

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica



**“DISEÑO, PROGRAMACIÓN Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE
MONITORIZACIÓN EN TIEMPO REAL PARA LA SUPERVISIÓN Y
CONTROL SCADA DE SIETE VENTILADORES DE LA UNIDAD
MINERA SAN RAFAEL MINSUR S.A.”**

Tesis presentado por el Bachiller:

López Núñez, Julio Enrique

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Electrónico

Asesor:

Ing. Zegarra Gago, Henry

AREQUIPA – PERÚ

2018



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

DICTAMEN DE BORRADOR DE TESIS

Los que suscriben:

ING. HENRY CHRISTIAN ZEGARRA GAGO.

ING. RAÚL SULLA TORRES

Dictaminadores del Plan de Tesis titulado:

"DISEÑO, PROGRAMACIÓN Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE MONITORIZACION EN TIEMPO R

REAL PARA LA SUPERVISIÓN Y CONTROL SCADA DE 7 VENTILADORES DE LA UNIDAD

MINERA SAN RAFAEL - MINSUR S. A"

Nombrados con Decreto N°: 004-DEPIE-2018 , de fecha: 11 de junio 2018

Presentado por el (la) los Bachiller (es):

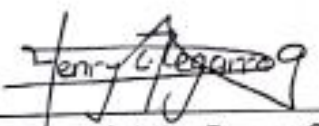
1. JULIO ENRIQUE LOPEZ NUÑEZ

2. -----

Cumplen con informar que el Plan de Tesis

- No registra observaciones, por tanto **se dictamina procedente** (X)
- Registra observaciones que deben ser subsanadas (ver hoja adjunta) ()

Arequipa, 26 de junio, 2018.


Ing. Henry Christian Zegarra Gago.
Código N° 2465


Ing. Raúl Sulla Torres
Código N° 1767

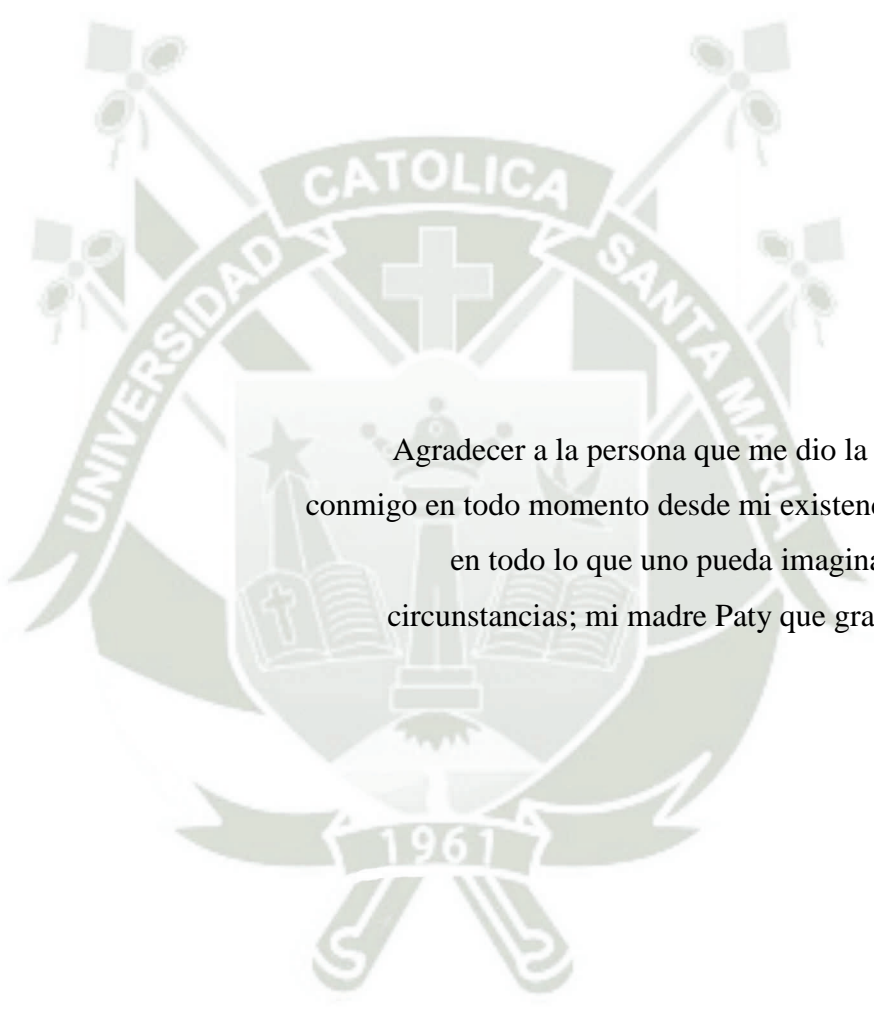
PRESENTACIÓN

Desde la culminación de mis estudios universitarios en el Programa Profesional de Ingeniería Electrónica de esta prestigiosa universidad, tuve la oportunidad de desempeñarme como bachiller en una rama importante de la ingeniería, que es la de automatización industrial.

A través de las experiencias laborales se encontró la problemática de una unidad minera, ésta carecía de un control remoto de ventiladores los cuales suministran aire limpio a todo el recorrido de sus galerías en área mina. Para llegar a la ubicación del control manual de estos ventiladores el recorrido es bastante largo. Por motivos de la combustión de los vehículos y los disparos que existen para obtener material, se crea un ambiente no apto para el desarrollo de las actividades y el riesgo a perder la vida aumenta. Teniendo en cuenta la problemática, se propuso un sistema de control remoto y adquisición de datos en tiempo real de los ventiladores, de tal forma que podamos evitar el ambiente nocivo a la salud y obtener uno en el cual podamos desarrollarnos de forma plena sin correr el riesgo de sufrir algún inconveniente. Con ayuda de los conocimientos obtenidos en campo, se propuso un sistema de integración de los ventiladores a la mencionada unidad minera. Llegando a obtener los resultados y objetivos propuestos.

DEDICATORIA

Agradecer al divino creador por darme esta oportunidad de mostrarme al mundo como una mejor persona y más aún como un profesional en pro del desarrollo a nivel tecnológico.



Agradecer a la persona que me dio la vida y que estuvo conmigo en todo momento desde mi existencia, por apoyarme en todo lo que uno pueda imaginarse a pesar de las circunstancias; mi madre Paty que gracias a ella gira mi mundo.

A una personita muy especial, que creyó en mí y que con su apoyo incondicional pude concluir de manera satisfactoria este proyecto planeado, Belén.
A mis abuelos, familiares y amigos.

INTRODUCCIÓN

En cualquier Unidad Minera que tiene por método de extracción el de tajo cerrado (socavón), la circulación de aire limpio es imprescindible en el recorrido de todas sus galerías. Para este proceso existen ventiladores de media tensión, los cuales deben mantener un funcionamiento controlado y constante en interior mina. A partir de este proceso de ventilación, se presenta una problemática 'el no control ni supervisión del funcionamiento de estos ventiladores para el suministro de aire limpio en área mina'.

El control de estos ventiladores se hace mediante arranque por autotransformador y variador de velocidad, por estos motivos se presenta la integración de estos ventiladores en un sistema SCADA con el uso de equipos de programación PLC, teniendo en cuenta la red de comunicación Ethernet, DeviceNet y ModBus TCP/IP.

El capítulo I presenta la parte introductoria del proyecto, como son: Título, objetivos, justificación, alcances, limitaciones y antecedentes de la Unidad Minera; que fueron las bases para el desarrollo de este proyecto. En el capítulo II se presenta todas las herramientas usadas para el desarrollo de este proyecto: Hardware (equipos) y Software (programación de los equipos).

En el capítulo III se encuentra el desarrollo total del proyecto: Desarrollo de cronograma de trabajo y visualización de sistema integrado. El capítulo IV presenta las observaciones y conclusiones que se desprenden del proyecto. Finalmente, el capítulo V, los anexos a este proyecto, como son: Certificado de trabajo, Información técnica de tablero, cronograma, planos de construcción de tableros, diagrama grafcet de programación y diagrama de red.

RESUMEN

Un gran problema en la Unidad Minera de tajo cerrado es no poseer el control remoto de encendido y/o apagado de sus ventiladores. Por este motivo, existen pérdidas económicas para poder obtener información del funcionamiento de estos ventiladores. Con el desarrollo de este proyecto 'Diseño, programación y simulación de monitorización en tiempo real para la supervisión y control SCADA de siete ventiladores' podremos dar solución a la problemática principal.

Este proyecto involucra desde el armado de tableros, tipos de conexión, elección de equipos Allen Bradley hasta la finalización que es la obtención del estado completo de los ventiladores que se encuentran en interior mina.

El avance de la tecnología en cuanto a la comunicación (fibra óptica) y la ayuda de equipos de programación PLC fueron de gran relevancia por motivos de integración de diferentes redes Ethernet, ModBus TCP/IP y DeviceNet. Siendo uno de los objetivos de este proyecto el obtener información, enviarlos hacia la estación principal y procesarlos para así poder obtener un estado actual de estos ventiladores.

Finalmente, el objetivo principal que se propuso, que el operador interactúe con el funcionamiento de los ventiladores, fue logrado con éxito gracias a la supervisión SCADA.

Palabras clave: Diseño, sistema de monitorización, Scada, Ventiladores, Minsur S.A.

ABSTRACT

A big problem in a mine that works with tunnel is not to have a remote control for on and off of its fans. It is for this reason that exists many economic lost for have a status of the fans. With the development of these project 'Design, programming and simulation of the monitoring in real time for the supervision and control SCADA of seven fans' we got the answer for the principal problem.

This project involved since the cabinet building, connection type, Allen Bradley equipment till the end with all, obtaining the complete status of the fans that we can found in the mine.

The advance of the technology in communication (optic fiber) and the help of programming PLC were really big important for the integration between Ethernet, ModBus TCP/IP and DeviceNet. Been one of the objectives of this project obtain information of the status of the fan.

Finally, the goal that has in mine it is that the operator interacts with the fans was made it.

Key words: Design, Monitoring system, Scada, Fans, Minsur S.A.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	I
PRESENTACIÓN.....	III
DEDICATORIA.....	IV
INTRODUCCIÓN.....	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT.....	VII
ÍNDICE DE FIGURA.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIV
NOMENCLATURA.....	XV

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES.....	1
1.1. TÍTULO DE PROYECTO.....	1
1.2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.4. OBJETIVOS.....	2
1.5. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.6. ALCANCES.....	3
1.7. LIMITACIONES.....	4
1.8. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA.....	4
1.9. INFORMACIÓN PREVIA.....	6

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. D.S. 024-2016-EM.....	7
2.2. TABLEROS DE CONTROL.....	8
2.2.1. ELECCIÓN DE TABLERO.....	10
2.2.2. SOPORTE DE TABLEROS.....	16
2.3. FIBRA ÓPTICA.....	18
2.3.1. DEFINICIÓN.....	18
2.3.2. ESTRUCTURA DE FIBRA ÓPTICA.....	20

2.3.3.	TIPOS DE FIBRA ÓPTICA	21
2.3.4.	MÉTODO DE FUSIÓN DE FIBRA ÓPTICA	23
2.3.5.	TIPOS DE CONECTORES DE FIBRA ÓPTICA	24
2.3.6.	MEDICIÓN DE EFECTIVIDAD DE FIBRA ÓPTICA	24
2.3.7.	MATERIALES PARA TENDIDO Y FUSIÓN DE FIBRA	26
2.4.	PLC (PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER).....	33
2.4.1.	1769 COMPACTLOGIX CONTROLLERS	41
2.4.2.	1769 COMPACT I/O MODULES	46
2.4.3.	MÓDULOS DE RED INDUSTRIAL	49
2.5.	SCADA (SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION)	59
2.5.1.	REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL	61
2.6.	MACROS	70
2.6.1.	PROGRAMACIÓN VBA PARA MACROS	70
2.6.2.	CONEXIÓN DDE (DYNAMIC DATA EXCHANGE) EXCEL Y RSLINX	73
2.7.	EQUIPOS PARA CONEXIONAMIENTO DE RED	74
2.7.1.	CISCO INDUSTRIAL ETHERNET SERIE 2000	74
2.7.2.	MEDIA CONVERTER	77
2.7.3.	PATCH PANEL	78
2.7.4.	MATERIALES DE CONEXIÓN	79
CAPÍTULO III		
3.	DISEÑO E INGENIERÍA DEL PROYECTO	80
3.1.	CRONOGRAMA DE TRABAJO	80
3.2.	DESARROLLO CRONOGRAMA DE TRABAJO	83
3.2.1.	INDUCCIÓN – HABILITACIÓN.....	83
3.2.2.	TABLEROS DE CONTROL	84
3.2.3.	TENDIDO DE FIBRA ÓPTICA	87
3.2.4.	CONEXIONAMIENTO (RED – TABLEROS)	89
3.2.5.	PROGRAMACIÓN (PLC-SCADA)	91
3.2.6.	SISTEMA SCADA	94
3.2.7.	GENERACIÓN DE MACROS.....	100
3.2.8.	COMISIONAMIENTO	102
3.2.9.	INFORME FINAL – MANUALES	103

