

**COMUNICACIÓN INDUSTRIAL BASADA EN LA PIRAMIDE DE LAS  
REDES INDUSTRIALES**

**JAIME IVÁN BUENO RAMIREZ  
CARLOS ENRIQUE VILLAMIZAR PINILLA**

**ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
BUCARAMANGA**

**2012**

**COMUNICACIÓN INDUSTRIAL BASADA EN LA PIRAMIDE DE LAS  
REDES INDUSTRIALES**

**JAIME IVÁN BUENO RAMIREZ  
CARLOS ENRIQUE VILLAMIZAR PINILLA**

**Trabajo de grado para optar por el título de  
INGENIERO MECÁNICO**

**Director  
JORGE ENRIQUE MENESES FLOREZ**

**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS  
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
BUCARAMANGA**

**2012**

## **DEDICATORIA**

A mi madre, amor de mi vida, por su apoyo, cariño incondicional, por ser un ejemplo de ternura, paciencia, pero ante todo por ser mi motivación e inspiración.

A mi viejo querido, mi padre, por ser un ejemplo de optimismo, de perseverancia, de lucha en la vida, por su apoyo incondicional y sobre todo, por creer en mí y en todo lo que hago.

A mi hermano Enver, por su apoyo, sus consejos, por su ayuda incondicional en todos los momentos de mi vida, por creer en mis capacidades y por ser mi amigo.

A mi hermana Claudia, por su amor, apoyo, por ser ejemplo de que se puede alcanzar grandes cosas, porque siempre ha creído en mí, por su espera y consejos en todos los momentos de mi vida.

A mi novia Paola, mi negra, y mi chinito nico, por su gran paciencia en este proceso largo de mi vida, por su amor, apoyo, por creer en mí en todo momento, por ser mi motivación y mi motor para salir adelante.

## **DEDICATORIA**

A mi madre Josefina y a mi padre Reynaldo, que me brindaron con su amor un apoyo incondicional, un sacrificio infinito, una paciencia interminable y una comprensión inmensa en este proceso largo y sobre todo por creer en mí y darme el mejor ejemplo de perseverancia y de compromiso.

A mi novia Erika, por ser esa persona que al momento de tropezar me animó a seguir adelante sin perder de vista mis objetivos y mi meta; a esa persona que me acompañó en el camino día tras día y que al final de todo no solo le agradezco sino también quiero compartir esta felicidad con ella.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al profesor e ingeniero Jorge Enrique Meneses, por habernos dado la oportunidad de trabajar con él, por su gran apoyo, amistad y consejos, por creer siempre en nosotros y en nuestro trabajo.

A los ingenieros Ismael Gómez y José Luis Gonzales, por su colaboración, ayuda y consejos en este proceso de culminación del presente proyecto, pero ante todo por su amistad.

A todos los integrantes del laboratorio de Automatización Industrial, por su ayuda, apoyo, su amistad y por permitirnos conocerlos y aprender de cada uno de ellos.

Y por último, y no menos importante, a todas las persona que de una u otra manera, tuvieron que ver con este proyecto y nos brindaron su apoyo y ayuda incondicional.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCION	23
1. COMUNICACIÓN INDUSTRIAL BASADA EN LA PIRAMIDE DE LAS REDES INDUSTRIALES	27
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	27
1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA	28
1.3. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO	29
1.3.1 Objetivo General	29
1.3.2 Objetivos específicos	29
2. DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA DE LA PIRAMIDE DE LAS REDES	33
2.1 PROCESOS INDUSTRIALES EMULADOS	34
2.1.1 Subsistema del llenado de tanques	35
2.1.1.1 Descripción del subsistema del llenado de tanques	35
2.1.2 Subsistema de envasado del producto	37
2.1.2.1 Descripción del sistema de envasado del producto	37
2.1.3 Subsistema de taponado de botellas	38
2.1.3.1 Descripción del subsistema de taponado de botellas	38
2.1.4 Subsistema de empacado del producto	39
2.1.4.1 Descripción del subsistema de empacado del producto	39
2.2 NIVELES DE LA PIRAMIDE DE LA AUTOMATIZACIÓN APLICADOS AL PROYECTO	40
2.2.1 Nivel de gestión	40
2.2.1.1 Equipo seleccionado para este nivel	40
2.2.2 Nivel de planta	41
2.2.2.1 Equipos seleccionados para el nivel de planta	41
2.2.3 Nivel de célula o de control	42
2.2.3.1 Equipos seleccionados para el nivel de célula	43
2.2.4 Nivel de campo	44

2.2.4.1 Equipos seleccionados para el nivel de campo	44
2.3 REDES INDUSTRIALES APLICADAS AL PROYECTO	48
2.3.1 Red para el nivel de gestión	48
2.3.1.1 Red Ethernet para nivel de gestión	49
2.3.2 Red para el nivel de planta	49
2.3.2.1 Red Ethernet para el nivel de planta	50
2.3.3 Red para el nivel de célula	50
2.3.3.1 Red Ethernet para el nivel de célula	50
2.3.4 Red para el nivel de campo	51
2.3.4.1 Red AS-Interface	51
2.3.4.2 Red Profinet	52
3. DISEÑO DE LOS BANCOS DE PRÁCTICAS BASADOS EN LOS NIVELES DE LA PIRAMIDE DE LA AUTOMATIZACIÓN	54
3.1 INTRODUCCIÓN	54
3.2 ESTRUCTURA PARA EL NIVEL DE CAMPO Y CÉLULA	58
3.3 ESTRUCTURA PARA EL NIVEL DE PLANTA Y GESTIÓN	60
3.4 DISPOSITIVOS SOPORTADOS EN EL NIVEL DE CAMPO	61
3.4.1 Emuladores de los subprocesos	61
3.4.1.1 Emulador del subproceso del sistema de llenado de tanques	62
3.4.1.2 Emulador del subproceso del sistema de envasado del producto	64
3.4.1.3 Emulador del subproceso del sistema de taponado de botellas	66
3.4.1.4 Emulador del subproceso del sistema de empacado de botellas	67
3.4.1.5 Conector de 36 pines	69
3.4.2 Módulo Lógico Logo!	72
3.4.2.1 Montaje	73
3.4.2.2 Cableado del módulo lógico LOGO!	74
3.4.2.3 Conector de 36 pines empleado para el LOGO!	75
3.4.2.4 Cuatro Reglas fundamentales para trabajar el LOGO!	75
3.4.3 Caja de mando AS-i	77
3.4.4 Fuente AS-interface	79

3.4.5 Módulo de acoplamiento cable amarillo-negro	80
3.4.6 Módulo de usuario digital con chip	82
3.4.7 Módulo de acoplamiento para cable AS-i amarillo-amarillo	84
3.4.8 Distribuidor pasivo	84
3.4.9 Derivador del consumidor para AS-i	86
3.4.10 Guardamotor	87
3.4.11 Arrancador suave	88
3.4.12 Módulo de periferia descentralizada (ET200S	91
3.4.12.1 Montaje y cableado del módulo de periferia descentralizada	91
3.4.13 Cable de la red AS-i	95
3.5 DISPOSITIVOS SOPORTADOS EN EL NIVEL DE CÉLULA	96
3.5.1 Controlador (PLC) S7 300 (1)	96
3.5.1.1 PS (Fuente de poder)	97
3.5.1.2 Unidad central de procesamiento CPU 314 IFM	98
3.5.1.3 Módulo de comunicación CP ADVANCED	100
3.5.2 Controlador (PLC) S7 300 (2)	101
3.5.2.1 Módulo de comunicación CP 342-2 para red AS-i	102
3.5.3 Cable RJ45	107
3.6 DISPOSITIVOS SOPORTADOS EN EL NIVEL DE PLANTA	109
3.6.1 Controlador (PLC) maestro	109
3.6.1.1 Fuente de poder (PS) de 5 amperios	109
3.6.1.2 Unidad central de procesamiento	111
3.6.2 Caja de mando	112
3.6.3 Switch	114
3.7 DISPOSITIVOS SOPORTADOS EN EL NIVEL DE GESTIÓN	114
3.7.1 Computadora del nivel de gestión	114
4. COMUNICACIÓN DE LOS NIVELES DE LA PIRAMIDE DE LA AUTOMATIZACIÓN QUE SE UTILIZO PARA EL PRESENTE PROYECTO	116
4.1 COMUNICACIÓN INDUSTRIAL EN EL NIVEL DE CAMPO	118
4.1.1 Red AS-i	118

4.1.1.1 Configuración del maestro AS-i por medio del pulsador SET	120
4.1.1.2 Asignación de los bytes de los esclavos AS-i en la CPU	121
4.1.1.3 Direccionamiento de los esclavos AS-i por medio del bloque FC ASI_3422	123
4.1.1.4 Forma de intercambio de datos con los esclavos AS-i	125
4.1.1.5 Ejemplo básico de direccionamiento de un esclavo AS-i	126
4.1.2 Red Profinet	127
4.1.2.1 Configuración del módulo de periferia descentralizada	127
4.1.2.2 Forma de intercambio de datos entre el maestro S7 300 y el módulo de periferia descentralizada	130
4.1.2.3 Ejemplo básico de una red Profinet	131
4.2 COMUNICACIÓN INDUSTRIAL EN EL NIVEL DE CÉLULA	131
4.2.1 Red Ethernet para el nivel de célula	132
4.2.1.1 Forma de intercambio de datos	132
4.2.1.2 Ejemplo de configuración de una red Ethernet entre dos S7 300	139
4.3 COMUNICACIÓN INDUSTRIAL UTILIZADA EN EL NIVEL DE PLANTA	139
4.3.1 Red Ethernet para el nivel de planta	141
4.3.1.1 Forma de intercambio de datos	141
4.3.1.2 Ejemplo de configuración de una red Ethernet con intercambio de datos entre el nivel de planta y el nivel de célula	146
4.4 COMUNICACIÓN INDUSTRIAL EN EL NIVEL DE GESTIÓN	146
4.4.1 Forma de intercambio de datos	148
4.4.2 Sistema SCADA para la emulación de la planta embotelladora	150
4.4.2.1 Inicio	150
4.4.2.2 Panel de control	151
4.4.2.3 Subsistema de la planta embotelladora	152
4.4.2.4 Sistema de llenado tanques	153
4.4.2.5 Sistema de envasado del producto	154
4.4.2.6 Sistema de taponado de botellas	154
4.4.2.7 Sistema de empacado	156

5. DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL MANUAL DE PRÁCTICAS PARA LAS REDES INDUSTRIALES DE COMUNICACIÓN	157
5.1 TITULO	157
5.2 CONDICIÓN	157
5.3 OBJETIVO	158
5.4 LISTA DE COMPONENTES	159
5.5 PROCEDIMIENTO	159
5.6 PROGRAMACIÓN Y COMUNICACIÓN	159
5.7 VISUALIZACIÓN DE LOS ESTADOS	159
5.8 PUESTA EN MARCHA	159
5.9 EVALUACIÓN	160
5.10 EJEMPLO DE UNA PRÁCTICA	160
CONCLUSIONES	159
RECOMENDACIONES	160
BIBLIOGRAFIA	1711

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Pirámide general de la automatización	24
Figura 2. Estructura de la pirámide	33
Figura 3. Subsistemas emulados en el nivel de campo	35
Figura 4. Esquema del subsistema de llenado de tanque	36
Figura 5. Esquema del subsistema de envasado del producto	37
Figura 6. Esquema de subsistema de taponado de botellas	38
Figura 7. Esquema de subsistema de empacado del producto	39
Figura 8. Nivel de gestión en la pirámide de la automatización	41
Figura 9. Nivel de planta en la pirámide de la automatización	42
Figura 10. Nivel de célula en la pirámide de la automatización	43
Figura 11. Nivel de campo en la pirámide de la automatización	46
Figura 12. Red para el nivel de gestión	48
Figura 13. Red para el nivel de planta	49
Figura 14. Redes para el nivel de célula	51
Figura 15. Redes para el nivel de campo	52
Figura 16. Hardware general empleado en el presente proyecto	55
Figura 17. Estructura para los bancos	59
Figura 18. Base para los dispositivos	60
Figura 19. Estructura para el nivel de planta y de gestión	61
Figura 20. Emulador del sistema de llenado de tanques	62
Figura 21. Emulador del sistema de envasado del producto	64
Figura 22. Emulador del sistema de taponado de botellas	66
Figura 23. Emulador del sistema de empacado del producto	68
Figura 24. Conector de 36 pines	70
Figura 25. Conector frontal del PLC, 40 pines	71
Figura 26. Módulo lógico LOGO!	72
Figura 27. Montaje del módulo lógico LOGO!	73

Figura 28. Conexiones de las entradas y el cable de red AS-i al LOGO!	74
Figura 29. Conexiones de las salidas del LOGO!	74
Figura 30. Panel del módulo lógico LOGO!	76
Figura 31. Caja de mando AS-i	78
Figura 32. Fuente de AS-i	79
Figura 33. Módulo de acoplamiento cable AS-i amarillo-negro	81
Figura 34. Diagrama de conexión del módulo de acoplamiento cable amarillo-negro	81
Figura 35. Módulo de usuario digital	82
Figura 36. Bero inductivo	83
Figura 37. Módulo de acoplamiento amarillo-amarillo	85
Figura 38. Distribuidor pasivo	85
Figura 39. Módulo de derivaciones de consumidor para AS-i	87
Figura 40. Guardamotor	88
Figura 41. Arrancador suave	89
Figura 42. Cableado de los dispositivos módulo AS-i, guardamotor y arrancador suave	90
Figura 43. Módulo de periferia descentralizada ET200S	91
Figura 44. Montaje del módulo de interfaz	92
Figura 45. Montaje de los módulos de entradas o salidas	93
Figura 46. Montaje del módulo de cierre	94
Figura 47. Conexiones de la ET200S	94
Figura 48. Perfil de cable AS-i	95
Figura 49. Forma de contacto al cable AS-i	96
Figura 50. Controlador S7 300(1)	97
Figura 51. Fuente de poder PS de 2 amperios	98
Figura 52. CPU 314 IFM	99
Figura 53. Módulo de comunicaciones CP ADVANCED	100
Figura 54. Controlador S7 300(2) con maestro AS-i	102
Figura 55. Maestro de la red AS-i CP342-2	103

Figura 56. Conexión de la CP 342-2 AS-i	105
Figura 57. Cable RJ45 utilizado	108
Figura 58. Cable RJ45	108
Figura 59. Controlador maestro	109
Figura 60. Fuente de poder (PS) de 5 amperios	110
Figura 61. CPU maestro	112
Figura 62. Caja de mando	113
Figura 63. Router	114
Figura 64. Esquema general de las redes utilizadas en los niveles de campo aplicados al presente proyecto	117
Figura 65. Esquema de las redes del nivel de campo	119
Figura 66. Direccionamiento de los esclavos AS-i por parte de la CPU	121
Figura 67. Bloque FC7 ASI_3422	123
Figura 68. Esquema transferencia de datos a esclavos AS-i	126
Figura 69. Componentes de la ET200S	128
Figura 70. Maestro para la red Profinet.	128
Figura 71. ET200S en el HW	129
Figura 72. Módulos de la ET200S	130
Figura 73. Entradas y salidas disponibles de la ET200S	131
Figura 74. Esquema de la comunicación en el nivel de célula.	133
Figura 75. Ventana de enlace TCP	134
Figura 76. Bloque AG_SEND	135
Figura 77. Bloque AG_RECV	137
Figura 78. Esquema transferencia de datos con CP-ADVANCED	139
Figura 79. Esquema de comunicaciones del nivel de planta	140
Figura 80. Ventana del enlace S7	141
Figura 81. Bloque FB15 PUT	142
Figura 82. Bloque FB14 GET	144
Figura 83. Esquema de comunicaciones entre el nivel de planta y célula	146
Figura 84. Esquema de comunicaciones del nivel de gestión	147

Figura 85. Anexo de otro equipo en el NetPro de STEP7	148
Figura 86. Enlace S7 no especificado	149
Figura 87. Imagen de inicio del SCADA de la planta embotelladora	151
Figura 88. Imagen del panel de control	152
Figura 89. Imagen de los subsistema de la planta embotelladora.	153
Figura 90. Imagen del sistema de llenado de tanques	154
Figura 91. Imagen del sistema de envasado del producto	155
Figura 92. Imagen del sistema de taponado de botellas	155
Figura 93. Imagen del sistema de empackado	156
Figura 94. Portada del manual de prácticas	158
Figura 95. Ubicación de los equipos en los bancos	161
Figura 96. Configuración del equipo esclavo en el HW y el NetPro	162
Figura 97. Configuración de los bloques de datos de almacenamiento	163
Figura 98. Tabla de símbolos del sistema de llenado de tanques y del sistema de envasado	164
Figura 99. Creación de los bloque FC	165
Figura 100. Programación en el bloque FC10	166
Figura 101. Bloques de comunicación en el bloque de organización	167
Figura 102. Visualización de los estados de las variables	168

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Simbología de posición de los equipos en los bancos	57
Tabla 2. Tabla de variables del sistema de llenado de tanques	63
Tabla 3. Tabla de variables del sistema de envasado del producto	65
Tabla 4. Tabla de variables del sistema de taponado de botellas	67
Tabla 5. Tabla de variables del sistema de empaclado de botellas	68
Tabla 6. Distribución de los 36 pines de conector	70
Tabla 7. Datos técnicos del LOGO!	72
Tabla 8. Distribución de los pines conector utilizado para el LOGO!	75
Tabla 9. Datos técnicos de la caja de mando con chip AS-i	78
Tabla 10. Datos técnicos de la fuente AS-i	80
Tabla 11. Datos técnicos del módulo de usuario digital	82
Tabla 12. Datos técnicos del detector de proximidad BERO inductivo	84
Tabla 13. Datos técnicos del módulo para derivaciones del consumidor	86
Tabla 14. Datos técnicos del guardamotor	88
Tabla 15. Datos técnicos del arrancador suave	89
Tabla 16. Significado de los colores de los cables AS-i	96
Tabla 17. Datos técnicos de la fuente de poder de 2 amperios	97
Tabla 18. Datos técnicos de la CPU 314 IFM	99
Tabla 19. Datos técnicos de la CP ADVANCED	100
Tabla 20. Datos técnicos del módulo de comunicaciones CP342-2 para red AS-i	103
Tabla 21. Leds de indicación de la CP 342-2 AS-i	105
Tabla 22. Direccionamiento del maestro AS-i	106
Tabla 23. Códigos estándar de colores para el cable RJ45	108
Tabla 24. Datos técnicos de la fuente de poder (PS) de 5 amperios	110
Tabla 25. Datos técnicos de la CPU maestro	111
Tabla 26. Direcciones de las entradas y salidas de los esclavos	122

Tabla 27. Parámetros del bloque FC7 ASI_3422	123
Tabla 28. Parámetros del enlace TCP	134
Tabla 29. Parámetros del bloque AG_SEND	135
Tabla 30. Parámetros del bloque AG_RECV	137
Tabla 31. Parámetros del enlace S7	142
Tabla 32. Parámetros del bloque FB15 PUT	143
Tabla 33. Parámetros del bloque FB14 GET	144
Tabla 34. Parámetros del enlace S7 no especificado	149

## RESUMEN

**TÍTULO:** COMUNICACIÓN INDUSTRIAL BASADO EN LA PIRAMIDE DE LAS REDES INDUSTRIALES\*

**AUTORES:** VILLAMIZAR PINILLA Carlos Enrique  
BUENO RAMÍREZ Jaime Iván.\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Redes industriales, Pirámide de la Automatización, Ethernet, Profinet, AS-interface, PLCs, periferia descentralizada, SCADA.

### DESCRIPCIÓN.

En la actualidad, y para la industria moderna, y por ende para los ingenieros mecánicos, las comunicaciones de datos entre los diferentes procesos y sistemas que componen una empresa son pilares importantes para el progreso y competitividad de la misma; por ello es necesario que el estudiante conozca los requisitos, ventajas y desventajas, que van desde el nivel de campo hasta el nivel de gestión, pertenecientes a la pirámide de estratificación de las redes industriales, las velocidades de transmisión y de respuestas más adecuadas dependiendo del nivel en que se encuentre nuestro proceso y saber cuál nivel es el más apropiado para aplicar en cada caso. Para soportar lo anterior mencionado, se realizaron 3 bancos de laboratorio, en la cual se aplican las redes industriales por medio de la emulación de 4 subprocesos de una planta embotelladora, como son, subproceso del sistema de llenado de tanques, subproceso del sistema de envasado del producto, subproceso del sistema de taponado y subproceso del sistema de empacado, los cuales tienen un total de 86 señales booleanas, con el fin de dar un enfoque industrial en forma pedagógica.

Estos bancos, están orientados a soportar las comunicaciones de los diferentes niveles de la pirámide de la automatización, así como la fácil identificación y visualización de los equipos usados en cada práctica, con la utilización de las redes Ethernet, red AS-i, red Profinet, también con el desarrollo de un sistema de control y adquisición de datos (SCADA), para poder observar en el nivel de gestión cada uno de los subprocesos emulados.

Se desarrollaron 5 prácticas, las cuales están soportadas en un manual de prácticas con cada uno de los pasos y procesos que se deben realizar para configurar una red y poder tener una transferencia entre los distintos controladores S7 300 de Siemens.

---

\* Proyecto De Grado.

\*\* Universidad Industrial De Santander. Escuela De Ingeniería Mecánica. Facultad De Ingenierías Físicomecánicas. Director. Jorge Enrique Meneses Flórez.

## SUMMARY

**TITLE:** INDUSTRIAL COMMUNICATION BASED ON THE PYRAMID OF INDUSTRIAL NETS.\*

**AUTHORS:** VILLAMIZAR PINILLA Carlos Enrique  
BUENO RAMÍREZ Jaime Iván.\*\*

**KEY WORDS:** Industrial nets, automation pyramid, Ethernet, Profinet, AS-interface, PLCs, decentralized periphery, SCADA.

### DESCRIPTION:

Nowadays, data communication between different processes and systems that compound a company are important pillars to the progress and to the competitiveness on this, not only for the modern industry but also for mechanical engineer itself. Thus, it is necessary that students know the requirements, advantages and disadvantages belonging to the pyramid of stratification of the industrial nets from the view of the practical field to the administration level, and also transmission speed and the answers required taking into account the level that our industrial process requires in each case. In order to develop this project, three lab structures were made in which were applied industrial nets by the emulation of four sub processes of a bottling industry such as: filling up tanks sub process system, product bottling sub process system, blocking sub process system and packing sub process system. These sub processes contain 86 Boolean signs in order to have an industrial- pedagogical approach.

These structures are oriented to support communication nets from different levels of the pyramid of the automation and the identification and visualization of used equipment in each practicum as well, by using Ethernet, AS-I and Profinet nets. Moreover, developing a system of control and data acquisition (SCADA) is fundamental in order to observe an administration on each one of the emulated processes.

Additionally, 5 practices were developed and they are supported in a handbook of practice which explains each one of the steps and processes that must be developed to shape a net in order to have transference between the different S7 300 Siemens controllers.

---

\* Degree project.

\*\* Industrial University of Santander. School of Mechanical Engineering. Faculty of Engineering physicommechanical. Director. Enrique Meneses Jorge Florez.

## INTRODUCCION

Desde sus inicios, la Universidad Industrial de Santander y en especial la escuela de Ingeniería Mecánica, promueven el desarrollo de las competencias entre sus estudiantes, con el fin de formar mejores personas y preparar excelentes profesionales aptos para laborar en cualquier situación y campo.

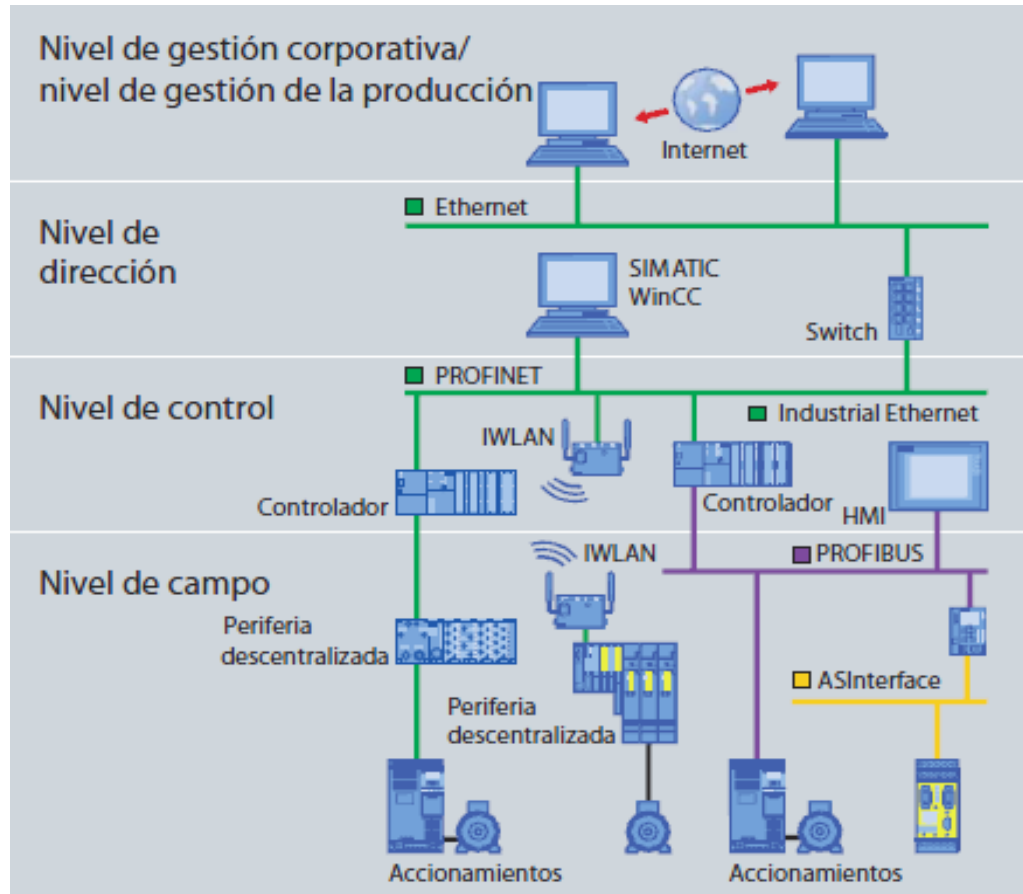
Con el auge de la automatización, los ingenieros mecánicos se ven expuestos a controlar una serie de equipos y dispositivos de los sistemas industriales, los cuales interactúan entre sí, entre tales dispositivos se encuentran los API (Autómatas Industriales Programables) de diferentes clases y para distintas funciones, todo esto con el fin de aumentar la eficiencia, seguridad, aprovechar al máximo su potencial en los procesos industriales, para así de esta manera aumentar su productividad.

De acuerdo con lo mencionado, todo ese avance tecnológico y desarrollo constante de la industrial, va ligada con la implementación de las redes industriales, y en especial basándose en la pirámide de la automatización industrial (ver figura 1), la cual se enfoca en los distintos niveles que ella tiene, como son el nivel de gestión, nivel de planta, nivel de célula y nivel de campo, principalmente, brindando así características idóneas para la optimización de los procesos.

Tales características de los niveles jerárquicos de la pirámide de la automatización son:

- **NIVEL DE GESTIÓN.** Es el eslabón más alto en la jerarquía de la pirámide, integra los demás niveles de la fábrica, como por ejemplo el campo de mantenimiento, de maquinaria y parte administrativa, por ende encierra gran cantidad de datos a almacenar.

Figura 1. Pirámide general de la automatización



Fuente. Siemens

- NIVEL DE PLANTA.** Es el encargado de dirigir a las distintas zonas de trabajo las órdenes a ejecutar. Aquí se puede situar los API, PC, SCADA, con el fin de brindar un direccionamiento, un control y supervisión de los demás niveles. Tiene la facultad de poder almacenar gran información de datos, así como una buena velocidad de transferencia de los mismos.
- NIVEL DE CÉLULA.** Es el ejecutor directo de los procesos por intermedio de los API, los cuales son direccionados desde el nivel de planta, aquí se emplean diferentes tipos de buses, siendo los más utilizados Ethernet y Profibus.

- **NIVEL DE CAMPO.** En este nivel se ejecutan todas las órdenes enviadas desde los diferentes niveles, lo más importante de este eslabón es la rapidez que se necesita para realizar el proceso, intervienen sensores, actuadores, entre otros.

Basándonos en lo expuesto, se pretendió dar una aplicación práctica a las redes industriales enfocado en la pirámide de la automatización, con la elaboración de un proceso de una planta embotelladora en forma hipotética y que está conformada por subsistemas, los cuales son representados en emuladores con fines didácticos y académicos.

Este informe describe la forma y proceso de elaboración de la aplicación de las redes industriales con énfasis en la pirámide de la automatización. Para un mejor entendimiento del libro, se estructura con los siguientes capítulos:

1. Comunicación industrial basada en la pirámide de las redes industriales. Aquí se da a conocer el objetivo general y los específicos que se desarrollaron en este proyecto y los cuales son cumplidos en su totalidad.
2. Descripción de la estructura de la pirámide de las redes industriales diseñada en el proyecto. En este capítulo se describen los emuladores utilizados de los subprocesos de la planta embotelladora, así como los niveles aplicados y dispositivos utilizados para cumplir con los requerimientos de la pirámide de la automatización, y también las redes que se usaron para la comunicación de los equipos.
3. Hardware empleado para el desarrollo del presente proyecto. Se describen las estructuras utilizadas, así como los equipos que ellas soportan, funciones y referencia de los elementos, todo lo anterior basado en la pirámide de la automatización y en la emulación de la planta embotelladora.

- 4.** Comunicación industrial de los niveles de la pirámide de la automatización que se utilizó para el presente proyecto. Se describe en forma básica la manera como se transfieren los datos entre los distintos niveles de la pirámide de la automatización, así como la configuración de los equipos empleados, una breve descripción del SCADA elaborado, aplicados al presente proyecto
- 5.** Diseño y elaboración del manual de prácticas. Aquí se muestra, en forma breve y descriptiva las partes que tiene el manual de prácticas, las cuales serán de gran importancia a la hora de aplicar los conocimientos adquiridos.
- 6.** Conclusiones.
- 7.** Recomendaciones.

# **1. COMUNICACIÓN INDUSTRIAL BASADA EN LA PIRAMIDE DE LAS REDES INDUSTRIALES.**

## **1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

Desde sus inicios, la Universidad Industrial de Santander y en especial la escuela de Ingeniería Mecánica han promovido el desarrollo de las competencias entre sus estudiantes con el fin de formar mejores personas y preparar excelentes profesionales aptos para laborar en cualquier situación y campo.

La rápida evolución de la tecnología y el desarrollo constante de la industria, hace evidenciar ciertas debilidades de los ingenieros mecánicos en diferentes campos y uno de esos es la rama de la Mecatrónica y la Automatización; por tal motivo ya se hizo un cambio en el pensum Académico de la Escuela de Ingeniería Mecánica introduciendo el estudio de disciplinas sobre las cuales son notorias las falencias en los ingenieros mecánicos, todo esto con el fin de desarrollar y profundizar conocimientos y habilidades para garantizar un mejor desempeño laboral.

En la actualidad, y para la industria moderna, y por ende para los ingenieros mecánicos, las comunicaciones de datos entre los diferentes procesos y sistemas que componen una empresa son pilares importantes para el progreso y competitividad de la misma; por ello es necesario que el estudiante conozca los requisitos, ventajas y desventajas, que van desde el nivel de campo hasta el nivel de gestión, pertenecientes a la pirámide de estratificación de las redes industriales, las velocidades de transmisión y de respuestas más adecuadas dependiendo del nivel en que se encuentre nuestro proceso y saber cuál nivel es el más apropiado para aplicar en cada caso, de manera correcta, el protocolo que corresponde.

También es imprescindible que el estudiante visualice en forma clara, práctica y aplicable, la pirámide de estratificación de las redes industriales, a un proceso industrial, y por ende, se hace necesario conocer las diferentes exigencias para cada tipo de red y cuál es el nivel más apropiado para aplicar los protocolos de comunicación industrial y así poder tener una idea más realista de la estratificación de las redes de datos en una empresa o proceso industrial y la conmutación de los distintos protocolos.

De acuerdo con lo expuesto, se puede identificar la problemática como: deficiencias en los conocimientos de los ingenieros mecánicos en lo que respecta a las redes de comunicación industrial, pirámide de estratificación de las redes industriales, temas que debido a los avances tecnológicos se consideran vitales en las industrias que constantemente evolucionan hacia la automatización, la cual va de la mano con la comunicación de datos en todos los niveles; de ahí la importancia de tener el conocimiento acerca del entorno de la comunicación en los procesos industriales.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA**

Como respuesta a la creciente presión que se está observando en la competencia de la industria nacional e internacional, al auge de la automatización industrial, hoy en día es importante aprovechar al máximo todos los potenciales de optimización que se presentan en una máquina o en una instalación, esto conlleva a la adquisición de conocimientos en comunicación industrial, la pirámide de estratificación de las redes industriales, entre otras, las cuales se abarcaran en este proyecto, con la utilización de las instalaciones y equipos existentes en el laboratorio de automatización industrial (LAI), perteneciente a la escuela de ingeniería mecánica y de esta manera estar acorde a los altos estándares internacionales y brindarle una mayor competencia a los futuros ingenieros.

Una de las partes más importantes en la cual se debe mejorar, ampliar y profundizar aún más, es la aplicación clara y visual de los conceptos adquiridos en el aula de clase, por ende, con la realización de bancos en los cuales muestren la emulación en forma práctica de algún proceso industrial, los estudiantes le darían un mayor significado a la teoría vista, les aportaría una mayor experiencia y acercamiento a la realidad industrial, les enseñaría responsabilidad e ingenio a dar soluciones ante retos asumidos en temas específicos, por esto es de gran trascendencia que vayan de la mano tanto la parte teórica como la práctica y para este fin se ha creado el laboratorio de automatización industrial que cuenta con muy buena tecnología para llegar a este objetivo.

### **1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO**

**1.3.1 Objetivo General.** Contribuir con la misión de la Universidad Industrial de Santander, en la formación de profesionales e investigadores, en la generación de conocimiento y aportes en desarrollo de tecnologías propias en la relación con la industria, buscando aportar solución al sector industrial.

#### **1.3.2 Objetivos específicos.**

- Diseñar e implementar cuatro prácticas, las cuales le brindarán al estudiante la capacidad y competencia en el campo de las redes industriales, los protocolos de comunicación industrial, la pirámide de estratificación y que estarán distribuidas de la siguiente manera:

**a.** Práctica 1: Comunicación entre dos S7-300 de la casa fabricante Siemens; uno que será el maestro y el otro que actuará como esclavo, por vía ETHERNET. Esta práctica constará de:

- 10 entradas y 9 salidas (on/off), emulando un proceso industrial de un sistema de envasado.
- Programación en el software Step 7, que regirá la secuencia adecuada para el funcionamiento del emulador.
- Configuración del protocolo pertinente para la comunicación entre los PLCs

**b.** Práctica 2: Comunicación entre un PLC S7 300 de la casa fabricante Siemens que será el maestro y un módulo de periferia descentralizada (ET200S), por vía ETHERNET. Esta práctica constará de:

- 8 entradas y 6 salidas (on/off), emulando un proceso industrial de un sistema de taponado de botellas.
- Programación en el software Step7, que guiará la secuencia adecuada para el funcionamiento del emulador.
- Configuración específica del protocolo, para la comunicación entre el PLC y el módulo de periferia descentralizada.

**c.** Práctica 3: Comunicación entre dos PLCs S7 300 de Siemens, uno de ellos actuará como maestro y el otro lo hará como esclavo, por vía PROFIBUS. Esta práctica constará de:

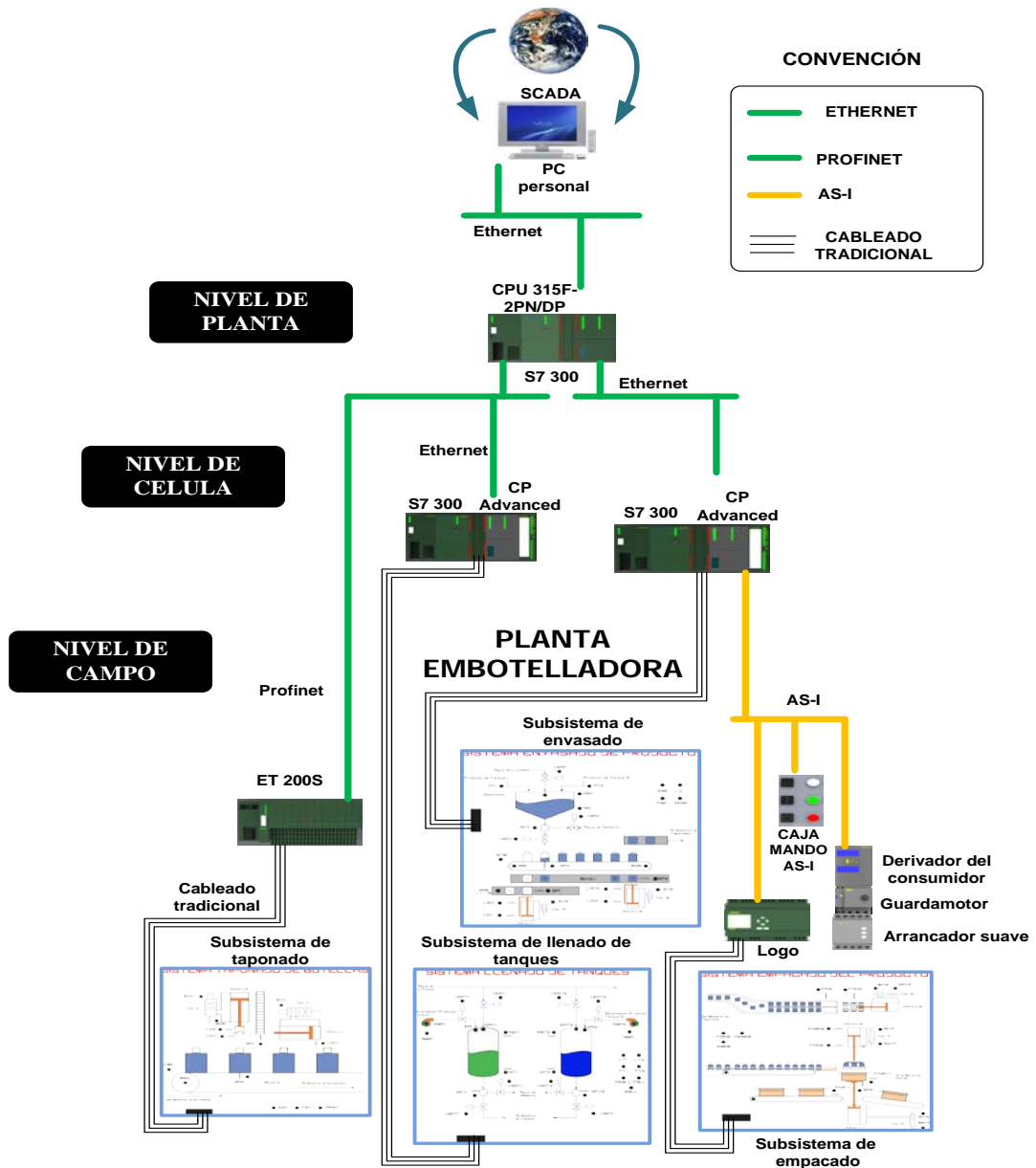
- 11 entradas y 9 salidas (on/off), emulando un proceso industrial de un sistema de llenado de tanques.
- Programación en el software Step7, la cual me regirá la secuencia a seguir para el adecuado funcionamiento del emulador.

- Configuración apropiada para este tipo de protocolo.
- d.** Práctica 4: Comunicación entre un PLC S7 300 (maestro) y un PLC S7 300 con CP 342-2 (maestro de la red AS-i). Esta práctica consta de:
- Los distintos elementos que conforman la red AS-i como son módulo de usuario sin chip AS-i, caja de mando, fuente AS-i, módulo de usuario con chip, fuente de 24V DC, bus AS-interface y bus AS-interface de alimentación externa.
  - 10 entradas y 14 salidas, emulando un proceso industrial de un sistema de empaque.
  - Programación en el software Step7 y configuración adecuada para el protocolo AS-interface.
  - Diseñar e implementar una práctica, en la cual se visualice la integración de los protocolos de comunicación utilizados en las prácticas antes mencionadas, basados en la pirámide de estratificación de las redes industriales. Esta práctica constará de:
    - comunicación del PLC maestro el cual será un S7 300 con los demás PLCs esclavo (S7 300), por vía ETHERNET y PROFIBUS y en donde se visualizará el nivel de planta o nivel de dirección.
    - La comunicación del PLC maestro con el módulo de periferia descentralizada ET200S por vía ETHERNET, el cual soportará un emulador de un proceso industrial y en donde se visualizará el nivel de campo y nivel de célula.

- La comunicación del PLC maestro con un PLC S7 300 por vía PROFIBUS ó ETHERNET, el direccionará el emulador de un proceso industrial, en donde se visualizará el nivel de célula.
- La comunicación del PLC maestro con un PLC S7 300 con CP 342-2 AS-i y de los demás componentes de la red AS-interface, la cual soportará un emulador de un proceso industrial y de esta manera se visualizará el nivel de campo y nivel de célula.
- Diseñar y realizar un manual de aplicación y puesta en marcha de la comunicación industrial, basado en la pirámide de estratificación de las redes industriales, en la cual soportará las cinco prácticas mencionadas anteriormente.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA PIRÁMIDE DE LAS REDES INDUSTRIALES DISEÑADA EN EL PROYECTO.

Figura 2. Estructura de la pirámide



Fuente. Autores

Para que el estudiante adquiriera mayores habilidades en las redes industriales en base a la aplicación práctica, se diseñó la estructura de la pirámide de la automatización para este proyecto, con las redes industriales necesarias y adecuadas (ver figura 2), para cumplir los objetivos propuestos en la sección 1.3.

