA | 1 | 70600 | 70600 |
| CABLE | CENTELSA CALIBRE 18 | 2 | 83000 | 166000 |
| CILINDROS NEUMÁTICOS | SMC | 6 | 700126 | 4200756 |
| PLC | ALLEN BRADLEY L32E | 1 | 1289000 | 1289000 |
| ADAPTADOR ETHERNET FLEX I/O | ALLEN BRADLEY 1794-AENT | 1 | 1384000 | 1384000 |
| MÓDULO DE ENTRADAS DIGITALES | ALLEN BRADLEY 1794-IB16 | 3 | 816136 | 2448408 |
| MÓDULO DE SALIDAS DIGITALES | ALLEN BRADLEY 1794-OB16 | 2 | 816136 | 1632272 |
| MÓDULO DE ENTRADAS ANALÓGICAS | ALLEN BRADLEY 1794-IE8 | 1 | 1294000 | 1294000 |
| CABLE EXTENSOR FLEX I/O | ALLEN BRADLEY CE1 | 1 | 271104 | 271104 |
| SWITCH ETHERNET | ALLEN BRADLEY STRATIX 2000 | 1 | 674936 | 674936 |
| PANEL TOUCH SIEMENS | MP277 6AV6 643-0CD01-1AX1 | 1 | 10886520 | 10886520 |

| | | | | |
|---------------------------------|---------------------------|----|-------------------|-------------------|
| DISTRIBUIDOR DE POTENCIA | LEGRAND | 1 | 82300 | 82300 |
| INTERRUPTOR PRINCIPAL TRIFÁSICO | SNEIDER ELECTRIC 30A-220V | 1 | 122000 | 122000 |
| FUENTE DE VOLTAJE DC | ALLEN BRADLEY 1606-XLS | 2 | 591500 | 1183000 |
| MANGUERA 6mm | SMC | 2 | 311580 | 623160 |
| RACOR 6mm*1/4" | SMC | 30 | 10590 | 317700 |
| BORNAS AB | AB | 10 | 3260 | 32600 |
| CABLE ETHERNET UTP CAT 5E | ALLEN BRADLEY | 4 | 18340 | 73360 |
| VÁLVULA DE PASO MANUAL | SMC VHS50-F06B | 1 | 248512 | 248512 |
| INTERRUPTOR | SIEMENS 5SJ41 (10A) | 4 | 41320 | 165280 |
| REGULADOR DE PRESIÓN | SMC AW30-N02DG-2Z-A | 2 | 265456 | 530912 |
| UNIDAD DE MTT0 | SMC AMG 150C-02BD | 1 | 693202 | 693202 |
| BOTONERA | ALLEN BRADLEY F800 | 2 | 139956 | 279912 |
| GABINETE DE CONTROL | SNEIDER ELECTRIC | 1 | 298321 | 298321 |
| GABINETE DE POTENCIA | SIEMENS | 1 | 2214016 | 2214016 |
| TOTAL | | | 24646385,1 | 37661453,7 |

Tabla 5. Costos por elementos

Como se puede observar (Tabla 5. Costos por elementos), el costo total de los elementos de automatización e instrumentación es de **\$37'661.453**.