3.3. CONEXIÓN DE RED	104
3.4. ELECCIÓN DE TABLERO DE CONTROL	106
3.5. ELECCIÓN DE EQUIPOS DE PROGRAMACIÓN	109
3.6. ELECCIÓN DE EQUIPO DE RED	111
3.6.1. PATCH PANNEL	111
3.6.2. SWITCH INDUSTRIAL	111
3.7. SISTEMA DE SIMULACIÓN DE INTEGRACIÓN	111
3.8. PANTALLAS DE INTERFAZ CON EL USUARIO	114
3.8.1. PANTALLA PRINCIPAL	114
3.8.2. PANTALLA HORÓMETROS	114
3.8.3. PANTALLA ARQUITECTURA DE RED	118
3.8.4. PANTALLA HISTORIAL	118
CAPÍTULO IV	
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA TRABAJOS FUTUROS	122
4.1. CONCLUSIONES	122
4.2. RECOMENDACIONES PARA TRABAJOS FUTUROS	124
BIBLIOGRAFÍA	126
ANEXOS	139

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Fig. 1-1 Posicionamiento de operaciones MINSUR S.A.</i>	5
<i>Fig. 2-2 Tablero de control.</i>	8
<i>Fig. 2-3 Distribución interna de Tablero de control (ControlLogix).</i>	9
<i>Fig. 2-4 Tablero de control AE 1280.500.</i>	12
<i>Fig. 2-5 Back panel de tablero de control nivel 4600.</i>	13
<i>Fig. 2-6 Back panel para tablero de control nivel 4450.</i>	14
<i>Fig. 2-7 Back panel para tablero de control nivel 4200.</i>	15
<i>Fig. 2-8 Ángulo de perfil tipo L, descripción.</i>	16
<i>Fig. 2-9 Soporte para tableros, vista frontal.</i>	16
<i>Fig. 2-10 Soporte para tableros, vista lateral.</i>	17
<i>Fig. 2-11 Soporte para tableros, vista inferior.</i>	17
<i>Fig. 2-12 Unistrut p 100 tipo T.</i>	18
<i>Fig. 2-13 Fibra óptica, hilos de transmisión.</i>	18
<i>Fig. 2-14 Estructura de fibra óptica.</i>	20
<i>Fig. 2-15 Tipos de fibra óptica (a) Monomodo y (b) Multimodo).</i>	22
<i>Fig. 2-16 Fusionadora de fibra óptica de campo.</i>	24
<i>Fig. 2-17 Equipos usados para medición de efectividad de fibra óptica – Marca Fluke, modelo FI-700.</i>	25
<i>Fig. 2-18 Pantalla de trabajo, OTDR Marca Fluke.</i>	26
<i>Fig. 2-19 Cable de fibra óptica 12 y 24 hilos, características.</i>	27
<i>Fig. 2-20 Fusionadora Optotronics OPT-FSPL-MK2.</i>	29
<i>Fig. 2-21 Retiro de chaqueta de protección de fibra óptica.</i>	30
<i>Fig. 2-22 Retiro de recubrimiento de protección de hilos de fibra óptica.</i>	30
<i>Fig. 2-23 Herramienta de corte de fibra óptica.</i>	31
<i>Fig. 2-24 Fusionadora encendida.</i>	31
<i>Fig. 2-25 Visualización de fibras cortadas alineadas.</i>	32
<i>Fig. 2-26 Horno (A) y cátodos (B) de fusión de fusionadora.</i>	32
<i>Fig. 2-27 Caja de empalme de fibra Krotón, OCC24.</i>	33
<i>Fig. 2-28 PLCs, gama media, CompactLogix de la marca Allen Bradley.</i>	34
<i>Fig. 2-29 Partes de un PLC.</i>	35
<i>Fig. 2-30 Programación básica de PLC.</i>	36
<i>Fig. 2-31 Ejemplo de programación con lenguaje Booleano.</i>	37
<i>Fig. 2-32 Ejemplo de programación mediante Diagrama de funciones.</i>	37
<i>Fig. 2-33 Ejemplo de programación con texto estructurado.</i>	38
<i>Fig. 2-34 CompactLogix L33ER.</i>	41
<i>Fig. 2-35 Dimensiones de CompactLogix L33ER.</i>	43
<i>Fig. 2-36 Fuente de alimentación 1769-PA4.</i>	45
<i>Fig. 2-37 Tarjeta 1769-IA16.</i>	47
<i>Fig. 2-38 Tarjeta 1769-OW8.</i>	48
<i>Fig. 2-39 Tarjeta 1769-IF4.</i>	49

<i>Fig. 2-40 Descripción de tarjeta 1769-SDN.....</i>	<i>50</i>
<i>Fig. 2-41 Tarjeta 1769-SDN características físicas.....</i>	<i>51</i>
<i>Fig. 2-42 Tarjeta comunicación ModBus MVI69E-MBTCP.....</i>	<i>58</i>
<i>Fig. 2-43 Ejemplo de pantalla de operador SCADA.....</i>	<i>60</i>
<i>Fig. 2-44 Esquema básico de SCADA.....</i>	<i>61</i>
<i>Fig. 2-45 Cableado de sensores Vs. Bus de campo.....</i>	<i>64</i>
<i>Fig. 2-46 Modo de envío de información protocolo HART.....</i>	<i>67</i>
<i>Fig. 2-47 Red industrial ModBus.....</i>	<i>68</i>
<i>Fig. 2-48 Ejemplo de red DeviceNet.....</i>	<i>69</i>
<i>Fig. 2-49 Avances tecnológicos.....</i>	<i>70</i>
<i>Fig. 2-50 Ejemplo declaración de objetos.....</i>	<i>71</i>
<i>Fig. 2-51 Subrutina “CopiarCeldas”.....</i>	<i>72</i>
<i>Fig. 2-52 Ejemplo de ingreso de botón para inicio de macro.....</i>	<i>72</i>
<i>Fig. 2-53 Ejemplo de programación con DDE/OPC.....</i>	<i>73</i>
<i>Fig. 2-54 CISCO IE-2000-8TC-L.....</i>	<i>74</i>
<i>Fig. 2-55 Vista frontal de Switch CISCO IE-2000-8TC-L.....</i>	<i>76</i>
<i>Fig. 2-56 Método de cableado de fuente de alimentación de Switch.....</i>	<i>76</i>
<i>Fig. 2-57 Media Converter Allied Telesis.....</i>	<i>77</i>
<i>Fig. 2-58 Imagen referencial de Patch Panel modular Belden.....</i>	<i>78</i>
<i>Fig. 2-59 Conector RJ-45.....</i>	<i>79</i>
<i>Fig. 3-60 Back panel de tablero de control.....</i>	<i>87</i>
<i>Fig. 3-61 Diagrama de flujo.....</i>	<i>92</i>
<i>Fig. 3-62 Pantalla principal.....</i>	<i>94</i>
<i>Fig. 3-63 Pantalla de Horómetros de ventiladores.....</i>	<i>95</i>
<i>Fig. 3-64 Pantalla Arquitectura de Red.....</i>	<i>96</i>
<i>Fig. 3-65 Pantalla de Históricos – Nivel 4600.....</i>	<i>97</i>
<i>Fig. 3-66 Pantalla de Históricos – Nivel 4450.....</i>	<i>97</i>
<i>Fig. 3-67 Pantalla de Históricos – Nivel 4200.....</i>	<i>98</i>
<i>Fig. 3-68 Faceplate de Ventiladores.....</i>	<i>98</i>
<i>Fig. 3-69 Faceplate de interlocks.....</i>	<i>99</i>
<i>Fig. 3-70 Faceplate de Tendencias de Ventilador.....</i>	<i>99</i>
<i>Fig. 3-71 Macro de Ventilador Nivel 4600.....</i>	<i>101</i>
<i>Fig. 3-72 Macro de Ventilador Nivel 4450.....</i>	<i>101</i>
<i>Fig. 3-73 Macro de Ventilador Nivel 4200.....</i>	<i>102</i>
<i>Fig. 3-74 Diagrama de red – socavón.....</i>	<i>105</i>
<i>Fig. 3-75 Diagrama de PLC.....</i>	<i>106</i>
<i>Fig. 3-76 Tablero Rittal: 1280.500.....</i>	<i>107</i>
<i>Fig. 3-77 Márgenes permitidos para ubicación de PLC.....</i>	<i>108</i>
<i>Fig. 3-78 Tagueado de cable de entrada.....</i>	<i>108</i>
<i>Fig. 3-79 Pantalla principal.....</i>	<i>116</i>

Fig. 3-80 Pantalla Horómetros 117

Fig. 3-81 Pantalla Arquitectura de Red 119

Fig. 3-82 Pantalla historial 120

Fig. 3-83 Pantalla historial 121



ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 2-1</i> Grado de protección NEMA.	9
<i>Tabla 2-2</i> Grado de protección NEMA (continuación).....	10
<i>Tabla 2-3</i> Grado de protección IP, primera cifra	11
<i>Tabla 2-4</i> Grado de protección IP, segunda cifra.....	11
<i>Tabla 2-5</i> Longitud de onda para fibra Multimodo – Monomodo.....	22
<i>Tabla 2-6</i> Tipos de conectores para fibra óptica	25
<i>Tabla 2-7</i> Símbolos básicos para programación Ladder.	35
<i>Tabla 2-8</i> Símbolos básicos para programación Ladder (continuación).....	36
<i>Tabla 2-9</i> Tabla de descripción de datos fuente de alimentación 1769-PA4.	45
<i>Tabla 2-10</i> Tabla de descripción de datos fuente de alimentación 1769-PA4 (continuación).....	46
<i>Tabla 2-11</i> Tabla de descripción de tarjeta 1769-SDN.....	51
<i>Tabla 2-12</i> Tabla diagnóstico tarjeta 1769-SDN.....	52
<i>Tabla 2-13</i> Tabla diagnóstico tarjeta 1769-SDN.....	53
<i>Tabla 2-14</i> Tabla de códigos de error tarjeta 1769-SDN.	54
<i>Tabla 2-15</i> Tabla de códigos de error tarjeta 1769-SDN (continuación).....	55
<i>Tabla 2-16</i> Tabla de códigos de error tarjeta 1769-SDN (continuación).....	56
<i>Tabla 2-17</i> Tabla de códigos de error tarjeta 1769-SDN (continuación).....	57
<i>Tabla 2-18</i> Tabla de indicadores para LED Ethernet.....	58
<i>Tabla 2-19</i> Tabla de Indicadores LED de estado de módulo	59
<i>Tabla 2-20</i> Tabla de información de redes industriales.....	66
<i>Tabla 3-21</i> Tabla de corrientes de interruptores automáticos.....	109
<i>Tabla 3-22</i> Equipos para simulación de Nivel 4600.	112
<i>Tabla 3-23</i> Equipos para simulación de Nivel 4450.	113
<i>Tabla 3-24</i> Equipos para simulación de Nivel 4200.	113

NOMENCLATURA

- Minsur S.A.: Minsur Sociedad Anónima.
- PLC: Programmable Logic Controllers.
- U.M. San Rafael: Unidad Minera San Rafael.
- SCADA: Supervisory Control And Data Acquisition.
- DS. 024-2016 EM: Decreto Supremo 024-2016 Energía y Minas.
- DS. 055-2010 EM: Decreto Supremo 055-2010 Energía y Minas.
- NEMA: National Electrical Manufacturers Association.
- IP: Ingress Protection.
- LAN: Local Area Network.
- DC: Direct Current.
- AC: Alternating Current.
- HMI: Human Machine Interface.
- ODVA: Open DeviceNet Vendor Association
- CAN: Controller Area Network.
- GRAFCET: Modelo de representación gráfica de los sucesos de un proceso.
- TI: Tecnologías de la Información.