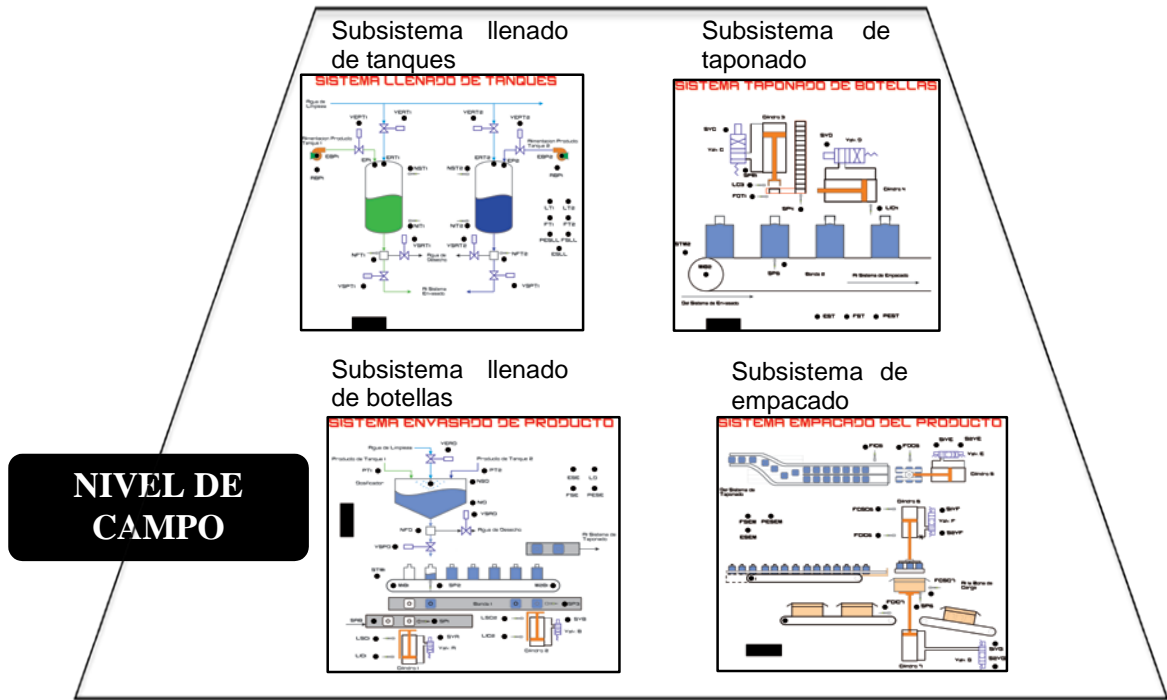
Se quiso representar en forma hipotética una “Planta embotelladora” compuesta por cuatro subsistemas, con el fin de obtener las principales y más representativas señales de esta, para lo cual con fines académicos y para poder demostrar la funcionabilidad de la pirámide de las redes industriales, se diseñaron emuladores (mímicos) que componen la planta embotelladora. Para cada subsistema se diseñó y se construyó un emulador con el fin de representar de manera clara el proceso industrial.

A continuación se da una breve descripción de los subprocesos emulados de la planta embotelladora, así como también los equipos utilizados en cada nivel de la pirámide de la automatización, y las redes que se seleccionaron y utilizaron para interconectar los dispositivos y hacer efectiva la transferencia de datos.

## **2.1 PROCESOS INDUSTRIALES EMULADOS**

Como ya se ha dicho, para realizar una aplicación de las redes industriales basadas en la pirámide de la automatización, se planteó la situación hipotética de la emulación de un proceso de una planta embotelladora, la cual está compuesta por cuatro subprocesos.

Figura 3. Subsistemas emulados en el nivel de campo



Fuente. Autores

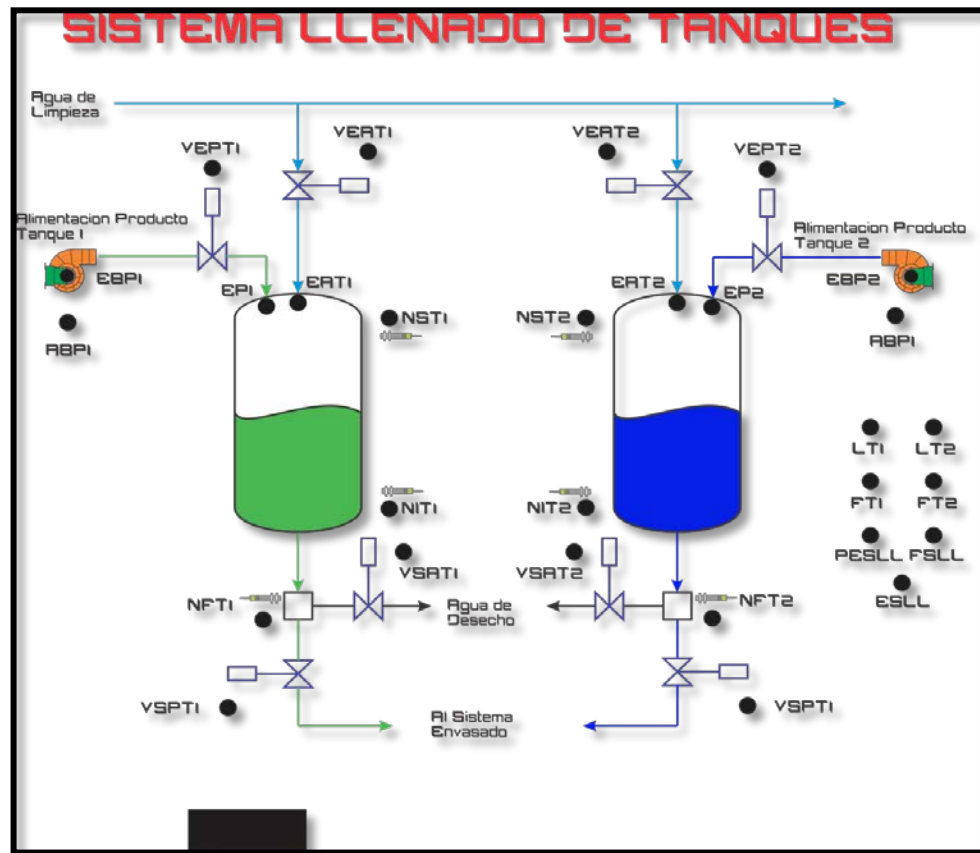
El nivel de campo está conformado por las señales (en este caso particular, señales booleanas on/off) de todos los sensores y actuadores que actúan en él, las cuales se emularon con los subprocesos que se describen a continuación:

**2.1.1 Subsistema del llenado de tanques.** En la figura 3, se puede visualizar en qué nivel se encuentra este subproceso de la planta embotelladora emulada.

**2.1.1.1 Descripción del subsistema del llenado de tanques.** En la figura 4, se muestra en forma gráfica y sencilla los componentes que integran este subsistema.

Consta de 2 tanques, los cuales son los que contienen el producto a mezclar en las botellas, 2 bombas hidráulicas con líneas de flujo y válvulas para dar paso de líquido. La secuencia empieza cuando se da funcionamiento al subsistema de llenado de tanques, continuando al encenderse las dos bombas hidráulicas para dar inicio al llenado de los tanques. Una vez alcanzado el nivel deseado de fluido, el cual se simboliza con la emulación de sensores del nivel inferior y nivel superior de los tanques por medio de interruptores, se abren dos válvulas para dejar pasar el líquido hacía el subsistema de envasado del producto. También consta de un sistema de lavado de tanques, con dos líneas de agua para ello, y sus respectivas válvulas para desechar el agua de residuo que sale de los tanques una vez culminado su lavado.

Figura 4. Esquema del subsistema de llenado de tanque

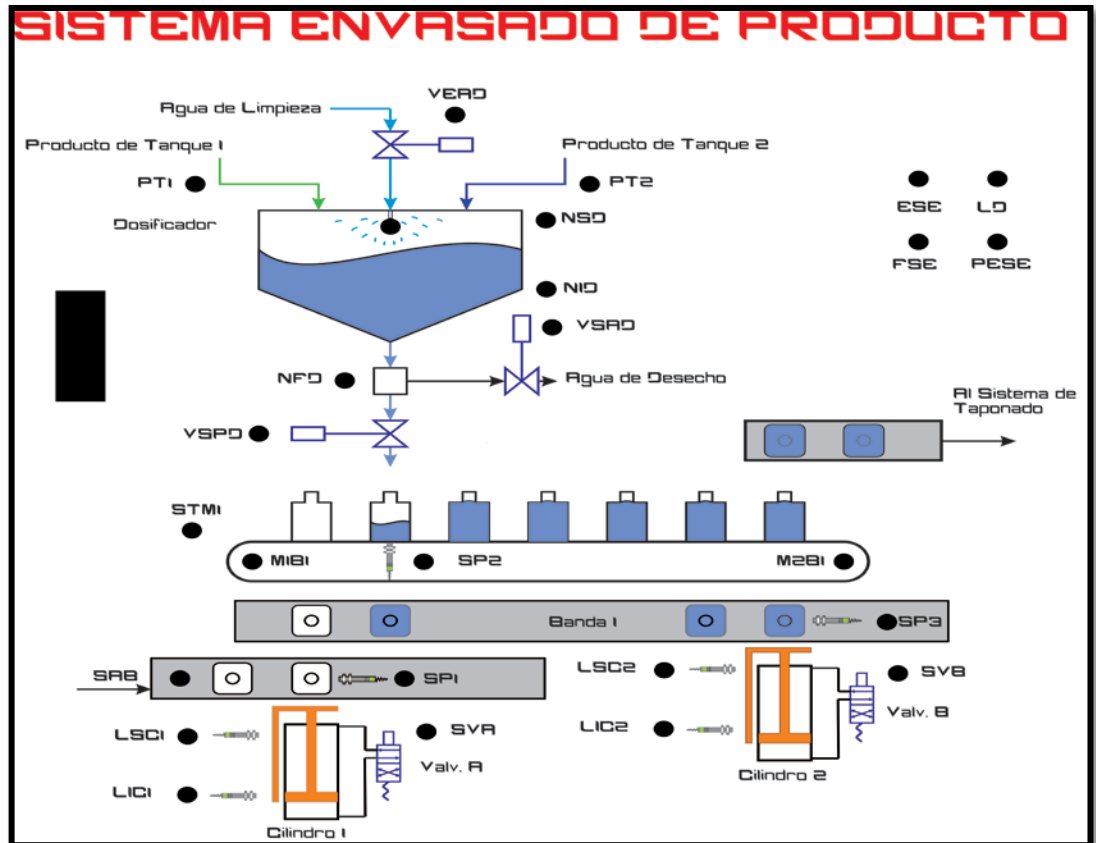


Fuente. Autores

## 2.1.2 Subsistema de envasado del producto.

2.1.2.1 Descripción del sistema de envasado del producto. En la figura 5, se puede observar los accesorios y dispositivos que se quieren emular aquí.

Figura 5. Esquema del subsistema de envasado del producto



Fuente. Autores

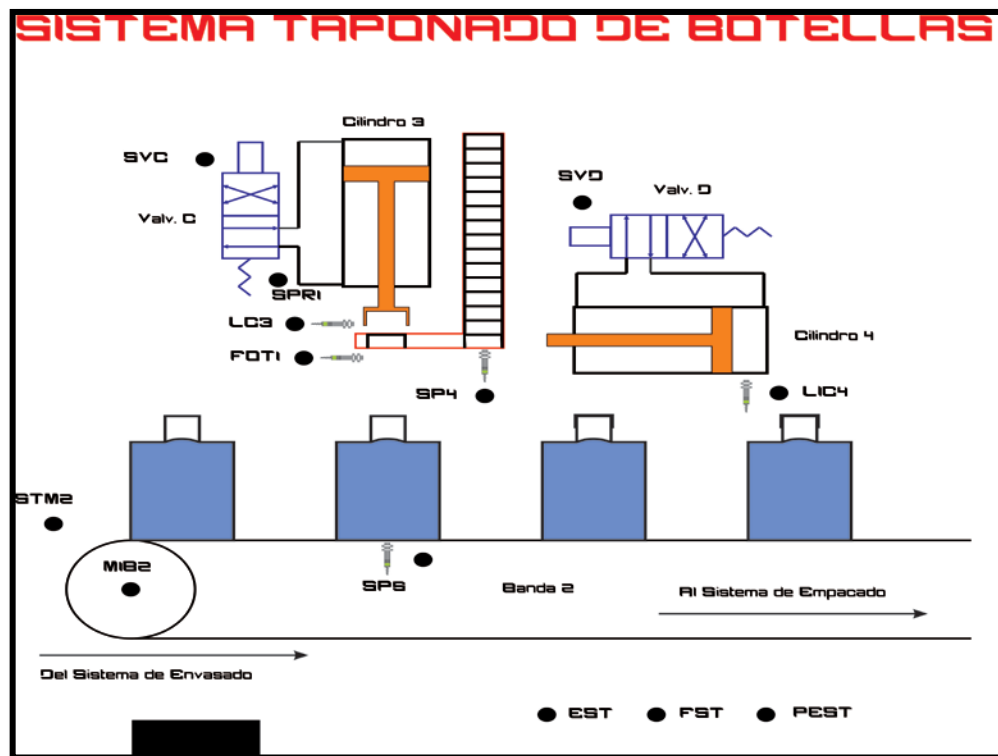
El producto proveniente del subsistema de llenado de tanques es almacenado en un dosificador, el cual al llegar a un nivel deseado, se activa el encendido del motor de la banda transportadora de las botellas, al acercarse alguna botella al sensor de posición, este hace que se frene el motor de la banda y se abra la válvula que llena a la botellas con el producto, terminado este proceso, se enciende de nuevo el motor de la banda para dar paso a la siguiente botella, esto

se repite con cada botella. Si se llega el caso de que el motor 1 sufriera de un calentamiento por su uso, se enciende el segundo motor de la banda transportadora, apagando al motor 1. Después de todo esto el siguiente paso es taponar las botellas.

### 2.1.3 Subsistema de taponado de botellas.

2.1.3.1 Descripción del subsistema de taponado de botellas. En la figura 6 se muestra los componentes de este emulador.

Figura 6. Esquema de subsistema de taponado de botellas.



Fuente. Autores

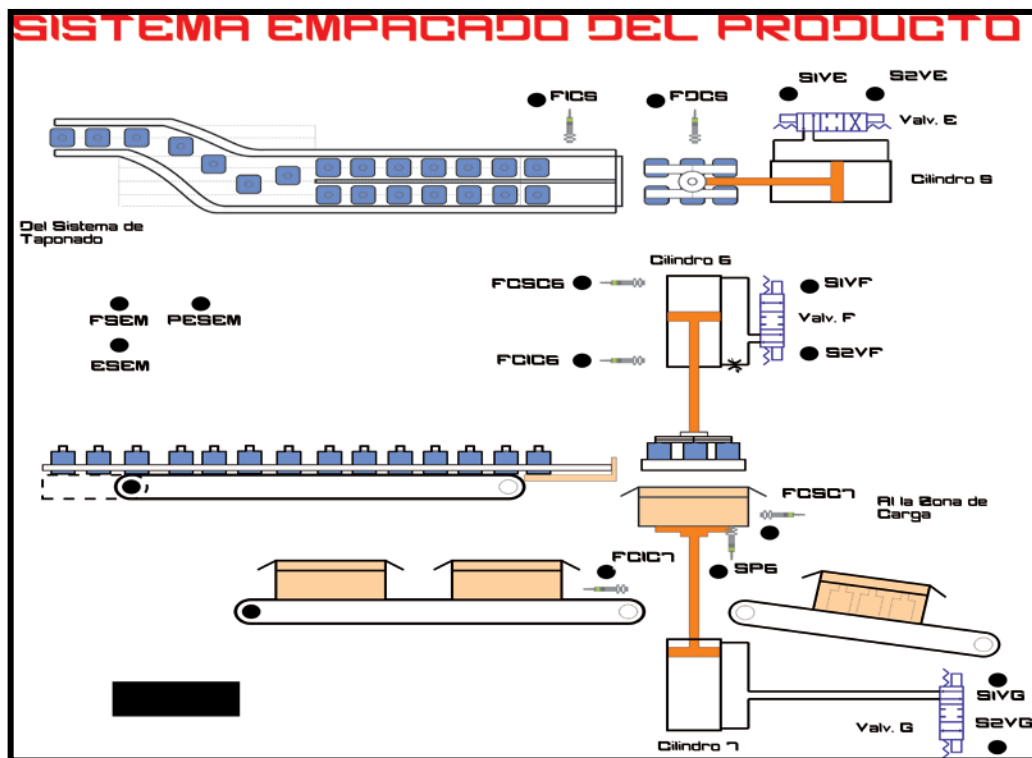
Una banda transporta a las botellas, ya con su producto proveniente del subproceso del sistema de envasado; cuando una de ellas llegue al sensor de posición, frena el motor de la banda y a su vez se activa un actuador para

posicionar una cubierta para la botellas, luego se activa otro actuador para enviar la cubierta a la botella y presionarla, y así se enciende de nuevo el motor de la banda para seguir al subsistema de empaclado del producto, esto se realiza para cada botellas.

#### 2.1.4 Subsistema de empaclado del producto.

2.1.4.1 Descripción del subsistema de empaclado del producto. En la figura 7, se observa los componentes que se utilizaron en este emulador

Figura 7. Esquema de subsistema de empaclado del producto.



Fuente. Autores

Una banda transportadora lleva a las botellas provenientes del subsistema de taponado del producto, cuando las botellas llegan al sensor de posición, se frena el motor de la banda, a su vez, se activa un actuador el cual engancha a las

botellas, una vez hecho esto, otro actuador se activa para subir la caja en donde se va almacenar este lote de 6 botellas, luego de esto, se activa otro actuador para empujar el producto hacia la caja, después se contrae el actuador que sostiene la caja para llevar el producto a la zona de carga, esto se repite por cada 6 botellas.

## **2.2 NIVELES DE LA PIRAMIDE DE LA AUTOMATIZACIÓN APLICADOS AL PROYECTO**

Como ya se describió en la introducción, los principales niveles de la pirámide de las redes industriales o de la automatización son el nivel de gestión, el de planta, de célula o control y el nivel de campo, a continuación se da una breve descripción de los niveles aplicados al presente proyecto y con breve descripción de los equipos seleccionados para cumplir a cabal los propósitos.

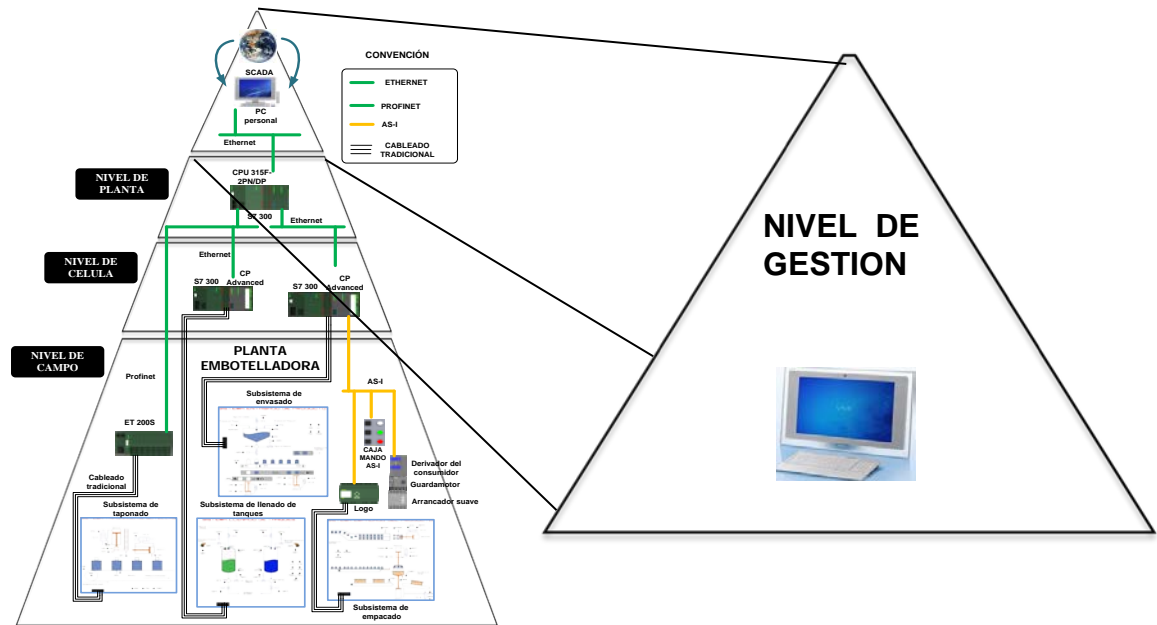
**2.2.1 Nivel de gestión.** Este nivel se caracteriza por tener computadores, en nuestro caso es uno del laboratorio de automatización industrial, al cual llegan grandes cantidades de datos de todos los niveles, desde aquí se pueden acceder a todos los puntos de red. No se necesita rapidez sino robustez, por la gran suma de información que llegan a él, su velocidad puede ser igual o mayor a 1Bit por 1000ms.

**2.2.1.1 Equipo seleccionado para este nivel.** Como se menciona, este nivel tiene la particularidad que aquí entra el computador, en el cual se pueda programar, configurar equipos, realizar operaciones administrativas y demás, por ende se seleccionó:

- **Computadora.** Se utilizó un Hewlett Packard (HP), con una capacidad de disco duro de 300 GB, una RAM de 3 GB con procesador AMD Phenom y con un sistema operativo Microsoft Windows XP. Es necesario que tenga el software

WINCC EXPLORER de SIEMENS, con el cual se realizó el diseño y la configuración de un SCADA para la visualización y control de todos los subprocesos, así como también el software STEP7 para realizar la configuración de los equipos y programación de la secuencia de cada subproceso.

Figura 8. Nivel de gestión en la pirámide de la automatización



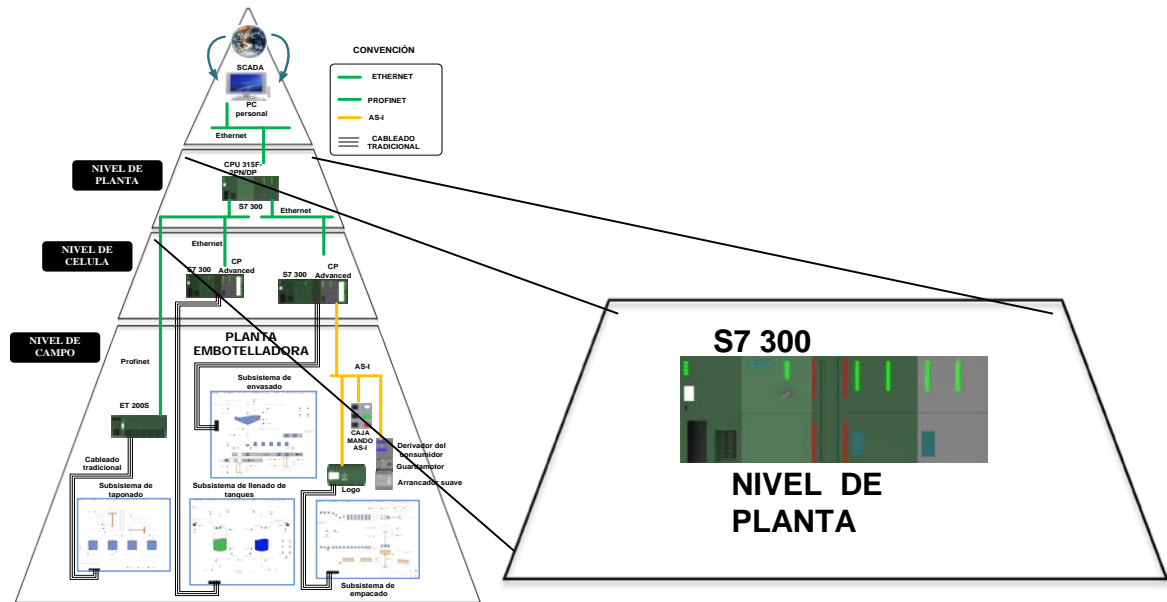
Fuente. Autores

**2.2.2 Nivel de planta.** Aquí es donde se controlan los demás PLCs de los niveles inferiores, se envían y se reciben grandes cantidades de datos, se direccionan las ordenes a ejecutar. Se manejan considerables proporciones de información, pues allí se recogen los datos y se transmiten nuevas órdenes a las demás estaciones. Ver figura 9, nivel de planta con los dispositivos seleccionados.

**2.2.2.1 Equipos seleccionados para el nivel de planta.** Para desarrollar las prácticas expuestas en el objetivo de la sección 1.2.2, y en base a la pirámide de las redes industriales y en especial para cumplir con los requerimientos del nivel de planta, se seleccionaron los siguientes equipos:

- **API.** Se seleccionó un PLC S7 300 de SIEMENS, el cual será el maestro y direccionará a los demás dispositivos y que consta de una PS de 2 amperios, una CPU 315F-2PN/DP de referencia 6ES7 315-2FH13-0AB0.

Figura 9. Nivel de planta en la pirámide de la automatización

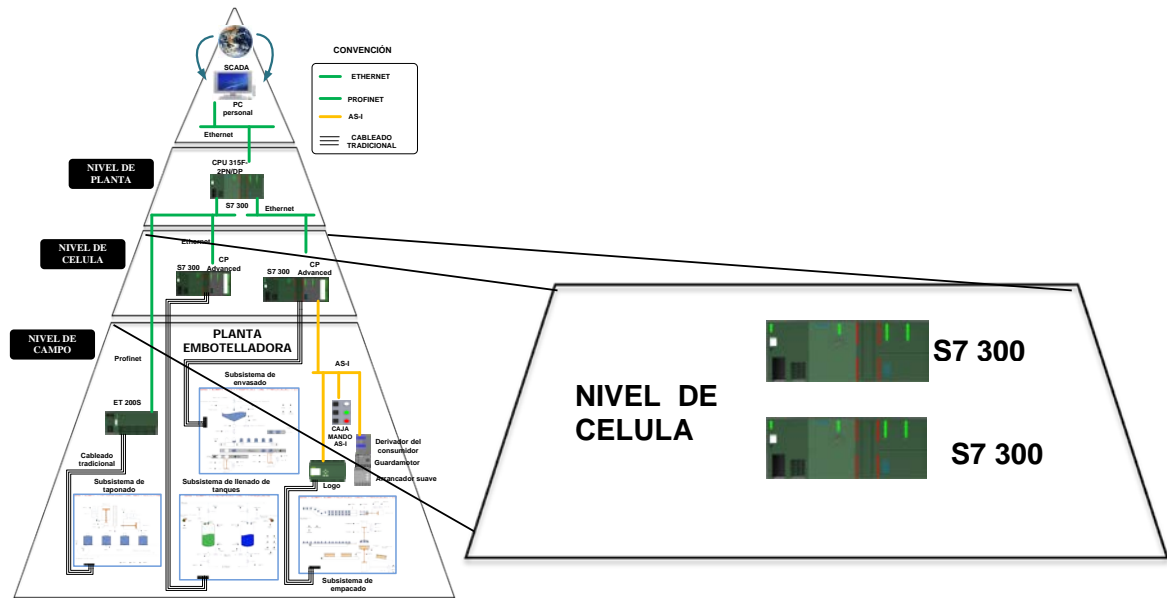


Fuente. Autores

**2.2.3 Nivel de célula o de control.** Es el encargado de ejecutar las órdenes recibidas del PLC maestro, está directamente involucrado con el proceso del nivel de campo y controla los subsistemas de la planta embotelladora. El nivel de célula es el nexo entre los dispositivos de campo y el nivel de planta, por ende, uno de sus objetivos es el de recoger información de sensores y transmitirlo ya se a un PLC maestro o a un PC industrial.

Tiene una velocidad de transferencia de datos menor a 100 ms, puede almacenar una buena cantidad de datos pero no en la misma magnitud que en el nivel de planta.

Figura 10. Nivel de célula en la pirámide de la automatización



Fuente. Autores

**2.2.3.1 Equipos seleccionados para el nivel de célula.** Estos equipos soportan la emulación de los cuatro subprocesos, los equipos seleccionados son:

- **API para Ethernet.** Se seleccionó un PLC S7 300 de SIEMENS, este controlador actúa como esclavo, controla el subsistema de llenado de tanques y está direccionado por el API maestro del nivel de planta, está conformado por una PS de 2 amperios, una CPU 341 IFM de referencia 6ES7 314-5AE02-0AB0 y un módulo de comunicación CP ADVANCED de referencia 6GK7 343-1GX30-0XE0 para Ethernet.
- **API para Ethernet y AS-i.** se escogió un PLC S7 300 de SIEMENS, el cual también está controlado y direccionado por el PLC maestro, y que controla los subsistema de emvasado y empaquetado, está conformado por una CPU 341 IFM de referencia 6ES7 314-5AE02-0AB0, un módulo de comunicaciones para Ethernet

CP ADVANCED de referencia 6GK7 343-1GX30-0XE0 y otro módulo para la red AS-i una CP 342-2 de referencia 342-2AH01-0XA0.

**2.2.4 Nivel de campo.** Se encuentra en la parte más baja de la pirámide de las redes industriales aplicada para este proyecto, este nivel es el que está directamente involucrado con los sensores, actuadores, máquinas (ver figura 11) del nivel de campo con algunos dispositivos), los cuales están conectados a los PLCs que se seleccionaron en el nivel de célula, por ende está expuesto a soportar intemperie, cambios de temperatura, grandes esfuerzos. Debe tener la facultad de responder a peticiones u órdenes en un tiempo menor a 10 ms, pues aquí las respuestas tienen que ser en tiempo real ya que se encuentra en relación directa con máquina.

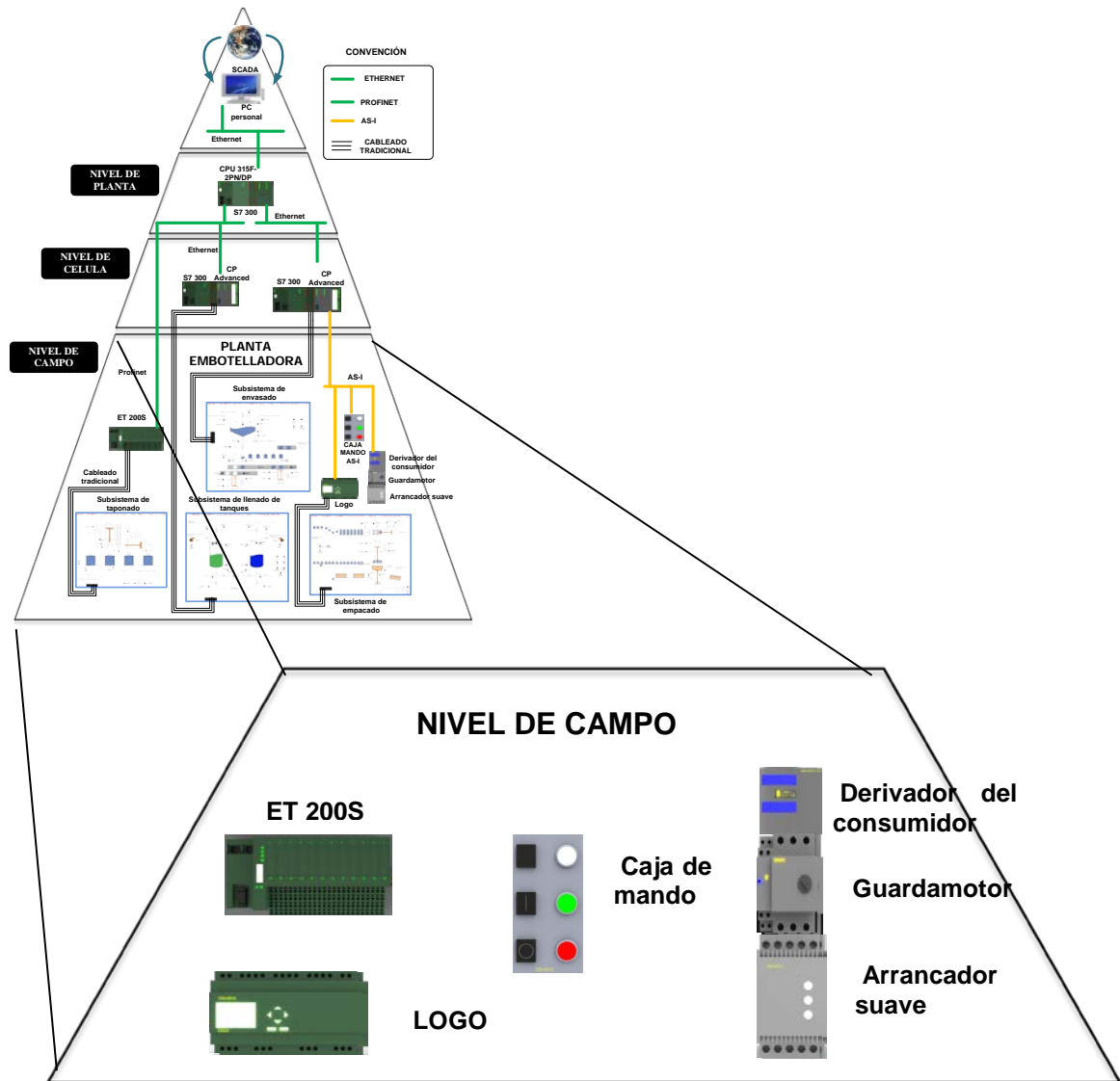
#### **2.2.4.1 Equipos seleccionados para el nivel de campo.**

- **Módulo de periferia descentralizada.** Algunas veces en un sistema o alguna máquina, por lo general las entradas y salidas del proceso suelen estar conectadas al PLC de forma centralizada, pero cuando la distancia del controlador hacía la máquina es considerable, se requiere una gran longitud de cables, por tal motivo es recomendable la utilización de un módulo de periferia descentralizada, pues con éste, la CPU de control se instala en forma centralizada, mientras que las entradas y salidas se hacen de forma descentralizada. Este dispositivo permite tener una comunicación descentralizada, más cercana a las máquinas, a los sensores y actuadores por medio de una comunicación con el protocolo Ethernet, por ende, con esto nos encontraríamos en el nivel de campo, gracias a su contacto directo con los dispositivos de los procesos de producción. Algunas características del módulo de periferia descentralizada son:

- Fácil cableado y postura.

- Su configuración para la comunicación es sencilla.
  - Ahorro de espacio gracias a la libre disposición de los módulos.
  - Reducción del cableado.
  - Tiempos de reacción cortos.
- **Fuente AS-i.** Es idónea para trabajar en la red AS-Interface, pues el bus de red necesita alimentación, cuenta con la capacidad de detección de fallos, como por ejemplo fallos en los sensores y actuadores que soporta el bus AS-i. Se caracteriza por su gran rendimiento, su protección contra cortos circuitos, protección contra sobre tensiones, montaje fácil y rápido.
  - **Caja de mando (esclavo AS-interface).** Se seleccionó este dispositivo esclavo de la red AS-i debido a que es una unidad móvil de gran seguridad de contacto, cómoda para su operación, montada sobre una estructura aislada, el cual controlará la parada de emergencia y el encendido de un motor. Es una caja que contiene un chip incorporado, para que así sea posible la conexión directa con el bus AS-Interface, con dos pulsadores, uno rojo y uno verde, y una luz de señalización, la cual actúa como una salida.
  - **Módulo de usuario digital con chip.** Es un esclavo de la red AS-i que tiene la capacidad en la cual se le pueden conectar dos sensores y dos actuadores digitales, los cuales también serían esclavos de la red AS-i.

Figura 11. Nivel de campo en la pirámide de la automatización.



Fuente. Autores

- Logo.** Se seleccionó este equipo, cuya referencia es LOGO! 24RCL B11 para AS-i, porque es un mini autómatas, pensado para realizar tareas sencillas de automatización, es un esclavo inteligente de la red AS-i, controlado por el PLC del nivel de célula, se seleccionó para que ejecute el subproceso del sistema de empaquetado de botellas. A continuación se nombran algunas de sus cualidades y motivos por los cuales se seleccionó este dispositivo:

- Capacidad para realizar control.
  - Tiene unidad de visualización y operación.
  - Fuente de alimentación
  - Posee 12 entradas y 8 salidas.
  - Interfaz para módulo de programa y cable para PC.
  - Posee interfaz para módulo de ampliación.
  - Temporizadores.
  - Marcas digitales y analógicas.
- **Distribuidor pasivo sin chip.** Tiene la misma función del dispositivo anterior, al cual también se le adaptan dos sensores y dos actuadores, para que funcionen como esclavos de la red AS-i, como su nombre lo indica, sirve como distribuidor del cable de red AS-i.
  - **Derivación del consumidor.** se seleccionó este dispositivo por que ofrece la posibilidad de conectar un guardamotor y un arrancador suave, los cuales protegerán al motor contra sobrecargar, cortocircuitos, mientras que el arrancador suave evita corrientes pico en el arranque y disminuye el desgaste del motor.
  - **Guardamotor.** Se seleccionó este equipo para hacer la emulación de proteger el motor de la banda transportadora. Es un interruptor que permite comandar y proteger los motores, especialmente los motores eléctricos.

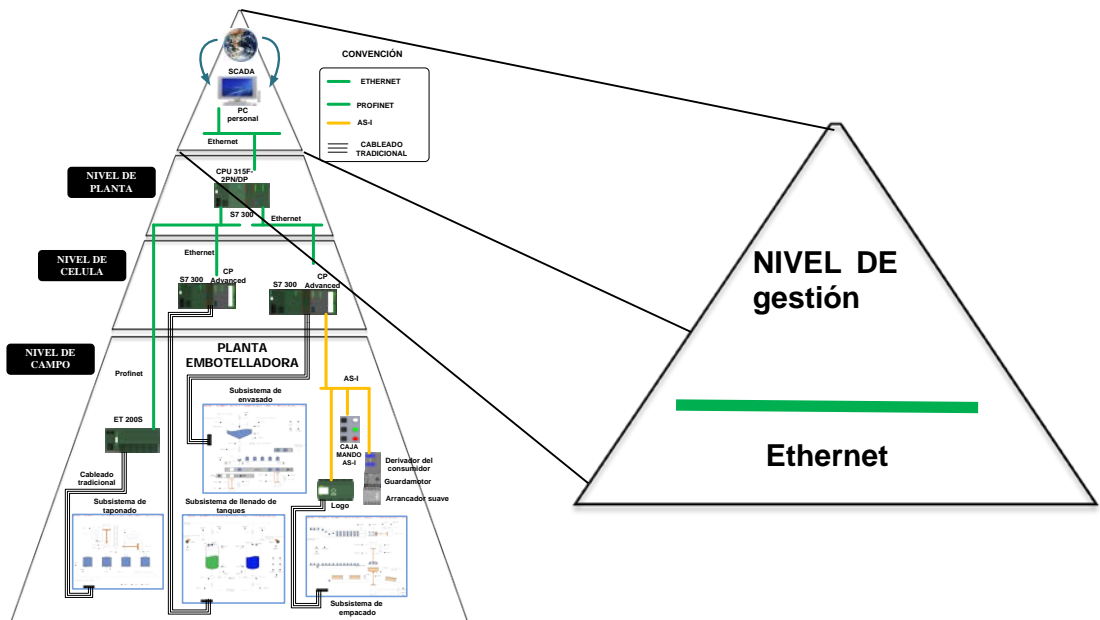
- **Arrancador suave.** Se seleccionó para emular la reducción de la tensión de cada fase del motor, va encajada con el derivador del consumidor junto con el guardamotor.

## 2.3 REDES INDUSTRIALES APLICADAS AL PROYECTO

Para poder cumplir con los requerimientos necesarios de los niveles de la pirámide de la automatización utilizados en este proyecto (ver figura 2), y de los equipos dispuestos, ver sección 2.2, se seleccionaron los siguientes protocolos de comunicación:

**2.3.1 Red para el nivel de gestión.** Esta red debe tener la capacidad para manejar grandes cantidades de información, sin que haya tráfico de la misma, pues desde aquí se enviarán y llegarán paquetes de datos hacia y desde los demás niveles de la pirámide.

Figura 12. Red para el nivel de gestión.

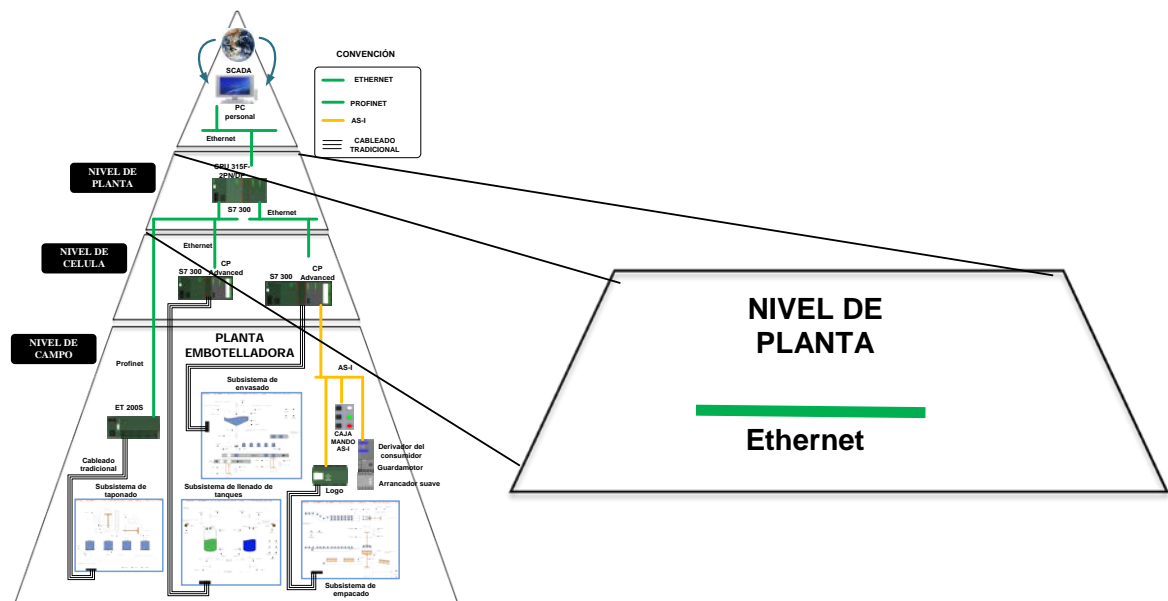


Fuente. Autores

**2.3.1.1 Red Ethernet para nivel de gestión.** Es idónea para manejar grandes cantidades de paquetes de información sin que haya tráfico de los mismos. Está basado en el protocolo TCP/IP, puede manejar velocidades desde 10Megabits hasta 1 Gigabits, con él se puede tener la habilidad de acceder a los distintos niveles que conforman la pirámide. Con este tipo de red se puede realizar un sistema de control y adquisición de datos SCADA, con el fin de monitorear lo que pasa en los procesos industriales que componen la emulación de la planta embotelladora.