10.2 Costo de horas de ingeniería.

| ACTIVIDAD | TIEMPO (H) | COSTO HORA ING (\$) | COSTO ING (\$) |
|---|------------|---------------------|-----------------|
| CORRECCIÓN DE ACOMETIDA ELÉCTRICA | 6,5 | 25500 | 165750 |
| FABRICACIÓN Y DISEÑO PORTA COPAS | 24,5 | 180000 | 4410000 |
| FABRICACIÓN DE SOPORTERÍA DE PUESTA A PUNTO | 29 | 180000 | 5220000 |
| INSTALACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN | 39,5 | 25500 | 1007250 |
| CÁLCULO POTENCIA DEL BANCO Y CONEXIONES | 51 | 180000 | 9180000 |
| CONEXIONES ELECTRONICAS DEL BANCO | 81,5 | 25500 | 2078250 |
| DISEÑO Y CONEXIONES NEUMÁTICAS SEGÚN ESTANDAR | 75,5 | 180000 | 13590000 |
| CONFIGURACIÓN DE LA RED DE COMUNICACIÓN | 13 | 180000 | 2340000 |
| DISEÑO Y CONEXIÓN DE SISTEMAS DE PRUEBA Y ERROR PARA SENSORES ABS | 38,5 | 180000 | 6930000 |
| CONFIGURACIÓN DE MÓDULOS FLEX I/O RS LINX | 8,5 | 180000 | 1530000 |
| PROGRAMACIÓN DE CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE (PLC) | 72 | 180000 | 12960000 |
| PROGRAMACIÓN DE HMI SIEMENS | 81 | 180000 | 14580000 |
| PROGRAMACIÓN Y CONEXIONES DE TORQUES ELECTRICOS | 78,5 | 180000 | 14130000 |
| CONEXIÓN SISTEMA ANDON | 15,5 | 180000 | 2790000 |
| PROGRAMACIÓN HORA A HORA Y TACK TIME | 24,5 | 180000 | 4410000 |
| TOTAL | 639 | 2236500 | 95321250 |

Tabla 6. Costos por hora de ingeniería

El costo del proyecto aplicado a ingeniería es de **\$95'321.250** (Tabla 6. Costos por hora de ingeniería). El costo total del proyecto es de **\$132'982.703** de pesos.

11 CONCLUSIONES

1. Los componentes físicos empleados para la construcción de la red de comunicación, sensores inductivos, sensores magnéticos, sensor de presión y electroválvulas situados eléctricamente a los módulos Flex I/O, se basan en el cálculo de la corriente que requiere cada uno, esta es obtenida a partir de cada hoja de los elementos.
2. Al verificar el tiempo de latencia de la red por componente vinculado se obtuvo un registro de un valor de **1 ms**, lo que indica que se logró reducir ampliamente el valor propuesto inicialmente **1s**, esto gracias al diseño la arquitectura de red basada en el protocolo Ethernet/IP industrial. No se realiza una comparación con otro protocolo por falta de disponibilidad de elementos en el almacén.
3. Se tuvo en cuenta la secuencia del ensamble realizada en diagramas de flujo y la activación de las tareas desde el PLC hacia los controladores de torque (Stanley), esto permitió la programación en Ladder por medio del software (RS Logix 5000®), se crearon las etiquetas de programación basados en el estándar global de (General Motors Colmotores zona franca).
4. Al realizar las conexiones eléctricas se encuentran problemas con la acometida de 220 VAC en el sistema de puesta a tierra. El transformador principal presentaba problemas, al tomar una medida analógica en el sistema de prueba y error de la estanqueidad por el sensor de presión, oscilaba el valor variando en más de 2 PSI generando una condición de escape en el ducto de freno. Se soluciona la conexión en el transformador eliminando la corriente parasita introducida en él sistema.
5. Reconocer el principio de divisor de resistencias fue de utilidad debido a que cuando se conecta el sensor ABS en paralelo a la resistencia eléctrica fija de $2k\Omega$, este se aproxima al valor de la resistencia generando la misma corriente en el módulo **12mA**.
6. Los tiempos de ensamble son reducidos drásticamente en el modelo M200 (Spark Life) debido a que se eliminaron diferentes sistemas de prueba y error. La prueba de estanqueidad se programó para realizarse automáticamente después del apriete del purgador de freno ahorrando segundos que gastaban los operarios al pulsar el botón de inicio. Debido a que todos los elementos

del banco de ensamble son nuevos no generaran paradas por instrumentación.

12 TRABAJOS FUTUROS

- 1.Adaptación de torques inalámbricos para el banco de ensamble
- 2.Ensamble de suspensiones traseras por medio de robots Fanuc
- 3.Puesta a punto automática según modelo de trabajo para el banco de suspensiones traseras.
- 4.Analisis de la señal generada por los sensores ABS para diagnóstico de fallas y mantenimiento.