CAPÍTULO I GENERALIDADES

1.1. TÍTULO DE PROYECTO

“DISEÑO, PROGRAMACIÓN Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN EN TIEMPO REAL PARA LA SUPERVISIÓN Y CONTROL SCADA DE SIETE VENTILADORES DE LA UNIDAD MINERA SAN RAFAEL – MINSUR S.A.”

1.2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La Unidad Minera San Rafael, mina la cual trabaja a tajo cerrado (socavón), necesita de la ventilación constante en sus galerías de aire puro, libre de contaminantes generados por vehículos de combustión de carga y transporte, libre de material generado por explosiones para la obtención de material procesado posteriormente. Esta mina posee siete ventiladores de media tensión que generan la circulación de aire logrando así poder respirar aire limpio en todas sus galerías (recorridos y chimeneas). No posee un control remoto de estos ventiladores, siendo este, un control local por cada uno de estos en sus salas eléctricas correspondientes. Al presentarse alguna falla, necesidad de apagar o la necesidad de encender alguno de estos, es necesario hacer el recorrido hasta sus ubicaciones. Por lo tanto, se propone un proyecto, teniendo como objetivo, el control de forma remota de estos siete ventiladores mediante el uso de PLCs, el de red de fibra óptica y estaciones de control en cada una de las salas eléctricas, todo esto enviado hacia una estación principal donde se recopilarán los datos y serán mostrados al encargado de los ventiladores, como también la obtención de información del funcionamiento de estos ventiladores. El proyecto de “DISEÑO, PROGRAMACIÓN Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN EN TIEMPO REAL PARA LA SUPERVISIÓN Y CONTROL SCADA DE SIETE VENTILADORES DE LA UNIDAD MINERA SAN RAFAEL – MINSUR S.A.” involucra desde el diseño de ingeniería, proceso de coordinación con la Unidad Minera y el desarrollo en campo.

1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Por motivos que el control es local, lo mejor es tener un sistema para control remoto, de tal forma que no se tenga que intervenir de forma directa en el tablero y hacerlo desde una pantalla HMI. Con el funcionamiento de los ventiladores de forma remota se permitirá el ingreso de aire limpio a las galerías del socavón. Los ventiladores poseen alimentación desde el Centro de Control de Motores, cada uno. Estos tienen sus tableros para la parte de fuerza, que es a donde se dirigen las señales del motor (Trip, energía, “running”, parada de emergencia, detención y arranque). Son controlados por tres tipos diferentes de arranque (cuatro por variador y tres por autotransformador), por este motivo se eligen PLC para el control de éstos. Estos PLC poseen un software especial para su programación; los datos adquiridos son enviados hacia el servidor de la Unidad Minera para que sean procesados y puedan ser observados en una pantalla HMI. Finalmente, los datos adquiridos serán usados para la historización del servicio y/o funcionamiento de los ventiladores. Los ventiladores son integrados mediante uso de fibra óptica y programación para encendido y apagado de forma remota mediante PLC, supervisión del funcionamiento de los ventiladores mediante interfaz SCADA y, posteriormente, adquisición de datos de funcionamiento mediante uso de macros. Finalmente, por motivos de limitación mencionadas más adelante se presenta la programación de tres ventiladores de la Unidad Minera San Rafael.

1.4. OBJETIVOS

Objetivo General:

- Diseñar, programar y simular el sistema completo de lógica y supervisión SCADA de tres ventiladores mediante uso de PLC y uso de macros de la Unidad Minera de San Rafael – Minsur SA.

Objetivos Específicos:

- Diseñar el sistema de integración de los tres ventiladores de la unidad minera.

- Elaborar el armado interno de los tableros de control para los ventiladores de acuerdo a sus especificaciones.
- Elaborar el programa Ladder de los PLCs para que hagan el control de los ventiladores y envíen los datos hacia la estación principal.
- Diseñar la interfaz HMI para control y supervisión de los tres ventiladores.
- Generar históricos en base a la hora de encendido, hora de apagado, modo de operación y tiempo funcionamiento de los tres ventiladores.

1.5. JUSTIFICACIÓN

La Unidad Minera San Rafael no cuenta con un control de encendido y/o apagado de sus ventiladores ubicados en área socavón, por lo tanto, no posee una supervisión en tiempo real de estos. Este proyecto de tesis se justifica ya que gracias a esta implementación se tendrá un control remoto de estos ventiladores, como también la supervisión en tiempo real de estos; el operador no perderá tiempo en hacer el recorrido hacia sus tableros de control, como tampoco correrá peligro la vida de los trabajadores que se desempeñan en área mina.

1.6. ALCANCES

El alcance de este proyecto es diseñar la integración, programación y visualización intuitiva de los ventiladores presentes en la U.M. San Rafael – Minsur S.A., de tal manera que podamos ejercer un control remoto manual en cuanto al encendido de estos sin perder la calidad del ambiente sano y libre de contaminantes, de igual manera sin que exista pérdida de tiempo y/o disminución en producción, por lo tanto, el beneficiado de este proyecto es la U.M. San Rafael.

Otro alcance importante a tener en cuenta es que con este proyecto obtenemos antecedentes del tipo de control que se ejerce en una mina a grandes distancias y a grandes velocidades de transmisión de información (uso de fibra óptica), teniendo en

cuenta el ambiente hostil que involucra el hecho de trabajar en una mina formal en la modalidad de socavón.

1.7. LIMITACIONES

Este proyecto se basa en el diseño, programación y simulación de todo un sistema de manejo de señales (envío y recepción), por una parte, el sistema ya ha sido implementado en la U.M. San Rafael Anexo 1, el objetivo fue logrado con éxito, cumple con todas las características que se presentan más adelante, por otra parte, en pleno desarrollo existieron dos tipos de limitaciones, las que se presentaron en campo y las que se presentaron para la simulación.

Primero, las limitaciones en campo acerca de los variadores de velocidad, tiempo de encendido de ventiladores, método de encendido, tiempo de uso de ventiladores, alimentación para tableros de control, tiempo permitido de trabajo en interior mina, permisos para ingreso a interior mina hicieron que las configuraciones hechas en oficina se hagan en campo, usando más tiempo del que se propuso inicialmente.

Y segundo, para la simulación, no poseemos los equipos que se usaron en campo por motivos de costos, como por ejemplo los variadores de velocidad, los equipos de red y los PLCs usados en campo (solo se posee uno). Por estos motivos, para la simulación se propuso un sistema similar con los equipos que se posee físicamente y poder constatar el funcionamiento del proyecto en mención, que es la del control mediante una pantalla HMI de tres ventiladores.

1.8. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

Minsur S.A. es una empresa minera peruana, parte de Breca Grupo Empresarial, uno de los conglomerados más importantes del Perú, y abierta al mercado de capitales peruanos a través de la inscripción de acciones en la Bolsa de Valores de Lima¹.

Minsur S.A. obtiene estaño de las Unidades Mineras de San Rafael en Perú y Taboca opera en la mina Pitinga en Brasil, figura 1-1 Posicionamiento de operaciones

¹ Información extraída de Informe Anual 2016 – “Gestión corporativa y sostenibilidad”.

MINSUR S.A. Posteriormente, este material es refinado en las plantas de fundición y refinado de Pisco y Pirapora, respectivamente; siendo el mayor proveedor de estaño en el hemisferio Occidental.

Posicionamiento de nuestras operaciones



Fuente: ITRI

Fig. 1-1 Posicionamiento de operaciones MINSUR S.A.
Referencia: Informe Anual 2016 – Minsur.

Se ubica en el distrito de Antauta, provincia de Melgar, departamento de Puno – Perú. Gracias a la información extraída directamente de la página web de Minsur S.A. “INFORME ANUAL 2016”, tenemos la siguiente información:

- 1.- Principal mina productora de estaño en Sudamérica y tercera a nivel mundial.
- 2.- Ley de promedio de cabeza 1.99%.
- 3.- Responsable de alrededor de 6% de la producción y venta de estaño refinado.
- 4.- Integrada con la PFR de Pisco y la producción y venta de estaño refinado.
- 5.- El agua que utiliza es tratada y devuelta con óptima calidad para uso agrícola y ganadero.
- 6.- Tiene siete puntos de monitoreo diarios de la calidad de agua y riguroso sistema de manejo ambiental certificado con el ISO 14001.

7.- Cuenta con un sistema de monitoreo ambiental participativo.

1.9. INFORMACIÓN PREVIA

El principal objetivo para la Unidad Minera es el monitoreo de los siete ventiladores en el socavón, control de forma remota, pero para este proyecto es de la integración de tres ventiladores

Uno de los ventiladores se sabe que es encendido por autotransformador, el segundo es encendido por un VFD (variador de frecuencia) que es de la marca ABB y posee red industrial ModBus TCP/IP, y, por último, un segundo VFD de la marca Allen Bradley – PowerFlex que posee red industrial DeviceNet.

También se sabe que existe un punto de red que llega desde el exterior hacia el interior, a las cabinas de mando de interior de socavón. Estos ventiladores no se encuentran en un mismo nivel, están dispersos en tres puntos del socavón, desde allí su funcionamiento hace que circule aire libre de impurezas dentro de socavón, estos niveles son: nivel 4600, nivel 4450 y nivel 4200, por otro lado, el nivel de punto red está en el nivel 4300.

Para que los ventiladores entren en funcionamiento, existe una sala MCC² a lado de cada una de estas, que es de donde obtendremos energía para la alimentación del PLC y de nuestro sistema de control.

² MCC: Motor Control Center.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. D.S. 024-2016-EM

Como trabajadores que nos desempeñamos en una unidad minera, estamos bajo disposición del Decreto Supremo 024-2016-EM; anteriormente, era el D.S. 055-2010-EM, sin embargo, este ya no está en vigencia actual.

Entre muchos de sus anexos, encontramos que estamos protegidos bajo muchos estándares de seguridad, desde el uso de EPP³, uso de herramientas, formatos de seguridad, uso de materiales de seguridad para maquinaria y hasta el nivel de oxígeno que debe haber dentro de las instalaciones del socavón o área mina, que mínimo es de 19.5% de oxígeno.

“Artículo 246.- ...En todas las labores subterráneas se mantendrá una circulación de aire limpio y fresco en cantidad y calidad suficientes de acuerdo con el número de trabajadores, con el total de HPs⁴ de los equipos con motores de combustión interna, así como para la dilución de los gases que permitan contar en el ambiente de trabajo con un mínimo de diecinueve punto cinco por ciento (19.5%) de oxígeno”.

De igual manera encontramos que:

“Artículo 240.- Está prohibido el ingreso a las labores de reciente disparo hasta que las concentraciones de gases y polvo se encuentren por debajo de los límites establecidos artículo 110 del reglamento”.

Como vemos, dentro del área mina de socavón tenemos que cumplir estándares de seguridad y estándares nivel de oxígeno dentro de esta área, no sólo para estar a la par con la ley sino por nuestro propio bienestar y salud.

³ EPP: Equipo de Protección Personal.

⁴ HP: Horse Power.

2.2. TABLEROS DE CONTROL

Los tableros de control son armarios en los cuales se disponen los equipos de control, medición, adquisición de información, transformadores de energía, alimentación y/o circuitería de equipos de tal manera que estos no sufran desperfectos o sean dañados por el agente del ambiente en donde se encuentran. Este tipo de tablero se muestra en la figura 2.2. De igual manera estos armarios deben cuidar que la temperatura de trabajo interna sea la adecuada para el funcionamiento eficiente de los equipos; se puede contar con una ventilación artificial para mantener la temperatura, y este, de la misma manera, deberá mantener el grado de protección interna.