**2.3.2 Red para el nivel de planta.** Como ya se ha mencionado, este nivel recibe y envía toda la información hacia los demás niveles de la pirámide, así como a los controladores, por ende se necesita de una red que tenga la capacidad de soportar transferencia de datos sin provocar un tráfico del mismo, pero que a su vez tenga una velocidad de transferencia de datos considerable. Para cumplir con lo anterior mencionado se seleccionó el protocolo Ethernet.

Figura 13. Red para el nivel de planta.



Fuente. Autores

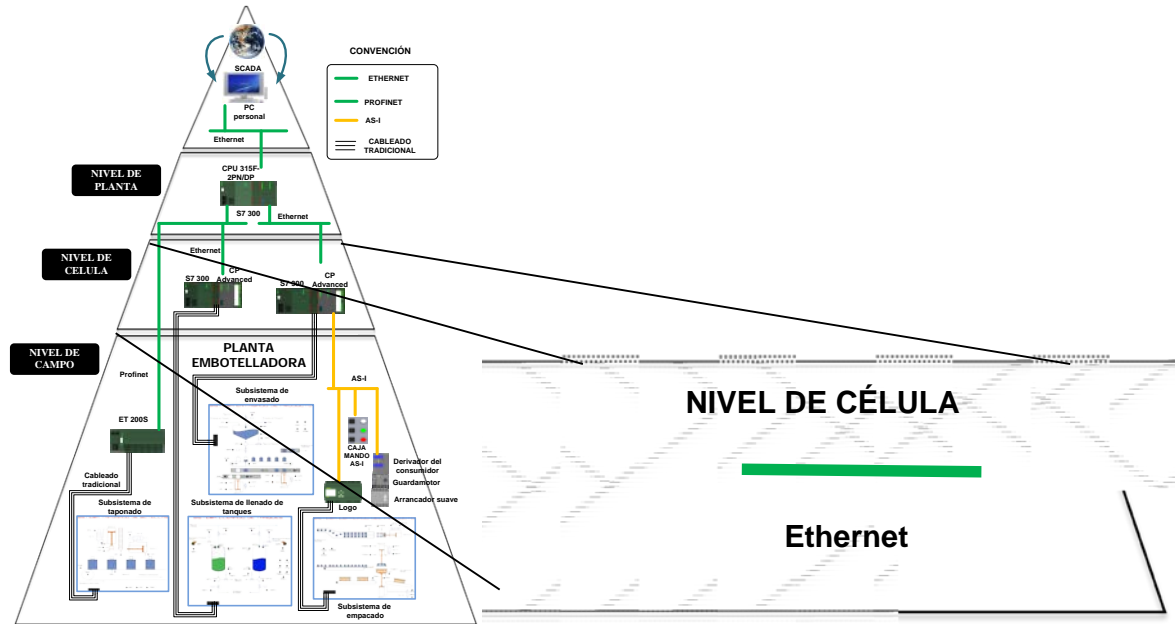
**2.3.2.1 Red Ethernet para el nivel de planta.** Se seleccionó este tipo de red pues ella permite distribuir geográficamente un grupo de ordenadores interconectados entre sí.

Ethernet IP (industrial protocolo), se basa en un sistema de universalidad, encontrando elementos de interconexión prácticamente en cualquier parte, y a cualquier ordenador. Ethernet se ha convertido en una red de comunicación ideal, fiable y de bajo costo, lo cual lo hace muy interesante ante los ojos industriales. Las redes Ethernet transmiten datos a velocidades que van desde 10Megabits a 1Gigabits, usando cable UTP de categorías 5 y 6.

**2.3.3 Red para el nivel de célula.** Este nivel se caracteriza por ser la conexión con los niveles de campo y de planta, aquí se hacen efectivas las órdenes enviadas desde el maestro y su direccionamiento, está compuesto en nuestro caso por dos controladores API, aquí no se manejan gran información de datos ni tampoco gran velocidad de transferencia, prima la seguridad del envío. En este eslabón se supervisa directamente los procesos de campo.

**2.3.3.1 Red Ethernet para el nivel de célula.** Con el fin de cumplir las características mencionadas en el numeral anterior ,y para hacer posible los objetivos propuestos en la sección 1.3, se seleccionó la red Ethernet, la cual no se describirá, pues en el numeral 2.3.2.1 ya se hizo, y esta red, en este nivel, tiene las mismas características de la del nivel de planta.

Figura 14. Redes para el nivel de célula

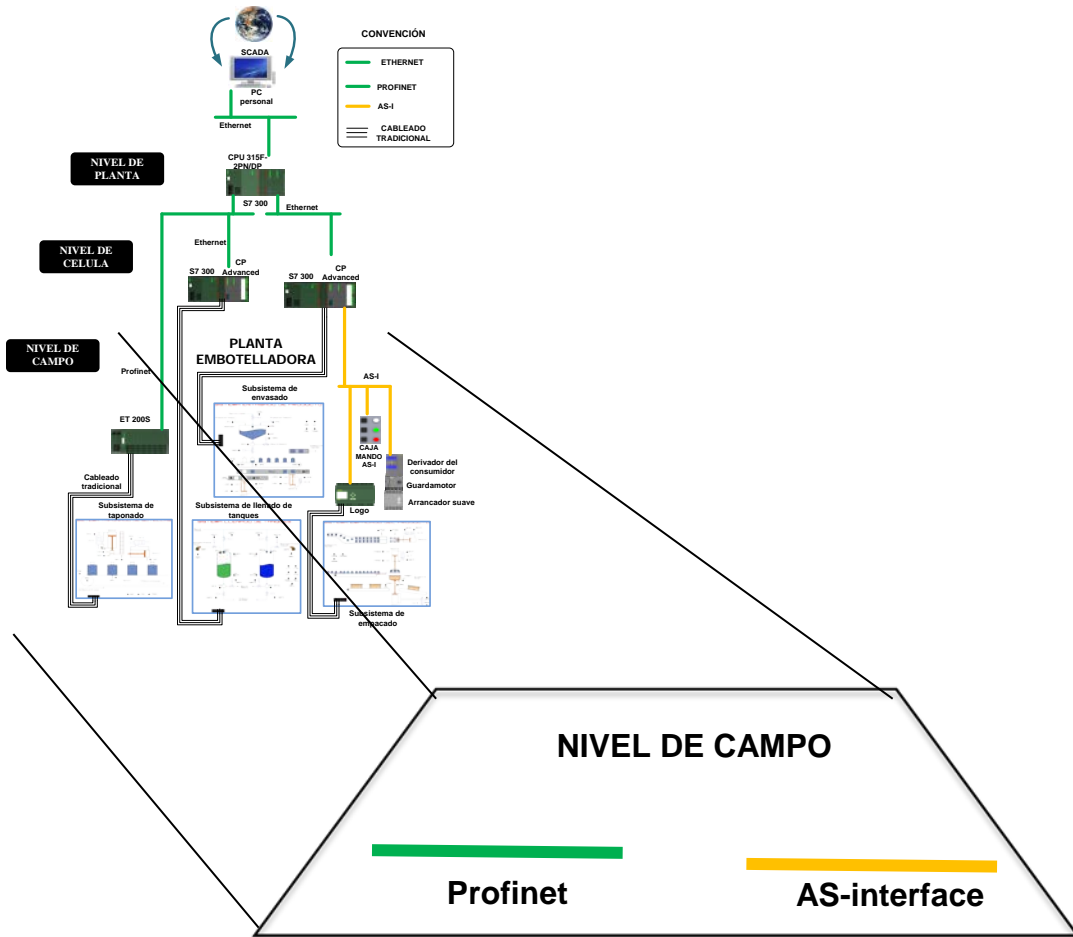


Fuente. autores

**2.3.4 Red para el nivel de campo.** Este nivel se caracteriza por que debe tener una gran velocidad de transmisión de datos más que una buena capacidad de almacenar datos, que sea versátil y de fácil manejo, por ende se seleccionaron dos protocolos de comunicación que son:

**2.3.4.1 Red AS-Interface.** Se seleccionó este protocolo pues es idóneo para la comunicación entre un maestro y actuadores o sensores de campo de una red AS-i, suple el mazo de cables provenientes del controlador del nivel de célula, por un solo cable al cual se le conectan los dispositivos esclavos, ya existentes en el laboratorio de automatización industrial, para recibir y enviar señales digitales o analógicas mediante el método de perforación de aislamiento. Este bus de campo se caracteriza por su alto grado de sencillez, efectividad y economía. Su velocidad de respuesta es menor a 10 ms. Pueden funcionar hasta 124 actuadores y 124 sensores en 31 estaciones.

Figura 15. Redes para el nivel de campo.



Fuente. Autores

**2.3.4.2 Red Profinet.** Se seleccionó esta red pues con ella se enviaron datos desde el controlador maestro hacia el módulo de periferia descentralizada, el cual se encuentra en el nivel de campo. Esta red se caracteriza por que está basado en Ethernet bajo el protocolo TCP/IP y con ello se consigue trabajar en el nivel de campo en tiempos reales, con una gran velocidad de transferencia de datos, puede llegar hasta tener reacciones menores a 5 ms. Suple el manjo de cables tradicional en los controladores por sólo un cable de llegada al módulo de periferia descentralizada y de este hacia los sensores y actuadores.

En conclusión, según lo mencionado anteriormente, se puede decir que este proyecto consta de cuatro niveles que pasan desde el nivel de campo hasta el de gestión, principalmente. Todo lo anterior es para que el estudiante visualice en forma práctica la aplicación de las redes industriales con la emulación de los cuatro subsistemas que componen la hipotética planta embotelladora.

### **3. DISEÑO DE LOS BANCOS DE PRÁCTICAS BASADOS EN LOS NIVELES DE LA PIRAMIDE DE LA AUTOMATIZACIÓN.**

#### **3.1 INTRODUCCIÓN**

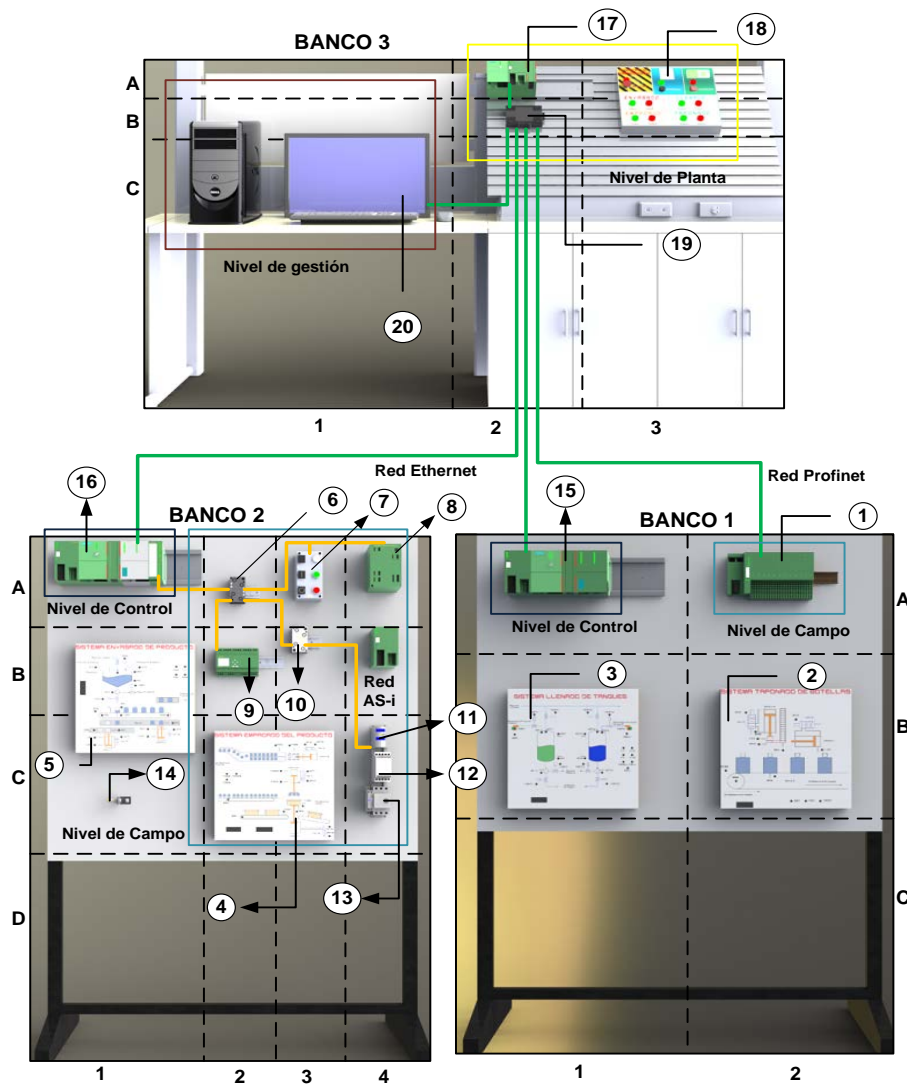
Para cumplir con los objetivos específicos del proyecto, los bancos se deben diseñar de una forma didáctica y práctica, para que el estudiante pueda adquirir mayores habilidades en el campo de las redes industriales, a medida que vaya conociendo y entendiendo el funcionamiento de los dispositivos utilizados en el presente proyecto, los cuales son aplicados en la industria.

El diseño de los bancos y la distribución de los equipos, hace que sea una estructura flexible, de fácil manejo, en la cual los componentes se pueden mover de una forma sencilla, en donde tales facultades, permiten al estudiante una fácil identificación de los dispositivos utilizados en cada práctica y su visualización del funcionamiento de los mismos. Dicho lo anterior, se diseñaron 3 bancos (ver figura 16), los cuales soportan los niveles de la pirámide de la automatización aplicados (nivel de campo, célula, control y gestión), así como las redes seleccionadas (red AS-i, red Profinet y red Ethernet) y los equipos seleccionados para realizar las prácticas, cuyas ventajas son:

- Mejor distribución del espacio entre los equipos a utilizar en las prácticas.
- Mayor claridad en la función que cumplirá cada emulador de los subprocesos de la planta embotelladora.
- Posibilidad de la acoplar las 3 formas de comunicación en un mismo sistema.

- Fácil identificación de los equipos empleados y las redes industriales utilizadas.
- Estructura flexible, debida a que su movilidad es fácil y práctica gracias a sus ruedas como apoyo, también los dispositivos en ella son desmontables de una forma sencilla para que su utilización sea versátil y no dependa sólo de estos bancos.

Figura 16. Hardware general empleado en el presente proyecto



Fuente. Autores

Como se observa en la figura anterior, en los bancos se pueden visualizar en forma clara los tipos de redes utilizados, así como los dispositivos empleados con su respectiva ubicación, cuya simbología se explica a continuación:

1. Módulo de periferia descentralizada ET200S ubicado en el banco 1, posición A2.
2. Emulador del subsistema de taponado de botellas, ubicado en el banco 1, posición B2.
3. Emulador del subsistema de llenado de tanques, ubicado en el banco 1, posición B1.
4. Emulador del subsistema de empacado, ubicado en el banco 2, posición C2.3.
5. Emulador del subsistema de envasado, ubicado en el banco 2, posición B1.
6. Distribuidor pasivo sin chip, ubicado en el banco 2, posición A2.
7. Caja de mando AS-i, ubicado en el banco 2, posición A3.
8. Fuente AS-i, ubicada en el banco 2, posición A4.
9. LOGO!, ubicado en el banco 2, posición B2.
10. Módulo de usuario digital, ubicado en el banco 2, posición B3.
11. Derivador del consumidor AS-i, ubicado en el banco 2, posición C4.

12. Guardamotor, ubicado en el banco 2, posición C4.
13. Arrancador suave, ubicado en el banco 2, posición C4.
14. Bero inductivo, ubicado en al banco 2, posición C1.
15. PLC S7 300(1) con CPU 314 IFM, ubicado en el banco 1, posición A1.
16. PLC S7 300(2) con CPU 314 IFM, ubicado en el banco 2, posición A1.
17. PLC S7 300(3) con CPU 315F-2PN/DP, ubicado en el banco 3, posición A2.
18. Caja de mando, ubicado en el banco 3, posición AB3.
19. Switch, ubicado en el banco 3, posición B2.
20. Computador, ubicado en el banco 3, posición C1.

La siguiente tabla muestra el nombre de los equipos utilizados, así como su símbolo de ubicación en los bancos y el significado de tal símbolo.

Tabla 1. Simbología de posición de los equipos en los bancos.

NOMBRE	SÍMBOLO DE UBICACIÓN	SIGNIFICADO DEL SÍMBOLO
ET200S	B1A2	Banco 1 posición A2
Emulador del subsistema de taponado	B1b2	Banco 1 posición B2
Emulador del subsistema de llenado	B1B1	Banco 1 posición B1
Emulador del subsistema de empacado	B2A2	Banco 2 posición A2

NOMBRE	SIMBOLO DE UBICACIÓN	SIGNIFICADO DEL SÍMBOLO
Emulador del subsistema de envasado	B2B1	Banco 2 posición B1
Distribuidor pasivo sin chip	B2A2	Banco 2 posición A2
Caja de mando AS-i	B2A3	Banco 2 posición A3
Fuente AS-i	B2A4	Banco 2 posición A4
LOGO!	B2B2	Banco 2 posición 2
Módulo de usuario digital	B2B3	Banco 2 posición B3
Derivador del consumidor AS-i	B2C4	Banco 2 posición C4
Guardamotor	B2C4	Banco 2 posición C4
Arrancador suave	B2C4	Banco 2 posición C4
Bero inductivo	B2C1	Banco 2 posición C1
PLC S7 300(1)	B1A1	Banco 1 posición A1
PLC S7 300(2)	B2A1	Banco 2 posición A1
PLC S7 300(3)	B3A2	Banco 3 posición A2
Caja de mando	B3AB3	Banco 3 posición AB3
Switch	B3B2	Banco 3 posición B2
Computador	B3C1	Banco 3 posición 1

Las letras y los números en la simbología significan: la primera letra quiere decir “Banco” el número que lo acompaña trata de cual banco es, ya sea el banco 1,2 ó 3, la otra pareja de letra y número, indican la posición en el banco, la letra significa la orientación en forma horizontal y el numero, la orientación vertical.

A continuación se describen las estructuras utilizadas, así como cada uno de los dispositivos empleados en los niveles de la pirámide de la automatización, basado en los bancos que se diseñaron.

### 3.2 ESTRUCTURA PARA EL NIVEL DE CAMPO Y CÉLULA

La estructura cuenta con una altura 1.8 m, ancho de 1.1 m, con 4 ruedas para facilitar su movilidad, apto para tener una visual por parte de los estudiantes de

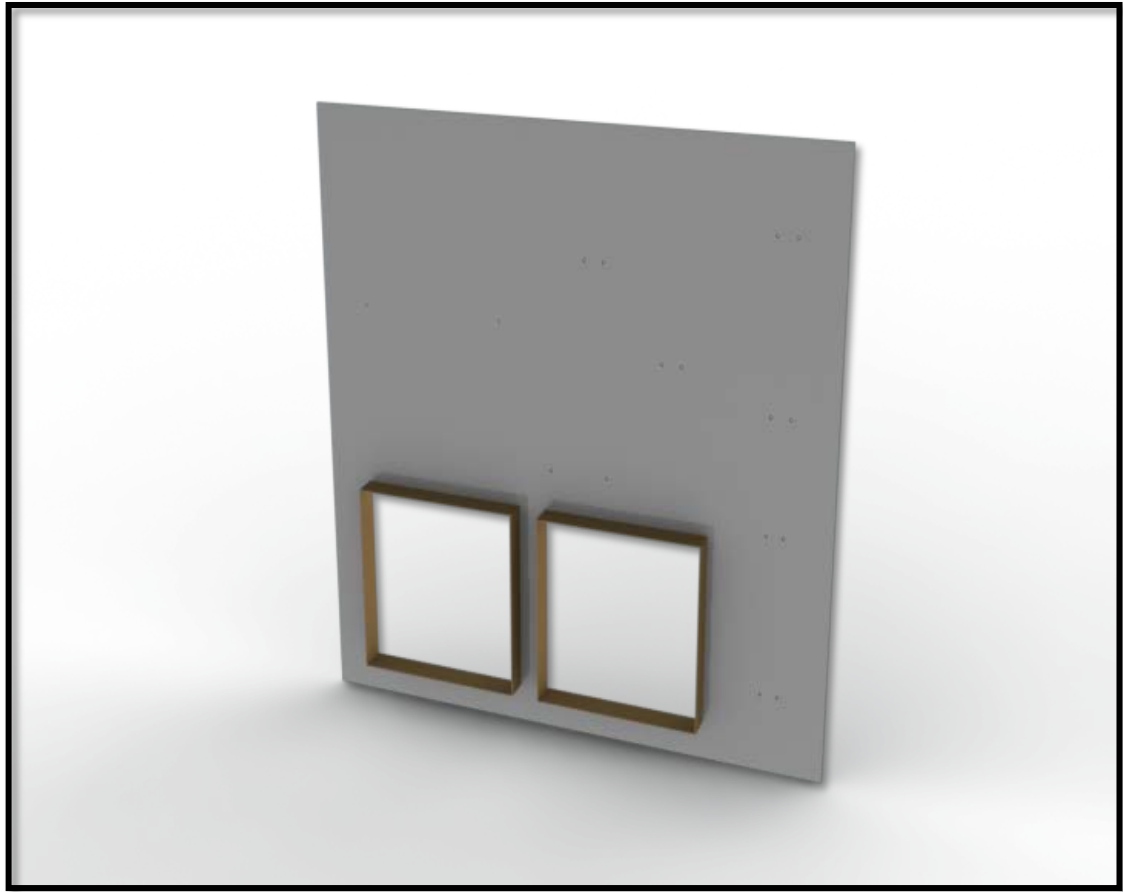
todos los dispositivos a una altura promedio de 1.5 m. Es muy versátil pues en él se pueden acoplar los distintos elementos utilizados, los cuales se especificaran más adelante, para poder dar una aplicación práctica de las redes industriales basado en la pirámide de la automatización, y que son vitales para que el estudiante pueda realizar las prácticas

Figura 17. Estructura para los bancos.



Fuente. Autores.

Figura 18. Base para los dispositivos.

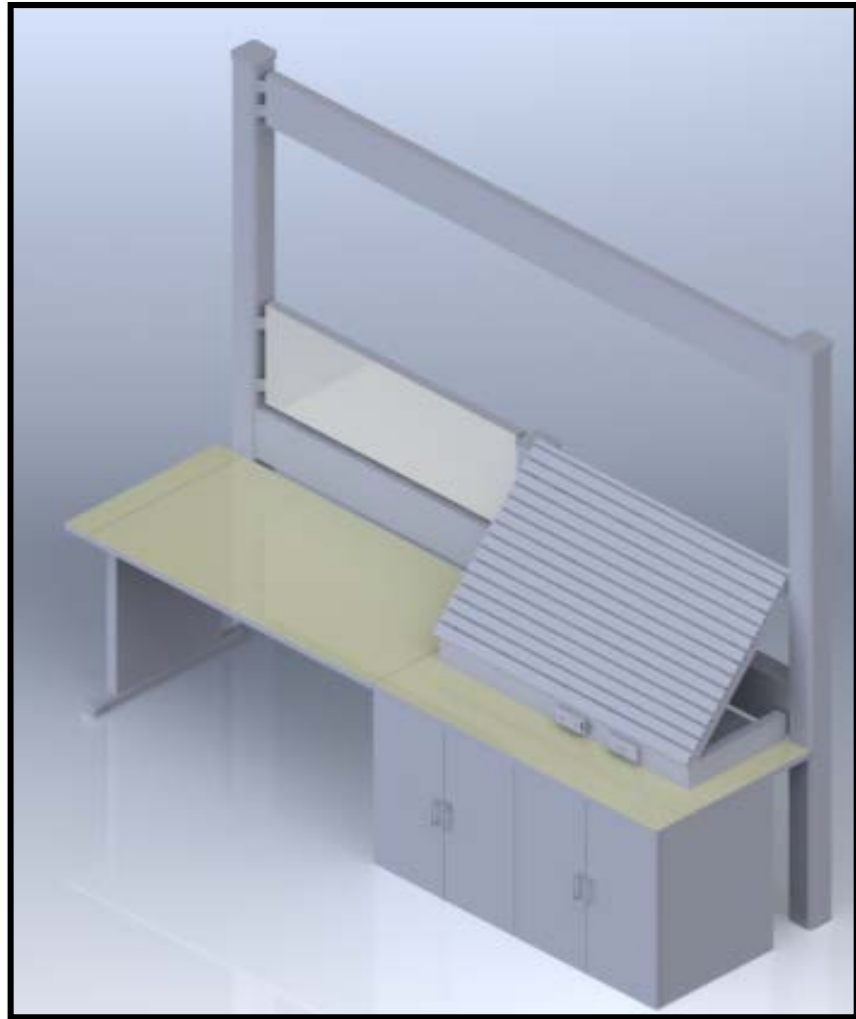


Fuente. Autores

### **3.3 ESTRUCTURA PARA EL NIVEL DE PLANTA Y GESTIÓN**

La estructura utilizada para soportar los equipos de este nivel, ya se encontraba implementada en el laboratorio de automatización industrial, cuando se realizó la reestructuración del mismo, por ende, se adaptaron los equipos que se trabajaron en el nivel de planta y gestión (controlador maestro, caja de mando y computadora) a esta estructura.

Figura 19. Estructura para el nivel de planta y de gestión.



Fuente. Autores

### 3.4 DISPOSITIVOS SOPORTADOS EN EL NIVEL DE CAMPO

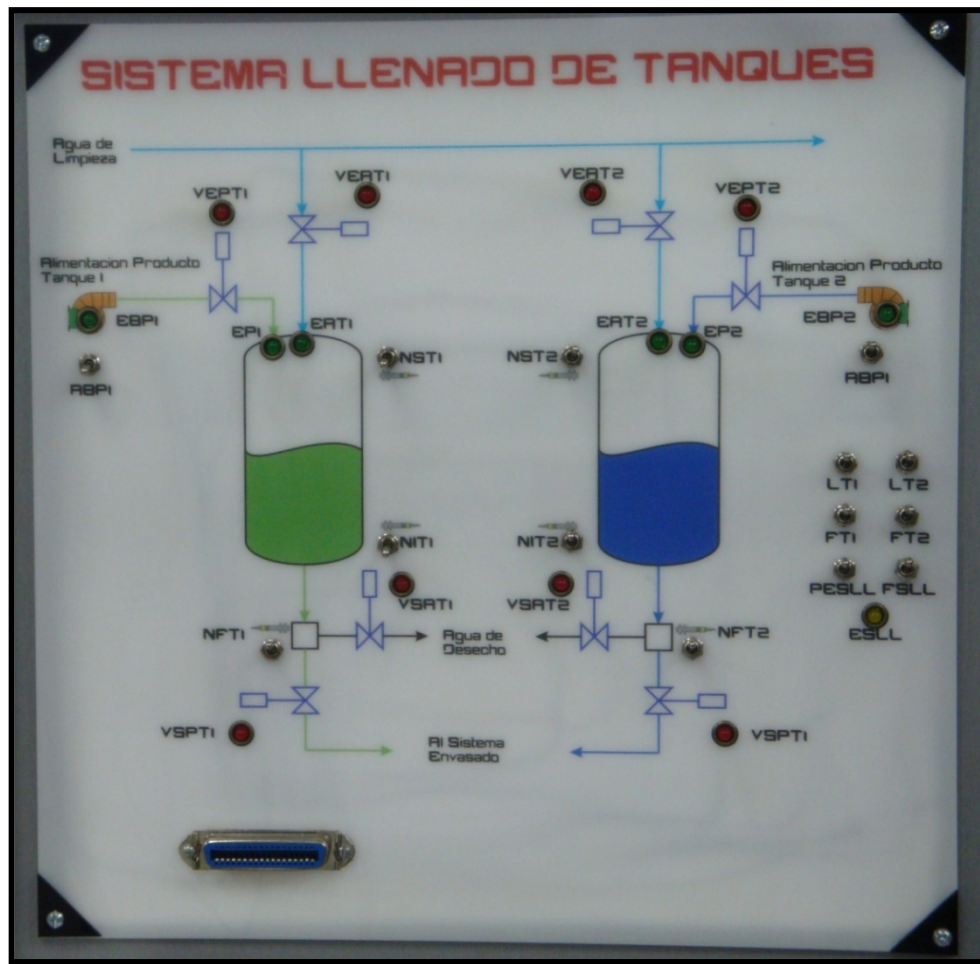
Aquí se da una breve descripción de los dispositivos que se utilizan en el nivel de campo, los cuales son soportados por la estructura descrita en el ítem 3.2, como el módulo de periferia descentralizada, esclavos de la red AS-Interface, entre otros.

**3.4.1 Emuladores de los subprocesos.** Con estas estructuras se pretendió dar una aplicación visual de las redes industriales y su transferencia de datos entre los

subprocesos, los cuales son controlados cada uno por dispositivos diferentes, basado en la emulación de las principales señales de una planta embotelladora, sin precisar con detalle todo lo que encierra ésta en la realidad.

**3.4.1.1 Emulador del subproceso del sistema de llenado de tanques.** Está elaborada en un material acrílico cuyas dimensiones son de 35cmX35cm, consta de 14 entradas (interruptores) y 15 salidas (leds de visualización), un conector hembra de 36 pines al cual se le adaptan las señales de entradas y salidas. La descripción del proceso del sistema de llenado de tanques se explica en el capítulo 2, numeral 2.1.1.1.

Figura 20. Emulador del sistema de llenado de tanques.



A continuación se presenta una tabla con el significado de las variables utilizadas en el emulador del subproceso del sistema de llenado de tanques.

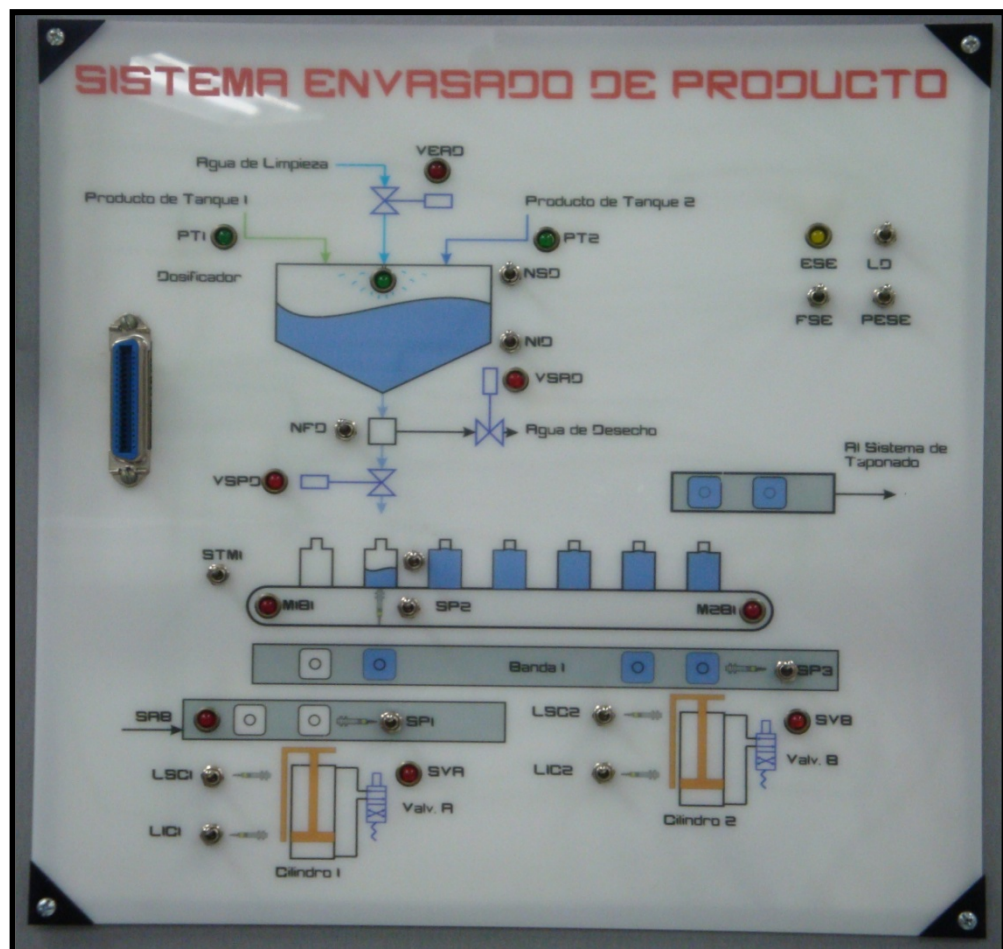
Tabla 2. Tabla de variables del sistema de llenado de tanques

<b>SIMBOLO</b>	<b>COMENTARIO</b>
ABP1	Accionamiento Bomba del producto 1
ABP2	Accionamiento Bomba del producto 2
EAT1	Entrada de Agua Tanque 1
EAT2	Entrada de Agua Tanque 2
EBP1	Encendido Bomba producto 1
EBP2	Encendido Bomba producto 2
EP1	Entrada del producto 1
EP2	Entrada del producto 2
ESLL	Encendido del sistema de llenado
FSSL	Funcionamiento del sistema de llenado
FT1	Funcionamiento del Tanque 1
FT2	Funcionamiento del Tanque 2
LT1	Lavado del Tanque 1
LT2	Lavado del Tanque 2
NFT1	Nivel del fondo del tanque 1
NFT2	Nivel del fondo del tanque 2
NIT1	Nivel inferior del tanque 1
NIT2	Nivel inferior del tanque 2
NST1	Nivel superior del tanque 1
NST2	Nivel superior del tanque 2
PESLL	Parada de emergencia del sistema de llenado
VEAT1	Válvula de entrada de agua al tanque 1
VEAT2	Válvula de entrada de agua al tanque 2
VSAT1	Válvula salida del agua del tanque 1
VSAT2	Válvula de salida del agua del tanque 2
VSPT1	Válvula de salida del producto del tanque 1
VSPT2	Válvula de salida del producto del tanque 2
VEPT1	Válvula de entrada del producto al tanque 1
VEPT2	Válvula de entrada del producto al tanque 2

La conexión del emulador se realizó con cable UTP, tanto para las entradas (cable color azul) y las salidas (cable blanco-azul) basado en la estandarización del conector de 36 pines (ver figura 24, conector de 36 pines).

**3.4.1.2 Emulador del subproceso del sistema de envasado del producto.** Está elaborado en material acrílico, de dimensiones de 35cmX35cm, consta de 15 entradas (interruptores) y 11 salidas (leds de visualización), un conector hembra de 36 pines al cual se le conectan las entradas y salidas del proceso, la explicación de la descripción de la secuencia del subsistema de envasado, se encuentra en el capítulo 2, numeral 2.1.2.1.

Figura 21. Emulador del sistema de envasado del producto.



El significado de las variables utilizada se explica en la siguiente tabla.

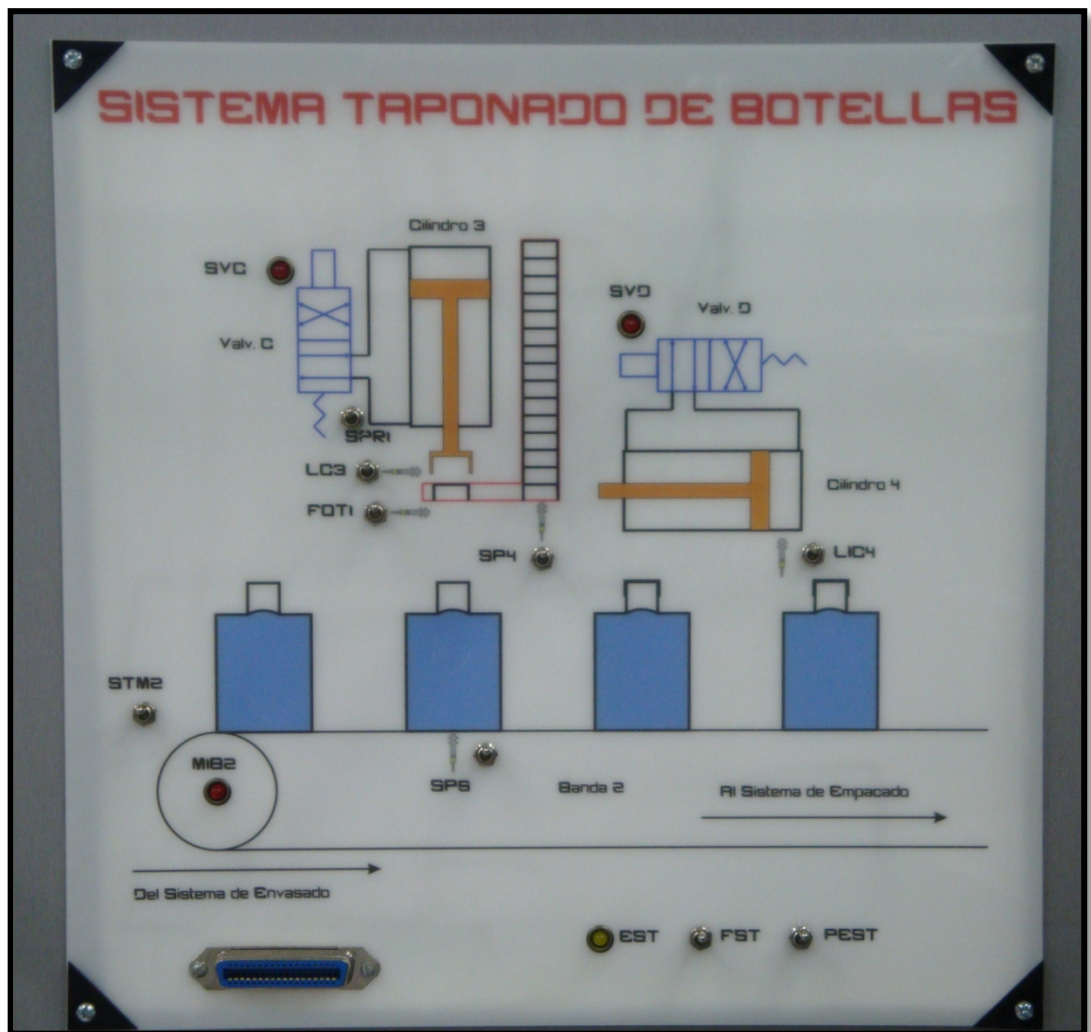
Tabla 3. Tabla de variables del sistema de envasado del producto.

<b>SIMBOLO</b>	<b>COMENTARIO</b>
ESE	Encendido del sistema de envasado
FSE	Funcionamiento del sistema de envasado
LD	Lavado del dosificador
LIC1	Límite inferior cilindro 1
LIC2	Límite inferior cilindro 2
LSC1	Límite superior cilindro 1
LSC2	Límite superior cilindro 2
M1B1	Motor 1 banda 1
M2B1	Motor 2 banda 1
NFD	Nivel de fondo del dosificador
NID	Nivel inferior del dosificador
NSD	Nivel superior del dosificador
PESE	Parada de emergencia del sistema de envasado
PT1	Producto del tanque 1
PT2	Producto del tanque 2
SAB	Sistema de alimentación de las botellas
SNL	Sensor de nivel de líquido
SP1	Sensor de posición 1
SP2	Sensor de posición 2
SP3	Sensor de posición 3
STM1	Sensor térmico del motor 1
SVA	Solenoides válvula A
SVB	Solenoides válvula B
VEAD	Válvula de entrada de agua del dosificador
VSAD	Válvula de salida de agua del dosificador
VSPD	Válvula de salida del producto del dosificador

La conexión del emulador se realizó con cable UTP, tanto para las entradas (cable color verde) y las salidas (cable blanco-verde) basado en la estandarización del conector de 36 pines (ver figura 24, conector de 36 pines).

**3.4.1.3 Emulador del subproceso del sistema de taponado de botellas.** Hecho en acrílico con dimensiones de 35cmX35cm, conformado por 9 entradas (interruptores) y 4 salidas (leds de visualización), un conector hembra de 36 pines al cual se le conectan las entradas y salidas, y cuya descripción de la secuencia se encuentra explicada en el capítulo 2, numeral 2.1.3.1.

Figura 22. Emulador del sistema de taponado de botellas.



A continuación se explican los significados de las variables utilizadas para este subproceso.

Tabla 4. Tabla de variables del sistema de taponado de botellas.

SIMBOLO	COMENTARIO
LC3	Límite cilindro 3
SPR1	Sensor de presión 1
FOT1	Fotocelda 1
SP4	Sensor de posición 4
LIC4	Límite inferior cilindro 4
SP5	Sensor posición 5
STM2	Sensor térmico motor 2
FST	Funcionamiento sistema de taponado
PEST	Parada de emergencia del sistema de taponado
SVC	Solenoide válvula C
SVD	Solenoide válvula D
MIB2	Motor 1 banda 2
EST	Encendido del sistema de taponado

La conexión del emulador se realizó con cable UTP, tanto para las entradas (cable color marrón) y las salidas (cable blanco-marrón) basado en la estandarización del conector de 36 pines (ver figura 24, conector de 36 pines).