13 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Literatura Flex I/O; <http://ab.rockwellautomation.com/es/IO/In-Cabinet-Modular/1794-FLEX-IO-Modules#documentation>
- [2] Literatura PLC; <http://ab.rockwellautomation.com/es/Programmable-Controllers/CompactLogix-1769-Controllers#documentation>
- [3] Descripción de tareas y rutinas del controlador;
[www.academia.edu/5671934/Configuración del entorno de programación RSLogix 5000 para simulación con el controlador SoftLogix](http://www.academia.edu/5671934/Configuración_del_entorno_de_programación_RSLogix_5000_para_simulación_con_el_controlador_SoftLogix)
- [4] Manual de pasos previos a programar un PLC (Controlador Lógico Programable) L32E;
[http://www.academia.edu/6812146/Manual de Pasos previos a programar un PLC Allen Bradley CompactLogix](http://www.academia.edu/6812146/Manual_de_Pasos_previos_a_programar_un_PLC_Allen_Bradley_CompactLogix)
- [5] Incorporación de la tecnología compact Logix de Allen Bradley a la estación de control de procesos PS-2800 del C.I.M 2000;
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/171>
- [6] Red de PLC'S y variadores de velocidad con protocolos Ethernet y Modbus;
<https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/522>
- [7] Integración de Procesos Industriales Mediante una Red Ethernet Dedicada para PLC's de Diferentes Fabricantes Aplicada en CECATTEC (Mecatrónicos);
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/99>
- [8] Clasificación de Errores en una Red de Comunicación Industrial (Modbus TCP/IP);

http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/BISTUA/article/view/1668

[9] Comparación de eficiencias en velocidad de transferencia y caudal efectivo entre las tecnologías Ethernet y PLC; <http://dspace.biblioteca.um.edu.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.11972/302/Tesis%20Jaime%20Ramos%20Garduza.pdf?sequence=1>

[10] Sistemas y comportamiento dinámico, ingeniería del automóvil; https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=JDuzY9j6HwMC&oi=fnd&pg=PP1&dq=suspensiones+traseras+automoviles&ots=lgKPZ1s4W_&sig=ElmynlXIPyE0GNGYXmDcA5w0a-#v=onepage&q=suspensiones%20traseras%20automoviles&f=false

[11] Mecánica del automóvil, sistema de frenos; https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=QUWEJdvweOsC&oi=fnd&pg=PA1&dq=suspensiones+traseras+automoviles&ots=MW4DxUPWZY&sig=4G_R82ttg3Bom1_6l7a7-SuQwOU#v=onepage&q=suspensiones%20traseras%20automoviles&f=false

[12] Sistema de sensores ABS; <http://www.fae.es/es/productos/sensor-velocidad-rueda-abs>

[13] Descripción y funcionamiento sensores ABS; <https://www.trwaftermarket.com/es/turismo/hidraulica-de-freno/sensores-abs/>

[14] Sensores de velocidad ABS; <http://www.provia-auto.com/es/products/sensores-de-velocidad-de-abs/>

[15] Sensores del sistema ABS; https://kamoka.pl/es/products/2_frenos/38_sensores_del_sistema_abs.html

[16] Funcionamiento del sistema de frenado ABS; septiembre 2007;
http://www.areatecnologia.com/el_abs.htm

[17] Intelligent Sensorless ABS for In-Wheel Electric Vehicles Amir Dadashnialehi, Graduate Student Member, IEEE, Alireza Bab-Hadiashar, Senior Member, IEEE, Zhenwei Cao, and Ajay Kapoor.

[18] Comparative analysis of methods for computing pole angle offsets in magnetic pole wheels using ABS sensor Muhammad Adnan Alpen-Adria Universit"at Klagenfurt, Austria. Adnan.Muhammad@ctr.at Hammerschmidt Dirk Infineon Technologies AG Villach, Austria. Dirk.Hammerschmidt@infineon.com

[19] Intelligent Sensorless Antilock Braking System for Brushless In-Wheel Electric Vehicles Amir Dadashnialehi, Member, IEEE, Alireza Bab Hadiashar, Senior Member, IEEE, Zhenwei Cao, and Ajay Kapoor