Fig. 2-2 Tablero de control.

Referencia: Elaboración propia.

Cómo se dijo anteriormente, podemos albergar y proteger nuestros equipos de control, de red, o el cableado de señales que necesitamos para el control del proceso, como vemos en la figura 2-3 Distribución interna de tableros de control. Los componentes para fabricarlos se pueden adquirir fácilmente, desde hace mucho se han usado estos tableros de control, podemos tener un seguimiento de la circuitería de forma intuitiva. Sin embargo, tenemos algunos inconvenientes con estos tableros de control, el coste (de acuerdo a la marca) es demasiado alto, pueden llegar a ocupar bastante espacio,

mantenimiento periódico, el consumo de energía es alto (de acuerdo a la implementación).



Fig. 2-3 Distribución interna de Tablero de control (ControlLogix).

Referencia: Elaboración propia.

a) GRADO DE PROTECCIÓN:

Existen dos tipos de protección que son estándar NEMA e IP. La tabla 2.1 muestra las clasificaciones del estándar NEMA:

Tabla 2-1
Grado de protección NEMA.

GRADO DE PROTECCIÓN	DESCRIPCIÓN
NEMA 1	Instalación interior, protege contra caída de suciedad.
NEMA 2	Instalación interior, protege contra la caída de suciedad y goteo de agua.
NEMA 3	Instalación exterior, protege contra lluvia, aguanieve y polvo transportado por el viento; además protege contra daños ocasionados por la formación de hielo exterior sobre el armario.
NEMA 3R	Instalación exterior, protege contra lluvia, aguanieve; además protege contra daños ocasionados por la formación de hielo exterior sobre el armario.

será de acero con IP 66 NEMA 4, por motivos del ambiente en socavón. La marca Rittal nos ofrece múltiples dimensiones con estas características, por lo tanto, tenemos las siguientes características del tablero (figura 2-4 Tablero de control AE 1280.500):

Tabla 2-3

Grado de protección IP, primera cifra

PRIMERA CIFRA	DENOMINACIÓN
1	Protección contra cuerpos extraños sólidos de 50mm de diámetro y superior.
2	Protección contra cuerpos extraños sólidos de 12,5 mm de diámetro y superior
3	Protección contra cuerpos extraños sólidos de 2,5 mm de diámetro y superior
4	Protección contra cuerpos extraños sólidos de 1,0 mm de diámetro y superior
5	Protección contra el polvo
6	Estando al polvo

Referencia: https://www.rittal.com/pe-es/content/es/support/technischeswissen/qminformiert/schutzarten/ip/ip_1.jsp

Tabla 2-4

Grado de protección IP, segunda cifra.

SEGUNDA CIFRA	DENOMINACIÓN
1	Protección contra goteo.
2	Protección contra goteo, con inclinación de la caja hasta 15°.
3	Protección contra pulverización de agua.
4	Protección contra salpicaduras de agua.
5	Protección contra agua proyectada.
6	Protección contra proyecciones de agua intensas.
7	Protección contra los efectos acusados por inmersión limitada de agua.
8	Protección contra los efectos causados por una inmersión continuada en agua.
9	Agua en la limpieza a alta presión/con chorro de vapor.

Referencia: https://www.rittal.com/pe-es/content/es/support/technischeswissen/qminformiert/schutzarten/ip/ip_1.jsp

- Caja: Chapa de acero.
- Color: RAL 7035.
- Dimensiones Tablero de control: 800x1200x300 mm. (altura*ancho*profundidad).
- Dimensiones placa de montaje: 740x115 mm. (altura*ancho).
- Peso: 70Kg.
- Cantidad de puertas: 1 (3 puntos de cierre).



Fig. 2-4 Tablero de control AE 1280.500 (información técnica Anexo 2).

Referencia: <https://www.rittal.com/es-es/product/show/variantdetail.action?productID=1280500>

Como método de diseño usamos el Software Autocad, el cual nos permite poder visualizar la ubicación de equipos que usaremos para la integración del sistema.

En esta etapa de diseño debemos de adquirir los gráficos de los equipos en dimensiones reales, de igual forma del tablero de control. Las marcas usadas poseen estos gráficos en “.dwg” (archivo con extensión para Autocad), a escala real y con sus rasgos físicos reales.

a) **TABLERO DE CONTROL NIVEL 4600:**

Este tablero de control estará ubicado en el nivel 4600, figura 2-5 Back panel de tablero de control nivel 4600, y será usado para controlar el ventilador que posee un arranque por autotransformador.

No posee ningún tipo de comunicación industrial, por esta razón sólo necesitamos solo entradas y salidas digitales. Por lo tanto, nuestro back panel del tablero de control quedará de la siguiente manera:

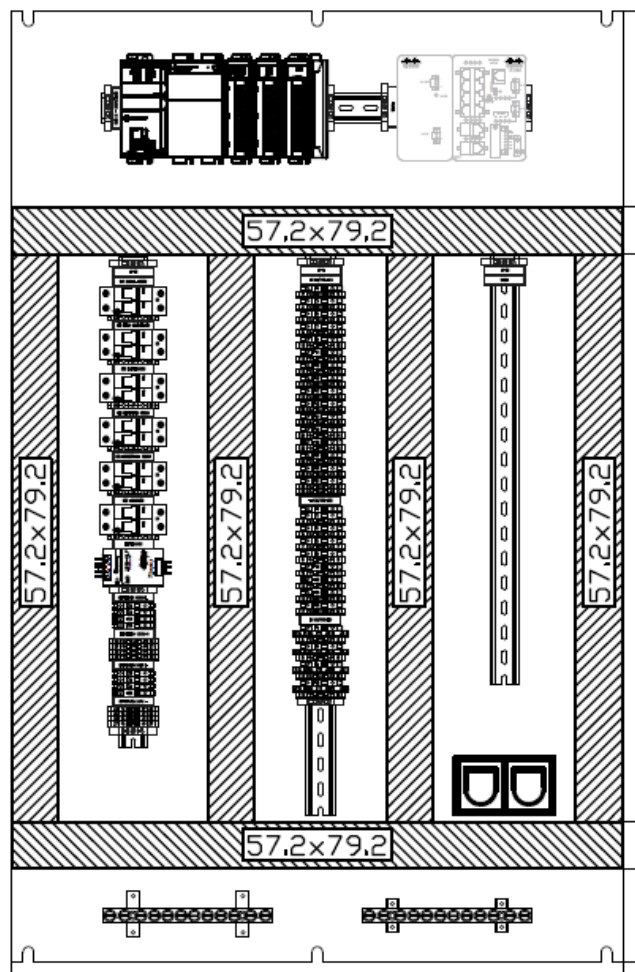


Fig. 2-5 Back panel de tablero de control nivel 4600.

Referencia: Elaboración propia.

b) TABLERO DE CONTROL NIVEL 4450:

Este tablero de control será ubicado en el nivel 4450, figura 2-6 Back panel para tablero de control nivel 4450, el cual está controlado por un variador de la marca ABB; este variador posee la red industrial ModBus TCP/IP.

Para este tipo de comunicación necesitamos hacer las configuraciones necesarias de tal forma podamos recibir y enviar señales por medio de este protocolo de comunicación. Este paso se realiza en la modificación y programación del programa Ladder. Se necesita adicionar una tarjeta de comunicación ModBus a nuestro PLC Compact para poder comunicarnos con el variador y de forma física usamos el cable UTP Cat. 6 entre el mismo variador y el variador con terminales RJ-45.

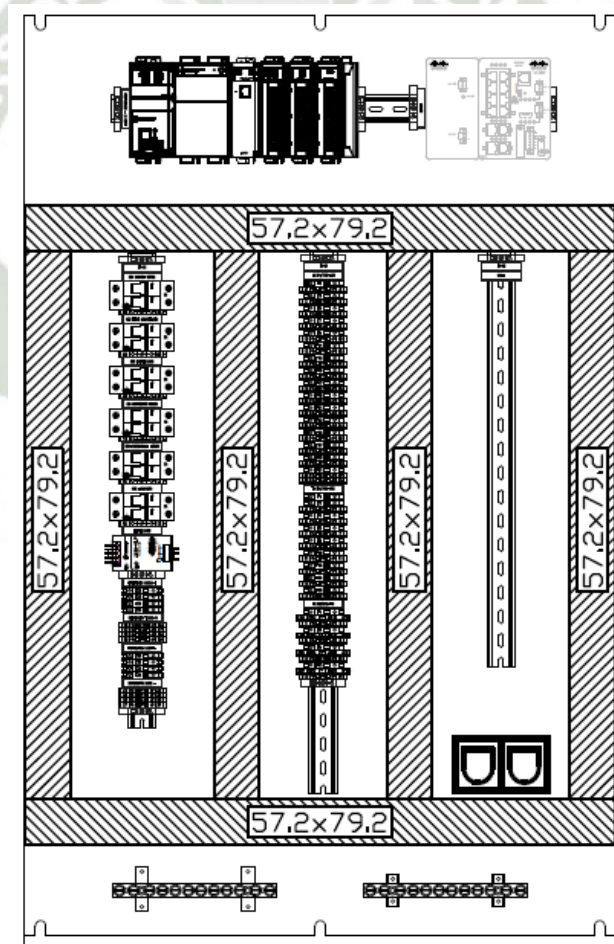


Fig. 2-6 Back panel para tablero de control nivel 4450.

Referencia: Elaboración propia.

c) TABLERO DE CONTROL NIVEL 4200:

Este tablero de control será ubicado en el nivel 4200, figura 2-7 Back panel para tablero de control nivel 4200, sabemos que este ventilador es controlado por un variador de la marca Allen Bradley, llamado PowerFlex. Este variador posee una red de comunicación DeviceNet, y de igual manera necesitaremos una tarjeta de comunicación para este tipo de protocolo. Esta tarjeta será añadida a nuestro PLC CompactLogix y se comunicará físicamente con el variador mediante cable para red DeviceNet de 5 hilos (V+, V-, Can-l, Can-h, Gnd).

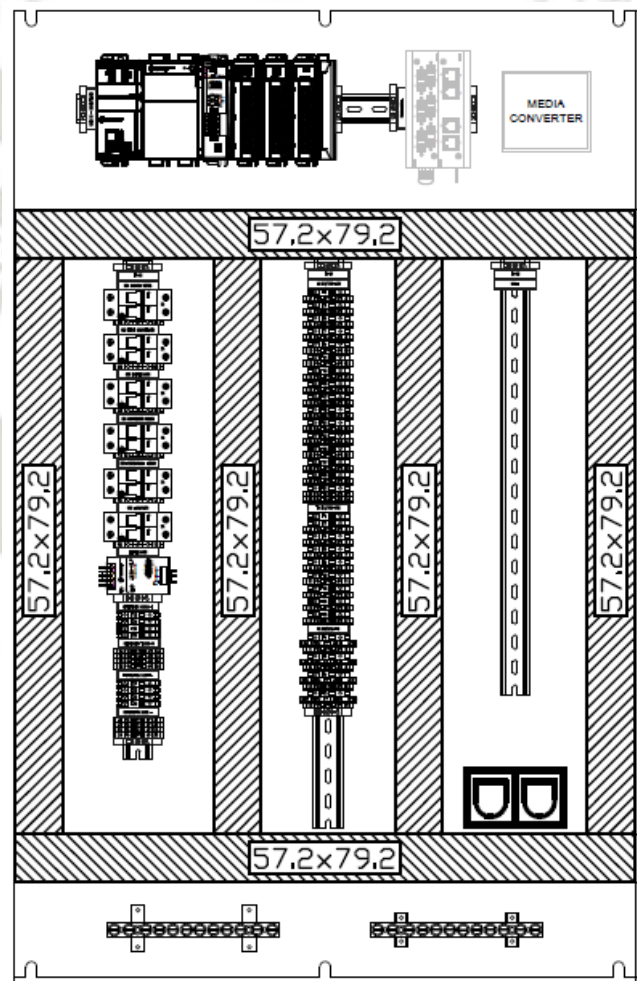


Fig. 2-7 Back panel para tablero de control nivel 4200.

Referencia: Elaboración propia.