#### **3.4.1.4 Emulador del subproceso del sistema de empacado de botellas.**

Elaborado también como los demás emuladores en acrílico, con dimensiones de 35cmX35cm, compuesto por 10 entradas (interruptores) y 9 salidas (leds de visualización), dos conectores hembra de 36 pines al cual se le adaptan las entradas y salidas del emulador, uno de ellos va al LOGO! con 2 entradas y 1 salida, y el otro va hacia el controlador con el resto de señales. La secuencia del proceso se explica en el capítulo numeral 2.1.4.1.

Figura 23. Emulador del sistema de empaqueo del producto.



En la siguiente tabla se muestra el significado de las variables utilizadas para la ejecución de la secuencia lógica.

Tabla 5. Tabla de variables del sistema de empaqueo de botellas.

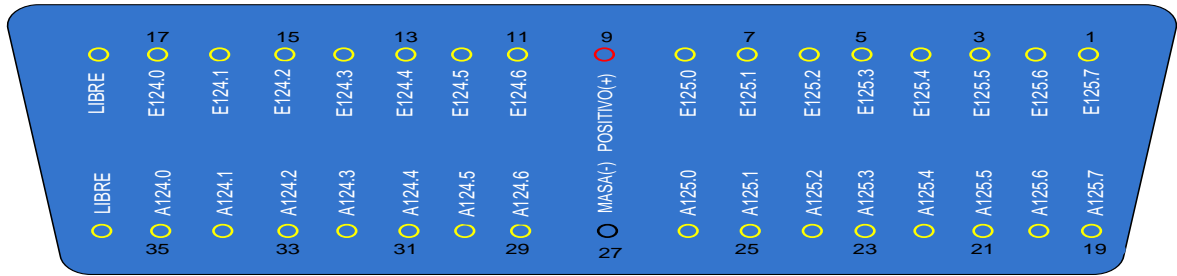
SIMBOLO	COMENTARIO
FIC5	Final izquierdo cilindro 5
FDC5	Final derecho cilindro 5
FCSC6	Final de carrera superior cilindro 6
FCIC6	Final de carrera inferior cilindro 6
FCSC7	Final de carrera superior cilindro 7

SIMBOLO	COMENTARIO
FCIC7	Final de carrera inferior cilindro 7
SP6	Sensor de posición 6
SP7	Sensor de posición 7
FSEM	Funcionamiento sistema de empackado
PESEM	Parada de emergencia sistema de empackado
S1VE	Solenoides 1 válvula E
S2VE	Solenoides 2 válvula E
S1VF	Solenoides 1 válvula F
S2VF	Solenoides 2 válvula F
S1VG	Solenoides 1 válvula G
S2VG	Solenoides 2 válvula G
M1B3	Motor 1 banda 3
M1B4	Motor 1 banda 4
ESEM	Encendido del sistema de empackado

Este acrílico consta con 2 conectadores de 36 pines (uno para el logo y otro para el PLC). Para las entradas y salidas de LOGO! se utilizó cable UTP de color verde y blanco-verde respectivamente, mientras que para el conector que va hacia el PLC se utilizó para las entradas cable de color azul y para las salidas de cable de color blanco-azul.

**3.4.1.5 Conector de 36 pines.** Este conector utilizado tanto en los emuladores (conector hembra) como en los PLCs controladores (conector macho), al cual se le conectaron las entradas y salidas. En la figura 24, se observa la asignación que se utilizó en cada pin del conector, al cual llegan las entradas y salidas, tanto del emulador como del frontal del controlador.

Figura 24. Conector de 36 pines



Fuente. Autores

En el frontal de los controladores (PLCs) se utilizó cable calibre 22 de color rojo (entradas y 24 VDC) y color negro (salidas y Masa), la siguiente tabla muestra la asignación de cada pin del conector con relación al frontal del PLC.

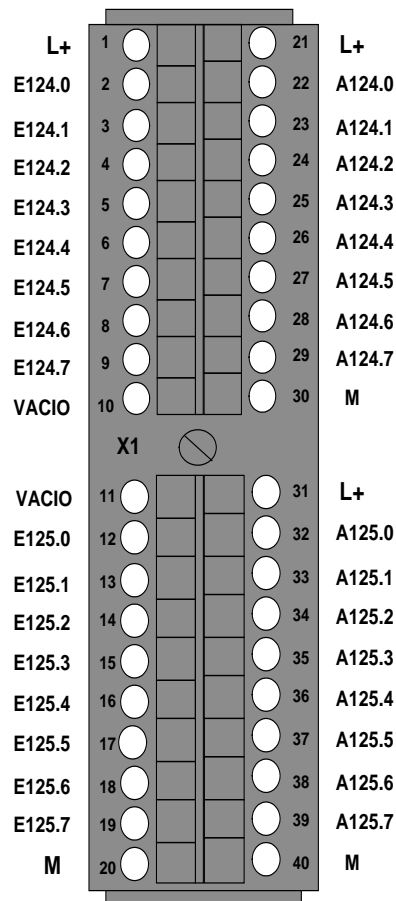
Tabla 6. Distribución de los 36 pines de conector.

PIN	ENTRADA	COLOR CABLE		PIN	SALIDA	COLOR CABLE
1	125.7	Negro		19	125.7	Rojo
2	125.6	Negro		20	125.6	Rojo
3	125.5	Negro		21	125.5	Rojo
4	125.4	Negro		22	125.4	Rojo
5	125.3	Negro		23	125.3	Rojo
6	125.2	Negro		24	125.2	Rojo
7	125.1	Negro		25	125.1	Rojo
8	125.0	Negro		26	125.0	Rojo
9	LINEA VOLTAJE POSITIVO (+)	Negro		27	LINEA MASA (-)	Negro
10	124.7	Negro		28	124.7	Rojo
11	124.6	Negro		29	124.6	Rojo
12	124.5	Negro		30	124.5	Rojo
13	124.4	Negro		31	124.4	Rojo
14	124.3	Negro		32	124.3	Rojo
15	124.2	Negro		33	124.2	Rojo

PIN	ENTRADA	COLOR CABLE		PIN	SALIDA	COLOR CABLE
16	124.1	Negro		34	124.1	Rojo
17	124.0	Negro		35	124.0	Rojo
18	VACÍO			36	VACÍO	

Como puede observarse en la tabla, hay dos pines que no se utilizan (18 y 36), también hay dos pines que son para la energización del conector (9 y 27). Esta configuración del conector y del frontal de entradas y salidas del PLC (ver figura 25), es con fin de estandarizar todos lo emuladores del presente proyecto y de los demás que se encuentran en el laboratorio de automatización industrial.

Figura 25. Conector frontal del PLC, 40 pines.



Fuente. Autores

**3.4.2 Módulo Lógico Logo!.** Para este proyecto de grado, el módulo lógico LOGO! (ver figura 26) es un esclavo AS-Interface, el cual permite procesar las señales e intercambiar la información con el maestro de la red, este dispositivo tendrá el control de una parte de la secuencia lógica del subproceso del sistema de empacado con 2 entradas y 1 salida.

Figura 26. Módulo lógico LOGO!.



En la siguiente tabla se muestran los datos técnicos del módulo lógico LOGO!.

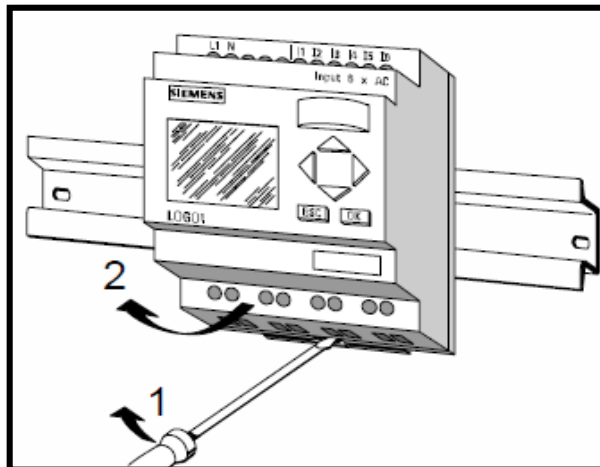
Tabla 7. Datos técnicos del LOGO!.

DATOS TECNICOS DEL LOGO!	
<b>Entradas</b>	
- Estándar	12
- AS-i	4
<b>Tensión de entrada</b>	24 VDC
- Señal "0"	5 VDC Máximo
- Señal "1"	12 VCD Máximo
<b>Intensidad de entrada</b>	4.5 mA a 24 VDC

DATOS TECNICOS DEL LOGO!	
<b>Salidas</b>	
- Estándar	8
- AS-i	4
<b>Corriente permanente</b>	
- Carga óhmica	10 A
- Carga inductiva	3 A
<b>Protección contra corto circuitos</b>	Requiere protección externa máx. 16 A
<b>Frecuencia de conmutación</b>	
- Carga óhmica	1 Hz
- Carga inductiva	0.5 Hz
<b>Dimensiones (Anch. x Alt. x Prof)</b>	126x90x55 en mm
<b>Conmutador horario</b>	Integrado
<b>Condiciones ambientales</b>	
- Temp. Servicio	0 a 55 °C
- Temp. almacenamiento	20 70 °C

**3.4.2.1 Montaje.** Se lleva a cabo sobre el perfil soporte omega DIN 35 mm, no requiere ajuste de tornillo (ver figura 27).

Figura 27. Montaje del módulo lógico LOGO!.

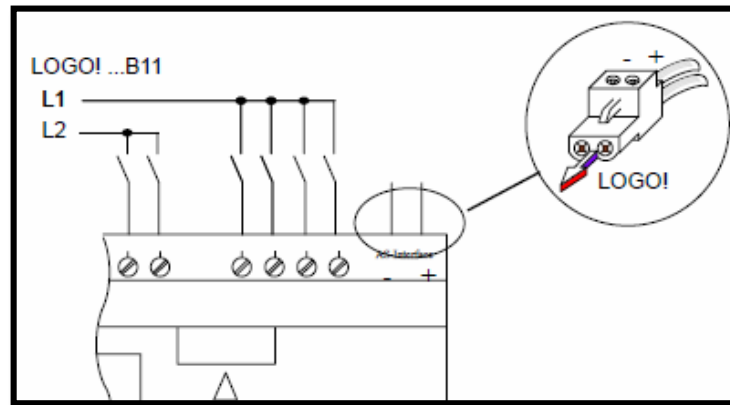


Fuente. Siemens.

1. Coloque el LOGO! sobre el perfil soporte.
2. Gire el LOGO! hasta introducirlo en el perfil soporte.

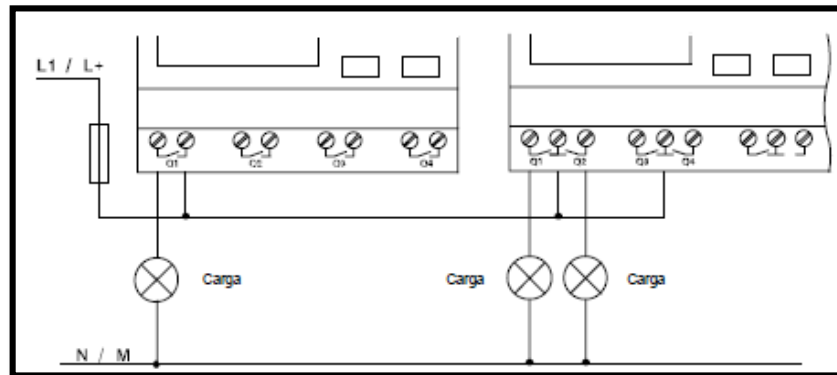
**3.4.2.2 Cableado del módulo lógico LOGO!.** Las entradas se encuentran en la parte superior del LOGO!, la alimentación se hace desde una fuente externa de 24 VCD, el cable de red AS-i se conecta mediante una bornera en la parte derecha superior (ver figura 28). Las salidas, por ende, se ubican en la parte inferior del LOGO!, estas tienen una línea común por cada dos salidas (ver figura 29).

Figura 28. Conexiones de las entradas y el cable de red AS-i al LOGO!.



Fuente. Siemens

Figura 29. Conexiones de las salidas del LOGO!.



Fuente. Siemens

**3.4.2.3 Conector de 36 pines empleado para el LOGO!.** Debido a que el módulo lógico LOGO! tiene 12 entradas y 8 salidas, una línea común por cada dos salidas, su forma de conexión es distinta al conector ya explicado en el numeral 3.4.1.5, en la siguiente tabla se muestra la asignación de cada uno de los pines y con su respectivo color de cable.

Tabla 8. Distribución de los pines conector utilizado para el LOGO!.

Pin	Asignación	color	Pin	Asignación	Color
1	I1	Rojo	19	Q1 salida	Negro
2	I2	Rojo	20	Común Q1 y Q2	Negro
3	I3	Rojo	21	Q2 salida	Negro
4	I4	Rojo	22	Q3 salida	Negro
5	I5	Rojo	23	Común Q3 y Q4	Negro
6	I6	Rojo	24	Q4 salida	Negro
7	I7	Rojo	25	Q5 salida	Negro
8	I8	Rojo	26	Común Q5 y Q6	Negro
9	I9	Rojo	27	Q6 salida	Negro
10	I10	Rojo	28	Q7 salida	Negro
11	I11	Rojo	29	Común Q7 y Q8	Negro
12	I12	Rojo	30	Q8 salida	Negro
13	No asignado	-	31	No asignado	-
14	No asignado	-	32	No asignado	-
15	No asignado	-	33	No asignado	-
16	No asignado	-	34	No asignado	-
17	No asignado	-	35	No asignado	-
18	24 V DC	Rojo	36	0 V	Negro

**3.4.2.4 Cuatro Reglas fundamentales para trabajar el LOGO!.** Una de las ventajas de trabajar con el módulo lógico LOGO!, es que se puede configurar desde su panel operador, el cual se encuentra en la parte frontal del dispositivo, allí se pueden insertar los circuitos, los cuales son equivalentes a la programación, a continuación se tratan 4 reglas fundamentales para trabajar con el módulo lógico LOGO!:

- Regla 1. Pulsación triple.
  - Los circuitos se introducen en el modo de servicio- programación-, para llegar a este modo de servicio se llega pulsando simultáneamente las teclas ◀, ▶ y OK (ver figura 32).
  - Los valores de los tiempos y parámetros se modifican en el modo de servicio- parametrización-, para llegar a este modo, se pulsa simultáneamente las teclas de **ESC** y **OK**.

Figura 30. Panel del módulo lógico LOGO!.



- Regla 2. Entradas y salidas.
  - Cada circuito debe introducirse siempre desde la salida hacia la entrada.
  - Es posible enlazar una salida con varias entradas, pero no conectar varias salidas a una entrada.

- Dentro de la ruta del programa, no se puede enlazar una salida con una entrada precedente.
- Regla 3. Cursor y posicionamiento del cursor.
  - Si el cursor se encuentra subrayado, Ud. Puede posicionarlo pulsando las teclas ◀, ▶, ▲ ó ▼ para desplazar el cursor dentro del circuito. Cambie a “elegir borne/bloque” pulsando OK, termine la introducción del circuito pulsando ESC.
  - Si el cursor se encuentra enmarcado, deberá Ud. Elegir borne/bloque. Pulse las teclas ▲ ó ▼ para elegir un borne o un bloque, confirme la selección pulsando OK, pulse ESC para retroceder un paso.
- Regla 4. Planificación.
  - Antes de introducir un circuito o programación, es recomendable dibujarlo antes en un papel o bien programar directamente mediante LOGO!Soft o LOGO!Soft Comfort.
  - LOGO! puede almacenar sólo programas completos. Si no se introduce un circuito completo, LOGO! no puede abandonar el modo de servicio “programación”.

**3.4.3 Caja de mando AS-i.** Está compuesta por dos pulsadores y una lámpara de señalización. Es un esclavo de la red AS-i, el cual tiene un chip incorporado que le permite conectarse directamente al bus AS-i (ver figura 31). Este dispositivo va a controlar el motor 1 de la banda 4, que también está conectado al derivador del consumidor, utilizado en el subproceso del sistema de empacado, dando vía libre a que este funcione o utilizando el botón rojo para una parada de emergencia del motor.

Figura 31. Caja de mando AS-i.



En la siguiente tabla se muestran los datos técnicos de la caja de mando AS-i.

Tabla 9. Datos técnicos de la caja de mando con chip AS-i.

Referencia	3SB3803-0DA
Entradas	2 botones, rojo y verde NA
Salidas	1 lámpara transparente BA9s
Grado de protección	IP 65
- Intensidad máxima	10 A

Su conexión al bus AS-Interface se hace por medio de un método que se llama vampiro, el cual consiste en perforar el cable AS-I por medio de un conector perfilado que contiene cada esclavo que trabaje con el método vampiro.

**3.4.4 Fuente AS-interface.** En una red AS-i se transfieren los datos y se suministra alimentación a través del mismo cable (ver figura 32).

Figura 32. Fuente de AS-i.



Su alimentación es monofásica a 115 V AC. Tiene una salida de bus AS-i de 30 V DC. Las principales características son su alto rendimiento, poco rizado residual, protecciones contra corto circuito y marca en vacío, protección contra sobre tensión a la entrada y montaje rápido y sencillo. En la siguiente tabla se especifican las principales características.

Tabla 10. Datos técnicos de la fuente AS-i.

<b>Tensión de entrada UE</b>	115/230 V AC
<b>Frecuencia</b>	
- Nominal	50/60 HZ
- Margen	47 a 63 HZ
<b>Corriente de entrada IE</b>	2 A
<b>Tensión de salida US</b>	
- Nominal USN	30 V DC
- Tolerancia	29.5 a 31.6 V
- Rizado residual	< 300 mVpp
- Picos	> 50 mVpp
<b>Corriente de salida IS</b>	
- Nominal ISN	3.5 A
- Margen	0 a 2.8 A
<b>Rendimiento aproximado</b>	85 %
<b>Grado de protección</b>	IP 20
<b>Condiciones ambientales</b>	
- Temp. Servicio	-25 a 55 °C
- Temp. Almacenamiento	-25 a 60 °C
<b>Dimensiones (Anch. X Alt. X Prof)</b>	92x110x136 en mm
<b>Peso</b>	1.1Kg

**3.4.5 Módulo de acoplamiento cable amarillo-negro.** Este dispositivo se encarga de alojar el cable AS-i, tanto el bus de datos (cable amarillo) como el cable de alimentación exterior (cable negro), ver figura 33.

Figura 33. Módulo de acoplamiento cable AS-i amarillo-negro.

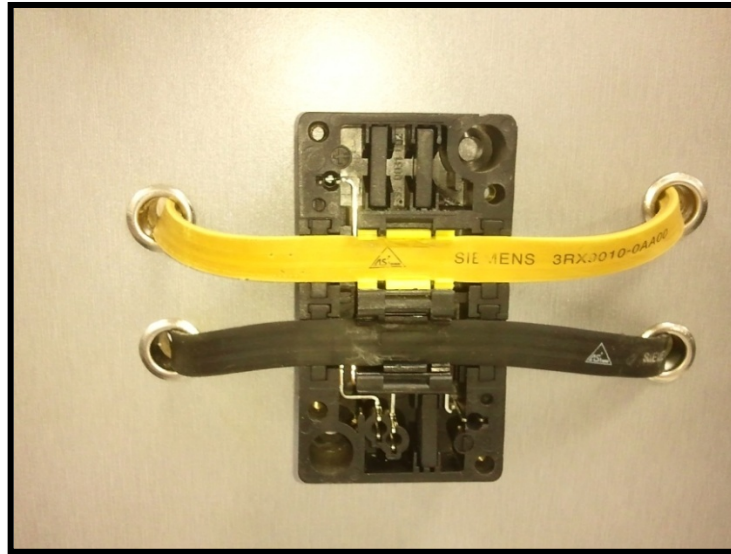
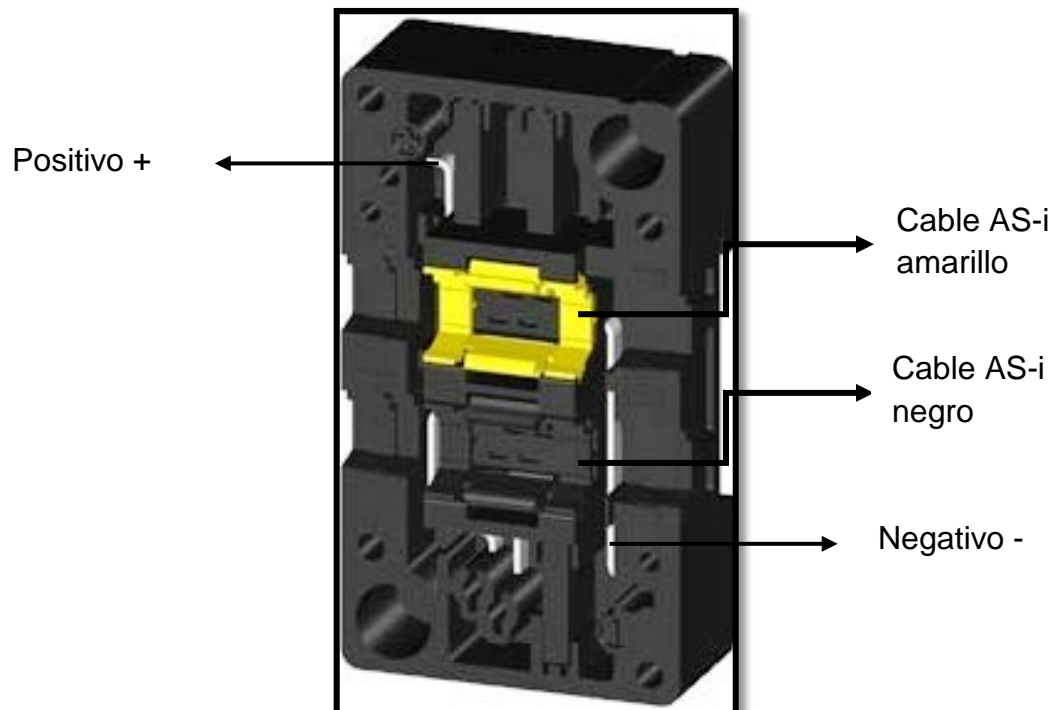


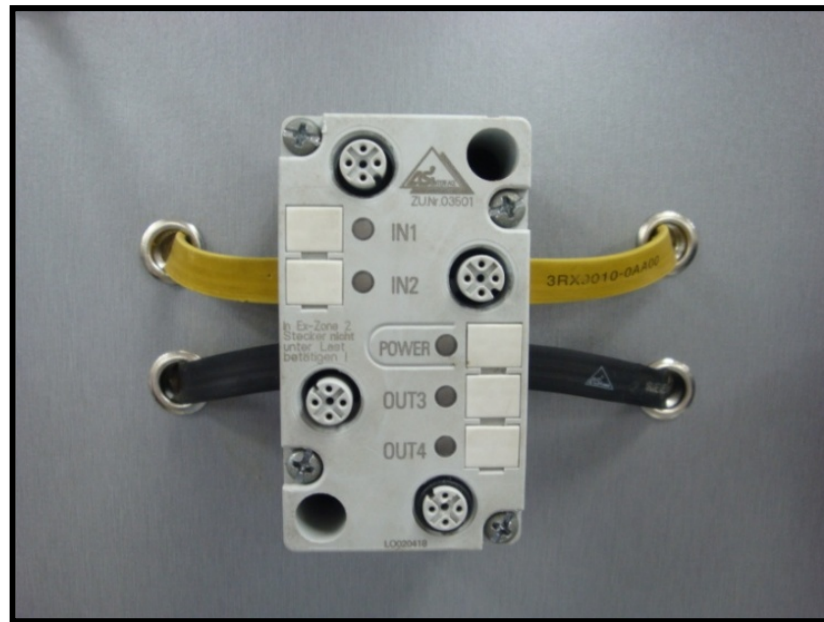
Figura 34. Diagrama de conexión del módulo de acoplamiento cable amarillo-negro.



Fuente. Siemens

**3.4.6 Módulo de usuario digital con chip.** En él se pueden conectar dos sensores y dos actuadores digitales, por medio de conectores M12 estándar, los cuales se visualizan con 4 leds ubicados en la parte frontal del módulo y un quinto led que señala si el dispositivo está conectado a la red. El montaje del módulo de usuario se hace en un riel omega estándar de 35 mm.

Figura 35. Módulo de usuario digital



En la siguiente tabla se observan los datos técnicos del módulo de usuario digital.

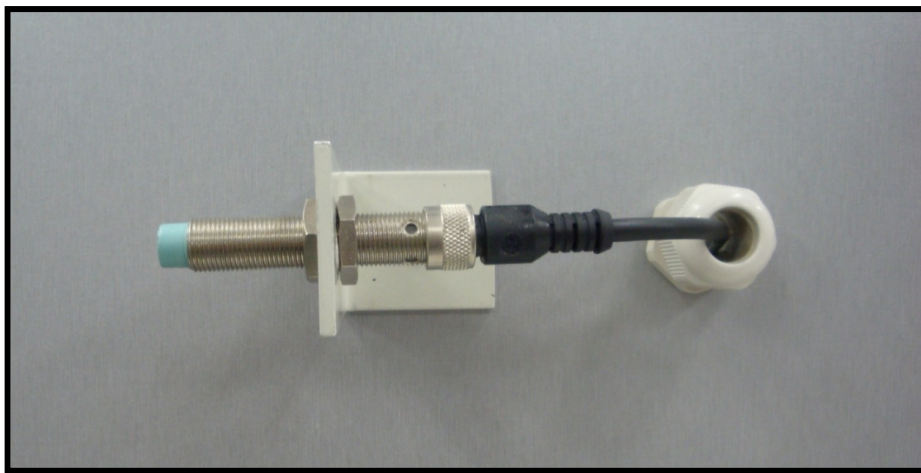
Tabla 11. Datos técnicos del módulo de usuario digital.

Datos técnicos del módulo de usuario digital.	
<b>Módulo de usuario activo</b>	2E/2S
<b>Tensión de servicio</b>	26.5 A 31.5 V DC
<b>Intensidad de consumo</b>	Menor a 270 mA en total
<b>Entradas</b>	
- <b>Alimentación de sensores</b>	Del bus AS-i directamente
- <b>Sensores</b>	2 o 2 hilos
- <b>Margen de tensión</b>	20 a 30 V DC

Datos técnicos del módulo de usuario digital.	
- Intensidad admisible total	200 mA
<b>Salidas tipo</b>	Electrónicas
- Alimentación de actuadores	Requiere alimentación auxiliar
- Intensidad admisible	3 A en total
- Protección corto circuito	Incorporado
- Protección interf. Inductiva	Incorporado
- Watchdog	Incorporado
<b>Grado de protección</b>	IP 67
<b>Condiciones ambientales</b>	
- Temp. Servicio	-25 a 85 C
- Temp. almacenamiento	-40 a 85 C

- **Detector de proximidad BERO inductivo.** Es un interruptor de posición que trabaja sin contacto físico, carece de piezas que se desgasten con el tiempo y es insensible a los efectos de exponerlo a condiciones ambientales.

Figura 36. Bero inductivo.



En la tabla 12, se muestran los datos técnicos del detector de proximidad utilizado en este proyecto.

Tabla 12. Datos técnicos del detector de proximidad BERO inductivo.

<b>Referencia</b>	3RG40 22-3AG01
<b>Tensión de trabajo</b>	15 a 34 V DC
<b>Protecciones adicionales</b>	
- <b>Conexión desconexión súbita</b>	Incorporada
- <b>Inversión de polaridad</b>	Incorporada
- <b>Ruptura del conductor</b>	Incorporada
- <b>Anti-inducción y radiotelefonía</b>	Incorporada
<b>Numero de hilos usados</b>	3
<b>Montaje tipo</b>	Saliente
<b>Alcance</b>	2 mm
<b>Salida</b>	NA tipon npn
<b>Grado de protección</b>	IP67
<b>conexión</b>	Conector M12

**3.4.7 Módulo de acoplamiento para cable AS-i amarillo-amarillo.** Es el encargado de alojar el cable AS-i (amarillo). Este dispositivo puede actuar como una ramificación del bus de datos. En este proyecto, el módulo de acoplamiento para cable AS-i amarillo-amarillo, es el encargado de derivar el bus de datos que va a la caja de mando y otro cable hacía la derivación del consumidor (ver figura 37).

**3.4.8 Distribuidor pasivo.** Tiene la alternativa de conectar 4 sensores o 4 actuadores AS-i inteligentes. Debido a que es un elemento de red pasivo, no requiere direccionamiento, pero una vez se le acople algún esclavo inteligente, este sí necesita direccionarse, en nuestro caso, se utilizo para derivar el cable de red hacía el LOGO! (ver figura 38).

Figura 37. Módulo de acoplamiento amarillo-amarillo.

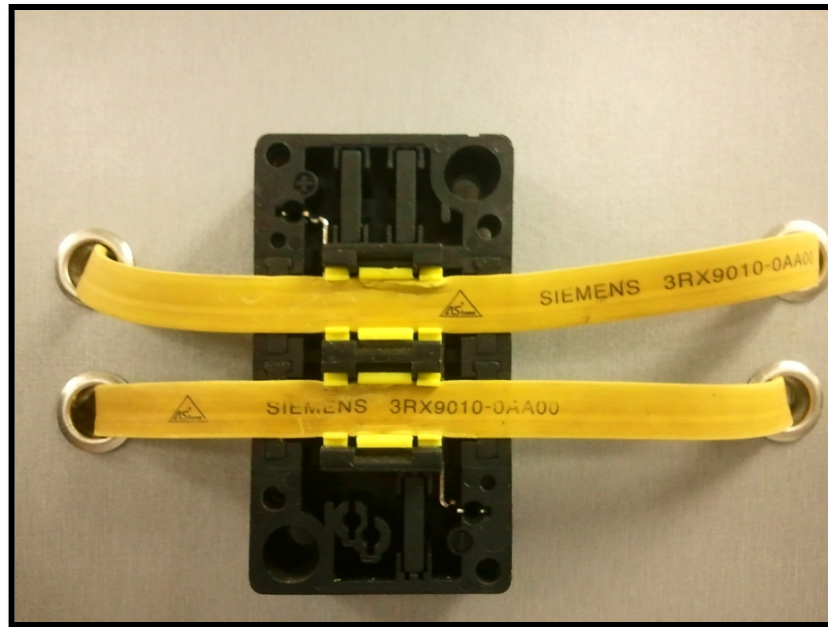
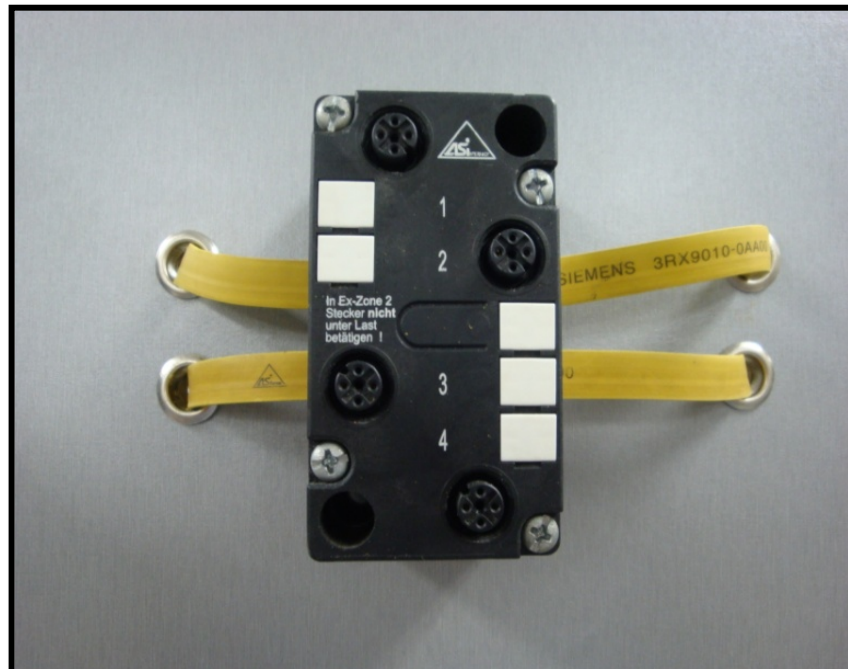


Figura 38. Distribuidor pasivo.



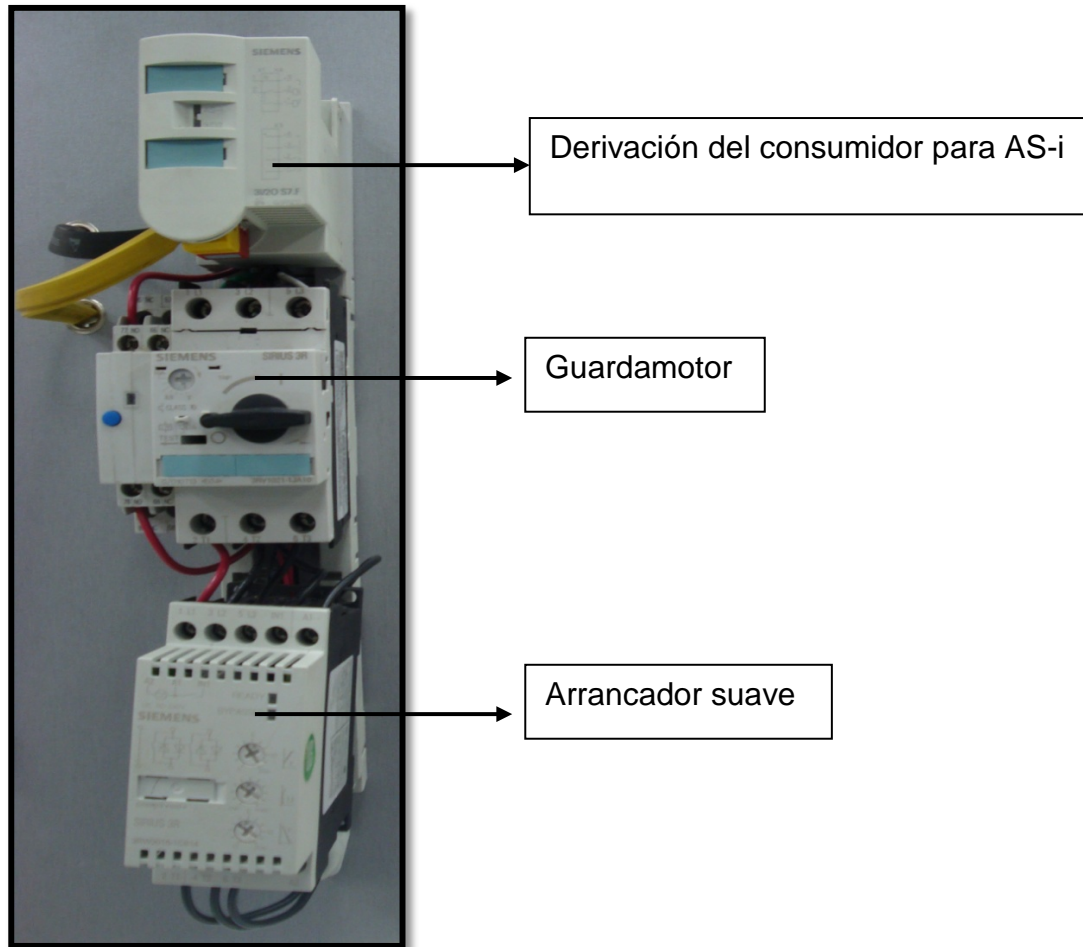
**3.4.9 Derivador del consumidor para AS-i.** A este dispositivo se le puede adaptar un guardamotor y un arrancador suave. Se alimenta con el cable AS-i negro y transfiriere datos con el cable AS-i amarillo. Cuenta con 3 entradas y 2 salidas (ver figura 39).

En la siguiente tabla se puede observar los datos técnicos del módulo para derivaciones del consumidor de referencia 3RK1402-3LG02-0AA1.

Tabla 13. Datos técnicos del módulo para derivaciones del consumidor

<b>Alimentación para el sistema electrónico</b>	26,5 a 31,6 V
<b>Consumo de corriente del bus</b>	8 a 12 mA
<b>Entradas</b> -protección inversión de corriente -corriente de entrada	Incorporada 6 mA Máximo
<b>Salidas</b> -Alimentación externa -Corriente admisible -corriente térmica -protecciones cortocircuitos	230V AC 3 A 3 A No
<b>Función Watchdog</b> (desactiva las salidas en caso de fallo)	Incorporado
<b>Grado de protección</b>	IP 20
<b>Sección de los conductores</b> -AS-Interface -Energía auxiliar -salidas	Perfilado amarillo Perfilado rojo AWG 28 a 12
<b>Entradas/ Salidas AS-i</b>	3/2
<b>Direccionamiento</b>	Después del cambio 15, conserva la ultima dirección
<b>Temperaturas</b> -servicio Transporte y almacenamiento	0 a 55 C -40 a 85 C

Figura 39. Módulo de derivaciones de consumidor para AS-i.



**3.4.10 Guardamotor.** Este dispositivo proporciona al motor la protección en niveles térmicos, cortocircuito y marcha en dos fases. Posee un graduador manual de picos de corriente en su parte frontal desde 2.5 A hasta 7 A, por medio de una perilla giratoria (ver figura 40). En la tabla 14 se observan los datos técnicos del guardamotor.

Figura 40. Guardamotor.

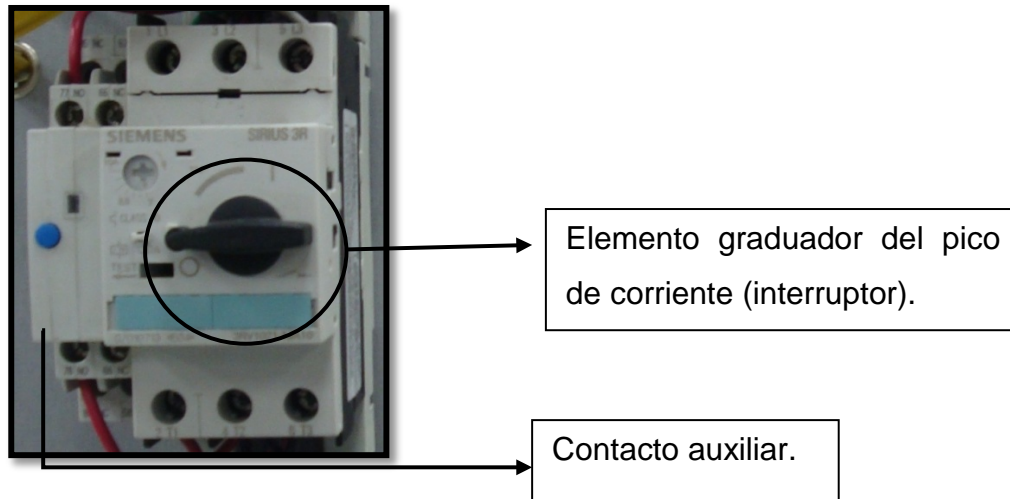


Tabla 14. Datos técnicos del guardamotor.

Referencia	3RV10211JA10
Protección bimetálica (térmica)	7 a 10 A
Protección cortocircuito	120 A
Potencia motor a 220 V	3 HP
Potencia motor a 440 V	6 HP
Contacto auxiliar	1NA-1NC

**3.4.11 Arrancador suave.** Evita los picos de corriente en el encendido y apagado del motor, mediante una rampa de arranque y de apagado, los cuales se gradúan manualmente por medio de unos tornillos giratorios, que se encuentran en la parte frontal del dispositivo (ver figura 41) y en la tabla 15 se muestran los datos técnicos.

Figura 41. Arrancador suave.

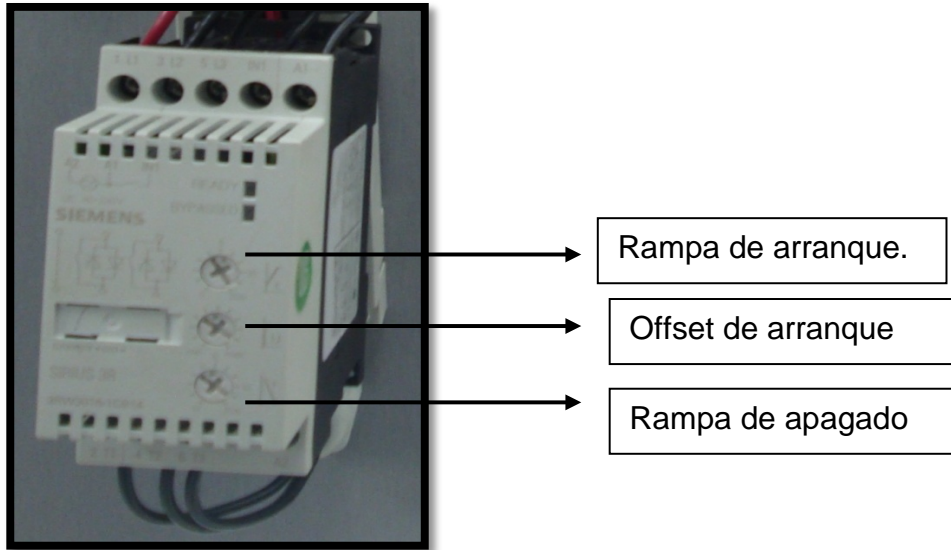
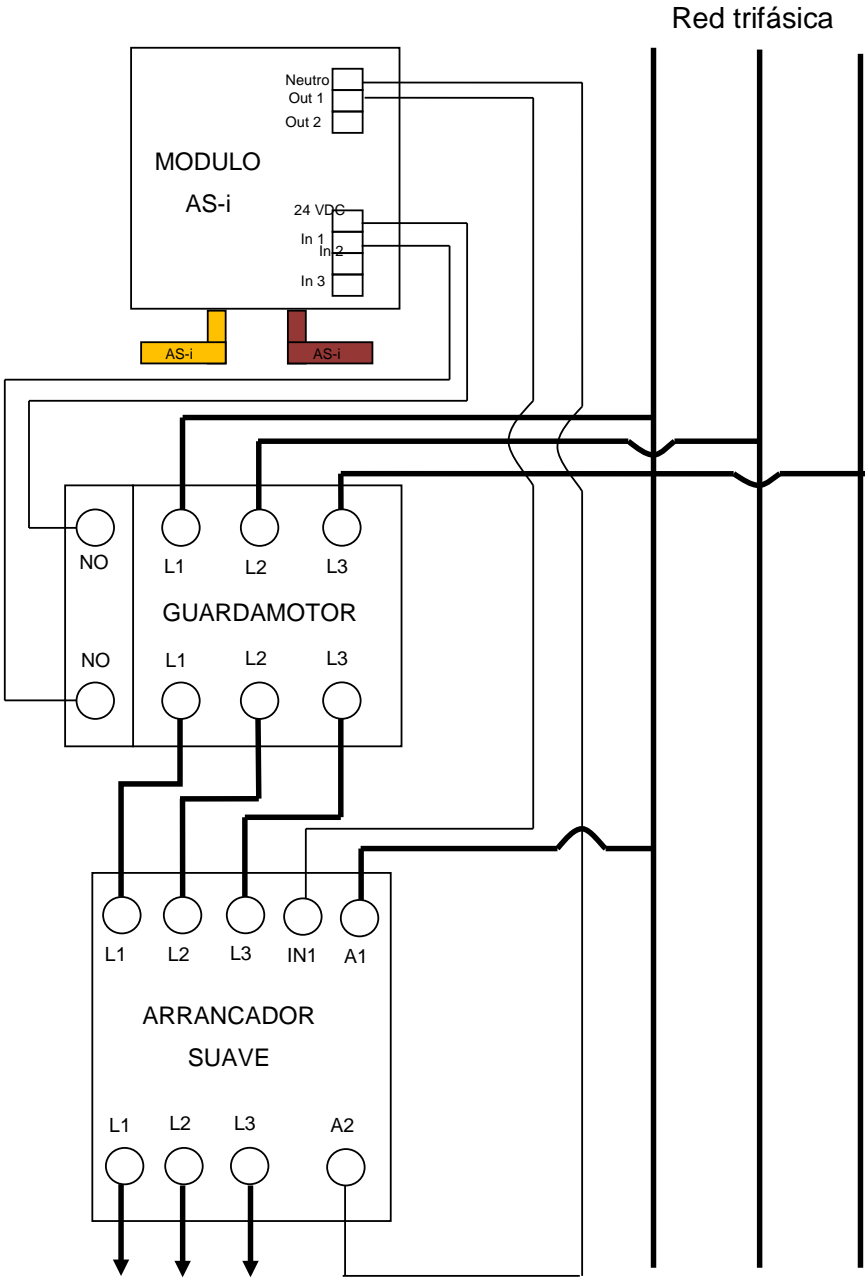


Tabla 15. Datos técnicos del arrancador suave.

<b>Referencia</b>	3RW3010-1CB14
<b>Tensión de corriente</b>	180 a 500 V AC
<b>Frecuencia de conexión</b>	45 a 66 Hz
<b>Tensión de control</b>	110 a 230 V AC
<b>Rampa de tensión</b>	40 a 100%
<b>Potenciómetros de ajuste</b>	3
<b>Bypass incorporado</b>	Si
<b>Tiempo de rampas</b>	0 a 20 Seg.
<b>Temperatura de operación</b>	40 C
<b>Intensidad nominal</b>	9 A
<b>Potencia motor a 220 V</b>	3 HP
<b>Potencia motor a 440 V</b>	6.6HP

A continuación se muestra la forma de conexión del derivador del consumidor, guardamotor y arrancador suave.

Figura 42. Cableado de los dispositivos módulo AS-i, guardamotor y arrancador suave.



Fuente. Autores

**3.4.12 Módulo de periferia descentralizada (ET200S).** En este proyecto el módulo de periferia descentralizada, ver figura 43, estará controlado por el PLC maestro el S7 300, donde allí se programara para que se ejecuten todas las funciones requeridas para la realización del sistema de taponado de botellas.

Figura 43. Módulo de periferia descentralizada ET200S.

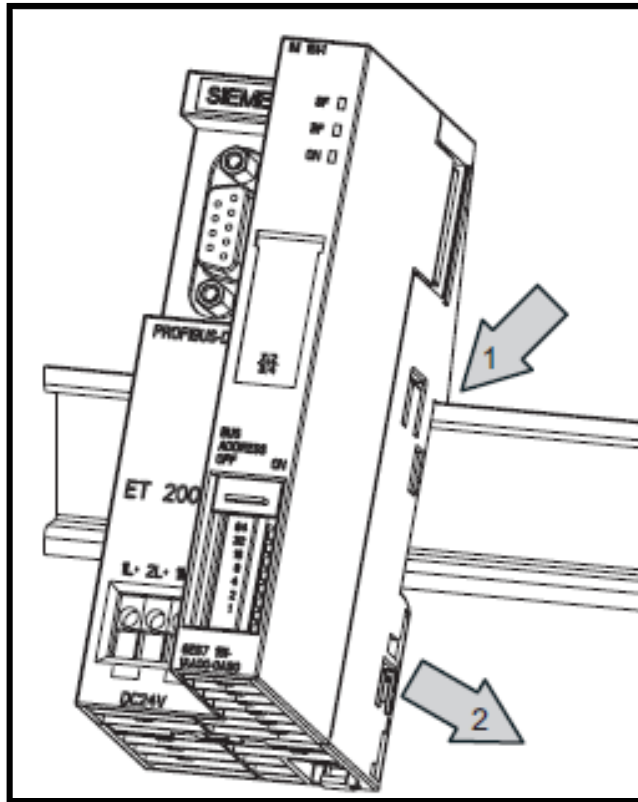


Este dispositivo está compuesto por 2 módulos de potencia (uno para entradas y otro para salidas), 5 módulos de entradas y 5 módulos de salidas.

**3.4.12.1 Montaje y cableado del módulo de periferia descentralizada.** Los dispositivos de montaje son el módulo de interfaz, los módulos de poder y los módulos de entradas y salidas.

- **Montaje del módulo de interfaz.** El primer paso es colgar el dispositivo en el perfil soporte y el segundo paso es presionarlo hasta que se escuche que encajó (ver figura 44).

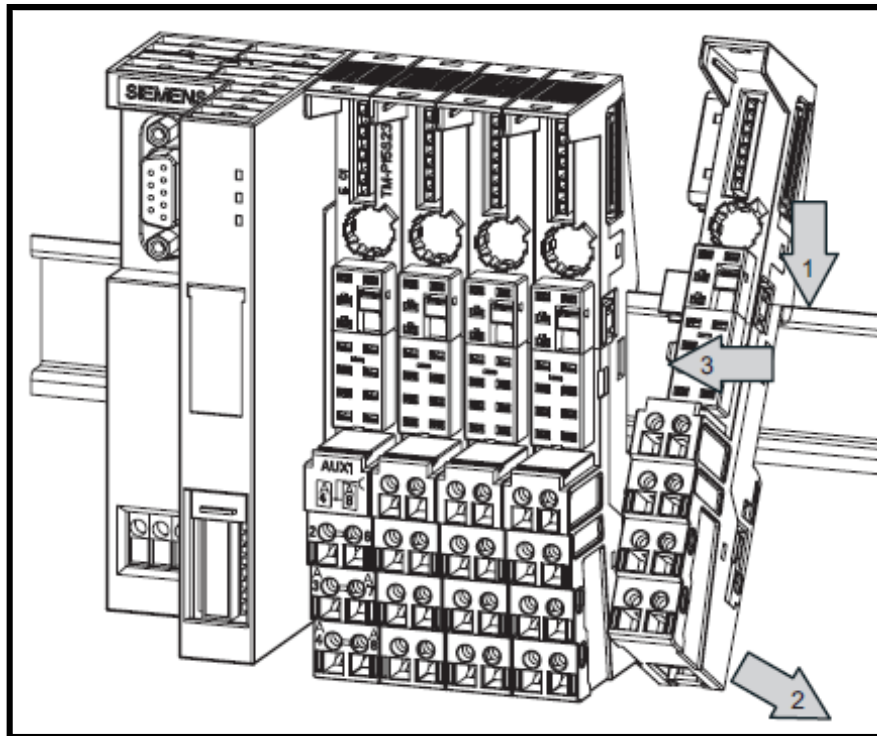
Figura 44. Montaje del módulo de interfaz.



Fuente. Siemens

- **Montaje de los módulos de entradas y salidas.** El primer paso es colgar el módulo en el perfil soporte, en siguiente paso es presionar el módulo hasta escuchar que encaja, y como tercer paso es desplazar el módulo hacia la izquierda hasta escuchar que se acopla con el módulo interfaz o con otro módulo de entradas o salidas (ver figura 45).

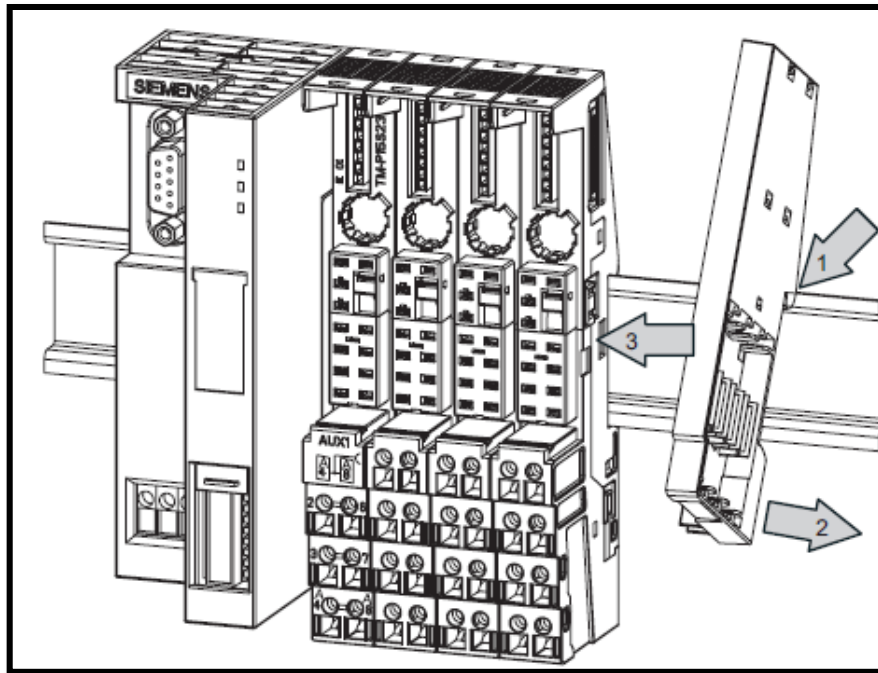
Figura 45. Montaje de los módulos de entradas o salidas.



Fuente. Siemens

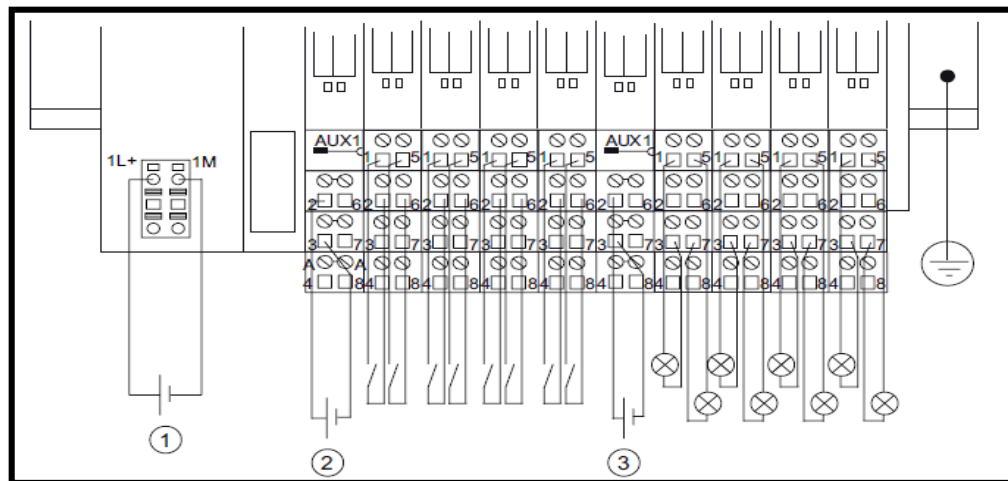
- **Montaje del módulo cierre.** Es importante que se haga este paso, de lo contrario no funcionará el módulo de periferia descentralizada ET200S. el primer paso es encajar el módulo de cierre al perfil soporte, el segundo paso es presionarlo hasta escuchar que articuló con el riel, y como último paso es desplazarlo hacia la izquierda para ensamblar con el resto de módulos (ver figura 46).
- **Conexiones en el módulo de periferia descentralizada.** Hay que tener en cuenta que este dispositivo se alimenta con 24 V DC, ver figura 46.

Figura 46. Montaje del módulo de cierre.



Fuente. Siemens

Figura 47. Conexiones de la ET200S.



Fuente. Siemens

1. Alimentación 24V DC

2. Alimentación de sensores 24V DC del grupo 1
3. Alimentación de sensores de 24V DC del grupo 2.

**3.4.13 Cable de la red AS-i.** Es un cable perfilado (ver figura 48), de montaje sencillo y rápido, está elaborado como cable bifilar engomado de  $2 \times 1,5 \text{ cm}^2$ . Para que los equipos conectados a la red puedan hacer contacto al cable, se utiliza el método de perforación de aislamiento, las cuchillas de contacto atraviesan el recubrimiento de goma del cable y establecen contacto entre los dos conductores (ver figura 49), esta forma de contacto garantiza una resistencia de paso pequeña y por tanto un enlace seguro para la transferencia de datos. Para acoplar los esclavos al cable AS-i no es necesario cortar, pelar ni atornillar el cable.

Debido a que el cable AS-i es de goma y si por algún motivo se desea cambiar o mover los esclavos de la red de lugar, esto es posible de hacer sin ningún inconveniente, gracias a que su material es autocicatrizante, esto quiere decir que los agujeros producidos por las cuchillas de contacto, en el revestimiento de goma del cable, se cierran por sí mismos restableciendo el grado de protección que tenía.

Figura 48. Perfil de cable AS-i.

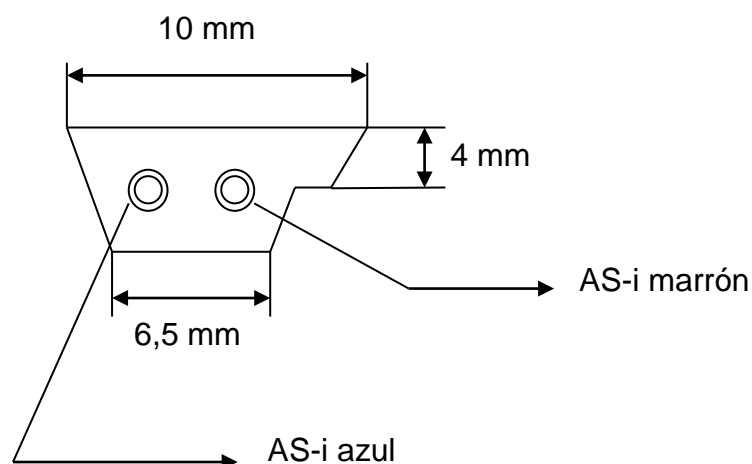


Figura 49. Forma de contacto al cable AS-i.



Fuente. Siemens

En la siguiente tabla se muestra el significado de los colores que distinguen el cable AS-i.

Tabla 16. Significado de los colores de los cables AS-i.

Disposición	Color	Función
Conducto interno	Azul	Línea positiva
	Marrón	Línea de 0 V o neutra
Revestimiento	Amarillo	Bus de datos a 24 V DC
	Negro	Alimentación auxiliar externa 24V DC
	Rojo	Alimentación auxiliar externa 130V AC

### 3.5 DISPOSITIVOS SOPORTADOS EN EL NIVEL DE CÉLULA

Como ya se ha dicho, en el numeral anterior (3.4) se describieron los dispositivos utilizados en el nivel de campo, en este ítem se explicarán los elementos usados en el nivel de control, los cuales básicamente son dos S7 300 idénticos con igual módulo de comunicaciones (CP ADVANCED), pero con la diferencia que una tiene un módulo adicional de comunicaciones para la red AS-i (CP 342-2 Maestro AS-i).

**3.5.1 Controlador (PLC) S7 300 (1).** O también llamado Autómata programable industrial (API), es importante en la industrial ya que todos los procesos controlados por él, experimentan una secuencia repetitiva de operaciones, con la cual se tomarán decisiones, según se ha programado con anterioridad por el

ingeniero, también es el que controla los tiempos, para que estos sean más eficientes y más cortos y así haya una producción mayor y de alta calidad.

En el presente proyecto este dispositivo (ver figura 50), se utiliza para ejecutar el subproceso del sistema de llenado de tanques, está compuesto por los siguientes elementos:

Figura 50. Controlador S7 300(1).



**3.5.1.1 PS (Fuente de poder).** Este dispositivo es el encargado de dar energía a los demás componentes, la referencia de esta PS es 6ES7 307-1BA00-0AA0 de 2 amperios, la siguiente tabla muestra los datos técnicos de la fuente de poder.

Tabla 17. Datos técnicos de la fuente de poder de 2 amperios.

Datos técnicos de la fuente de poder de 2 amperios	
Dimensiones ancxaltxprof	60x125x120 mm
Peso	Aprox. 600g.
Tensión de entrada	
- Valor nominal	120/230 V AC

Datos técnicos de la fuente de poder de 2 amperios	
<b>Frecuencia de red</b>	
- Valor nominal	50 Hz o 60 Hz
- Rango admisible	De 47 Hz a 63 Hz
<b>Intensidad de entrada, valor nominal</b>	
- A 120 V	2,3 A
- A 230 V	1,2 A
<b>Extracorrente de conexión a 25 C</b>	20 A
<b>Tensión de salida</b>	
- Valor nominal	24 V DC
- Rango admisible	24 V +/- 3 % soporta funcionamiento en vacío
<b>Duración de arranque</b>	Máx. 2,5 s
<b>Intensidad de salida</b>	
- Valor nominal	5 A
<b>Rizado residual</b>	Máx. 150 mVpp

Figura 51. Fuente de poder PS de 2 amperios



**3.5.1.2 Unidad central de procesamiento CPU 314 IFM.** Este dispositivo (ver figura 52) es el encargado de almacenar información proveniente de otros

equipos, también de ejecutar las órdenes que se han configurado y guardado en ella.

Figura 52. CPU 314 IFM.



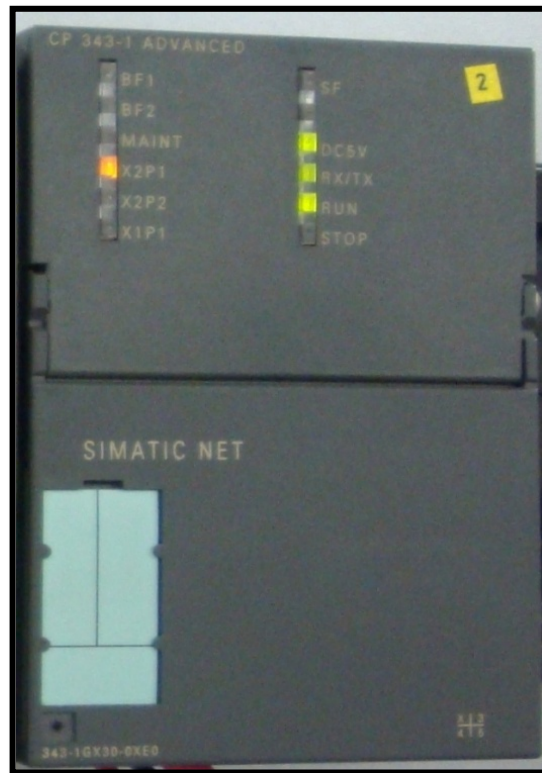
En la siguiente tabla se muestran los datos técnicos de la CPU 314 IFM.

Tabla 18. Datos técnicos de la CPU 314 IFM

<b>Referencia</b>	6ES7 314-5AE02-0AB0
<b>Dimensiones anchxaltxprof</b>	160X125X120 en mm
<b>Tensión de entrada y de salida</b>	24 V DC
<b>Puerto de comunicación</b>	MPI integrado
<b>Señales</b>	
- <b>Analógicas</b>	4 entras y 4 salidas análogas
- <b>Digitales</b>	16 entradas y 16 salidas digitales
<b>Memoria de la CPU</b>	24 bytes

**3.5.1.3 Módulo de comunicación CP ADVANCED.** Este dispositivo (ver figura 53) es el encargado de enviar y recibir datos hacia y desde otros elementos y a su vez transmitirlos a la CPU propia, por medio de su puerto integrado para Ethernet.

Figura 53. Módulo de comunicaciones CP ADVANCED.



En la siguiente tabla se muestran los datos técnicos de módulo de comunicaciones CP ADVANCED 343-1.

Tabla 19. Datos técnicos de la CP ADVANCED.

Datos técnicos de la CP ADVANCED	
Referencia	6GK7 343-1GX30-0XE0
Tasa de transmisión en el puerto Ethernet	10-100 Mbit/s
Tasa de transmisión en el puerto de Gigabyte	10-1000 Mbit/s

<b>Datos técnicos de la CP ADVANCED</b>	
<b>Tensión de alimentación</b>	24 V DC
<b>Condiciones ambientales permitidas</b>	
- Durante el almacenamiento	-40 a 70 C
- Durante el transporte	-40 a 70 C
<b>Dimensiones ancxaltxprof</b>	80x125120 mm
<b>Peso neto</b>	0,6 Kg
<b>Comunicación S7</b>	A través de: <ul style="list-style-type: none"> <li>- ISO-transport</li> <li>- TCP/IP</li> </ul>
<b>Servicios de comunicación</b>	Con interface SEND/RECEIVE a través de protocolos: <ul style="list-style-type: none"> <li>- ISO-transport</li> <li>- TCP/IP</li> <li>- UDP</li> </ul>
<b>Profinet IO</b>	A través de protocolos: <ul style="list-style-type: none"> <li>- TCP</li> <li>- UDP</li> </ul>

**3.5.2 Controlador (PLC) S7 300 (2).** Este dispositivo del nivel de célula tiene las mismas referencias y características de los equipos expuesto en el numeral 3.4.1, su única diferencia es que está compuesto por un elemento adicional, un módulo de comunicaciones CP 342-2 para la red AS-i, por ende aquí sólo se explicará este componente diferente a los demás (ver figura 55).

Figura 54. Controlador S7 300(2) con maestro AS-i.



Maestro de la red AS-i CP 342-2

**3.5.2.1 Módulo de comunicación CP 342-2 para red AS-i.** Este dispositivo (ver figura 55) actúa como maestro de la red AS-i para equipos S7 300, ocupa 16 byte de entradas y 16 bytes de salida analógicas, en los cuales se leen los datos que envían los esclavos y a su vez los devuelve a ellos.

El módulo de comunicaciones CP 342-2 tiene la capacidad de controlar hasta 31 esclavos estándar AS-i, a una velocidad de reacción de 5 ms y también de velar la alimentación en el bus de datos, así como si se le adiciona un módulo de extensión, soportaría hasta 62 esclavos con una velocidad de reacción de 10 ms. En la tabla 20 se exponen los datos técnicos del módulo.

Figura 55. Maestro de la red AS-i CP342-2.



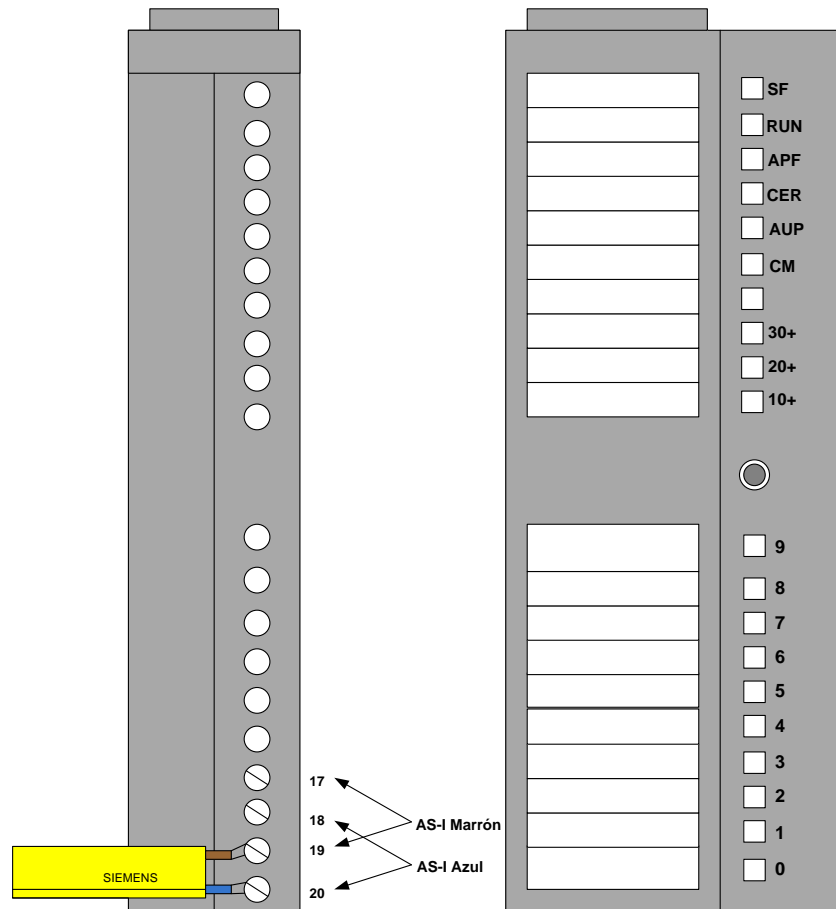
Tabla 20. Datos técnicos del módulo de comunicaciones CP342-2 para red AS-i.

Datos técnicos del módulo de comunicaciones CP342-2 para red AS-i.	
<b>Perfil de maestro</b>	M0/M1
<b>Tiempo de ciclo de bus</b>	5 ms por esclavo
<b>Interfaces</b>	
- Espacio de direccionamiento en el PLC	16 bytes E/S
- Conexión a AS-interface	Conector frontal S7 300 con bornes
<b>Tensión de alimentación</b>	5 V DC vía bus posterior
<b>Consumo</b>	
- Del bus posterior	200 mA a 5 V DC
- Del cable AS-interface	100 mA

<b>Datos técnicos del módulo de comunicaciones CP342-2 para red AS-i.</b>	
<b>Disipación de potencia</b>	2W
<b>Condiciones ambientales</b>	
- <b>Temp. Servicio</b>	0 a 60 C
- <b>Temp. Almacenamiento</b>	-40 a 25 C
- <b>Humedad</b>	95% a 25 C
<b>Datos mecánicos</b>	
- <b>Dimensiones Anch x Alt x Prof</b>	40 x 125 x 120 mm
- <b>Peso</b>	190 g
- <b>Espacio necesario</b>	1 slot

- **Cableado del módulo de comunicaciones CP 342-2 AS-i.** La conexión de este equipo se realiza de forma fácil, pues sólo se conecta el cable del bus de datos como se ilustra en la figura 56.
- **Significado de los leds de indicación de la CP 342-2 AS-i.** En la siguiente tabla se explican los significados de los elementos de indicación del módulo de comunicaciones para la red AS-i, la cual cuenta con 6 leds de señalización de estado que sirven para diagnosticar el estado operativo del maestro de la red AS-i, así como los esclavos conectado al bus, se encuentran desde el estado RUN, como el estado de error SF y la visualización de los esclavos conectado a la red.

Figura 56. Conexión de la CP 342-2 AS-i.



Fuente. Autores

Tabla 21. Leds de indicación de la CP 342-2 AS-i.

LED INDICADOR	SIGNIFICADO
SF	<p><b>System Fault/ Error del Sistema</b></p> <p>El diodo se enciende sí:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El CP está en el modo protegido y existe un error de configuración AS-i.</li> <li>- El CP detecta un fallo interno</li> <li>- El CP no puede ejecutar por el momento el cambio de modo durante un accionamiento de pulsador, esto puede ser porque existe un esclavo con dirección 0.</li> </ul>

LED INDICADOR	SIGNIFICADO
<b>RUN</b>	Indica que el CP se ha inicializado correctamente
<b>APF</b>	<b>AS-i Power Fail.</b> Indica que la tensión suministrada por la fuente de alimentación AS-i al cable AS-i es demasiado baja o alta.
<b>CER</b>	<b>Configuration Error/ Error de configuración.</b> El diodo indica sí la configuración de los esclavos detectado en el bus AS-i coincide con la configuración teórica actual del CP. Si llegase haber diferencia se enciende el led CER, el cual indica lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sí un esclavo AS-i configurado no está presente en el cable AS-i.</li> <li>- Sí está presente en el cable AS-i un esclavo que no se ha configurado previamente.</li> <li>- Sí un esclavo conectado tiene datos de configuración distintos a los hechos en el CP.</li> <li>- Sí el CP se encuentra en la fase offline-</li> </ul>
<b>AUP</b>	<b>Autoprogramación Disponible.</b> En el modo protegido del CP, indica que es posible la programación automática de direcciones de un esclavo, la cual facilita la configuración de un esclavo averiado.
<b>CM</b>	<b>Configuration Mode.</b> Con este indicador se señala el modo operación. Indicador encendido significa modo de configuración Indicador apagado significa modo protegido

- **Direccionamiento del maestro AS-i.** Hay que tener claro en qué posición se encuentra la CP 342-2, esto es el slot en donde se ubica cuando se configura en STEP7, la siguiente tabla muestra un ejemplo de ello.

Tabla 22. Direccionamiento del maestro AS-i.

Módulo	PS	CPU	IM	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP
# slot	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Direcc.Inicial	1	2	3	256	272	288	304	320	336	352	368

Esta última tabla quiere decir, si por ejemplo la ubicación del maestro AS-i es en slot # 4, los esclavos tendrán las direcciones desde la 256 hasta la 271, por ende serán 16 bytes de entrada y 16 bytes de salida.

Para el caso de este proyecto, la CP 342-2 se encuentra ubicada en el slot 5, por lo tanto le corresponden las direcciones de 272 hasta 287.

- **Modo de configuración y modo protegido del maestro AS-i.**
  - Modo de configuración. En esta etapa el maestro puede intercambiar datos con cualquier esclavo que esté conectado al bus de datos, que no tenga dirección "0". Los mismos son identificados por el maestro, ya sean que estén conectados o que se agreguen nuevos esclavos, una vez hecho esto y puesta en servicio, el maestro puede pasar al modo protegido pulsando SET.
  - Modo protegido. La CP 342.2 sólo intercambia datos con los esclavos identificados y configurados, esto es que los datos almacenados en la CP y los leídos de los esclavos coinciden y permanecen almacenados.
- **Pulsador SET del maestro AS-i.** Se necesita para la configuración de la CP en modo estándar y sólo puede ser utilizado cuando la CPU se encuentra en STOP. Si la CP se encuentra en el modo de configuración se encenderá el indicador CM de la parte frontal, si se pulsa SET se configura automáticamente la CP con los esclavos que se encuentre conectados a la red. A continuación el maestro pasa a modo protegido, esto es, que el indicador CM se apaga.

**3.5.3 Cable RJ45.** Es una interfaz (ver figura 57) que se utiliza para conectar 2 o más controladores y poder transferir los datos entre ellos, está basado en un estándar de colores y pines que se observa en la figura 58.

Figura 57. Cable RJ45 utilizado

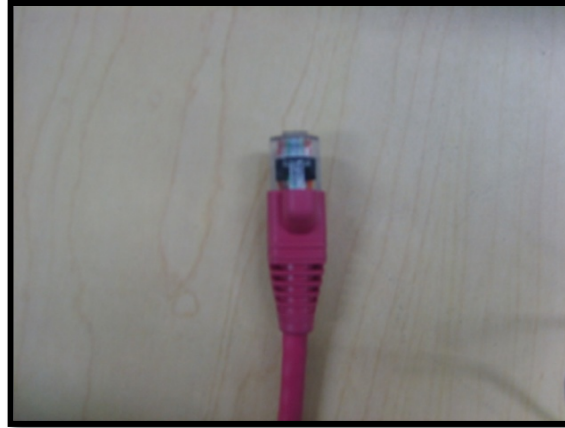
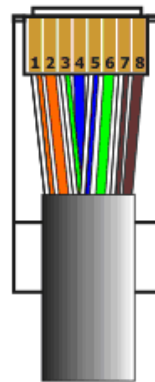


Figura 58. Colores del Cable RJ45 normalizado.



Fuente. Siemens

Tabla 23. Códigos estándar de colores para el cable RJ45.

Extremo-conector-	Pin
Blanco-Naranja	1
Naranja	2
Blanco-Verde	3
Azul	4
Blanco-Azul	5
Verde	6
Blanco-Marrón	7
Marrón	8

### 3.6 DISPOSITIVOS SOPORTADOS EN EL NIVEL DE PLANTA

Según la figura 2 de capítulo 2, en el nivel de planta sólo se encuentra un controlador (PLC maestro) el cual se describe en el siguiente numeral.

**3.6.1 Controlador (PLC) maestro.** Este dispositivo (ver figura 59) tiene el mando de la emulación de toda la planta embotelladora, esto es, que tiene la capacidad de almacenar información de todos los subprocesos del nivel de campo, así como autorizar el envío y recepción de datos, desde y hacia los demás controladores del nivel de célula, por ende tiene mayor espacio en su memoria. Está compuesto por una fuente de alimentación (PS 5 amperios) y una CPU 315F-2PN/DP que a continuación se describen.

**3.6.1.1 Fuente de poder (PS) de 5 amperios.** Este dispositivo (ver figura 60) es el encargado de dar energía a la unidad central de procesamiento y al módulo de entradas y salidas digitales, en la tabla 24 se muestran los datos técnicos de la fuente de poder de 5 amperios.

Figura 59. Controlador maestro.



Figura 60. Fuente de poder (PS) de 5 amperios.



Tabla 24. Datos técnicos de la fuente de poder (PS) de 5 amperios.

Dimensiones Anch X Alt X Prof	60 x 125 x 120
Peso aprox.	600 g
Tensión de entrada - Valor nominal	120 V/ 230 V AC
Frecuencia de red - Valor nominal - Rango admisible	50 Hz o 60 Hz 47 Hz a 63 Hz
Intensidad de entrada - A 120 V - A 230 V	2,3 A 1,2 A
Tensión de salida - Valor nominal - Rango admisible	DC 24 V 24 V +/- 3%, soporta funcionamiento en vacío
Duración de arranque	Máx. 2,5 s
Intensidad de salida - Valor nominal	<b>3</b> Amperios, conectable en paralelo

**3.6.1.2 Unidad central de procesamiento.** En ella se almacena toda la información proveniente de los niveles inferiores como son el nivel de célula, nivel de campo y de esta manera transferir datos hacia los demás controladores y el nivel superior. En la figura 61, se observa la CPU 315F-2PN/DP de referencia 6ES7 315-2FH13-0AB0 y en la tabla 24 se especifican los datos técnicos de la misma.

Tabla 25. Datos técnicos de la CPU maestro.

Referencia	CPU 315F-2PN/DP 6ES7 315-2FH13-0AB0.
Memoria principal	258 Kbytes
interfaces	MPI/DP, Ethernet Profinet.
Tensión de alimentación	24 V DC
Funcionabilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MPI</li> <li>- Maestro DP</li> <li>- Esclavo DP</li> <li>- Profinet IO</li> <li>- Profinet CBA</li> </ul>
Velocidad de transferencia	100Mbit/s
Comunicación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- S7</li> <li>- TCP/IP</li> <li>- MPI</li> <li>-</li> </ul>
Lenguajes de programación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- KOP</li> <li>- FUP</li> <li>- AWL</li> <li>- GRAPH</li> <li>- SCL</li> <li>- CFC</li> </ul>
Dimensiones Anch x Alt x Prof	80 x 125 x 130 en mm
Peso aprox.	460 g

Figura 61. CPU maestro.



**3.6.2 Caja de mando.** Este dispositivo (ver figura 62) tiene la capacidad de dar energía y arranque a la emulación de toda la planta embotelladora, también está compuesto por bombillas pilotos (dos por cada subproceso), los cuales son idóneos para la visualización de los sistemas que componen la planta embotelladora, y así verificar si los subprocesos se encuentran haciendo un trabajo óptimo (bombilla verde) o por lo contrario poseen algún tipo de falla (bombilla roja), también está constituida por una parada de emergencia general del sistema, la cual se utilizaría en circunstancias de gravedad que necesiten detener los procesos.

Tiene dimensiones de ancho x alto x profundo de 38 x 32 x 4 en cm (ver figura 64), como ya se dijo, lo componen los siguientes elementos:

- Un interruptor y un bombillo piloto que dar energía a toda la planta embotelladora.

- Un selector y un bombillo piloto, los cuales dan el arranque a la planta embotelladora.
- Una parada de emergencia con su respectiva bombilla piloto para su visualización cuando está activa.
- 2 bombillas pilotos por cada subproceso (llenado de tanques, envasado del producto, taponado de las botellas y empackado del producto), una bombilla de color verde, la cual significa que el proceso está ocurriendo con normalidad y una bombilla de color rojo, la cual simula si en el proceso existe alguna eventualidad o anomalía.

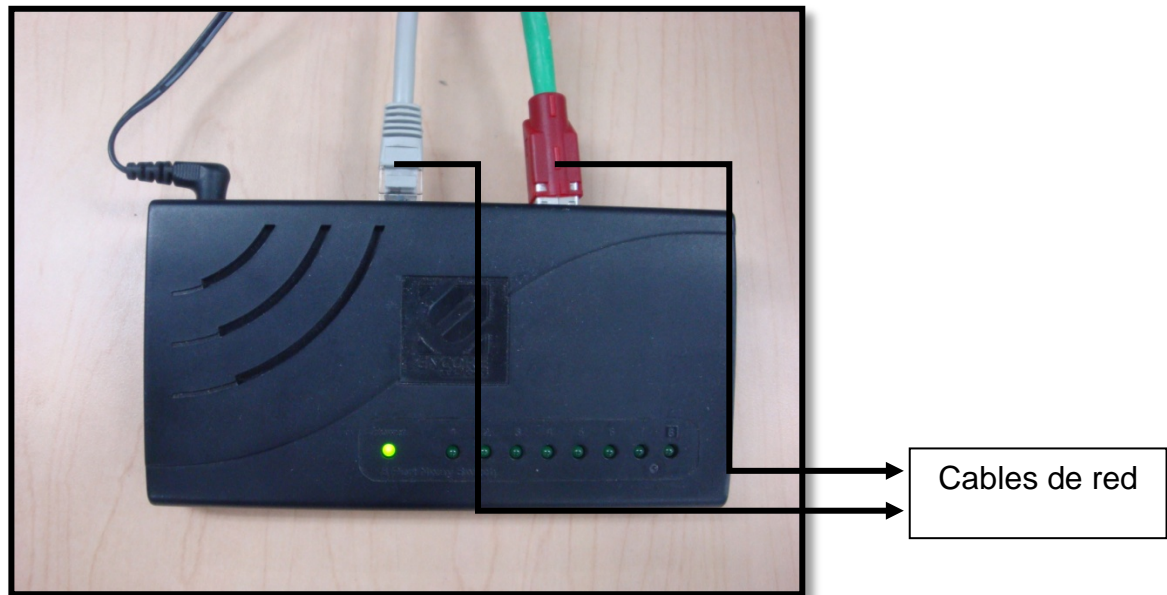
Figura 62. Caja de mando.



Fuente. Autores

**3.6.3 Switch.** O también llamado conmutador (ver figura 63), sus conexiones se basan en el protocolo TCP/IP, su función es interconectar dos o más segmentos de red, en nuestro caso se conectaron a él los controladores y el computador.

Figura 63. Switch



### 3.7 DISPOSITIVOS SOPORTADOS EN EL NIVEL DE GESTIÓN

Este es el nivel superior de la jerarquía de la pirámide de la automatización según la figura 2 del capítulo 2, por ende sólo está compuesto por un elemento, el computador, el cual se describe a continuación.

**3.7.1 Computadora del nivel de gestión.** Este equipo ya se encontraba en las instalaciones del laboratorio de automatización industrial cuando se hizo la reestructuración del mismo. Para cumplir con las exigencia de lo propuesto en el primer capítulo y con la pirámide de la automatización, este dispositivo debe tener los siguientes accesorios:

- Software STEP 7 de Siemens, en el cual se utilizó para realizar la programación de todos los equipos que controlan y ejecutan los subprocesos de la planta embotelladora.
- Software WINCC EXPLORER, el cual se utilizó para realizar el SCADA en donde se visualiza, en la pantalla del ordenador, todos los subprocesos de la planta embotelladora, así como la caja de mando.