2.2.2. SOPORTE DE TABLEROS

Por motivos de que estos tableros serán ubicados en áreas no firmes o no pavimentadas; se necesitarán soportes, figura 2-8 Ángulo de perfil tipo L, los cuáles serán fabricados con un ángulo de perfil L con las siguientes características:

- Acero laminado en caliente.
- Medidas: $1\frac{1}{2} * 1\frac{1}{2} * \frac{3}{16}$ (longitud de ala*longitud de ala*espesor).

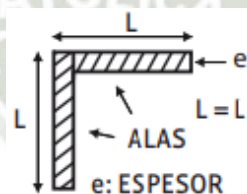


Fig. 2-8 Ángulo de perfil tipo L, descripción.

Referencia:

<http://www.acerosarequipa.com/fileadmin/templates/AcerosCorporacion/docs/HOJA-TECNICA-ANGULOS-ESTRUCTURALES.pdf>

Las dimensiones de los tableros se ven en las figuras 2-9, 2-10 y 2-11.

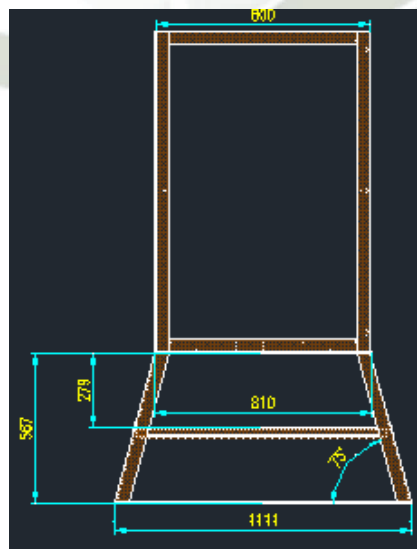


Fig. 2-9 Soporte para tableros, vista frontal.

Referencia: Elaboración propia.

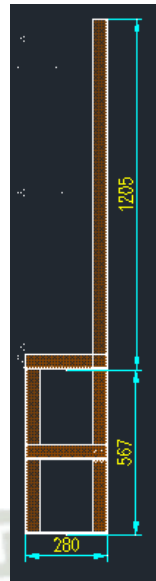


Fig. 2-10 Soporte para tableros, vista lateral.

Referencia: Elaboración propia.

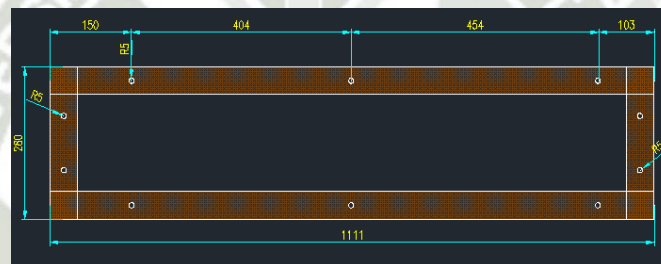


Fig. 2-11 Soporte para tableros, vista inferior.

Referencia: Elaboración propia.

Aparte del soporte para los tableros de control, se tiene también un riel Unistrut p 100 tipo T, figura 2-12, esto para poder fijar los cables que ingresarán al tablero de control:

- Alimentación.
- Señales I/O.
- Red.

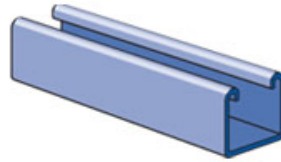


Fig. 2-12 Unistrut p 100 tipo T.

Referencia: Elaboración propia.

Los soportes irán apernados en bloques o dados de cemento de 200x1300x350 (alto*ancho*profundidad en milímetros). En estos soportes se montarán los tableros de control, de igual forma serán apenados de la siguiente manera: perno, arandela, arandela de presión, arandela de plástico para mantener el grado de protección del tablero y tuerca.

2.3. FIBRA ÓPTICA

2.3.1. DEFINICIÓN

Este es un medio de transmisión de datos, presenta alta velocidad de transmisión. Se hace mediante un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos, Figura 2-13 Fibra óptica, hilos de transmisión, por el cual se envía pulsos de luz, los cuales representan la información a transmitir.

Aquí podemos enviar grandes cantidades de información, y a velocidades que pueden superar a las de radio y/o cable convencional. Básicamente, su gran ventaja es que es inmune a las interferencias externas electromagnéticas, por ser luz.

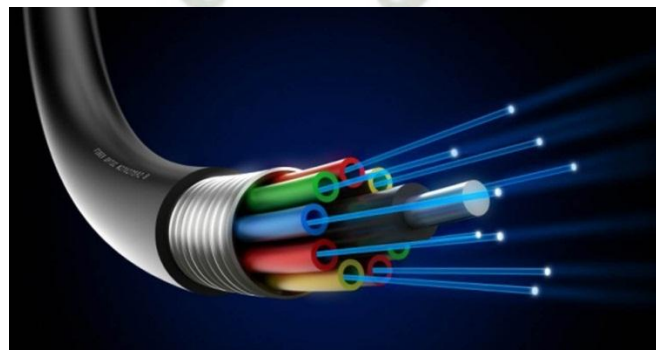


Fig. 2-13 Fibra óptica, hilos de transmisión.

Referencia: Elaboración propia.

a) VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Gracias a la fibra óptica tenemos las siguientes ventajas:

- Una banda de paso muy ancha (GHz⁵).
- Tamaño de fibra pequeño.
- Por cada hilo de fibra óptica podemos tener un radio de curvatura de 1 cm.
- El peso de la fibra óptica es relativamente bajo.
- Inmunidad a perturbaciones externas electromagnéticas.
- No genera interferencias.
- Atenuación pequeña independientemente de la frecuencia (se puede proporcionar hasta 70 Km. Antes de que sea necesario un regenerador de señal).
- Gran resistencia mecánica.
- Coste de fibra menor al de cobre.

Por otro lado, tenemos las siguientes desventajas:

- Alta fragilidad de las fibras fuera de su forro cobertor
- Transmisores y receptores más caros.
- No se puede transmitir electricidad para alimentar repetidoras.
- La necesidad de usar conversor fibra a cobre.

⁵ Giga Hertz.

- Incipiente normativa internacional sobre algunos aspectos referentes a los parámetros de los componentes, calidad de la transmisión y pruebas.

El uso de la fibra no es sólo para transmisión de información, sino también para: Sensor para medir tensiones, temperatura, presión entre otros, líneas de abonados, en el campo de iluminación (para edificios donde la luz puede ser recogida en la azotea y ser llevada mediante fibra óptica), es posible usar latiguillos de fibra junto con lentes para fabricar instrumentos de visualización largos y delgados llamados endoscopios.

2.3.2. ESTRUCTURA DE FIBRA ÓPTICA

Usualmente el cable de fibra óptica se compone de lo siguiente, figura 2-14 Estructura de fibra óptica:

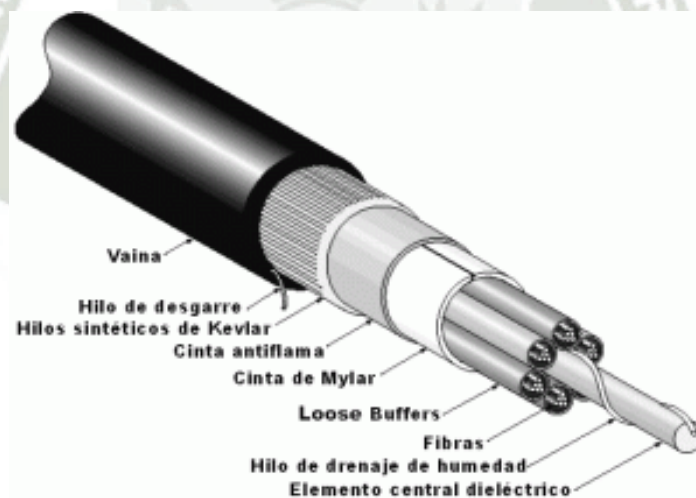


Fig. 2-14 Estructura de fibra óptica.

Referencia: <https://www.fibraoptica hoy.com/fibra-optica-que-es-y-como-funciona/>

- Elemento central dieléctrico: este elemento central que no está disponible en todos los tipos de fibra óptica, es un filamento que no conduce la electricidad (dieléctrico), que ayuda a la consistencia del cable entre otras cosas.
- Hilo de drenaje de humedad: su fin es que la humedad salga a través de él, dejando al resto de los filamentos libres de humedad.

- **Fibras:** esto es lo más importante del cable, ya que es el medio por dónde se transmite la información. Puede ser de silicio (vidrio) o plástico muy procesado. Aquí se producen los fenómenos físicos de reflexión y refracción. La pureza de este material es lo que marca la diferencia para saber si es buena para transmitir o no. Una simple impureza puede desviar el haz de luz, haciendo que este se pierda o no llegue a destino.
- **Loose Buffers:** es un pequeño tubo que recubre la fibra y a veces contiene un gel que sirve para el mismo fin haciendo también de capa oscura para que los rayos de luz no se dispersen hacia afuera de la fibra.
- **Cinta de Mylar:** es una capa de poliéster fina que hace muchos años se usaba para transmitir programas a PC, pero en este caso sólo cumple el rol de aislante.
- **Cinta antillama:** es un cobertor que sirve para proteger al cable del calor y las llamas.
- **Hilos sintéticos de Kevlar:** estos hilos ayudan mucho a la consistencia y protección del cable, teniendo en cuenta que el Kevlar es un muy buen ignífugo, además de soportar el estiramiento de sus hilos.
- **Hilo de desgarre:** son hilos que ayudan a la consistencia del cable.
- **Vaina:** la capa superior del cable que provee aislamiento y consistencia al conjunto que tiene en su interior.

2.3.3. TIPOS DE FIBRA ÓPTICA

Existen dos tipos de fibra óptica, figura 2-15 Tipos de fibra óptica Monomodo y Multimodo, estos dos tipos de fibras se diferencian por el modo que conducen los haces de luz en su interior.

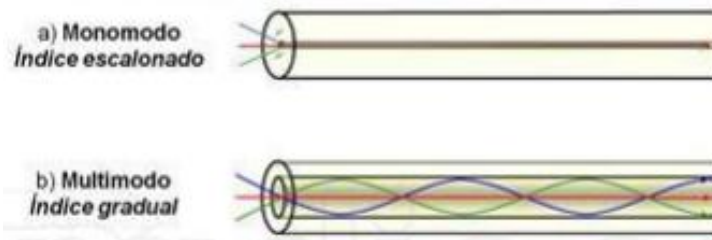


Fig. 2-15 Tipos de fibra óptica (a) Monomodo y (b) Multimodo).

Referencia: <https://www.c3comunicaciones.es/tipos-de-fibra-optica-actualizados/>

La longitud de onda usada para cada tipo de fibra es la siguiente, tabla 2-5 Longitud de onda para fibra Multimodo-Monomodo:

- Fibra Monomodo: Este tipo de fibra presenta una gran ventaja la cual es ancho de banda ilimitado, sólo se propaga un modo, evitándose la dispersión modal debido a la diferencia de velocidad de propagación de los modos que se transmiten por la fibra. Posee un tamaño menor de $9\mu\text{m}$, dificultando el acoplamiento de luz, permitiendo alcanzar mayores distancias y tasas de transmisión más elevadas que la fibra óptica multimodo. La tasa de envío puede ser de 10Gbit/s, con una distancia de hasta 100Km, mediante un láser de alta intensidad.

Tabla 2-5

Longitud de onda para fibra Multimodo – Monomodo.

LONGITUD DE ONDA	TIPO DE FIBRA	TIPO DE FIBRA
850 nm	100/140 μm	Multimodo
	85/125 μm	Multimodo
	62.5/125 μm	Multimodo
	50/125 μm	Multimodo
1330 nm	50/125 μm	Multimodo
	9/125 μm	Monomodo
1550 nm	9/125 μm	Monomodo

Referencia: Elaboración propia.

- Fibra Multimodo: Se pueden propagar varios modos de forma simultánea. El diámetro del núcleo de este tipo de fibra suele ser de 50 μm o 62.5 μm , por lo que el acoplamiento de luz es más sencillo. Sin embargo, su uso es exclusivo para distancias menores a 2 Km.

2.3.4. MÉTODO DE FUSIÓN DE FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica, de fábrica, viene solamente cable sin ningún método de conexión hacia los equipos o hacia la Mufa de conexión. Para poder conectar hacia los equipos tenemos conectores especiales llamados pigtaills⁶, los cuáles son de diferentes tipos: ST (Straight Tip), SC (Subscriber Connector), LC (Lucent Connector), FC (Ferule Connector), SMA (Sub Miniature).

Estos conectores mencionados anteriormente vienen de fábrica en hilos, que son conectados hacia la fibra óptica, por lo tanto, debemos hacer la unión entre la fibra, que será tendida en los tramos necesarios, y estos conectores para poder hacer conexión a los equipos (Switch, Media Converter y/o Patch Pannel).

Para poder hacer la unión de estas fibras tenemos dos métodos: Empalme mecánico y empalme por fusión.

- Empalme mecánico: Método sencillo de conexión más utilizado para fibras multimodo, presenta grandes pérdidas de inserción y las pérdidas por retorno menores que las de los empalmes por fusión.
- Empalme por fusión: Se usa el arco eléctrico de alta tensión, para fibras monomodo y multimodo. Se funden las puntas de las fibras que queremos conectar, mediante uso de fuente calorífica, compuesta por dos electrodos con los cuales se produce un arco eléctrico de alta tensión (4000 o 5000 voltios de corriente controlada). Para poder fusionar la fibra necesitamos un equipo llamado comúnmente fusionadora que se puede ver en la figura 2.16 Fusionadora de fibra óptica de campo.

⁶ Pigtaills: Pedazo de cable de fibra. Sirve de interfaz con los equipos con método de conexión de fibra.



Fig. 2-16 Fusionadora de fibra óptica de campo.

Referencia: <https://telpromadrid.eu/elegir-una-fusionadora-de-fibra-optica/>

2.3.5. TIPOS DE CONECTORES DE FIBRA ÓPTICA

Para final de la fibra tenemos 5 tipos de conectores, tabla 2-6 Tipos de conectores para fibra óptica, similares a los RJ-45 para cable de cobre; pero en este caso para fibra óptica.

2.3.6. MEDICIÓN DE EFECTIVIDAD DE FIBRA ÓPTICA



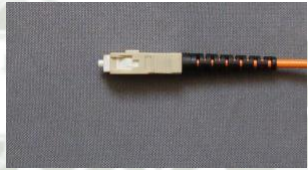


Los empalmes mecánicos como también las fusiones de fibra no son ideales, mientras más puntos de empalme, fusión, conectores (pigtailes) o mufas tendremos más pérdidas en el envío de información, estos empalmes nos dan una pérdida no menor a 0.3 dB, los conectores de 0.5 dB; para poder verificar la efectividad de la fibra óptica a usar tenemos un instrumento que nos ayuda a hacerlo, llamada OTDR⁷.

El OTDR, figura 2-17 Equipos usados para medición de efectividad de fibra óptica – Marca Fluke, es muy utilizado para medir la longitud de fibra óptica y para caracterizar diferentes anomalías a lo largo del cable, figura 2-18 Pantalla de trabajo, mostrándolo de forma gráfica, usado el método de reflectometría.

⁷ OTDR: Optical Time Domain Reflectometer; instrumento óptico electrónico para verificar y/o diagnosticar la red de fibra óptica.

Tabla 2-6

Tipos de conectores para fibra óptica

TIPO DE FIBRA	IMAGEN	TIPO DE FIBRA	IMAGEN
ST (STRAIGHT TIP)		FC (FERULE CONNECTOR)	
SC (SUBSCRIBER CONNCTOR)		SMA (SUB MINIATURE)	
LC (LUCENT CONNECTOR)			

Referencia: Elaboración propia.



Fig. 2-17 Equipos usados para medición de efectividad de fibra óptica – Marca Fluke, modelo FI-700.

Referencia: Elaboración propia.

Para poder hacer la medición necesitamos tener en cuenta lo siguiente:

- Tipo de diámetro del hilo.
- Tipo de estructura del cable.

- Zona muerta del equipo.
- Rango dinámico del equipo.
- Bobina de lanzamiento.



Fig. 2-18 Pantalla de trabajo, OTDR Marca Fluke.

Referencia: Elaboración propia.

2.3.7. MATERIALES PARA TENDIDO Y FUSIÓN DE FIBRA

a) CABLE MINI C2 DT CABLE ALL DRY}

Es una solución de fibra óptica completamente seco y de fácil instalación, figura 2-19 Cable de fibra óptica 12 y 24 hilos. Para los de fibra en su interior se tiene la protección de un tubo central seco:

- Totalmente seco, libre de gel, rápida instalación.
- Cables de acero a través del cable.
- Carga de cable máximo 2700 N.
- Diámetro externo: 9.7 mm.

- Peso: 111Kg/km.
- Certificado: ANSI/CEA S-87-640.
- Temperatura de trabajo: -60°C hasta 70°C.

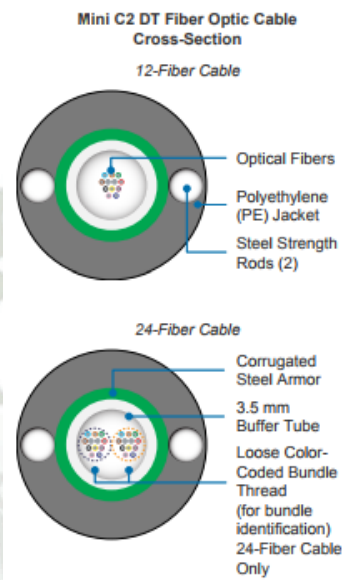


Fig. 2-19 Cable de fibra óptica 12 y 24 hilos, características.

Referencia: <http://fiber-optic-catalog.ofsoptics.com/Asset/Mini-C2-DT-159-web.pdf>

Teniendo en cuenta las características y la información provista por el distribuidor, tenemos el siguiente catálogo: **AT-R-U-9-Q-2-Y-T-012.**

- R: 850/1300 nm (Multimode optical fiber).
- U: 3.4/1.0 dB/Km and 200/500 Mhz-Km @ 850/1300 nm (62.5µm multimode).
- 9: 62.5/125 µm Multimode.
- Q: Mini C2 DT.
- 2: 600 lb (2700N).

- Y: Totally Dry Tube (3.5mm tube).
- T: 12 fibers per tube.
- 012: Contador de fibra.

Como se puede ver, este tipo de fibra tiene características para que pueda ser usado en socavón, ya sea por la resistencia que posee y la facilidad para su tendido. Por lo tanto, esta será la fibra que se usará en el desarrollo del proyecto para la interconexión de tableros y el punto central de red de la Unidad Minera.

b) **FUSIONADORA DE FIBRA DVP 740**

La fusionadora DVP 740, figura 2-20 Fusionadora Optotronics OPT-FSPL-MK2, de la marca Optronics utiliza el sistema de alineación de núcleo para proporcionar el mejor sistema de acabado para fibras ópticas. Puede ser usado para la fusión de fibras monomodo o multimodo. Proporciona un tiempo de fusión de 8 segundos y un tiempo de caliente de 40 segundos.

- Alineación de núcleo.
- Pantalla LCD con color.
- Vistas simultáneas en X e Y.
- Disponible en varios lenguajes.
- Tiempo de calentamiento 40 segundos.
- Almacenamiento de resultados.
- Tiempo de fusión – 8 segundos.

- Duración de vida de batería (200 ciclos).
- Área de fusión iluminada para fácil manejo en condiciones con poca luz.



Fig. 2-20 Fusionadora Optotronics OPT-FSPL-MK2.

Referencia: <http://www.xhfiber.com/en/product/412.html>

Una capacidad realmente que sirve de mucho apoyo de este equipo es su portabilidad, la batería proporciona energía para realizar bastantes fusiones de alta calidad. Sin embargo, este equipo no puede trabajar a diferentes altitudes, es por este motivo que la calibración de la emisión de arco eléctrico debe hacerse en cada cambio de 100 m.s.n.m.

El procedimiento para la fusión de la fibra es el siguiente:

1. Retiro de la chaqueta externa y media de la envolvente fibra óptica, figura 2-21 Retiro de chaqueta de protección de fibra óptica, este procedimiento se realiza hasta que podamos tener las fibras (12 hilos) a nuestra vista. Para esto debemos de tener al menos 1.5 m. de distancia desde el final de la chaqueta hasta la punta final de los hilos de fibra.

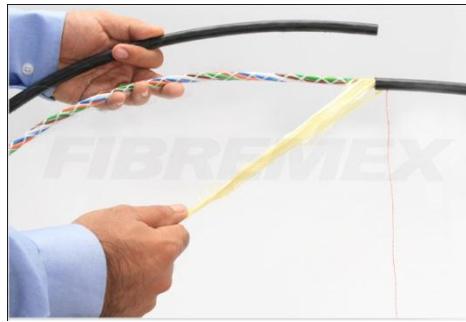


Fig. 2-21 Retiro de chaqueta de protección de fibra óptica.

Referencia:

http://fibremex.com/fibraoptica/index.php?mod=paso_a_paso&ext=fibraoptica&id=6

2. La fibra óptica (hilo) posee un recubrimiento no visible para el ojo humano, este es retirado con ayuda de una herramienta especial, la cual está calibrada para este tipo de trabajo, Figura 2-22 Retiro de recubrimiento de protección de hilos de fibra óptica.

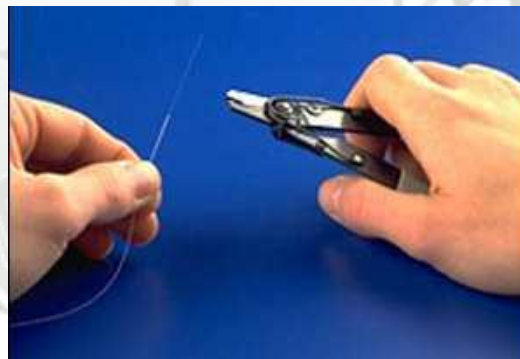


Fig. 2-22 Retiro de recubrimiento de protección de hilos de fibra óptica.

Referencia: <http://florin2fb.blogspot.pe/2015/12/pelado-de-cable-de-fibra-optica.html>

3. La fibra es cortada de tal forma que el final de los hilos tengan un corte recto, gracias a una herramienta especial, figura 2-23 Herramienta de corte de fibra óptica. Previamente, el hilo a fusionar se limpia con ayuda de alcohol isopropílico, esto para evitar alguna impureza presente.
4. Esta fibra se coloca a un extremo de la máquina fusionadora y se verifica el corte realizado (que debe ser recto) y la limpieza de este; si la máquina no presente alguna observación del hilo se procede con el otro hilo a fusionar; se realizan los mismos pasos para el hilo mencionado anteriormente.



Fig. 2-23 Herramienta de corte de fibra óptica.

Referencia: http://www.nexus.com.pe:8081/media_nexus/uploads/fichas_tecnicas/opt-fspl-2-eu.pdf

5. Teniendo los dos hilos listos en la fusionadora, se procede con la fusión de estos, figura 2-24 Fusionadora encendida. La fusión es breve y podemos observar la calidad con la cual se hizo la fusión, figura 2-25 Visualización de fibra cortadas alineadas, de igual manera tenemos el nivel de dB de pérdida que presenta.



Fig. 2-24 Fusionadora encendida.

Referencia: Elaboración propia.

6. Como se mencionó la fibra está libre de alguna protección o al menos presenta debilidad al quiebre, para evitar esto se coloca protectores de fibra en la zona que se hizo la fusión, esta zona donde se encuentra el protector en mención se coloca en el horno de la fusionadora, figura 2-26 Horno y cátodos de fusión de

fusionadora, al menos por 30 a 50 segundos en los cuales el equipo emite una alarma indicando la finalización del trabajo.



Fig. 2-25 Visualización de fibras cortadas alineadas.

Referencia: Elaboración propia.