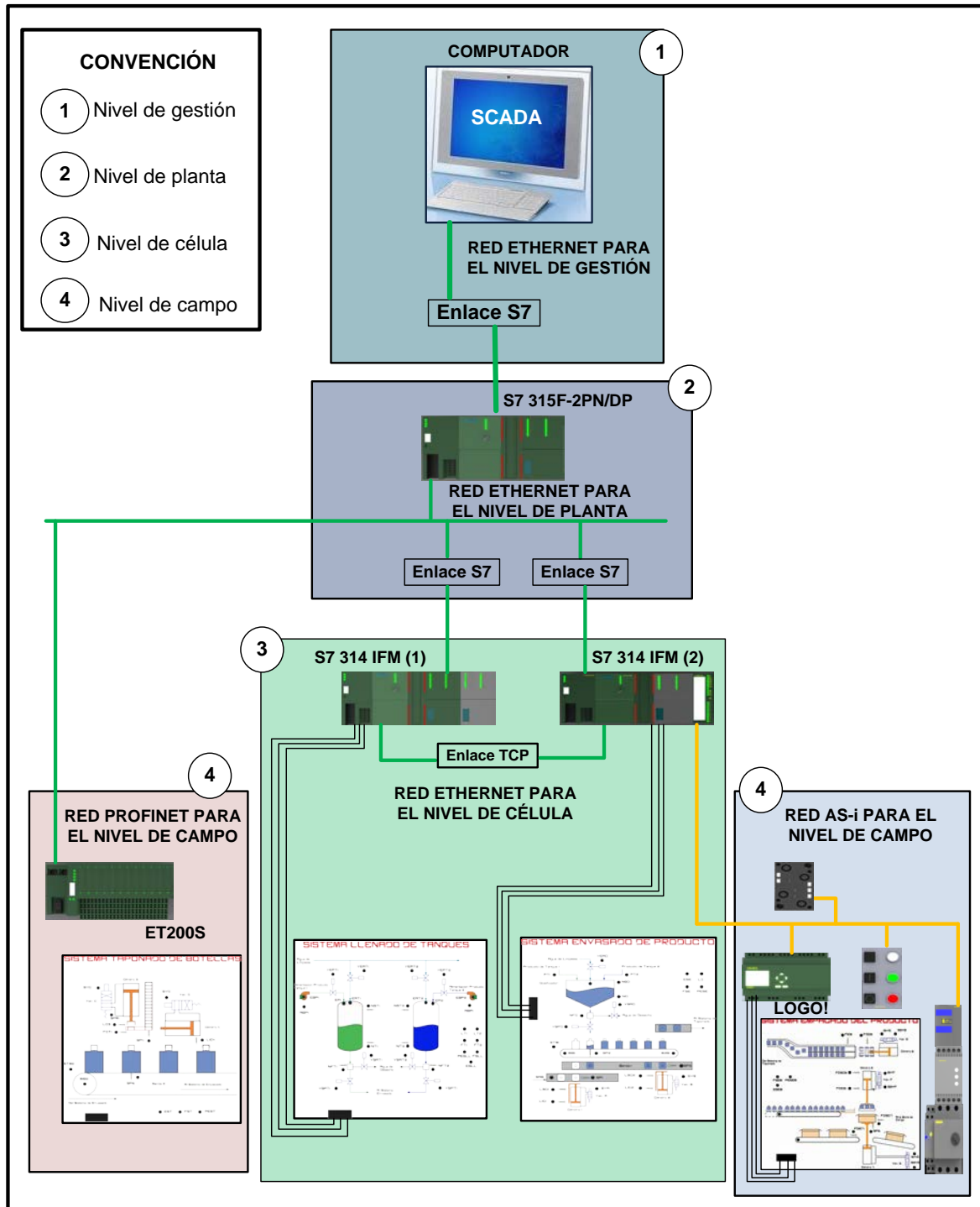
#### **4. COMUNICACIÓN DE LOS NIVELES DE LA PIRAMIDE DE LA AUTOMATIZACIÓN QUE SE UTILIZO PARA EL PRESENTE PROYECTO.**

Este capítulo se enfoca primordialmente al tema principal del proyecto, que son las comunicaciones industriales basadas en la pirámide de las redes industriales, empezando con el nivel de campo, pasando por el nivel de célula para así terminar en el nivel de gestión. Aquí se da una descripción de la configuración de los protocolos, utilizando el entorno del software STEP 7 de SIEMENS, así como la forma en qué se transfieren datos entre todos los niveles.

Basándonos en lo que se describió en el capítulo 2, el numeral 2.2 que trata sobre los niveles de la pirámide de la automatización aplicados al presente proyecto, y el numeral 2.3 que trata sobre las redes industriales aplicadas al presente proyecto, aquí se explica la forma como se configura cada red y equipo de cada nivel, para lo cual, para un mayor entendimiento de lo mencionado anteriormente, remitirse a la figura 64, la cual muestra las redes que se seleccionaron para realizar la transferencia de datos, así como los enlaces a configurar en cada equipo.

El estudiante al entrar al entorno de las redes industriales debe tener ciertos conceptos ya definidos, debe saber utilizar el software STEP 7, conocimientos en cómo agregar los equipos en el programa, como crear una subred, como introducir las direcciones IP y en qué lugar ubicar los diferentes bloques a insertar para que se pueda realizar la comunicación entre los PLCs.

Figura 64. Esquema general de las redes utilizadas en los niveles de campo aplicados al presente proyecto.



Fuente. Autores

A continuación se explica la forma como se realiza la comunicación entre cada uno de los equipos y de los niveles de la pirámide de la automatización, los cuales están conformados por el nivel de campo, el nivel de célula, nivel de planta y nivel de gestión.

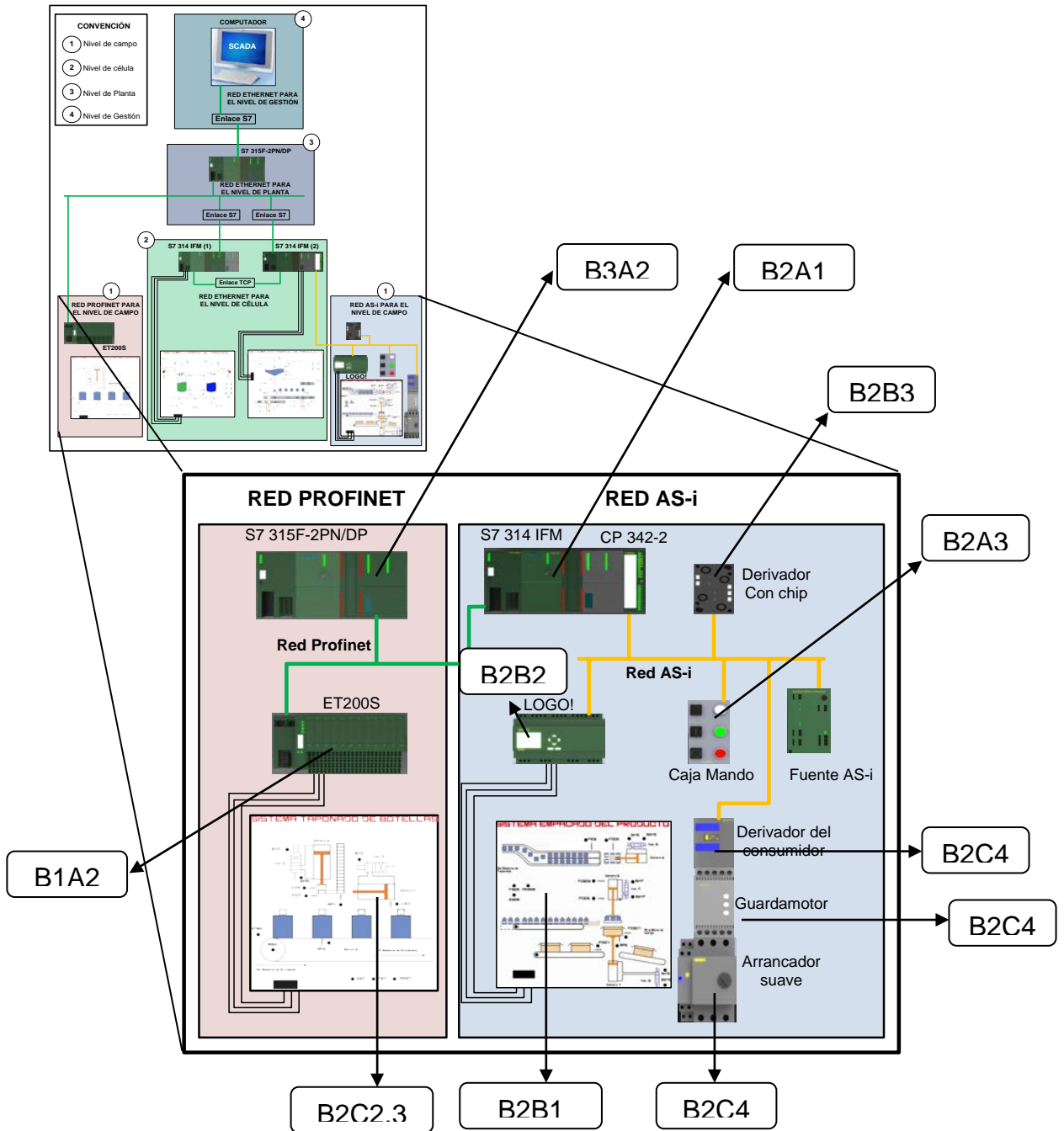
#### **4.1 COMUNICACIÓN INDUSTRIAL EN EL NIVEL DE CAMPO**

En este nivel y con las características que se requieren, se trabajaron dos tipos de redes, la red AS-i y la red Profinet. La red AS-i (ver figura 65) cuyo color representativo del bus de datos es el amarillo, está compuesta por un maestro CP 342-2, por 4 esclavos (LOGO!, la caja de mando, derivador del consumidor y derivador con chip). La red Profinet (ver figura 65), su bus de datos se representa con el color verde y está compuesto por el módulo de periferia descentralizada ET200S.

Ya habiendo descrito los dispositivos que soportan este nivel en el capítulo 3, numerales 3.4.2 al 3.4.12, entramos ahora en la forma como se van a transferir datos para que se puedan ejecutar las órdenes, y realizar la emulación de los subprocesos de la planta embotelladora, tanto para la red AS-i como la red Profinet.

**4.1.1 Red AS-i.** Una de las características de esta red es que sustituye al mazo de cables provenientes de los controladores por uno solo, uniéndolos con él nivel más bajo de la pirámide de las redes industriales. Está compuesto por esclavos estándares que se describieron en los numerales del 3.4.2 al 3.4.11 del capítulo 3, y el controlador maestro descrito en el ítem 3.5.2.1 del capítulo 3.

Figura 65. Esquema de las redes del nivel de campo.



Fuente. Autores

Las simbología utilizada aquí, quiere decir la ubicación de los dispositivos, por ejemplo el equipo B1A2 es la ET200S y está ubicado en el banco1 posición A2, según la figura 16 del capítulo 3, para entender el significado y ubicación de todos los elementos que conforman las redes de este nivel, remitirse a la tabla 1 que se encuentra en el capítulo 3.

A continuación se da una breve descripción de la manera como se configura el maestro de la red AS-i, la CP 342-2 y la forma de intercambio de datos del maestro con los esclavos AS-i.

**4.1.1.1 Configuración del maestro AS-i por medio del pulsador SET.** Hay que tener en cuenta los siguientes pasos:

- **Preparar los equipos.** Se debe asegurar que los siguientes estados se cumplan:
  - La CPU donde se encuentra instalado el maestro AS-i debe estar en STOP.
  - La CP 342-2 y todos los esclavos deben estar conectado al bus AS-i (cable amarillo) y recibir tensión de la fuente.
  - Los esclavos deben tener direcciones distintas y diferentes de “0”.
- **Configuración.** Luego de hacer y verificar los pasos anteriores, se procede de la siguiente manera:
  - Verificar si la CP 342-2 se encuentra en el modo de configuración, esto es, el indicador CM encendido, si no es así, pulsar SET.

- Compruebe que todos los esclavos de la red AS-i conectados, se encuentran disponibles y son indicados.
- Oprimir SET, con ello se configura la CP 342-2, esto quiere decir, que la información real es reconocida y almacenada. Una vez hecho esto, el maestro pasa al modo protegido, esto es, que el indicador CM y CER se apagan.

Cabe resaltar que todo lo anterior es posible, siempre y cuando ningún esclavo se encuentre con dirección "0", puesto que esta es reservada sólo para la CP 342-2, sí esto llega a suceder, cuando se conmute del modo de configuración al modo protegido pulsando SET, se encenderá el indicador SF.

**4.1.1.2 Asignación de los bytes de los esclavos AS-i en la CPU.** La CPU, a partir del momento en que se instala la CP 342-2, establece 4 bits de cada byte de los diferentes esclavos que se encuentran instalados en el bus AS-i (ver figura 66).

Figura 66. Direccionamiento de los esclavos AS-i por parte de la CPU.

Dirección Inicial	272	Reserved				Esclavo 1			
					Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	
	273	Esclavo 2				Esclavo 3			
		Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
	274	Esclavo 4				Esclavo 5			
		Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
	287	Esclavo 30				Esclavo 31			
		Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0

Fuente. Autores

Como se observa, el primer byte siempre se reserva y los esclavos toman posición a partir de este, en nuestro caso específico, la dirección empieza desde la 272 hasta la 287 debido a que la CP 342-2 se encuentra en el slot 5.

Para el caso en particular de este proyecto, los esclavos AS-I utilizados son:

- Caja de mando, descrita en el numeral 3.4.3 del capítulo 3.
- Módulo de usuario, el cual se explico en el numeral 3.4.6 del capítulo 3.
- LOGO!, cuyos detalles se encuentran en el numeral 3.4.2 del capítulo 3.
- Derivación del consumidor, descrito en el numeral 3.4.9 del capítulo 3.

En la siguiente tabla se observa las direcciones que se les asignaron a los esclavos para la realización de la secuencia del subproceso del sistema de llenado de tanque:

Tabla 26. Direcciones de las entradas y salidas de los esclavos.

ESCLAVO	DIRECCION	AREA CONFIGURADA		ENTRADAS DISPONIBLES	SALIDAS DISPONIBLES
		BYTE	BITS		
Caja de mando	1	272	0,1,2,3	272.0 a 272.1	270.2 a 270.3
Módulo de usuario	2	273	4,5,6,7	273.4 a 273.5	273.6 a273.7
LOGO!	3	273	0,1,2,3	273.0 , 273.1, 273.2 y 273.3	273.0 , 273.1, 273.2 y 273.3
Derivador del consumidor	4	274	4,5,6,7	274.5 a 274.5	274.6 a 274.7

**4.1.1.3 Direccionamiento de los esclavos AS-i por medio del bloque FC ASI\_3422.** Como se vio en la figura 67, a los esclavos AS-i se les asigna cuatro bits, así por ejemplo el esclavo que se encuentra ubicado en el byte 273 tomará los bits 273.0, 273.1, 273.2 y 273.3.

El bloque FC ASI\_3422 (ver figura 67) puede realizar varias funciones dependiendo del código que le sea asignado, en este se incluye las direcciones de los esclavos, la dirección de la CP y áreas de almacenamiento, entre otras, las cuales se explican en la tabla 27.

Figura 67. Bloque FC7 ASI\_3422

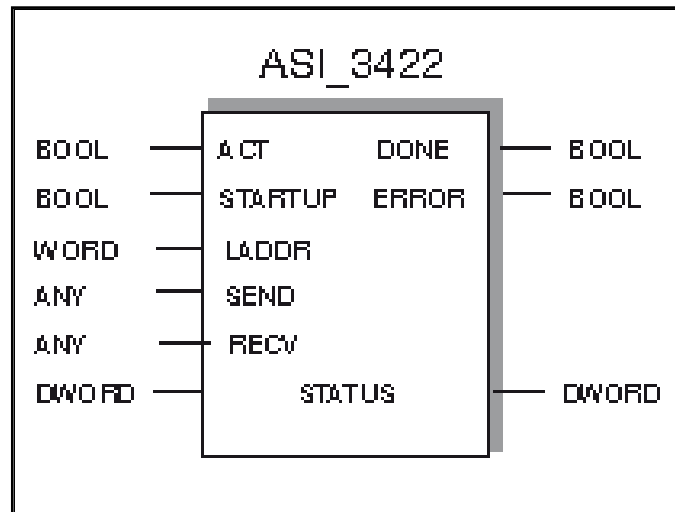


Tabla 27. Parámetros del bloque FC7 ASI\_3422

NOMBRE	CLASE	TIPO	AREA DE MEMORIA	OBSERVACIÓN
ACT	E	bool	E,S,M,D	Mientras ACT=1, se inicia un procesamiento de comando si no se está procesando ya una llamada
STARTUP	E	bool	E,A,M,D	Un arranque de CPU es comunicado al FC mediante STARTUP= 1. El usuario tiene que anular STARTUP después del primer

NOMBRE	CLASE	TIPO	AREA DE MEMORIA	OBSERVACIÓN
				ciclo de la función.
LADDR	E	word	E,A,M,D	Dirección inicial del CP 342-2 en el espacio de direcciones S7. La dirección inicial del módulo es fijada en la configuración de STEP7.
SEND	E	any	E,A,M,D	Búfer de emisión. El parámetro hace referencia a un área de memoria en la que el usuario tiene que especificar el comando. Por ejemplo P#DB20.DBX20.0 byte 1
RECV	E	any	E,A,M,D	Búfer de recepción. Este búfer sólo es relevante en el caso de comandos que proporcionen datos de respuesta. El parámetro hace referencia a un área de memoria en la que se almacena un comando. El dato de longitud en el ANY-Pointer aquí parametrizado es irrelevante. La longitud de los datos de respuesta es determinada por el propio bloque FC. Por ejemplo: P#DB30.DBX20.0 byte1
DONE	S	bool	A,M,D,L	Con DONE=1 se señala petición terminada sin errores.
ERROR	S	bool	A,M,D,L	Con ERROR=1 se señala terminada con error.
STATUS	E/S	dword	M,D	Primera palabra: estado de petición. En caso de petición terminada con error se genera un código de error para describir con mayor detalle el error. Segunda palabra: la necesita el FC para fines internos y no se debe modificar. Nota: para llamadas a diferentes CP 342-2 se tienen que asignar palabras dobles diferentes para el parámetro STATUS.

**4.1.1.4 Forma de intercambio de datos con los esclavos AS-i.** Esta sección se describe la forma como la CPU del S7 300 transfiere los datos a la CP 342-2 para y esta a su vez a los esclavos AS-i.

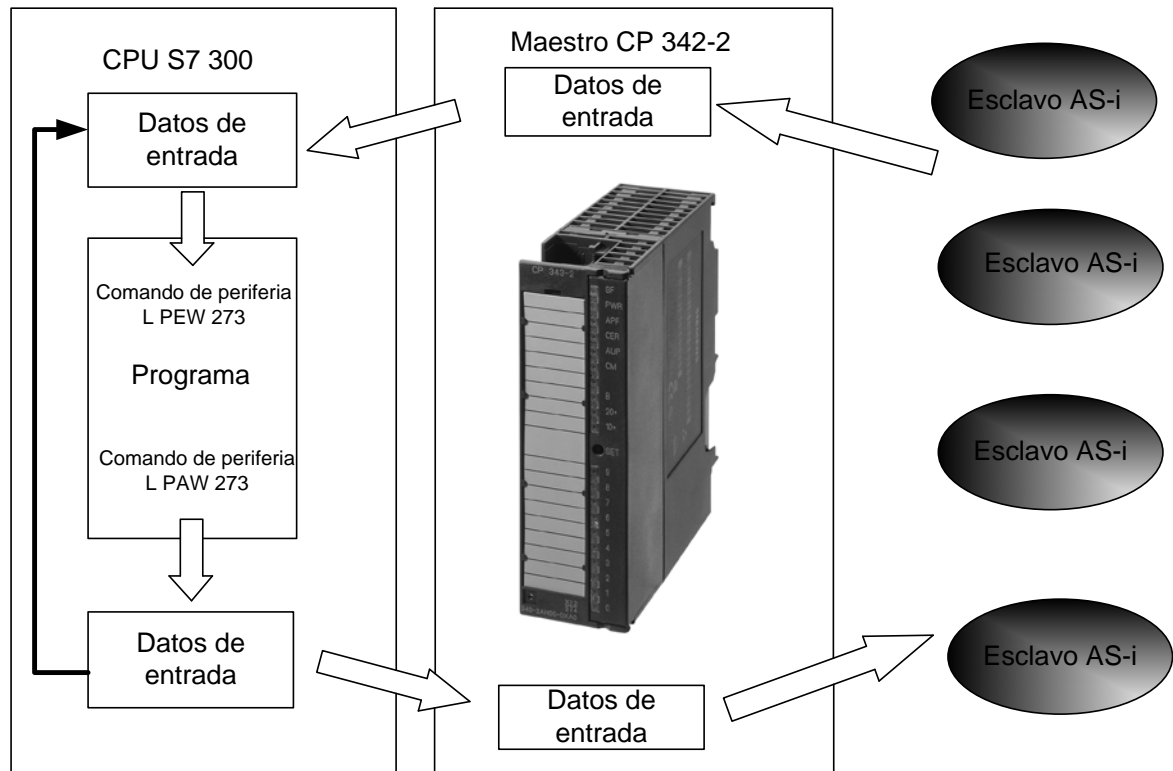
La CPU con su programa de usuario accede a los datos de los esclavos AS-i y a la CP 342-2 por intermedio de ciertos comandos de periferia, de la misma forma como se muestra en la figura 68.

Los comandos de periferia son:

- Cargar:           L PEW 272 (palabra)  
                  L PED 272 (doble palabra)
- Transferencia:   T PAW 272 (palabra)  
                  T PAD (DOBLE PALABRA)

Aquí se tomo por ejemplo, cargar y transferir el esclavo que se encuentra ubicado en la dirección 272, esto quiere decir, que en ese sitio (donde se ubica el número) se puede poner cualquier otra dirección de algún esclavo AS-i (no sólo la 272), que en nuestro caso las direcciones van desde la 272 hasta la 287.

Figura 68. Esquema transferencia de datos a esclavos AS-i



Fuente: Autores

Hay que tener en cuenta que se debe cargar (parámetro "L") y transferir (parámetro "T") los estados, después de cada ciclo de ejecución de cada esclavo AS-i. La manera como se debe cargar los estados lógicos, es con la función PED XXX, los cuales se almacenan en un bloque de datos y para transferir los datos lógicos se hace por intermedio de la función PAD XXX, que también se almacenarán en un bloque de datos DB, en donde "XXX" representa la dirección en bytes de cada esclavo en el CP 342-2.

**4.1.1.5 Ejemplo básico de direccionamiento de un esclavo AS-i.** Para poder entender la forma como se configura una RED AS-i con los componentes mínimos característicos de la misma y utilizados en el presente proyecto, remitirse al "MANUAL DE PRACTICAS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL BASADO EN LA

PIRAMIDE DE LAS REDES INDUSTRIALES” capítulo 3, el cual se encuentra en el laboratorio de automatización industrial.

**4.1.2 Red Profinet.** Esta red se caracteriza por el sistema de periferia descentralizada, en donde las entradas y salidas no van centralizadas en el controlador principal, sino que estas se permiten conectar a un bus de campo, y tal dispositivo que cumple con las condiciones mencionadas es la ET200S (módulo de periferia descentralizada), el cual ya se describió en el capítulo 3 numeral 3.4.12.

En el caso del presente proyecto, el módulo de periferia descentralizada, que se encuentra en el nivel de campo, tiene la facultad de conectarse con un equipo controlador del nivel de planta.

**4.1.2.1 Configuración del módulo de periferia descentralizada.** La ET200S está compuesta por una interfaz, 2 módulos de poder, 5 módulos de entradas y 5 módulos de salidas (ver figura 69), las cuales tienen que ser insertadas en STEP7, y anexadas al controlador, que en este caso particular es el PLC maestro.

El controlador que va regir el módulo de periferia descentralizada es el PLC maestro S7 300 con CPU 315F-2PN/DP de referencia 6ES7 315-2FH13-0AB0, el cual trae incorporado el puerto para cable de red Ethernet y no necesita módulo de comunicaciones CP. A continuación se da una breve descripción de cómo anexar la ET200S una vez insertado el maestro S7 300 en el HW.

- **Maestro insertado en HW de STEP7.** Una vez creado un proyecto de usuario (RED\_PROFINET\_ET200S), insertado la PS de 5 amperios y la CPU 315F-PN/DP de referencia antes descrita, el HW queda de la siguiente manera (ver figura 70), en donde se observa que por la referencia del equipo se crea inmediatamente la red Profinet IO.

Figura 69. Componentes de la ET200S.

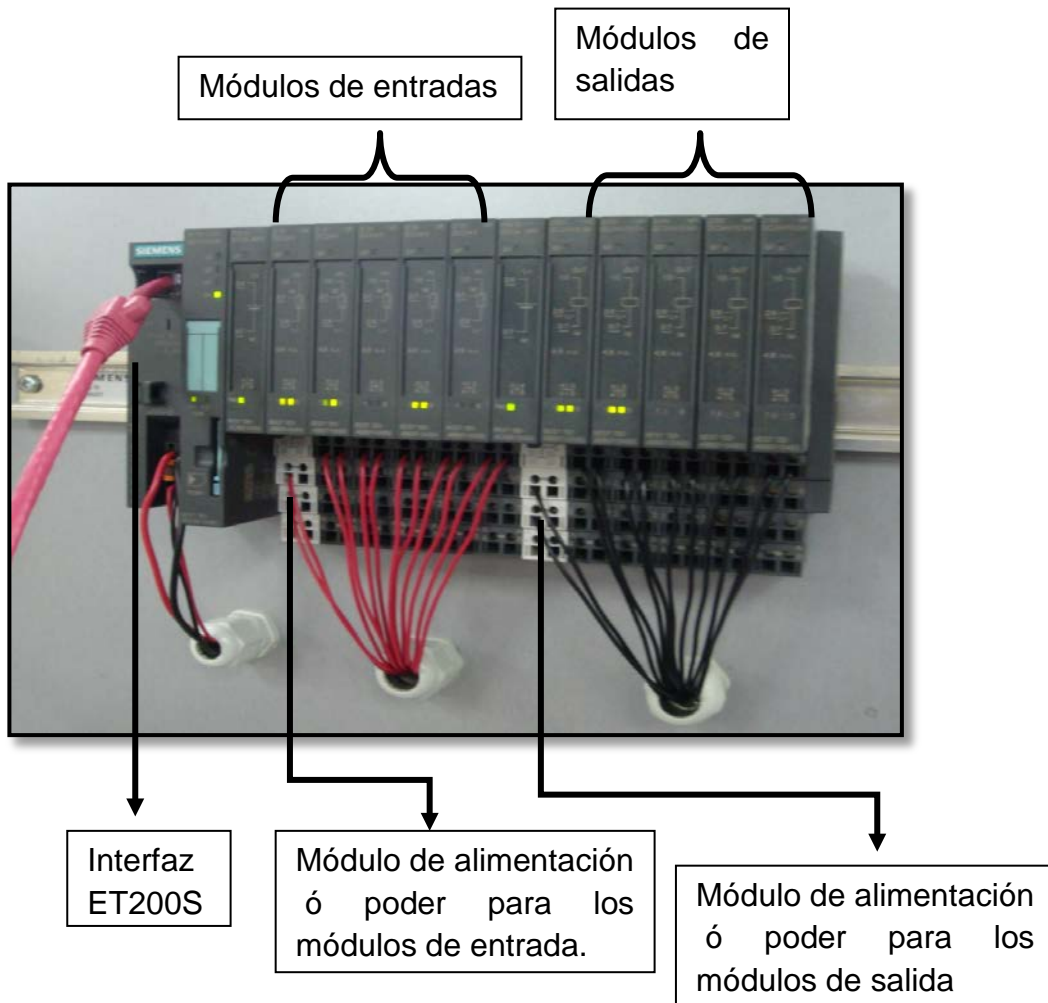
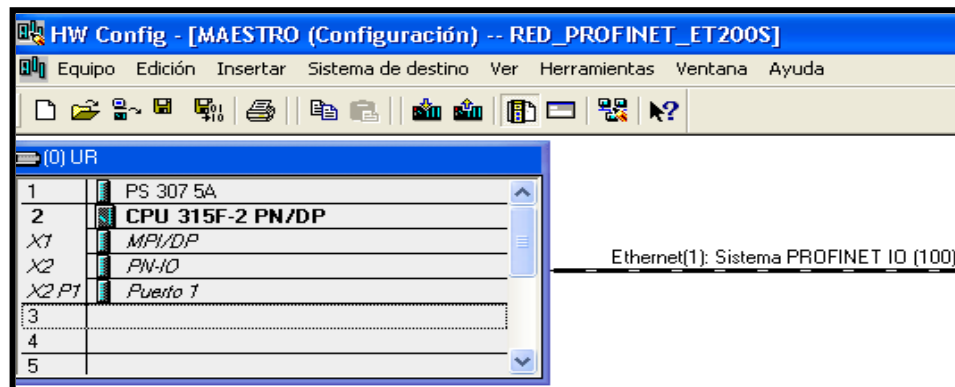
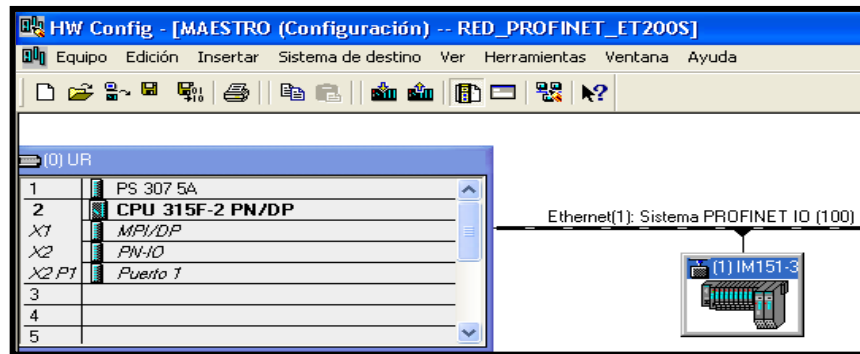


Figura 70. Maestro para la red Profinet.



- **Anexar la ET200S.** Desplegando las pestañas PROFINET IO-I/O-ET200S- y arrastrar hasta la línea de la red PROFINET IO la ET200S de referencia IM151-3 PN HF V6.0, que se encuentran a la derecha del HW.

Figura 71. ET200S en el HW.



Haciendo doble click en el icono de la ET200S, se cambia el nombre del equipo en la casilla de “Nombre de dispositivo” y ponerle “et200-1”.

- **Insertar los módulos que componen la ET200S.** En la parte derecha, desplegando la pestaña IM151-3 PN HF V6.0, se insertan en el siguiente orden y haciendo doble click, los componentes:
  - PM (módulo de alimentación) de referencia 6ES7 138-4CA50-0AB0.
  - DI (digital input) de referencia 6ES7 131-4BB01-0AB0, realizar esto 5 veces, puesto que hay instalados 5 módulos de entradas.
  - PM de referencia 6ES7 138-4CA50-0AB0.
  - DO (digital output) de referencia 6ES7 132-4BB01-0AB0, realizar este proceso 5 veces, debido a que en la estructura montada se encuentran 5 módulos de salidas.

En la figura 72, se observa como en la parte inferior del HW se muestra los módulos anexados, según la indicación anterior.

**4.1.2.2 Forma de intercambio de datos entre el maestro S7 300 y el módulo de periferia descentralizada.** Debido a los equipos existentes en el laboratorio de automatización industrial, y en especial los utilizados para la elaboración del presente proyecto, como son el controlador S7 300 con CPU 315F-2PN/DP y el módulo de periferia descentralizada ET200S, no es necesario configurar bloques de comunicación en STEP7, ya que al anexar la ET200S en el HW del maestro, él automáticamente asigna las entradas y salidas disponibles que se deben utilizar en la respectiva programación de cualquier secuencia lógica, esto se refleja en la figura 72.

Figura 72. Módulos de la ET200S.

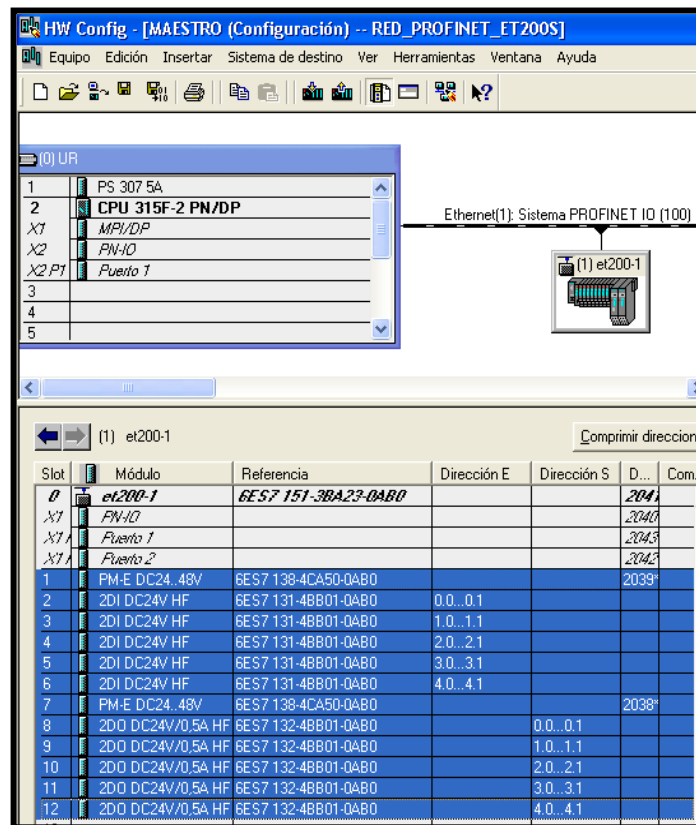
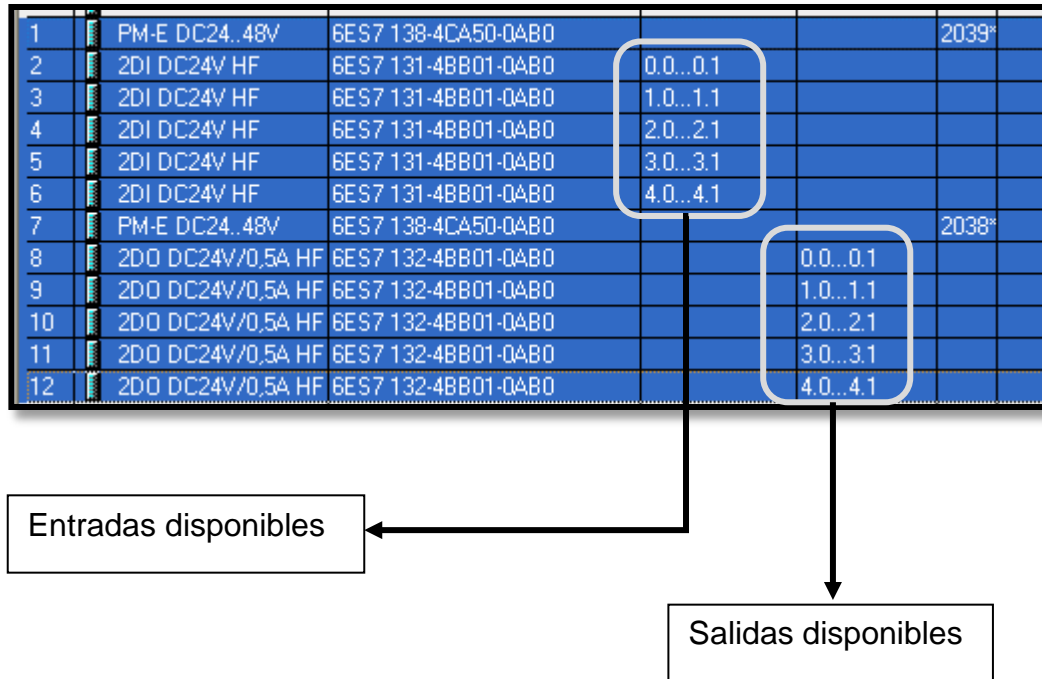


Figura 73. Entradas y salidas disponibles de la ET200S.



**4.1.2.3 Ejemplo básico de una red Profinet.** Para un mayor entendimiento de los pasos a seguir en la configuración de una red Profinet, con los componentes de un S7 300 y un módulo de periferia descentralizada, remitirse al “MANUAL DE PRACTICAS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL BASADO EN LA PIRAMIDE DE LAS REDES INDUSTRIALES” capítulo 2, el cual se encuentra en el laboratorio de automatización industrial.

## 4.2 COMUNICACIÓN INDUSTRIAL EN EL NIVEL DE CÉLULA

Este nivel está compuesto por dos controladores, un S7 300(1) con CPU 314 IFM ubicado en el banco 1, posición A1 (ver figura 16 cap. 3), y otro equipo de igual referencia, un S7 300(2) con CPU 314 IFM ubicado en el banco 2, posición A1 (ver figura 16 cap. 3), los cuales se describieron en el capítulo 3, numerales 3.5.1, 3.5.2 y que controlan los subprocesos del nivel de campo.

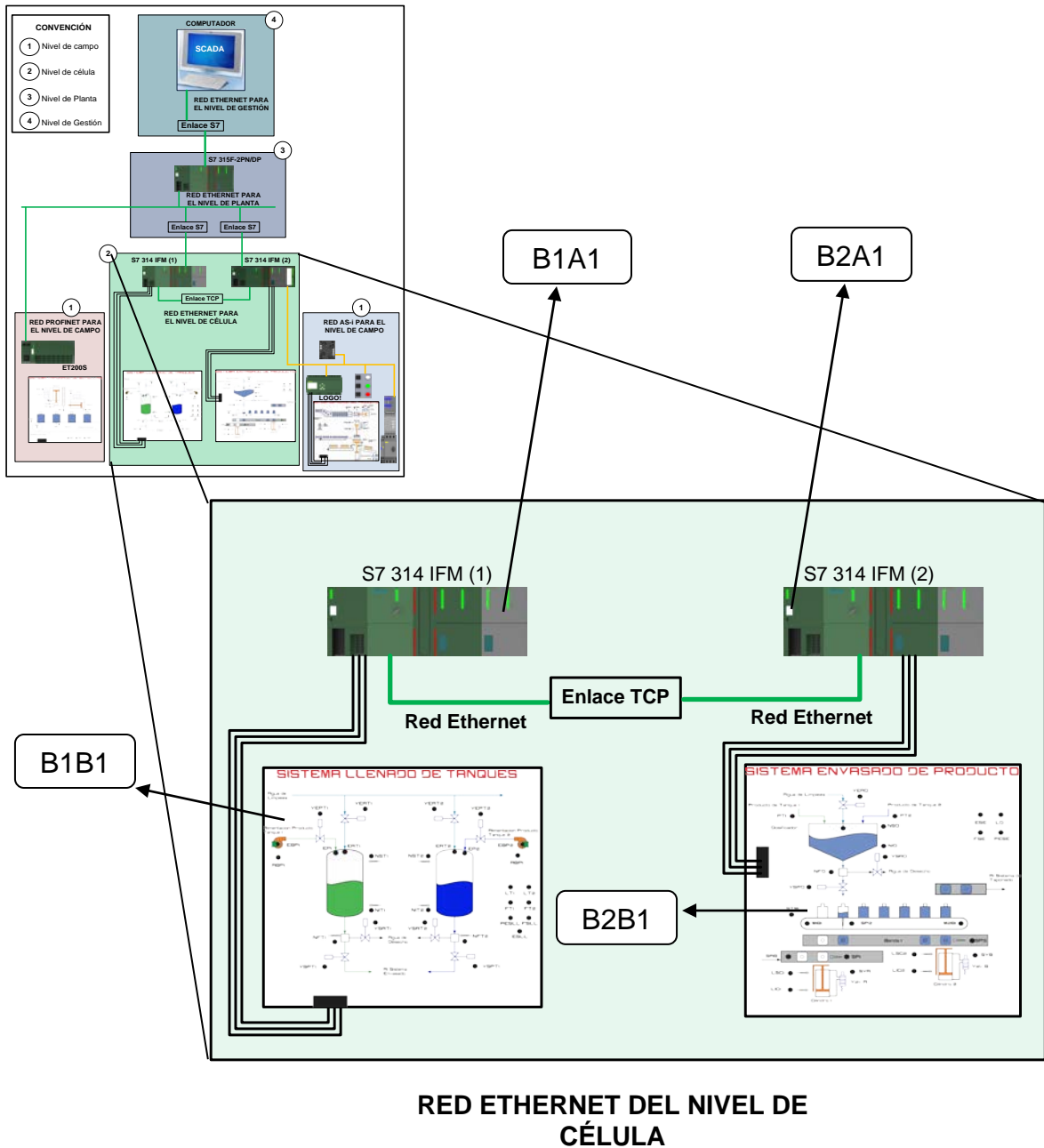
Estos PLCs tiene la facultad de recibir información de los niveles inferiores y transmitirlos al controlador maestro del nivel de planta, este a su vez los envía a ellos y desde ahí hacia el nivel de campo para ejecutar las órdenes, como se puede observar en la imagen inicial de este capítulo, esto significa, que se comunican entre ellos y a su vez entre el controlador maestro (S7 300 con CPU 315F-2PN/DP ubicado en el banco 3, posición A2, ver figura 16), por medio de una red Ethernet a la cual se le configura un enlace TCP, para que se haga efectiva la transferencia de datos, como se puede observar en la figura 74.

**4.2.1 Red Ethernet para el nivel de célula.** Esta red se maneja para ambos controladores ubicados en el nivel de célula, los dos equipos tienen los mismos componentes (PS de 2 amperios, CPU 314 IFM, CP 343-1 ADVANCED) de iguales características y referencias, por ende se describe sólo una forma de intercambio de datos de los controladores, ya que para el otro equipo se hace de la misma forma.

**4.2.1.1 Forma de intercambio de datos.** Para que ocurra la transferencia de información entre esta clase de controladores, descritos en el capítulo 3 numerales 3.5.1 y 3.5.2, estos necesitan que se configuren unos parámetros para realizar tal tarea, los cuales se explican a continuación:

- **Enlace TCP.** Es necesario la creación de este tipo de enlace, el cual es capaz de soportarlo equipos con módulo de comunicaciones CP, en este caso específico la CP 343-1 ADVANCED, en la figura 75 se muestra la ventana del enlace TCP creado en STEP7, y en la tabla 8 se observa la explicación de cada uno de los parámetros que se visualizan en la ventana.

Figura 74. Esquema de la comunicación en el nivel de célula.



Fuente. Autores

Como se puede observar en la figura 74, uno de los pasos necesarios para que ocurra la transferencia de datos, es la creación de un enlace TCP entre los

equipos de este nivel, los cuales cada uno controlan la emulación de un subproceso de la planta embotelladora.

Figura 75. Ventana de enlace TCP

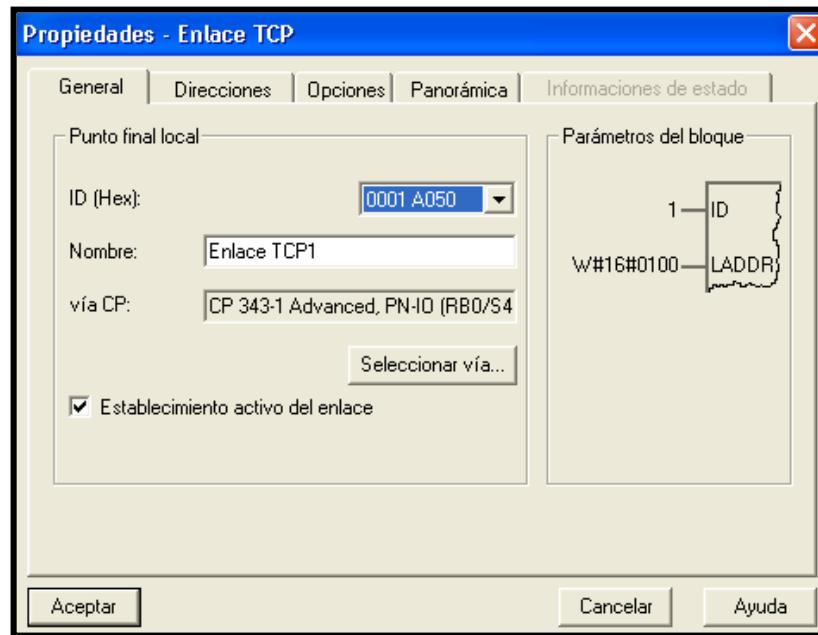


Tabla 28. Parámetros del enlace TCP.

Punto final del enlace	
<b>ID local</b>	idéntico al valor de la tabla de enlaces
<b>Nombre</b>	Nombre propuesto, es modificable por el usuario
<b>Vía CP</b>	Sí un equipo dispones de varias CPs del mismo tipo que están conectados a la misma subred, se puede seleccionar aquí la vía de enlace, botón "selección de vía". Sí no se ha asignado ningún CP.
Parámetros del bloque	
<b>ID local</b>	Este valor se tiene que registrar como ID del parámetro de llamada al bloque en el programa de usuario para identificar al enlace.
<b>LADDR</b>	Este valor decimal se tiene que registrar como parámetro de llamada al bloque en el programa de usuario para idéntica al CP.

- **Bloque para enviar datos AG\_SEND.** Este bloque es utilizado para poder transmitir información hacia algún controlador, trabaja con un parámetro de activación de la comunicación para iniciar su transferencia, también se especifica la dirección del controlador que transfiere los datos, así como cuál es el área de donde toma los valores a enviar, entre otras cosas que se describen en la tabla 29.

Figura 76. Bloque AG\_SEND.

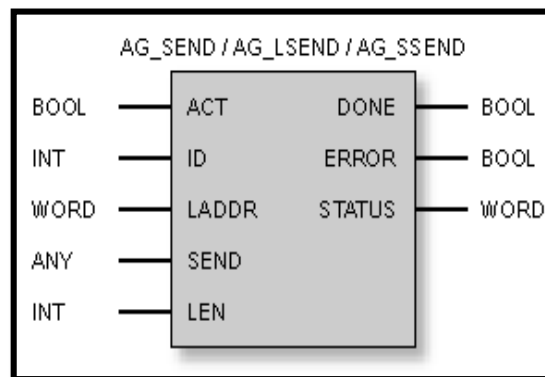


Tabla 29. Parámetros del bloque AG\_SEND

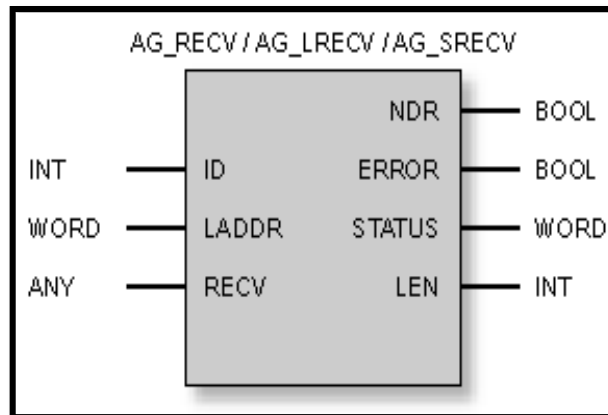
Parámetro	Declaración	Tipo	Valores posibles	Observación
<b>ACT</b>	INPUT	BOOL	0,1	En caso de llamada de FC con ACT=1 se envían LEN Bytes del área de datos indicada con el parámetro SEND. En caso de llamada de FC con ACT=0 se actualizan las indicaciones de estado con DONE, ERROR y STATUS.
<b>ID</b>	INPUT	INT	1,2.....16	El parámetro ID se indica el número del enlace TCP
<b>LADDR</b>	INPUT	WORD		Dirección inicial del módulo. Al configurar el CP aparece la dirección

Parámetro	Declaración	Tipo	Valores	Observación
				inicial del módulo en la tabla de configuración. Allí se indica esta dirección.
<b>SEND</b>	INPUT	ANY		Indicar la dirección y longitud. La dirección del área de datos se puede poner en: área PA, área de marcas, área de bloques de datos

<b>LEN</b>	INPUT	INT	1,2....240	Cantidad de bytes que se deben enviar junto con la petición desde el área de datos TCP.
<b>DONE</b>	OUTPUT	BOOL	1= datos nuevos y 0= datos no aceptados	El parámetro de estado indica si la petición se ha ejecutado sin errores. Parámetro relacionado con ERROR y STATUS.
<b>ERROR</b>	OUTPUT	BOOL	0 y 1	Indicación de fallo. Tiene relación con los parámetros DONE y STATUS
<b>STATUS</b>	OUTPUT	WORD		Indicación de estado.

- **Bloque para recibir datos AG\_RECV.** El bloque AG\_RECV (ver figura 77) es utilizado para poder recibir datos de otros controladores, utiliza el parámetro de ubicación del módulo de comunicaciones CP ADVANCED en el controlador, también se configura el parámetro en el cual se va almacenar los datos recibidos, en la tabla 30, se explican las variables a configurar del bloque AG-RECV.

Figura 77. Bloque AG\_RECV.



En la siguiente tabla se muestra la explicación de cada uno de los parámetros del bloque de comunicaciones AG\_RECV.

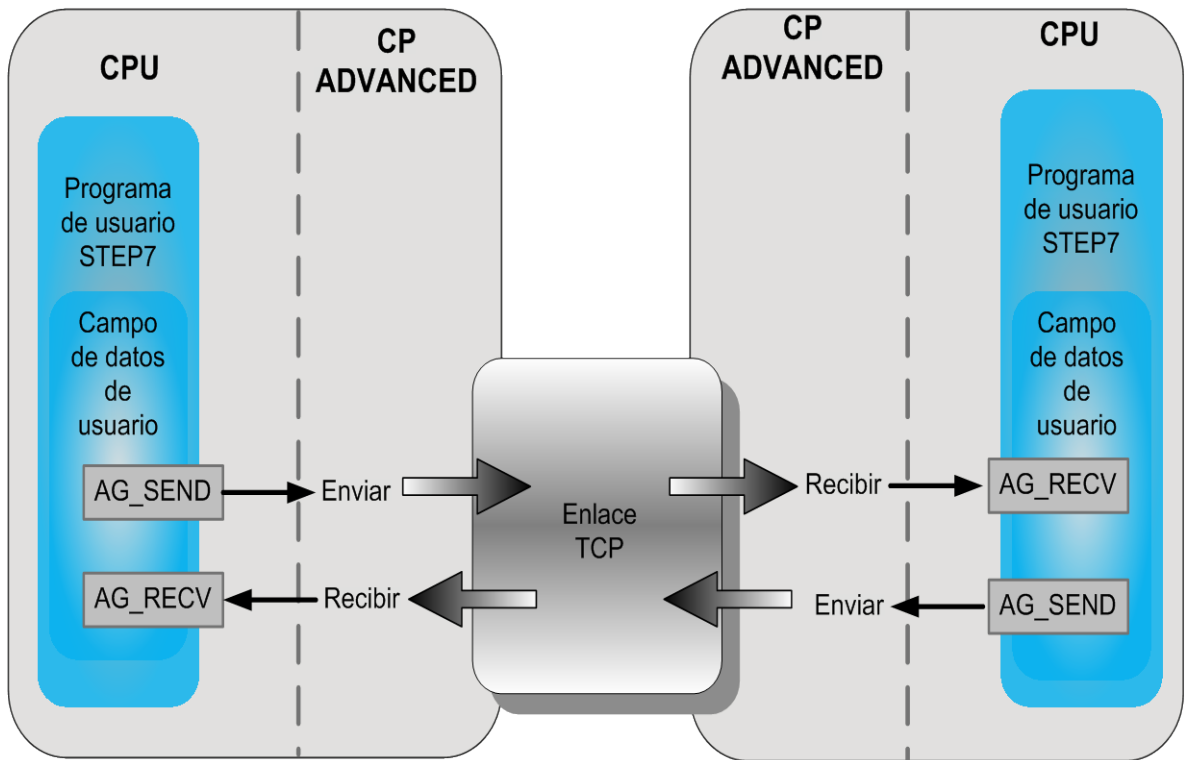
Tabla 30. Parámetros del bloque AG\_RECV

Parámetro	Declaración	Tipo	Valores posibles	Observación
<b>ID</b>	INPUT	INT	1,2,.....16	El parámetro ID se indica el número del enlace ISO. Indica la dirección inicial del módulo.
<b>LADDR</b>	INPUT	WORD		Dirección inicial del módulo. Al configurar el CP aparece la dirección inicial del módulo en la tabla de configuración. Allí se indica esta dirección.

<b>RECV</b>	INPUT	ANY		Indicar la dirección y longitud. La dirección del área de datos se puede poner en: área PA, área de marcas, área de bloques de datos
<b>LEN</b>	OUTPUT	INT	1,2....240	Indica el número de bytes que se han tomado del CP Ethernet en el área de datos.
<b>NDR</b>	OUTPUT	BOOL	1= datos nuevos y 0= datos no aceptados	Este parámetro indica si se han aceptado nuevos datos. Tiene relación con ERROR y STATUS.
<b>ERROR</b>	OUTPUT	BOOL	0 y 1	Indicación de fallo. Tiene relación con los parámetros NDR y STATUS. 0: no hay error. 1: error
<b>STATUS</b>	OUTPUT	WORD		Indicación el código de estado.

El esquema siguiente muestra la forma de transferencia de datos en el nivel de célula o de control, el cual se puede observar en la figura 78.

Figura 78. Esquema transferencia de datos con CP-ADVANCED.



Fuente: Autores

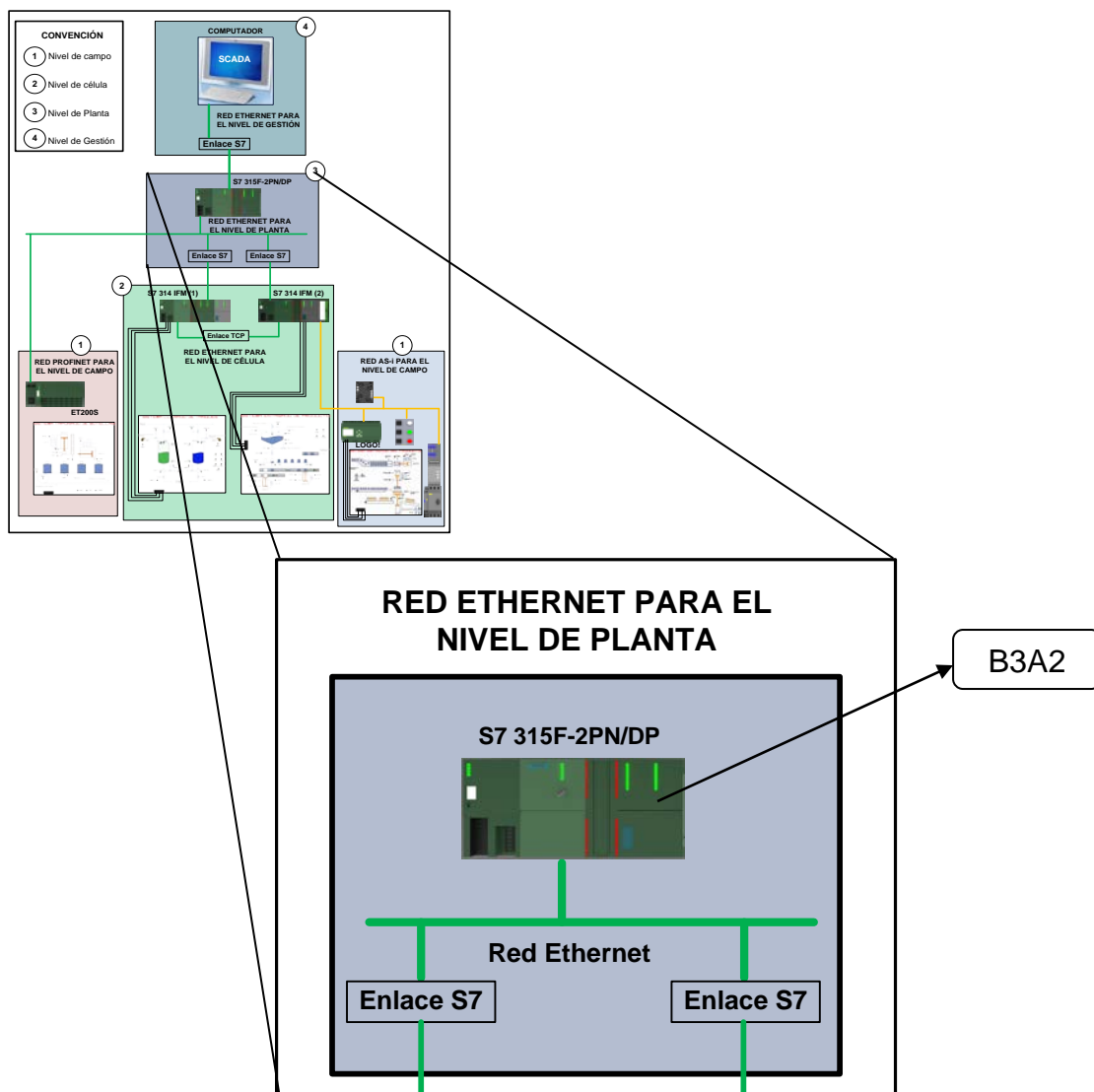
**4.2.1.2 Ejemplo de configuración de una red Ethernet entre dos S7 300.** Para un mayor entendimiento del proceso a seguir para configurar una red Ethernet entre dos equipos, remitirse al “MANUAL DE PRACTICAS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL BASADO EN LA PIRAMIDE DE LAS RED INDUSTRIALES” capítulo 1, que se encuentra ubicado en el laboratorio de automatización industrial.

### 4.3 COMUNICACIÓN INDUSTRIAL UTILIZADA EN EL NIVEL DE PLANTA

Como se observa en la figura 2 del capítulo 2, en el nivel de planta se encuentra el controlador principal (PLC maestro), el cual se describió en el capítulo 3, numeral 3.6.1, cuya referencia de la unidad central de procesamiento es CPU 315F-2PN/DP y se encuentra ubicado en el banco 3, posición A2 (ver figura 16 cap. 3), la cual trae integrado el puerto de comunicaciones Ethernet, por ende no

necesita un módulo de comunicaciones CP ADVANCED. Aquí en este nivel, este equipo controla a los demás PLCs del nivel de célula, por ende, él tiene que recibir datos y a su vez enviar información hacia los controladores del nivel inferior, y para ello, es necesario crear una red Ethernet y un enlace S7, el cual sólo lo soporta esta clase de equipo, ya que los dispositivos del nivel de célula no lo podría realizar.

Figura 79. Esquema de comunicaciones del nivel de planta.



Fuente. Autores

**4.3.1 Red Ethernet para el nivel de planta.** Esta red tiene la facultad de recibir toda la información de los otros controladores, para después enviar las órdenes a los mismos y que estas sean ejecutadas, tiene la virtud de gran almacenamiento de información, para que esta sea enviada y visualizada al nivel superior (nivel de gestión).

**4.3.1.1 Forma de intercambio de datos.** Para que ocurra la transferencia y recepción de datos desde este nivel hacía los demás, se deben utilizar unos bloques de comunicación, que son diferentes a los utilizados en los controladores del nivel célula, debido a la clase de equipo que se trabajó en el nivel de planta, los cuales se describen a continuación.

- **Enlace S7.** Es necesario la creación de este tipo de enlace, el cual es capaz de soportarlo la CPU 315F-2PN/DP, en él se puede especificar a qué dirección del controlador remoto se van a enviar o se van a recibir datos, en la figura 80 se muestra la ventana del enlace S7 creado en STEP7, y en la tabla 31 se observa la explicación de cada uno de los parámetros que se visualizan en la ventana.

Figura 80. Ventana del enlace S7.

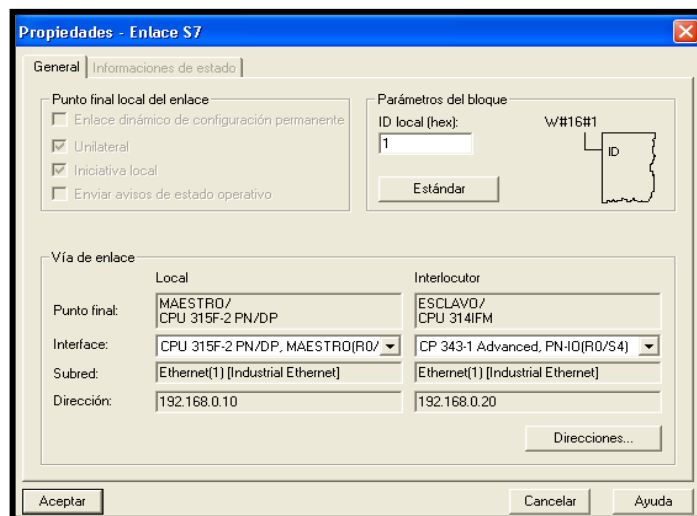
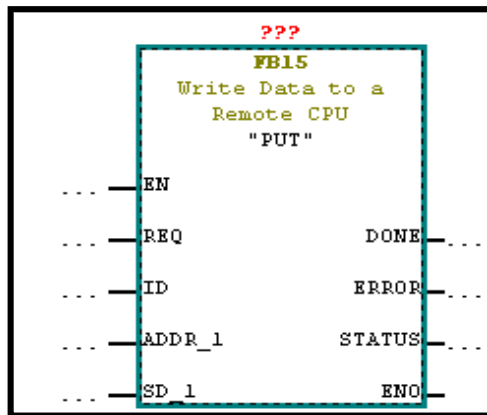


Tabla 31. Parámetros del enlace S7.

PARÁMETROS DEL BLOQUE		
<b>ID local</b>	Este valor se tiene que registrar como ID del parámetro de llamada al bloque en el programa de usuario para identificar al enlace	
VÍA DE ENLACE		
<b>Punto final</b>	Local	Especificaciones del equipo local
	Interlocutor	Especificaciones del equipo interlocutor
<b>Interface</b>	Local	Especificaciones del dispositivo de comunicaciones
	Interlocutor	Especificaciones del módulo de comunicaciones
<b>Subred</b>	Local	Ethernet
	Interlocutor	Ethernet
<b>Dirección</b>	Local	Dirección IP del equipo local
	Interlocutor	Dirección Ip del equipo interlocutor

- FB 15 PUT.** Este bloque (ver figura 81) permite enviar datos a una CPU remota, este bloque permite enviar las órdenes a ejecutar hacia los demás controladores del nivel de célula. Este bloque contiene un parámetro a configurar el cual activa la transmisión de información, también se incluye en las variables a configurar el área propia de donde se toman los datos, así como el área remota a donde se envía la información, entre otras cosas que se explican en la tabla 32.

Figura 81. Bloque FB15 PUT.



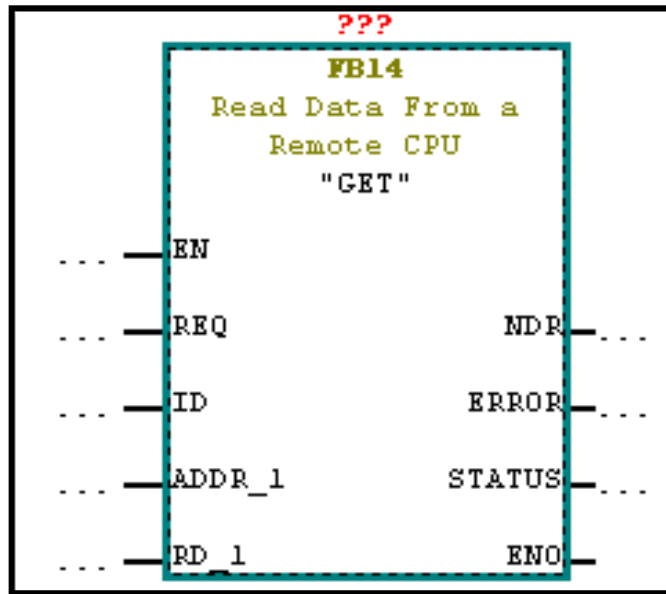
En la siguiente tabla se explican los parámetros a configurar en este bloque para realizar la respectiva comunicación.

Tabla 32. Parámetros del bloque FB15 PUT.

PARÁMETRO	DECLARACIÓN	TIPO DE DATOS	AREA DE MEMORIA	DESCRIPCIÓN
<b>REQ</b>	Input	Bool	E, A, M, D, L	Activa el intercambio de datos.
<b>ID</b>	Input	Word	M, D	Parámetro de direccionamiento
<b>DONE</b>	Output	Bool	E, A, M, D, L	0: petición aún no iniciada o en curso 1: petición realizada sin errores
<b>ERROR</b>	Output	Bool	E, A, M, D, L	Parámetros de estado
<b>STATUS</b>	Output	Word	E, A, M, D, L	Mensaje de error
<b>ADDR_1</b>	In_out	Any	M, D	Puntero que señala a las áreas de la CPU interlocutora en la que se debe escribir.
<b>SD_i</b>	In_out	Any	M,D	Puntero que señala aquellas áreas de la CPU propia en las que se depositan los datos que se deben escribir.

- FB 14 GET.** Este bloque (ver figura 82) se encarga de leer datos de una CPU remota, trabaja con parámetros similares al anterior bloque de comunicaciones, tiene también una variable a configurar para la activación de la comunicación, así como la ubicación de los datos que se leen y su procedencia. La descripción de las variables se explican en la tabla 33.

Figura 82. Bloque FB14 GET.



En la siguiente tabla se muestra la descripción de los parámetros a configurar.

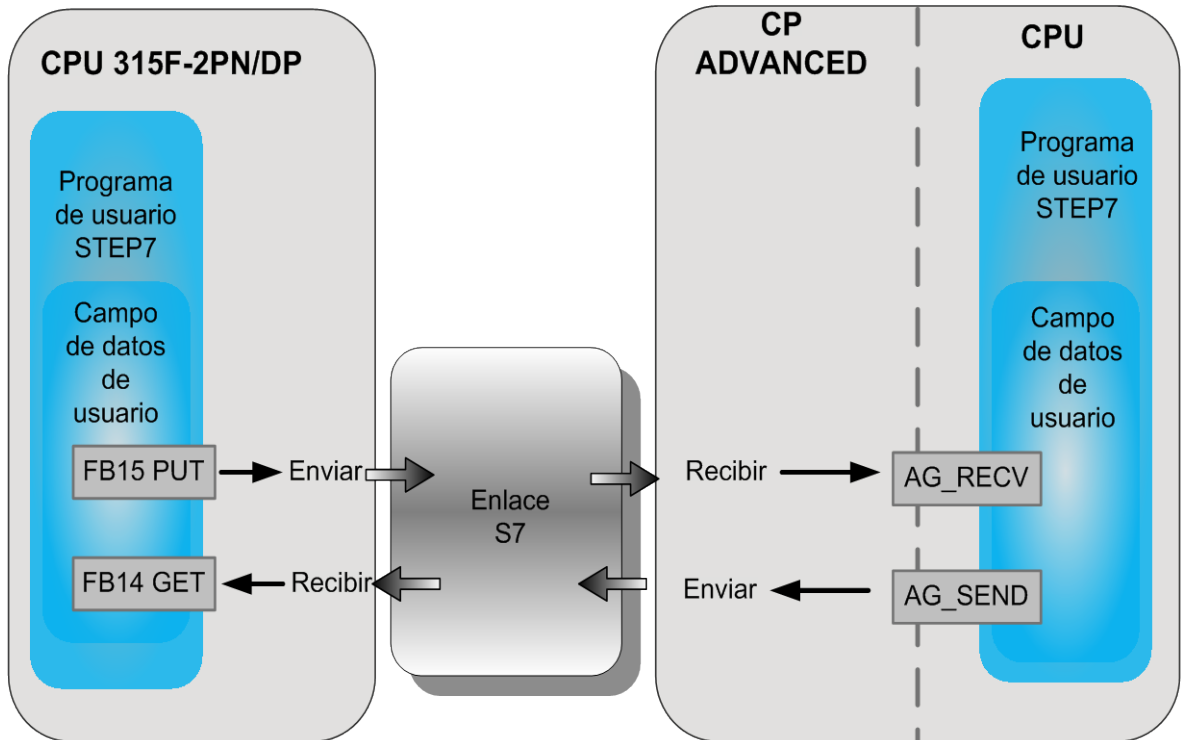
Tabla 33. Parámetros del bloque FB14 GET

PARÁMETRO	DECLARACIÓN	TIPO DE DATOS	AREA DE MEMORIA	DESCRIPCIÓN
REQ	Input	Bool	E, A, M, D, L	Activa el intercambio de datos.
ID	Input	Word	M, D	Parámetro de direccionamiento
				0: petición aún no

PARÁMETRO	DECLARACIÓN	TIPO DE DATOS	AREA DE MEMORIA	DESCRIPCIÓN
<b>DONE</b>	Output	Bool	E, A, M, D, L	iniciada o en curso 1: petición realizada sin errores
<b>ERROR</b>	Output	Bool	E, A, M, D, L	Parámetros de estado
<b>STATUS</b>	Output	Word	E, A, M, D, L	Mensaje de error
<b>ADDR_1</b>	In_out	Any	M, D	Puntero que señala a las áreas de la CPU interlocutora en la que se debe leer.
<b>SD_i</b>	In_out	Any	M,D	Puntero que señala aquellas áreas de la CPU propia en las que se depositan los datos leídos.

El siguiente esquema muestra como se realiza la transferencia de información entre el controlador del nivel de planta y el controlador del nivel de célula.

Figura 83. Esquema de comunicaciones entre el nivel de planta y célula.



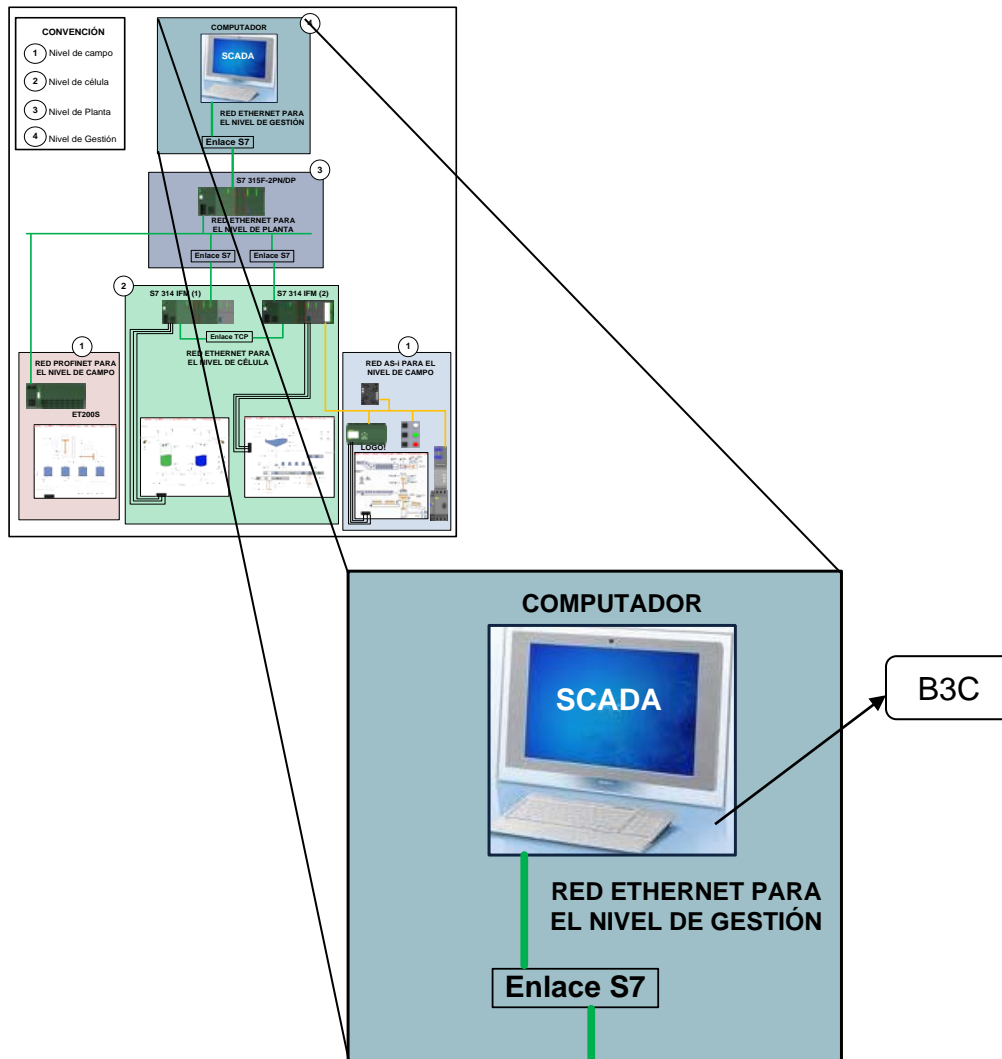
**4.3.1.2 Ejemplo de configuración de una red Ethernet con intercambio de datos entre el nivel de planta y el nivel de célula.** Para un mayor entendimiento del proceso a seguir para configurar una red Ethernet entre dos equipos de diferente nivel y de especificaciones distintas, remitirse al “MANUAL DE PRACTICAS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL BASADO EN LA PIRAMIDE DE LAS RED INDUSTRIALES” capítulo 5, que se encuentra ubicado en el laboratorio de automatización industrial.

#### 4.4 COMUNICACIÓN INDUSTRIAL EN EL NIVEL DE GESTIÓN

Este nivel se caracteriza por que se encuentra el computador, que se encuentra ubicada en el banco 3, posición C1, en el cual se visualiza todos los procesos de

la planta embotelladora, en nuestro caso tiene un sistema de control y adquisición de datos (SCADA) de los subprocessos y la caja de mando.

Figura 84. Esquema de comunicaciones del nivel de gestión.



Fuente. Autores

En donde B3C1 es la ubicación del dispositivo y significa banco 3 posición C3.

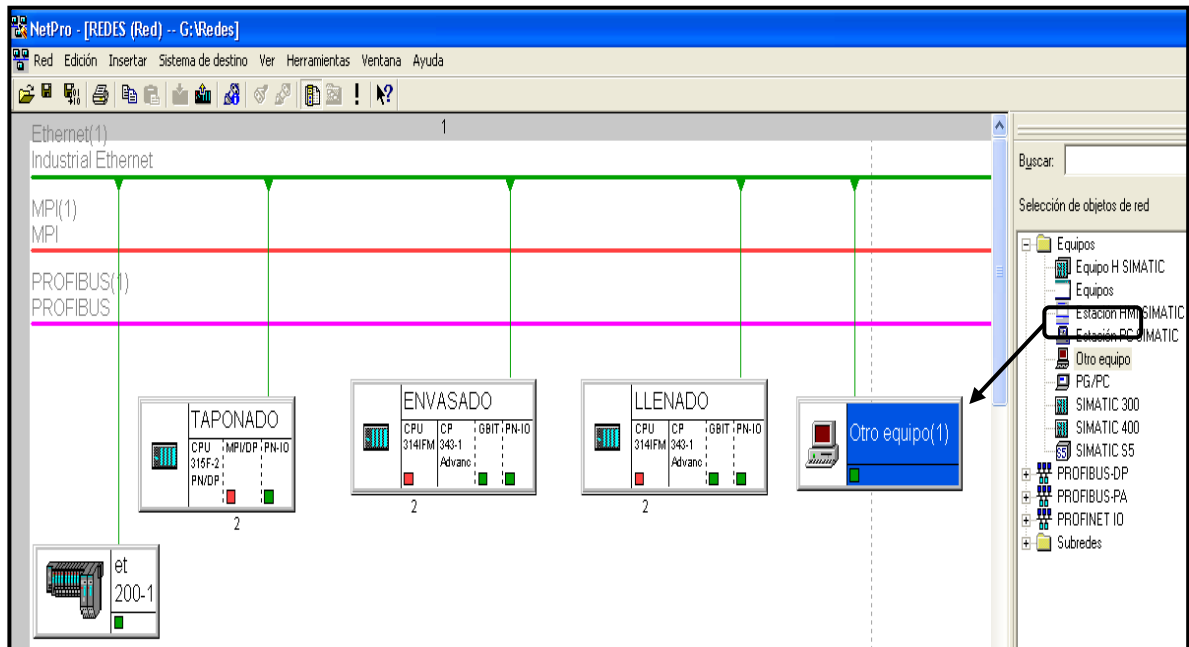
A este dispositivo le llega información del controlador del nivel inferior, que es el S7 300 con CPU 315F-2PN/DP, y a su vez, envía información hacia los demás

niveles, para que esto ocurra se debe crear una red Ethernet y un enlace S7 no especificado entre el computador y el controlador maestro, como se observa en la figura 85.

**4.4.1 Forma de intercambio de datos.** El controlador maestro del nivel de planta envía información hacia el ordenador del nivel de gestión, para que ello ocurra es necesario la creación de un enlace S7 entre el controlador (PLC) y el ordenador (computadora), a continuación se da un breve explicación de ello.

- **Insertar otro equipo en el NetPro de STEP7.** Este paso es necesario, pues aquí se anexa al programa el ordenador con el cual se va a comunicar el controlador maestro.

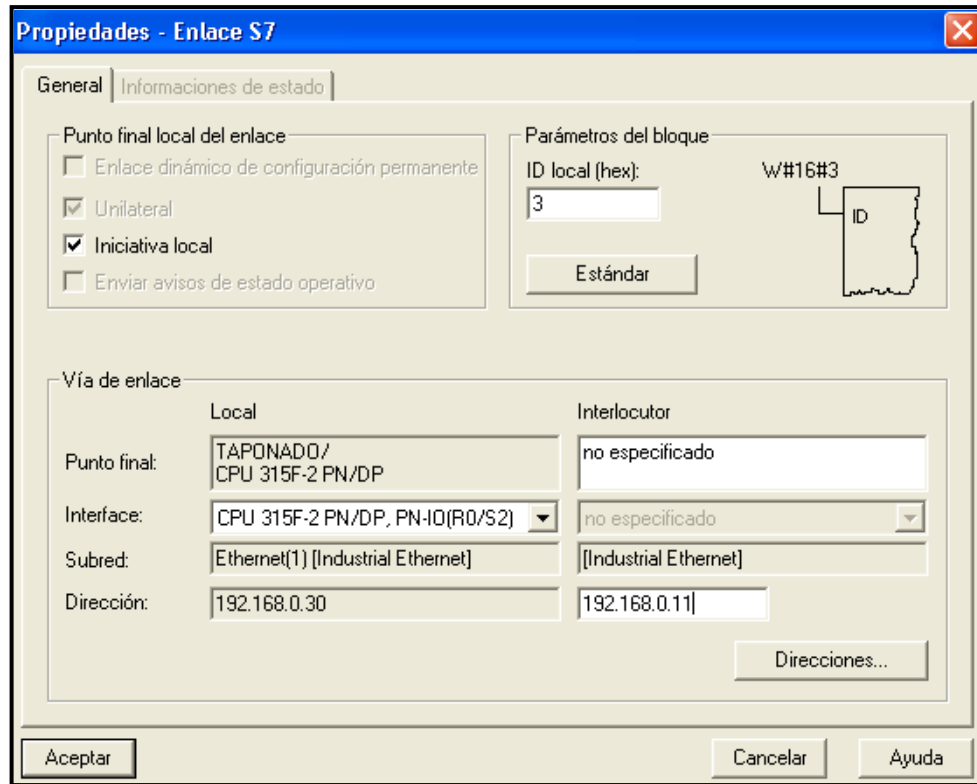
Figura 85. Anexo de otro equipo en el NetPro de STEP7



A este equipo se le agrega la subred Ethernet y se adjunta a la misma subred a la que están los demás equipos conectados, como se puede observar en la figura anterior.

- **Enlace S7-no especificado-**. Es importante agregar un enlace S7 no especificado (ver figura 86) en el controlador maestro, ya que este es el que tiene que transferir los datos al ordenador. Al enlace S7 se le agrega la dirección IP del ordenador para que se pueda realizar la respectiva transmisión de información.

Figura 86. Enlace S7 no especificado.



En la tabla 34 se describen cada uno de los parámetros a configurar.

Tabla 34. Parámetros del enlace S7 no especificado

Parámetros del enlace S7 no especificado	
PARÁMETROS DEL BLOQUE	
<b>ID local</b>	Este valor se tiene que registrar como ID del parámetro de llamada al bloque en el programa de usuario para identificar al enlace

Parámetros del enlace S7 no especificado		
VÍA DE ENLACE		
<b>Punto final</b>	Local	Especificaciones del equipo local- PLC maestro-
	Interlocutor	Especificaciones del equipo interlocutor- no es necesario poner-
<b>Interface</b>	Local	Especificaciones del dispositivo de comunicaciones
	Interlocutor	Especificaciones del enlace-no especificado-
<b>Subred</b>	Local	Ethernet-industrial Ethernet-
	Interlocutor	Ethernet-Industrial Ethernet-
<b>Dirección</b>	Local	Dirección IP del equipo local- PLC maestro-
	Interlocutor	Dirección IP del equipo interlocutor-ordenador-

**4.4.2 Sistema SCADA para la emulación de la planta embotelladora.** En el sistema SCADA se visualiza como se transfieren los datos desde el nivel de campo hasta el nivel de gestión. Está compuesto por las siguientes imágenes para que en ellas se pueda percibir la transmisión de información:

**4.4.2.1 Inicio.** En esta imagen (ver figura 87) se puede observar el nombre de los autores del presente proyecto, título y una figura representativa de una planta embotelladora real. Esta imagen representa la introducción al sistema SCADA, en la cual haciendo un click en la figura de la planta embotelladora, aparece una nueva ventana para ir incursionando en forma progresiva a las principales características de la emulación de la planta embotelladora.

Figura 87. Imagen de inicio del SCADA de la planta embotelladora.



Fuente. Autores

**4.4.2.2 Panel de control.** En esta ventana, se puede observar la caja de mando con sus respectivos componentes, así como un botón en cual al realizar click en él, llevará al usuario a la ventana de los subsistemas de la planta embotelladora. También posee unos contadores para llevar el control de las producidas, esto es, botellas llenada y taponadas, así como otro contador para la cajas donde se empacan las botellas producidas, cabe resaltar que en cada caja van 6 botellas, por ende el contador funciona por cada 6 botellas que caben en cada caja, con el cual se visualiza el envío de datos desde el nivel de campo hasta el nivel de gestión.

Figura 88. Imagen del panel de control.



Fuente. Autores

**4.4.2.3 Subsistema de la planta embotelladora.** Esta ventana consta de imágenes que simulan cada uno de los subprocesos de la planta embotelladora, al cual, al dar click en alguna de ellas, llevará al usuario a la ventana del subproceso seleccionado, esto es, tener una visión en tiempo real en el nivel de campo. También está compuesto por un botón que al pulsar llevará al usuario a la caja de mando.

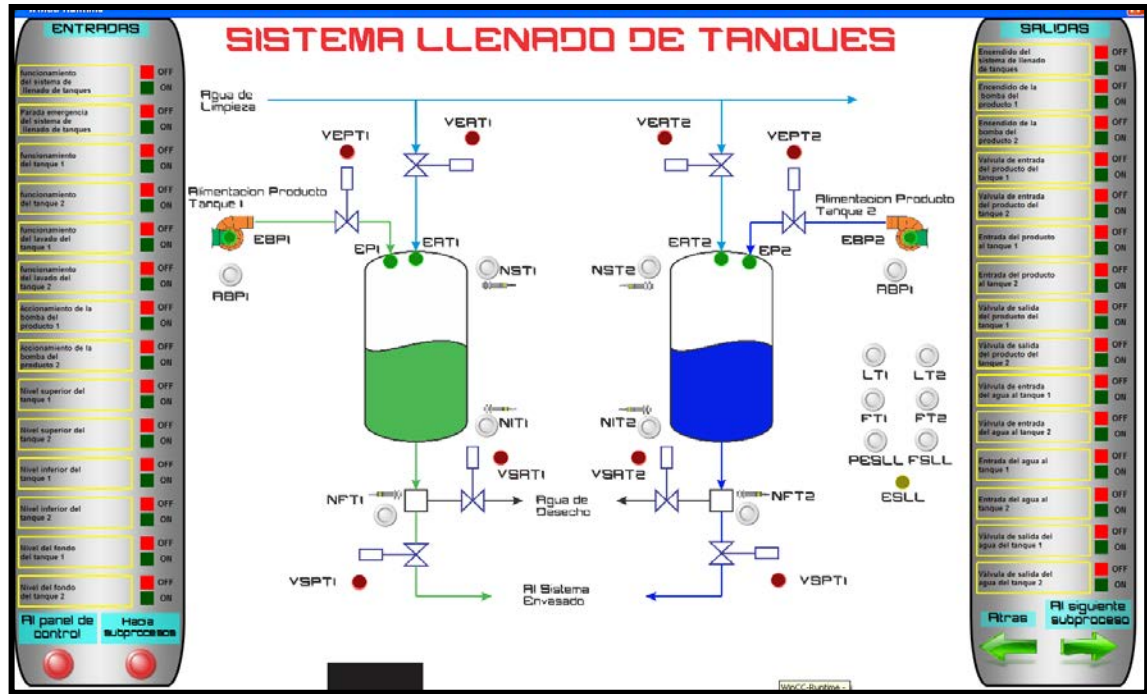
Figura 89. Imagen de los subsistema de la planta embotelladora.