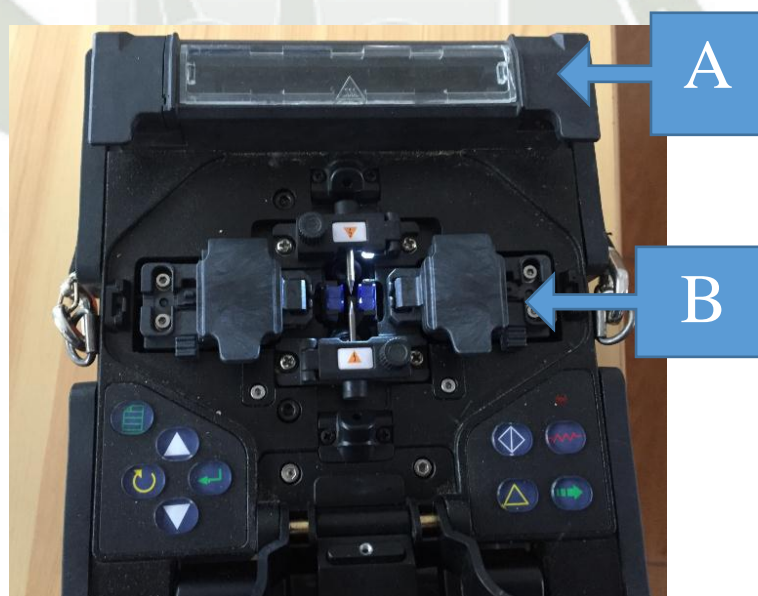


Fig. 2-26 Horno (A) y cátodos (B) de fusión de fusionadora.

Referencia: Elaboración propia.

c) CAJA DE EMPALME DE FIBRA ÓPTICA

Para el tendido de hilos de fibra óptica se necesita una caja de empalme para el guardado y protección de estos hilos que no poseen la chaqueta de protección externa, de igual manera para la protección de las fusiones realizadas. Tenemos la caja de empalme de fibra de la marca Kroton que se ve en la figura 2-27 Caja de empalme de fibra, catálogo OCC24, que posee las siguientes características:

- Capacidad de empalme 24 hilos.
- Diámetro de cable de fibra óptica máximo: 20mm.
- Diámetro de cable de fibra óptica mínimo: 8mm.
- Medidas de caja de empalme: 460x170x100 mm. (largo*alto*profundidad).



Fig. 2-27 Caja de empalme de fibra Krotón, OCC24.

Referencia: <https://www.kroton.com.pe/wp-content/uploads/2016/12/OCC24.pdf>

2.4. PLC (PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER)

Equipo electrónico diseñado para programar y controlar en tiempo real, mayormente usado en áreas industriales o área mina. Este equipo controla la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, procesan y reciben señales digitales y analógicas y pueden aplicar estrategia de control. Podemos ver los modelos de PLC de la gama media de la marca Allen Bradley en la figura 2-28.

Los PLCs pueden cumplir operaciones como detección y mando, en las que se elaboran y envían datos de acción a los pre-accionadores y accionadores. Similar a un computador está compuesto por la parte Hardware y Software:

- Hardware: parte física o tangible del ordenador, figura 2.29 Partes de un PLC, básicamente está compuesto por:



Fig. 2-28 PLCs, gama media, CompactLogix de la marca Allen Bradley.

Referencia: <http://ab.rockwellautomation.com/es/Programmable-Controllers/CompactLogix-5370-Controllers>

- F.A.: Es la fuente de alimentación de todo el equipo, provee la corriente necesaria para el correcto funcionamiento del CPU y las entradas y salidas.
- C.P.U.: Es la unidad de control, donde se ubica el procesador, aquí es donde se encuentra el programa (cerebro del sistema), que, en conjunto con las tarjetas de memoria, el reloj del sistema y las tarjetas de entradas y salidas realizan la lógica programada.
- Tarjetas de I/O: Estas tarjetas reciben y/o entregan señales hacia el exterior, reciben señales de sensores y entregan señales hacia los actuadores del sistema.

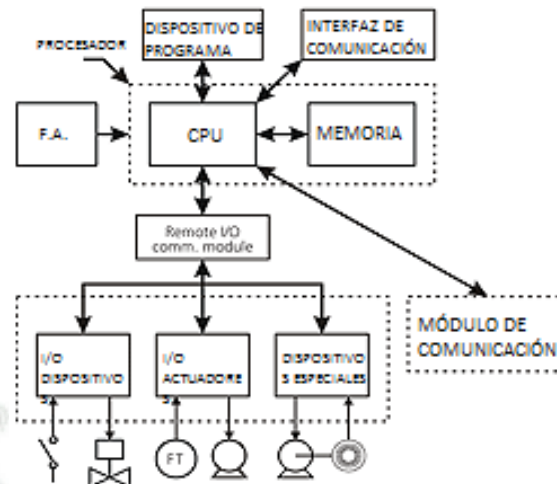


Fig. 2-29 Partes de un PLC.

Referencia: Elaboración propia.

- Software: parte no física del PLC, lenguajes de programación. Esta puede ser de cuatro tipos:
 - Lenguaje de contactos o ladder.

Lenguaje gráfico muy popular dentro de los PLC que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos, Tabla 2-7 Símbolos básicos para programación Ladder. De este modo, con los conocimientos que todo técnico eléctrico posee, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje. La principal ventaja es su programación en símbolos de la norma NEMA.





Tabla 2-7

Símbolos básicos para programación Ladder.

SÍMBOLO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
	Contacto NA	Se activa cuando hay un uno lógico en el elemento que representa, esto es, una entrada (para captar información del proceso a controlar), una variable interna o un bit de sistema.
	Contacto NC	Su función es similar al contacto NA anterior, pero en este caso se activa cuando hay un cero lógico, cosa que deberá de tenerse muy en cuenta a la hora de su utilización.

Tabla 2-8

Símbolos básicos para programación Ladder (continuación)

SÍMBOLO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
	Bobina NA	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un uno lógico. Su activación equivale a decir que tiene un uno lógico. Suele representar elementos de salida, aunque a veces puede hacer el papel de variable interna.
	Bobina NC	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un cero lógico. Su activación equivale a decir que tiene un cero lógico. Su comportamiento es complementario al de la bobina NA.
	Bobina Set	Una vez activa (puesta a 1) no se puede desactivar (puesta a 0) si no es por su correspondiente bobina en RESET. Sirve para memorizar bits y usada junto con la bina RESET dan una enorme potencia en la programación.
	Bobina Reset	Permite desactivar una bobina SET previamente activada.

Referencia: Elaboración propia.

La siguiente figura 2-30 Programación básica de PLC muestra el esquema básico de programación, contactos a la izquierda y bobinas otros elementos a la derecha.

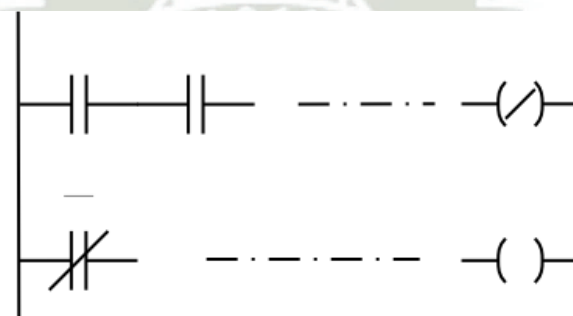


Fig. 2-30 Programación básica de PLC.

Referencia: Elaboración propia.

- Lenguaje Booleano (lista de instrucciones).

Este tipo de lenguaje usa la sintaxis de Álgebra Boole, figura 2-31 Ejemplo de programación con lenguaje Booleano, para ingresar y explicar la lógica de control. Consiste en elaborar una lista de instrucciones o nemónicos, haciendo uso de operadores AND, OR, NOT, entre otros. Ejemplo de lógica Booleana:

A	I	2.3
A	I	4.1
O	I	3.2
=	Q	1.6

Fig. 2-31 Ejemplo de programación con lenguaje Booleano.

Referencia: Elaboración propia.

- Diagrama de funciones.

Este lenguaje es, básicamente, bloque de funciones, figura 2-32 Ejemplo de programación mediante Diagrama de funciones; de tal forma que ellos aparecen interconectados al igual que un circuito eléctrico. Generalmente, utilizan símbolos para representar al bloque de función. Las salidas lógicas no requieren incorporar una bobina de salida porque la salida es representada por una variable a la salida del bloque. Es cómodo de utilizar a técnicos habituados a trabajar con circuitos de puertas lógicas, ya que la simbología usada en ambos es equivalente.

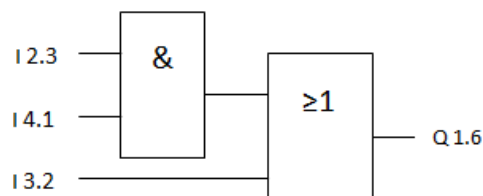


Fig. 2-32 Ejemplo de programación mediante Diagrama de funciones.

Referencia: Elaboración propia.

- Texto estructurado.

Es un lenguaje de alto nivel, figura 2-33 Ejemplo de programación con texto estructurado, que permite la programación estructurada, lo que significa que muchas tareas complejas pueden ser divididas en unidades más pequeñas ST se parece mucho a los lenguajes de computadoras Basic o Pascal, que usa subrutinas para llevar a cabo diferentes partes de las funciones de control y paso de parámetros y valores entre las diferentes secciones del programa.

Incluye términos como: FOR... TO; REPEAT... UNTIL X; WHILE X...; IF... THEN... ELSE. Además, soporta operaciones Booleanas (AND, OR, entre otros) y una variedad de datos específicos como hora, fecha.

```
IF Manual AND Alarm THEN
    Level = Manual_Level;
    Mixer = Start AND NOT Reset
ELSE IF
    Other_Mode THEN
    Level = Max_Level;
ELSE
    Level = (Level_Indic X100)/Scale;
END IF;
```

Fig. 2-33 Ejemplo de programación con texto estructurado.

Fuente: Elaboración propia.

- Ventajas y desventajas del PLC.

Ventajas:

- No necesita simplificar ecuaciones lógicas (la capacidad de almacenamiento es suficientemente grande para almacenar un programa).
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado y añadir contactos.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor coste de mano de obra de instalación.

- Economía de mantenimiento.
- Gobernar varias máquinas con un mismo equipo.
- Si se deja de fuera de servicio, el equipo puede usarse en otra máquina o programarse para otro sistema.

Desventajas:

- Falta de un programador, preparación de personal para su configuración.
- Inversión inicial es mayor en el caso de los relés, relativo a la función del proceso.
- Funciones adicionales.
 - Permiten establecer comunicación con otras partes de control. Las redes industriales permiten la comunicación y el intercambio de datos entre autómatas a tiempo real.
 - Permiten comunicarse con ordenadores provistos de programas de supervisión industrial.
 - Control de procesos continuos. Disponen de módulos de entradas y salidas analógicas y la posibilidad de ejecutar reguladores PID⁸.
 - Posee entradas y salidas distribuidas; las tarjetas adicionales no tienen por qué estar en el armario, pueden estar distribuidos por la instalación.

⁸ PID: Control de realimentación Proporcional, Integral y Derivativo.

- Con un solo cable de comunicación se pueden conectar al bus captador y accionadores, reemplazando un cableado tradicional de bastantes cables.

- Sistema de control CompactLogix (Allen Bradley)

Los controladores CompactLogix L3x de la serie 1769, son ideales para aplicaciones de control de tamaño pequeño y mediano no requieren de funcionalidad de movimiento o seguridad. Este tipo de procesadores son de la gama media de la marca Allen Bradley. Ofrece múltiples tipos de entradas y salidas, tipos de comunicaciones y son perfectos para envío y recolección de información, por ejemplo:

a) CARACTERÍSTICAS:

Incluye puerto serial RS-232 incorporado en cada controlador 1769-L3x.

Ofrece puertos de comunicación incorporados para redes EtherNet/IP o ControlNet.

Incluye módulos de interface de comunicación 1769-SDN para control de E/S y configuración de dispositivos remotos de DeviceNet.

Le permite controlar las E/S distribuidas a través de EtherNet/IP™, ControlNet™ o DeviceNet™ (solo ciertos modelos).

Proporciona una conexión en puente transparente con control y recolección de datos a través de la misma red.

Se integra con los módulos Compact I/O 1769 (entradas y salidas digitales y analógicas).

Ofrece opciones flexibles de memoria de usuario.