Fuente. Autores

**4.4.2.4 Sistema de llenado tanques.** Consta del diagrama del emulador del subsistema de llenado de tanques, con la visualización de sus respectivas variables (entradas y salidas), también cuenta con botones los cuales al dar click en ellos envían al siguiente subsistema, ó a la caja de mando ó a la ventana de los subsistemas de la planta embotelladora.

Figura 90. Imagen del sistema de llenado de tanques.

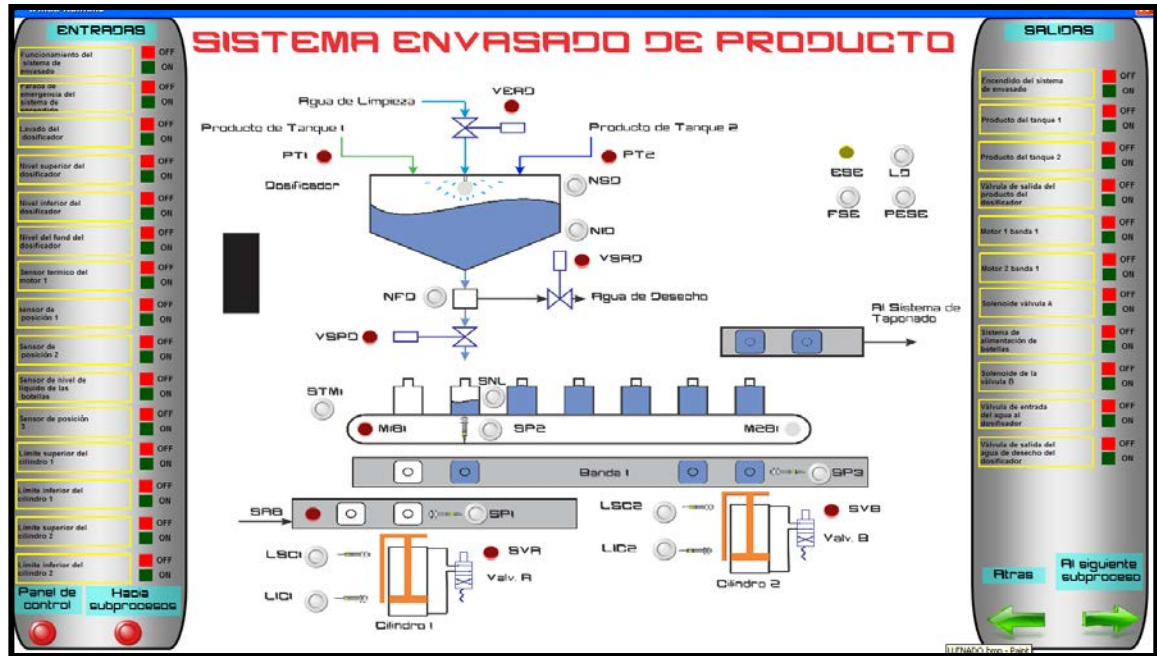


Fuente. Autores

**4.4.2.5 Sistema de envasado del producto.** En esta ventana se puede visualizar el subproceso con la variación de todas las señales, según la secuencia del sistema en tiempo real. También cuenta con botones para ir al siguiente subproceso, así como al anterior, al panel de control y a la ventana de los subsistemas.

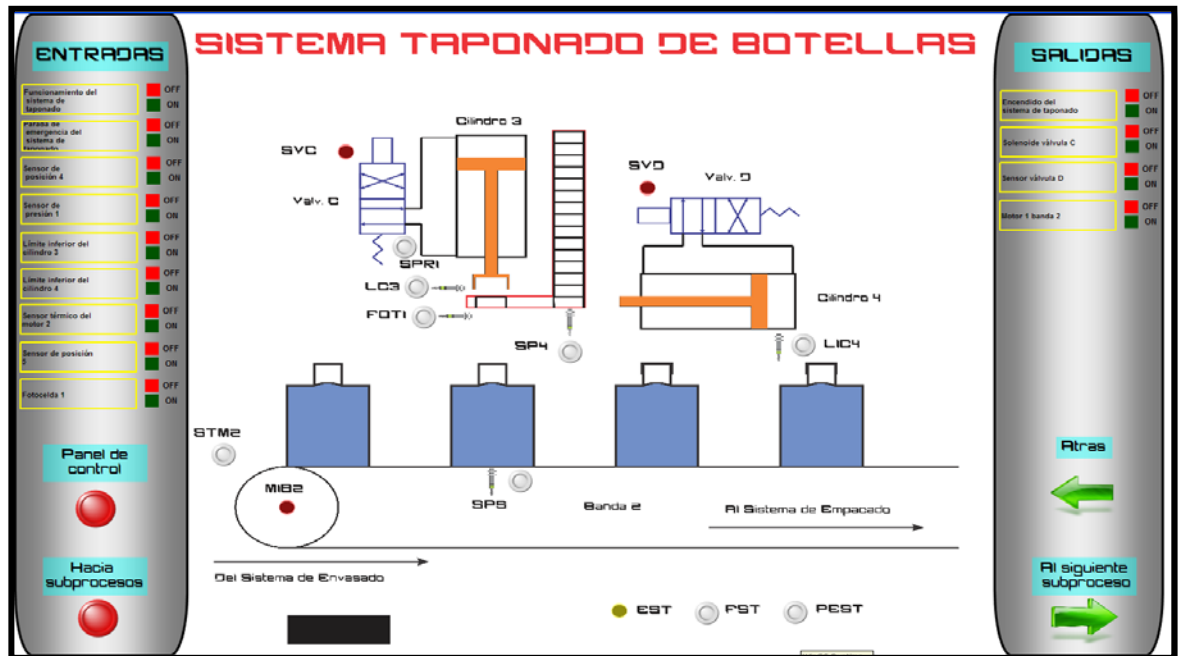
**4.4.2.6 Sistema de taponado de botellas.** Cuenta con la visualización de la secuencia del proceso, tanto las señales de las entradas como las salidas, así como botones para ir al siguiente subproceso, hacia el anterior, al panel de control y a los subprocesos de la planta embotelladora.

Figura 91. Imagen del sistema de envasado del producto.



Fuente. Autores

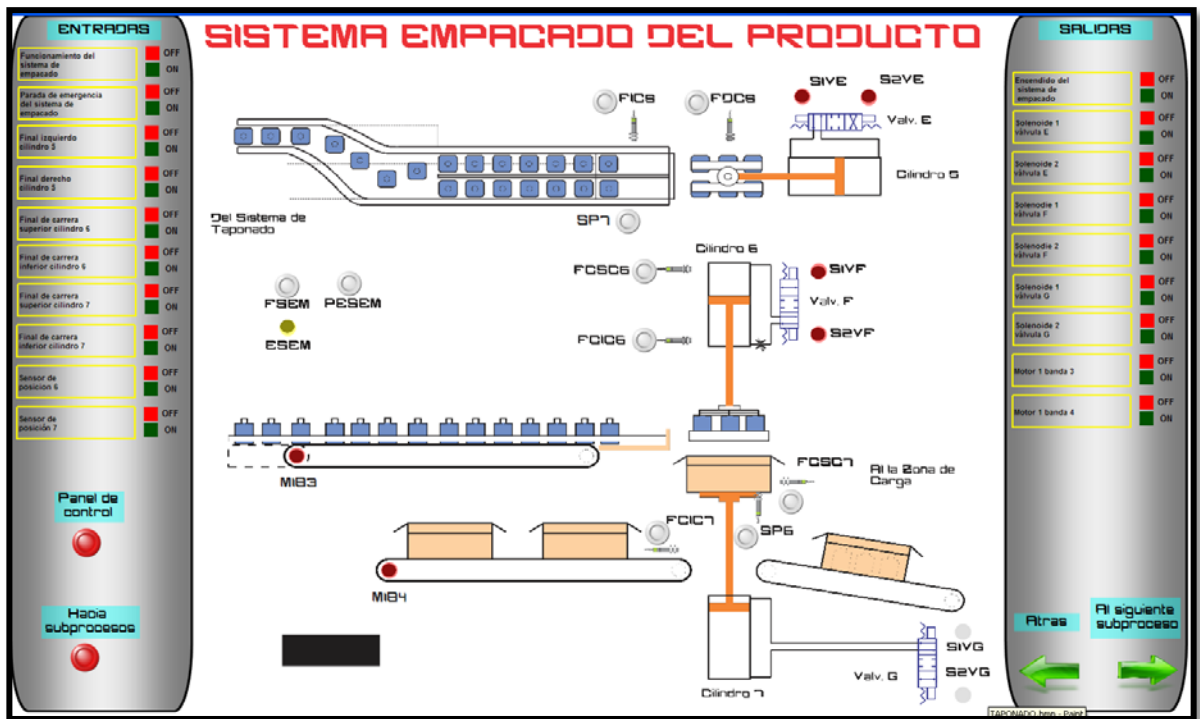
Figura 92. Imagen del sistema de taponado de botellas.



Fuente. Autores

**4.4.2.7 Sistema de empacado.** Este último subproceso de la planta embotelladora se visualiza la emulación de la secuencia del empacado del producto final. Está compuesto por todas las señales de entradas y salidas, así como botones para ir al panel de control, subprocesos, hacia el subproceso anterior.

Figura 93. Imagen del sistema de empacado.



Fuente. Autores

## **5. DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL MANUAL DE PRÁCTICAS PARA LAS REDES INDUSTRIALES DE COMUNICACIÓN.**

Este manual, del cual se presenta la portada en la figura 94, está dirigido tanto para el estudiante como para el auxiliar del laboratorio de automatización industrial, en el cual estas prácticas están basadas en la comunicación industrial y en la pirámide de las redes industriales, como por ejemplo, práctica de la comunicación entre dos S7 300 por vía Ethernet, con aplicación de la emulación de dos subprocesos, la forma de configurar un módulo de periferia descentralizada ET200S, la utilización en forma práctica de la red AS-i, entre otras.

Aquí el estudiante podrá tener una idea visual del uso que se le da a las redes industriales y el campo de aplicación, la transferencia de datos entre los distintos controladores, todo lo anterior será un apoyo esencial para el aprendizaje en la rama de la automatización, ya que actualmente no se cuenta con este tipo de prácticas para la enseñanza de las redes industriales.

Para que el auxiliar pueda llevar un buen seguimiento de las prácticas a desarrollar y que el estudiante obtenga un apreciable desempeño, las prácticas constan de:

### **5.1 TITULO**

En él se podrá identificar la práctica que se va a desarrollar.

### **5.2 CONDICIÓN**

Allí se muestra el diagrama de la emulación de un subsistema de la planta embotelladora, con el que cual se quiere dar una aplicación a esta práctica.

### 5.3 OBJETIVO

Aquí se hablan de los alcances de la práctica y su delimitación.

Figura 94. Portada del manual de prácticas.



Fuente. Autores

#### **5.4 LISTA DE COMPONENTES**

Se enumeran cada uno de los dispositivos utilizados en cada práctica para que ésta pueda cumplir los objetivos propuestos.

#### **5.5 PROCEDIMIENTO**

En esta parte se explica la forma como se insertan los equipos (como controladores, módulo de periferia descentralizada y módulos de comunicaciones), en el software STEP7 y la configuración de los mismos.

#### **5.6 PROGRAMACIÓN Y COMUNICACIÓN**

Aquí se brindan los pasos para que el equipo pueda ejecutar en forma secuencial la programación elaborada, la cual va de la mano con la utilización de los bloques de comunicación, para que se pueda realizar la transferencia de datos.

#### **5.7 VISUALIZACIÓN DE LOS ESTADOS**

En este ítem, se describen los pasos a realizar por parte del estudiante, para que éste pueda visualizar en una forma clara la transmisión de datos entre los controladores.

#### **5.8 PUESTA EN MARCHA**

Se citan una serie de pasos a seguir para que los bancos que soportan las prácticas, puedan funcionar, como por ejemplo, como cargar el programa al PLC, como energizar los dispositivos, entre otras cosas.

## **5.9 EVALUACIÓN**

Aquí se pone a prueba los conocimientos adquiridos en la práctica, de una forma sencilla y clara, para que el estudiante pueda recordar y afianzar lo que se hizo.

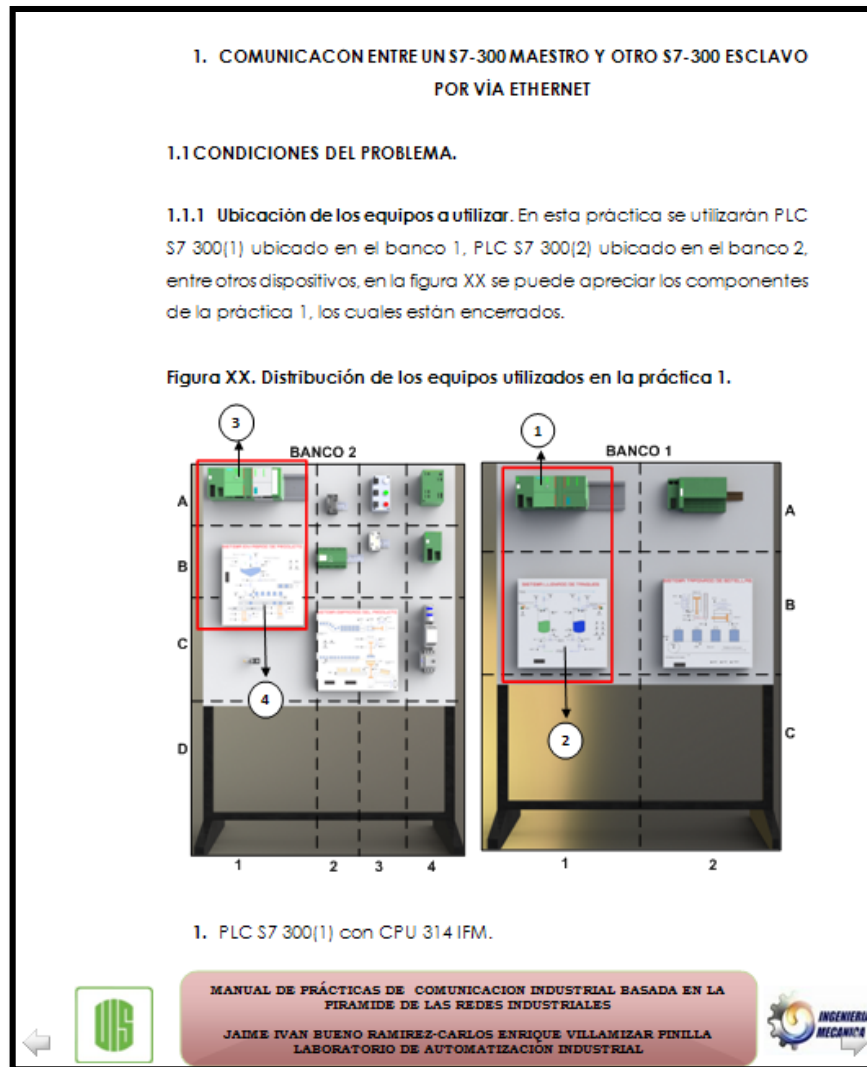
Este manual está compuesto por 5 prácticas, las cuales se nombran a continuación:

- Comunicación entre un S7 300 maestro y un S7 300 esclavo por vía Ethernet.
- Comunicación entre un S7 300 maestro y un módulo de periferia descentralizada ET200S por vía Ethernet.
- Comunicación entre un S7 300 maestro y un S7 300 esclavo por vía Profibus.
- Comunicación entre dos S7 300 aplicando la red AS-i.
- Comunicación entre varios controladores por vía Ethernet.
- A continuación se da la descripción de una práctica para el mayor entendimiento del enfoque de manual de prácticas.

## **5.10 EJEMPLO DE UNA PRÁCTICA**

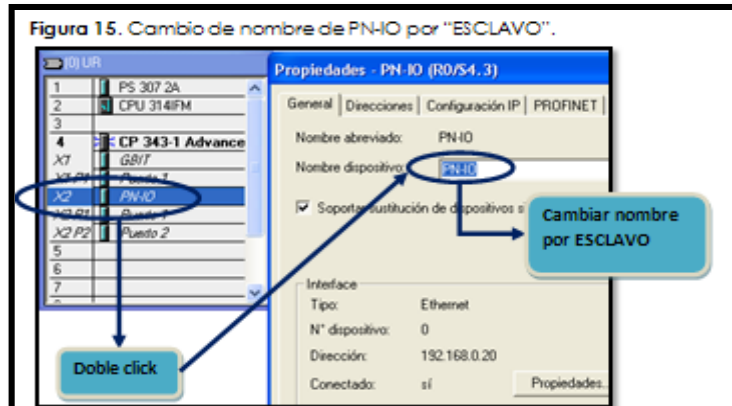
Las siguientes figuras, fueron tomadas del manual de prácticas, práctica 1, comunicación entre un S7 300 maestro y un S7 300 esclavo por vía Ethernet, para que el lector se lleve una idea de los principales componentes que tiene cada práctica.

Figura 95. Ubicación de los equipos en los bancos.

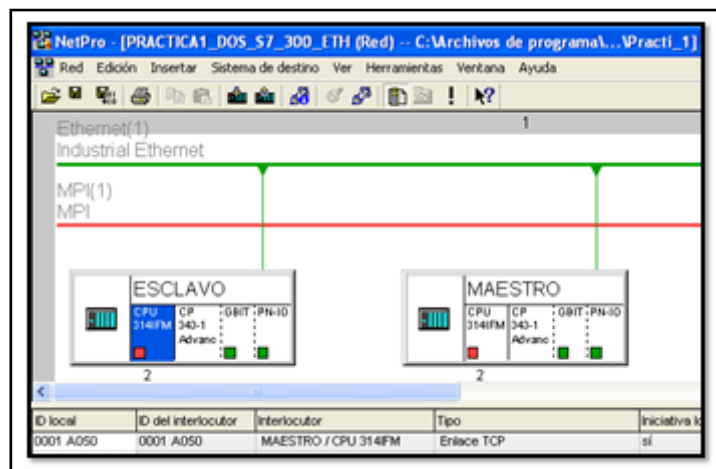
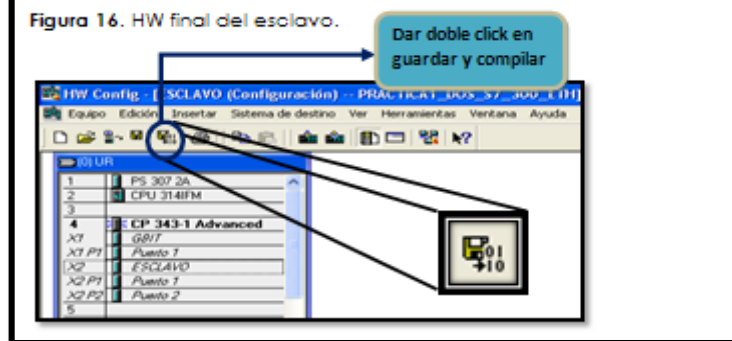


En la siguiente figura se observa como configurar los equipos esclavo y maestro en el software STEP7.

Figura 96. Configuración del equipo esclavo en el HW y el NetPro.



Ya una vez terminado esto la ventana del HW para el equipo esclavo queda de la siguiente manera y sólo falta dar click en guardar y compilar, ver figura 16.



En la figura 97, se aprecia cómo se crean los bloques donde se van almacenar la información que se va a enviar de cada PLC o los datos que reciben estos.

Figura 97. Configuración de los bloques de datos de almacenamiento.

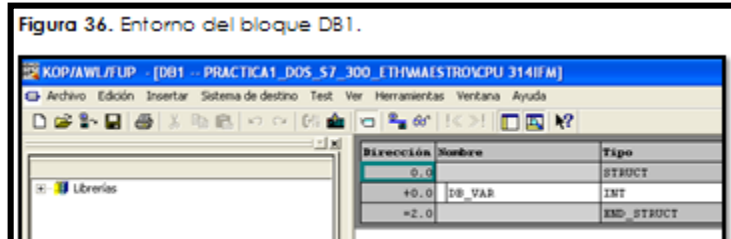


Figura 37. Variables a configurar en el DB1.

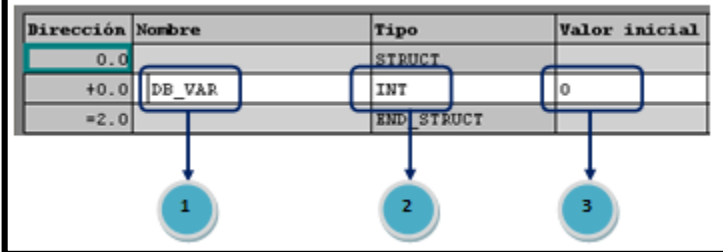
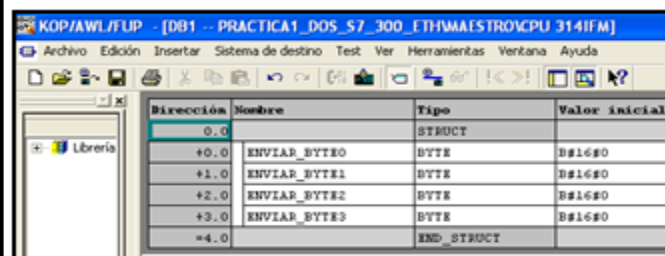


Figura 38. DB1 configurado.



1.5.2.3 Configuración del bloque de datos DB4. Este proceso es el mismo que se describió en el numeral 1.5.2.2, se crean 2 bytes de almacenamiento con la diferencia que en la casilla de nombre se pone "RECIBIR\_BYTE0" y "RECIBIR\_BYTE1", ver figura 39.

Figura 39. DB4 configurado.



En la siguiente figura se observa la creación de la tabla de símbolos de las variables utilizadas de los emuladores del sistema de llenado de tanques y de envasado.

Figura 98. Tabla de símbolos del sistema de llenado de tanques y del sistema de envasado.

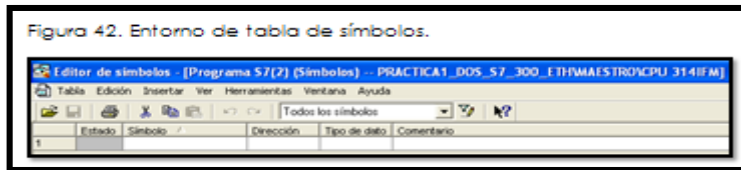


Figura 43. Tabla de símbolos.

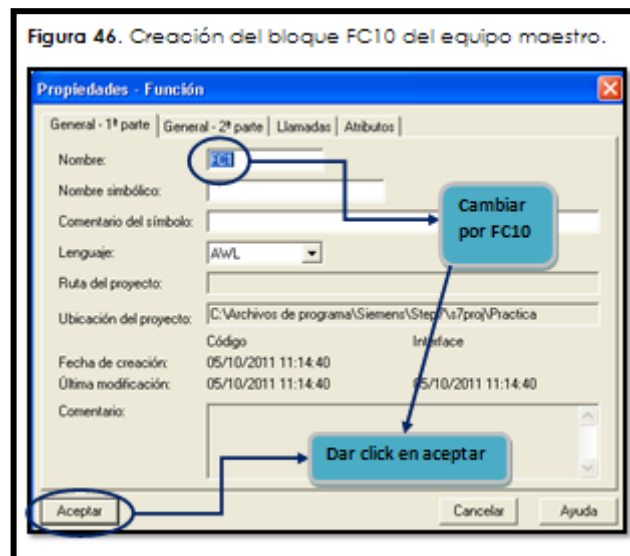
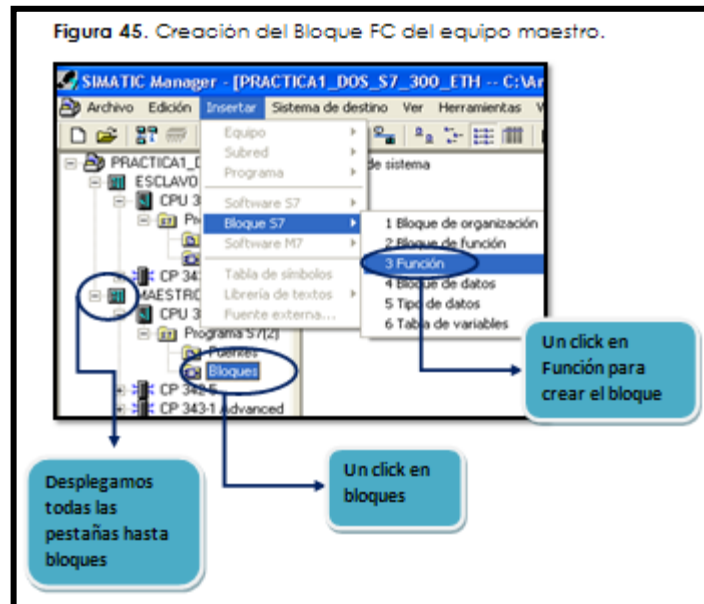
	Estado	Símbolo	Dirección	Tipo de dato	Comentario
1		ABP1	E 124.0	BOOL	Accionamiento Bomba Producto 1
2		ABP2	E 124.1	BOOL	Accionamiento Bomba Producto 2
3		EAT1	A 125.5	BOOL	Entrada Agua Tanque 1
4		EAT2	A 125.6	BOOL	Entrada Agua Tanque 2
5		EBP1	A 124.0	BOOL	Encendido Bomba Producto 1
6		EBP2	A 124.1	BOOL	Encendido Bomba Producto 2
7		EP1	A 124.4	BOOL	Entrada Producto 1
8		EP2	A 124.5	BOOL	Entrada Producto 2
9		ESLL	A 125.4	BOOL	Encendido Sistema Llenado
10		FSLL	E 125.0	BOOL	Funcionamiento Sistema Llenado
11		FT1	E 125.2	BOOL	Funcionamiento Tanque 1
12		FT2	E 125.3	BOOL	Funcionamiento Tanque 2
13		LT1	E 125.4	BOOL	Lavado Tanque 1
14		LT2	E 125.5	BOOL	Lavado Tanque 2
15		NFT1	E 124.6	BOOL	Nivel Fondo Tanque 1
16		NFT2	E 124.7	BOOL	Nivel Fondo Tanque 2
17		NT1	E 124.4	BOOL	Nivel Inferior Tanque 1
18		NT2	E 124.5	BOOL	Nivel Inferior Tanque 2
19		NST1	E 124.2	BOOL	Nivel Superior Tanque 1
20		NST2	E 124.3	BOOL	Nivel Superior Tanque 2
21		PESLL	E 125.1	BOOL	Parada Emergencia Sistema Llenado
22		VEAT1	A 124.6	BOOL	Válvula Entrada Agua Tanque 1
23		VEAT2	A 124.7	BOOL	Válvula Entrada Agua Tanque 2
24		VEPT1	A 124.2	BOOL	Válvula Entrada Producto 1
25		VEPT2	A 124.3	BOOL	Válvula Entrada Producto 2
26		VSAT1	A 125.0	BOOL	Válvula Salida Agua Tanque 1
27		VSAT2	A 125.1	BOOL	Válvula Salida Agua Tanque 2
28		VSP1	A 125.2	BOOL	Válvula Salida Producto Tanque 1
29		VSP2	A 125.3	BOOL	Válvula Salida Producto Tanque 2

Figura 44. Tabla de símbolos del equipo esclavo.

	Estado	Símbolo	Dirección	Tipo de dato	Comentario
1		ESE	A 125.2	BOOL	Encendido Sistema Envasado
2		FSE	E 125.2	BOOL	Funcionamiento Sistema Envasado
3		LD	E 125.4	BOOL	Lavado Dosificador
4		LC1	E 124.7	BOOL	Límite Inferior Cilindro 1
5		LC2	E 125.1	BOOL	Límite Inferior Cilindro 2
6		LSC1	E 124.6	BOOL	Límite Superior Cilindro 1
7		LSC2	E 125.0	BOOL	Límite Superior Cilindro 2
8		MTB1	A 124.5	BOOL	Motor 1 Banda 1
9		MTB2	A 124.6	BOOL	Motor 2 Banda 1
10		NFD	E 124.2	BOOL	Nivel Fondo Dosificador
11		NDI	E 124.1	BOOL	Nivel Inferior Dosificador
12		NSD	E 124.0	BOOL	Nivel Superior Dosificador
13		PESE	E 125.3	BOOL	Parada Emergencia Sistema Envasado
14		PT1	A 124.0	BOOL	Producto Tanque 1
15		PT2	A 124.1	BOOL	Producto Tanque 2
16		SAB	A 124.7	BOOL	Sistema Alimentación Botellas
17		SNL	E 125.6	BOOL	Sensor Nivel Líquido
18		SP1	E 124.5	BOOL	Sensor Posición 1
19		SP2	E 124.4	BOOL	Sensor Posición 2
20		SP3	E 125.5	BOOL	Sensor Posición 3
21		STM1	E 124.3	BOOL	Sensor Termico Motor 1
22		SVA	A 125.0	BOOL	Solenoides Válvula A
23		SVB	A 125.1	BOOL	Solenoides Válvula B
24		VAT_1	VAT 1		
25		VEAD	A 124.2	BOOL	Válvula Entrada Agua Dosificador
26		VSAD	A 124.3	BOOL	Válvula Salida Agua Dosificador
27		VSPD	A 124.4	BOOL	Válvula Salida Producto Dosificador

En la figura 99, se aprecia la creación de los bloques donde se programa la secuencia de los emuladores.

Figura 99. Creación de los bloque FC.



En la siguiente figura, se puede ver una parte de la programación en un bloque FC, del emulador del subproceso del sistema de llenado de tanques.

Figura 100. Programación en el bloque FC10.

Figura 47. Programación y comunicación en el bloque FC10.

```

FC10 : LLENADO DE TANQUES
LLENADO DE TANQUES
*****
Segm. 1: Encendido Bomba Producto
ENCENDIDO DE LA BOMBA DEL PRODUCTO 1, DEPENDE DEL ACCIONAMIENTO DE LA BOMBA,
DEL NIVEL INFERIOR DEL TANQUE 1 Y DEL ENCENDIDO DEL SISTEMA DE LLENADO DE TANQUES.
NO REBRESA EL NIVEL SUPERIOR DEL TANQUE 1.

UN "NIT1"          E124.4      -- Nivel Inferior Tanque 1
U  "ESL1"          A125.4      -- Encendido Sistema Llenado
U  "ABP1"          E124.0      -- Accionamiento Bomba Producto 1
S  "EBP1"          A124.0      -- Encendido Bomba Producto 1
U(
O  M  130.1
O  "FESL1"         E125.1      -- Parada Emergencia Sistema Llenado
O(
U  "NIT1"          E124.4      -- Nivel Inferior Tanque 1
U(
U  "NST1"          E124.2      -- Nivel Superior Tanque 1
FP M  20.1
)
)
O(
UN "NIT1"          E124.4      -- Nivel Inferior Tanque 1
FP M  21.7
)
)
R  "EBP1"          A124.0      -- Encendido Bomba Producto 1
NOP O
    
```

```

Segm. 2: Encendido Bomba Producto 2
ENCENDIDO DE LA BOMBA DEL PRODUCTO 2, DEPENDE DEL ACCIONAMIENTO DE LA BOMBA,
DEL NIVEL INFERIOR DEL TANQUE 2 Y DEL ENCENDIDO DEL SISTEMA DE LLENADO DE TANQUES.
NO REBRESA EL NIVEL SUPERIOR DEL TANQUE 2.

UN "NIT2"          E124.5      -- Nivel Inferior Tanque 2
U  "ESL2"          A125.4      -- Encendido Sistema Llenado
U  "ABP2"          E124.1      -- Accionamiento Bomba Producto 2
S  "EBP2"          A124.1      -- Encendido Bomba Producto 2
U(
O  M  130.1
O  "FESL2"         E125.1      -- Parada Emergencia Sistema Llenado
O(
U  "NIT2"          E124.5      -- Nivel Inferior Tanque 2
U(
U  "NST2"          E124.3      -- Nivel Superior Tanque 2
FP M  20.3
)
)
O(
UN "NIT2"          E124.5      -- Nivel Inferior Tanque 2
FP M  20.4
)
)
R  "EBP2"          A124.1      -- Encendido Bomba Producto 2
NOP O
    
```

```

Segm. 3: Valvula Entrada Producto 1
APERTURA DE LA VALVULA DE ENTRADA DEL PRODUCTO AL TANQUE 1, DEPENDE DEL
ENCENDIDO DE LA BOMBA DEL PRODUCTO 1 Y LO REBRESA EL NIVEL SUPERIOR DEL TANQUE 1.

U  "EBP1"          A124.0      -- Encendido Bomba Producto 1
FP M  20.5
U  "ESL1"          A125.4      -- Encendido Sistema Llenado
S  "VEPT1"         A124.2      -- Valvula Entrada Producto 1
U(
O  M  130.1
O(
U  "NST1"          E124.2      -- Nivel Superior Tanque 1
S  M  20.7
UM "EBP1"          A124.0      -- Encendido Bomba Producto 1
R  M  20.7
U  M  20.7
)
)
OM "EBP1"          A124.0      -- Encendido Bomba Producto 1
O  "FESL1"         E125.1      -- Parada Emergencia Sistema Llenado
)
R  "VEPT1"         A124.2      -- Valvula Entrada Producto 1
NOP O
    
```

En la figura 101, se observa como es el llamado y la configuración de los bloques necesarios para que se haga efectiva la transferencia de información.

Figura 101. Bloques de comunicación en el bloque de organización.

```
Comentario:

CALL "AG_RECV"          FC6          -- AG RECEIVE
  ID      :=1
  LADDR  :=W#16#100
  RECV   :=DB4.DBB0
  NDR    :=M100.0
  ERROR  :=M100.1
  STATUS:=MW1
  LEN    :=MW2
  NOP    0

Segm. 2 : Título:
Comentario:

L   DB4.DBB   0
T   MB       120

Segm. 3 : Título:
Comentario:

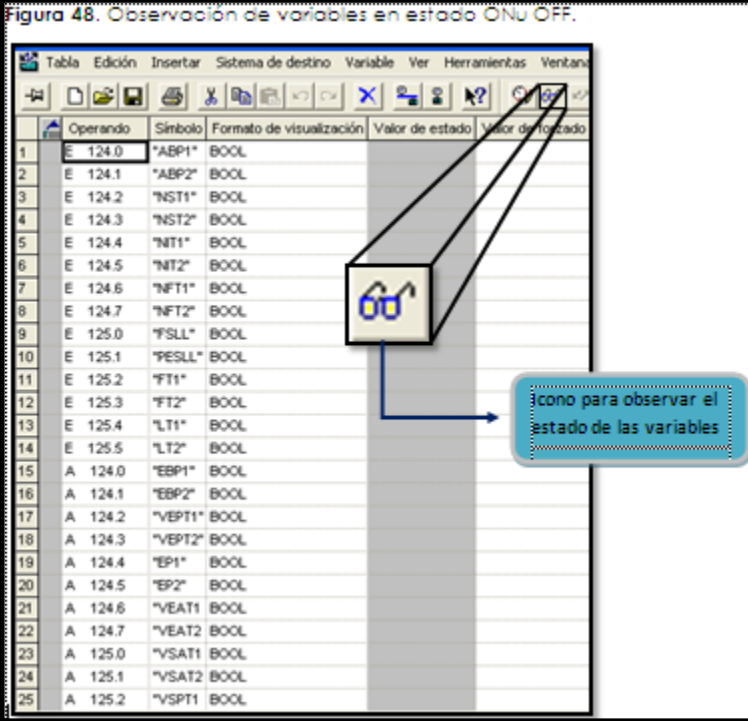
CALL "AG_RECV"          FC6          -- AG RECEIVE
  ID      :=1
  LADDR  :=W#16#100
  RECV   :=DB4.DBB1
  NDR    :=M100.0
  ERROR  :=M100.1
  STATUS:=MW1
  LEN    :=MW2
  NOP    0
```

En la siguiente figura se muestra cual es el icono y en que bloque se pueden observar los estados de las variables configuradas y programadas, para que así de este modo tener el estudiante visualice el intercambio de datos de con controlador a otro, pues tales variables cambian de estado “ON a OFF” o viceversa.

Un paso importante de cada práctica es la visualización de los estados, pues con ello el estudiante observa si se están y transfiriendo los datos de un controlador a otro.

Figura 102. Visualización de los estados de las variables.

Figura 48. Observación de variables en estado ONU OFF.



	Operando	Símbolo	Formato de visualización	Valor de estado	Valor de forzado
1	E 124.0	"ABP1"	BOOL		
2	E 124.1	"ABP2"	BOOL		
3	E 124.2	"NST1"	BOOL		
4	E 124.3	"NST2"	BOOL		
5	E 124.4	"NT1"	BOOL		
6	E 124.5	"NT2"	BOOL		
7	E 124.6	"NFT1"	BOOL		
8	E 124.7	"NFT2"	BOOL		
9	E 125.0	"FSL1"	BOOL		
10	E 125.1	"FESLL"	BOOL		
11	E 125.2	"FT1"	BOOL		
12	E 125.3	"FT2"	BOOL		
13	E 125.4	"LT1"	BOOL		
14	E 125.5	"LT2"	BOOL		
15	A 124.0	"EBP1"	BOOL		
16	A 124.1	"EBP2"	BOOL		
17	A 124.2	"VEPT1"	BOOL		
18	A 124.3	"VEPT2"	BOOL		
19	A 124.4	"EP1"	BOOL		
20	A 124.5	"EP2"	BOOL		
21	A 124.6	"VEAT1"	BOOL		
22	A 124.7	"VEAT2"	BOOL		
23	A 125.0	"VSAT1"	BOOL		
24	A 125.1	"VSAT2"	BOOL		
25	A 125.2	"VSPT1"	BOOL		

## **CONCLUSIONES.**

Se logró dar una aplicación básica de la pirámide de automatización, con la emulación de una planta embotelladora, rescatando las principales señales de ésta, las cuales son representadas en forma booleana. Todo esto con el fin de acercar al estudiante al entorno industrial, con la implementación de los equipos existentes en el laboratorio de automatización industrial.

Se cumplieron a cabalidad los objetivos propuestos en el presente proyecto de grado, y con ello se aportó a la escuela de ingeniería mecánica elementos de gran importancia, para la aplicación de las redes industriales y para que el estudiante tenga un mayor conocimiento en la resolución de problemas de esta índole.

El diseño de los bancos y la distribución de los dispositivos, hace que sea una estructura flexible, de fácil manejo, en la cual los componentes se pueden mover de una forma sencilla, en donde tales facultades, permiten al estudiante una fácil identificación de los equipos utilizados en cada práctica y su visualización del funcionamiento de los mismos.

Se diseñó y se elaboró un manual que da soporte a cada una de las prácticas estipuladas, se estructuró de una manera tal, que permite al estudiante cumplir con cada uno de los objetivos propuestos en cada práctica y tener una aplicación clara y visual de las redes industriales.

Se implementaron cada uno de los niveles de la pirámide de la automatización propuestos, con sus respectivos protocolos de comunicación entre ellos, pasando desde el nivel de campo hasta el nivel de gestión, en el cual se realizó un SCADA, para la visualización de todos los subprocesos de la planta embotelladora y su funcionamiento en tiempo real, así como la transferencia de datos desde el eslabón inferior hasta el superior.

## **RECOMENDACIONES.**

Se recomienda la utilización de módulos analógicos en los API, en especial para el PLC que controla el subproceso del sistema de llenado de tanques, con el fin de dar una aplicación más real a la etapa de llenado de los tanques, y poder tener un control más preciso del nivel del líquido.

Se sugiere realizar un control total de toda la emulación de la planta embotelladora, en el sistema de control y adquisición de datos (SCADA), para que desde allí se pueda tener un manejo completo de todas las señales utilizadas para la emulación de la planta embotelladora.

Se aconseja realizar cada uno de los subprocesos en forma real (un proyecto por cada subproceso), en donde la escuela de ingeniería mecánica invertiría la mayor parte de la compra de los equipos, en lo que respecta a sensores y actuadores, para que el estudiante visualice en forma clara un proceso industrial real, aportándole a la escuela de ingeniería mecánica material valioso, para que los alumnos adquieran competencias idóneas en el momento de afrontar a la industria colombiana y mundial.

Se recomienda adherir los demás proyectos de grado realizados, por intermedio de las redes industriales basado en la pirámide de la automatización, con el fin de darle una aplicación global a este tipo de enfoque, como el que se hizo con el presente proyecto.

## **BIBLIOGRAFIA.**

RODRIGUEZ PENIN, Aquilino. Comunicaciones Industriales. Edición Marcombo, 2008.

GUERRERO, VICENTE Y MARTINEZ, Luis. Comunicaciones Industriales. Edición Marcombo, 2009.

BOHORQUEZ CHAVES, Jhon. Autómatas programables S7-314 IFM módulos hardware y manual de entrenamiento. Publicaciones UIS. 2000

DÍAZ GUITIERREZ, JOSE. Redes de comunicación industrial basadas en Profibus y As-Interface. Publicaciones UIS.

GOMEZ, David. PUERTO, Jhon. Redes industriales de comunicación basadas en Profibus, Publicaciones UIS. 1999. 426p.

Portal de Automatización industrial, <http://infoplcn.net/>.

Portal de siemens, <http://supoport.automation.siemens.com/>

SIEMENS AG. Manual de configuración y programación del módulo lógico LOGO!, Siemens S:A., República Federal de Alemania, 2001. 350p.

SIEMENS AG. SIMATIC NET AS-Interface introduction and basic information, Siemens S.A., República Federal de Alemania, 2001. 68p.

Balcells, Joseph. Autómatas Programables. Alfaomega 1998.