No requiere un chasis.

b) SOFTWARE

Para la programación de este equipo se usa el software de programación RSLogix 5000 de Rockwell Software para diseñar y configurar su sistema con los controladores 1769-L3x y 1769-23x.

Los controladores y los módulos que selecciona, junto con su configuración de red, determinan qué paquetes de software adicionales necesita para configurar y programar su sistema. El software adicional requerido puede incluir el software de configuración RSNetWorx y el software de comunicación RSLinx.

2.4.1. 1769 COMPACTLOGIX CONTROLLERS

Este procesador CompactLogix de la gama media de la marca Allen Bradley, figura 2-34 CompactLogix L33ER, es realmente muy eficiente para este tipo de procesamiento que necesitamos; adquisición de información (señales de entradas y salidas) y manejo de información (manejo red DeviceNet y ModBus y protocolo Ethernet).



Fig. 2-34 CompactLogix L33ER.

Referencia: <http://www.plccentre.com.au/buy/compactlogix-5370-13-controller/AB-1769-L33ER>

Esta gama maneja tarjetas de entradas y salidas digitales, las cuales necesitamos en el ventilador que es controlado por tablero con autotransformador.

De igual manera se puede adquirir información de las dos redes industriales que usan los variadores de frecuencia de los otros dos ventiladores (Red industrial ModBus y

DeviceNet). El método de envío de información hacia la red principal, la cual servirá como medio de transmisión hacia la sala del operador principal, es red TCP/IP la cual está integrada en el procesador del CPU CompactLogix.

El procesador elegido es el 1769-L33ER, algunas de sus características más importantes son:

- Temperatura de trabajo 0-60 °C.
- Tipo de montaje riel DIN.
- Dos puertos EtherNet/IP.
- Un puerto USB.
- Soporte para expansión de módulos.
- Control de módulos local y distribuido de I/O.
- Uso de memoria (SD) no volátil.
- Programación múltiple.
- Edición Online.
- Forzado de puertos.
- Disipación de potencia 4.5W.
- Peso 0.31Kg.
- Máxima cantidad de módulos de I/O: 16.

Tiene las siguientes certificaciones:

- c-UL-us: Listed Industrial Control Equipment, verified for US and Canada.
- CE: European Union 2004/108/EC EMC Directive.
- EtherNet/IP: ODVA conformance tested to EtherNet/IP specifications.

Sus dimensiones se encuentran en la figura 2-35 Dimensiones de CompactLogix L33ER:

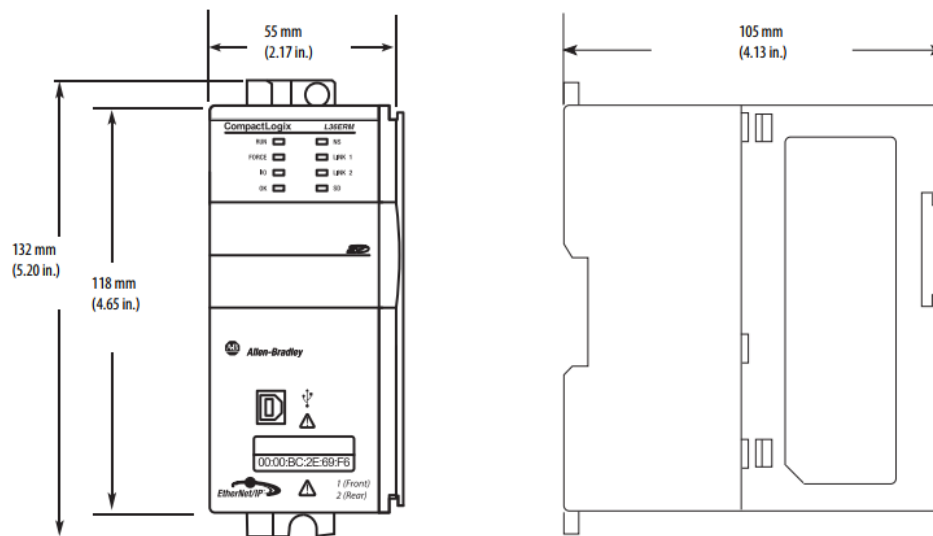


Fig. 2-35 Dimensiones de CompactLogix L33ER.

Referencia:

http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/1769-td005_-en-p.pdf

Por otro lado, es necesario elegir los módulos de I/O que necesitaremos para las señales de entradas y salidas, como también los módulos que soportan las redes ModBus y DeviceNet.

Para todos los tableros usaremos módulos de entrada digital, módulos de salida digital y módulos de entrada analógica. Para las entradas y salidas digitales, la tarjeta debe soportar 120 VAC, y para la entrada analógica 4-20mA.

Finalmente, para la alimentación de nuestro rack completo necesitamos una fuente de alimentación; esta será la 1769-PA4, figura 2-36 Fuente de alimentación 1769-PA4, que tiene las siguientes características:

- Voltaje de entrada: 85-132VCA, 170-265VCA, seleccionable mediante interruptor.
- Frecuencia de entrada: 47-63Hz.
- Cantidad máxima de módulos: 8 a cada lado, 16 en total.
- Capacidad de suministro de corriente: 4 A (a 5 V), 2 A (a 24V).
- Dimensiones: 118x70x87mm. (Altura, ancho y profundidad).
- Peso: 630 gr.
- Montaje para riel Din.

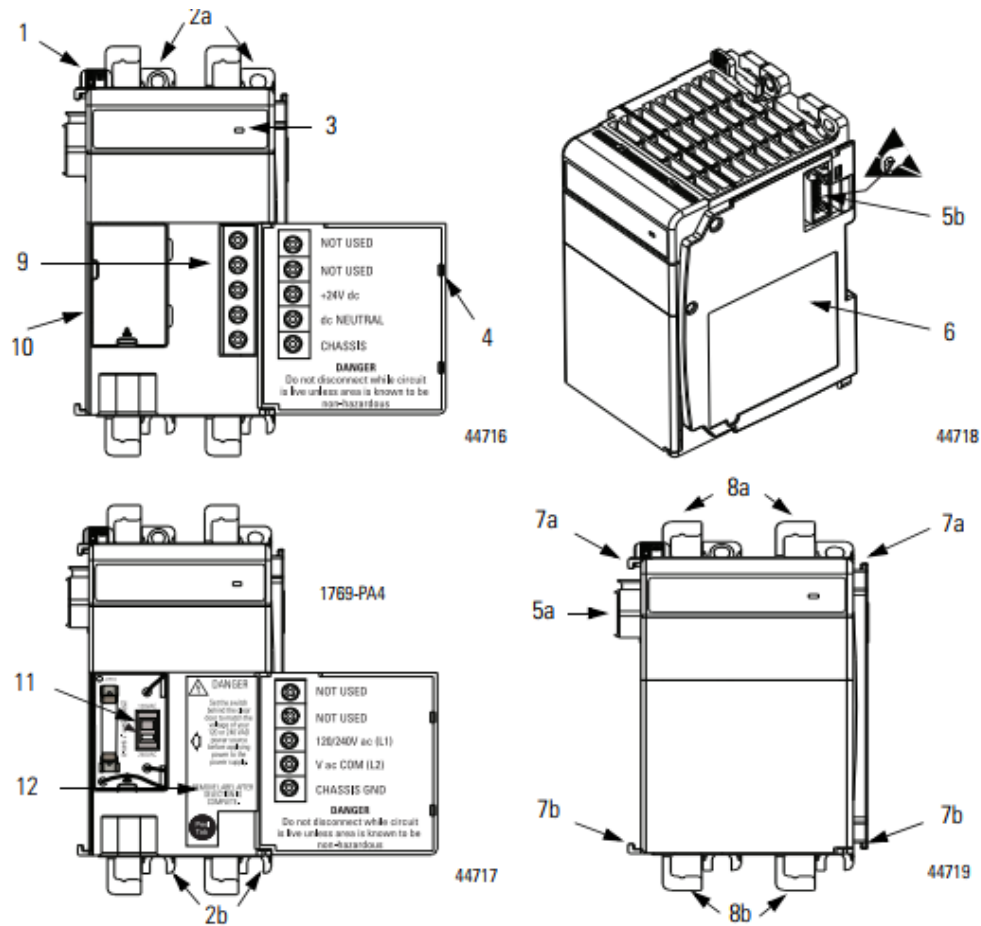


Fig. 2-36 Fuente de alimentación 1769-PA4

(Tabla 2-9 Tabla de descripción de datos fuente de alimentación 1769-PA4).

Referencia:

<http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1769-in028-es-p.pdf>

Tabla 2-9

Tabla de descripción de datos fuente de alimentación 1769-PA4.

ITEM	DESCRIPCIÓN
1	Palanca de bus (con función de enclavamiento).
2a	Lengüetas de montaje en panel superior
2b	Lengüetas de montaje en panel inferior
3	Indicador de estado
4	Puerta de la fuente de alimentación eléctrica con etiqueta de identificación de terminales
5a	Conector de bus móvil con pines hembra
5b	Conector de bus fijo con pines macho
6	Etiqueta de la placa del fabricante

Tabla 2-10

Tabla de descripción de datos fuente de alimentación 1769-PA4
(continuación).

ITEM	DESCRIPCIÓN
7a	Ranuras de machihembrado superiores
7b	Ranuras de machihembrado inferiores
8a	Seguros de riel DIN superior
8b	Seguros de riel DIN inferior
9	Bloque de terminales con cubierta de protección contra contacto accidental
10	Cubierta de envolvente de fusibles para fusible reemplazable
11	Selector de alimentación de entrada de línea de 120VCA o 240VCA
12	Etiqueta del selector extraíble

Referencia: Elaboración propia.

2.4.2. 1769 COMPACT I/O MODULES

Las tarjetas seleccionadas son las siguientes:

- Entrada digital: 1769-IA16, figura 2-37 Tarjeta 1769-IA16.

Este módulo tiene las siguientes características:

- 16 puertos de entrada, común internamente conectada.
- Nivel de voltaje 79-132VAC.
- Frecuencia de voltaje: 47-63Hz.
- Tiempo de retardo (20ms encendido, 20ms apagado).
- Corriente por puerto 115mA.
- Corriente de oscilación máx. 12mA @ 120VAC.
- Tamaño de cable: 22...14 AWG.

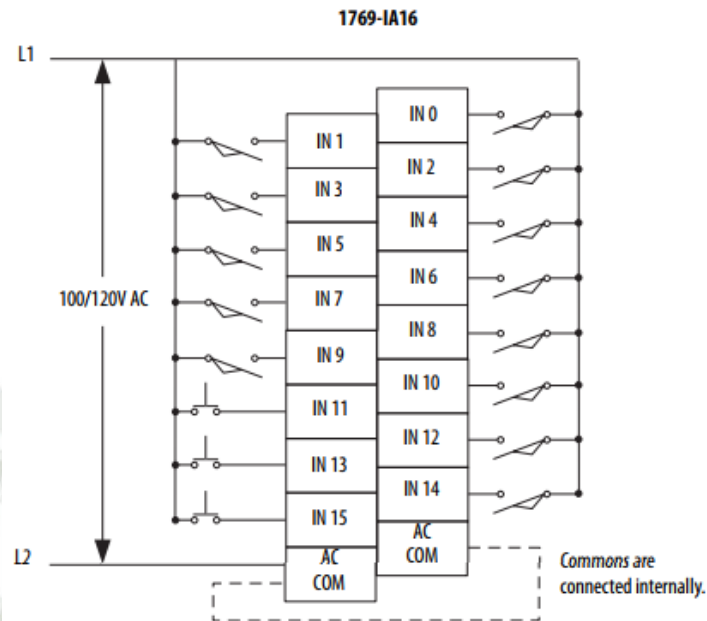


Fig. 2-37 Tarjeta 1769-IA16.

Referencia:

http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/1769-td006_-en-p.pdf

- Salida digital: 1769-OW8, figura 2-38 1769-OW8.

Este módulo tiene las siguientes características:

- 8 puertos normalmente abiertos.
- Nivel de voltaje 5-265VAC, 5-125VDC.
- Tiempo de retardo (10ms encendido, 10ms apagado).
- Corriente por puerto 2.5A máximo.
- Corriente por módulo máximo 16A.
- Tamaño de cable: 22...14 AWG

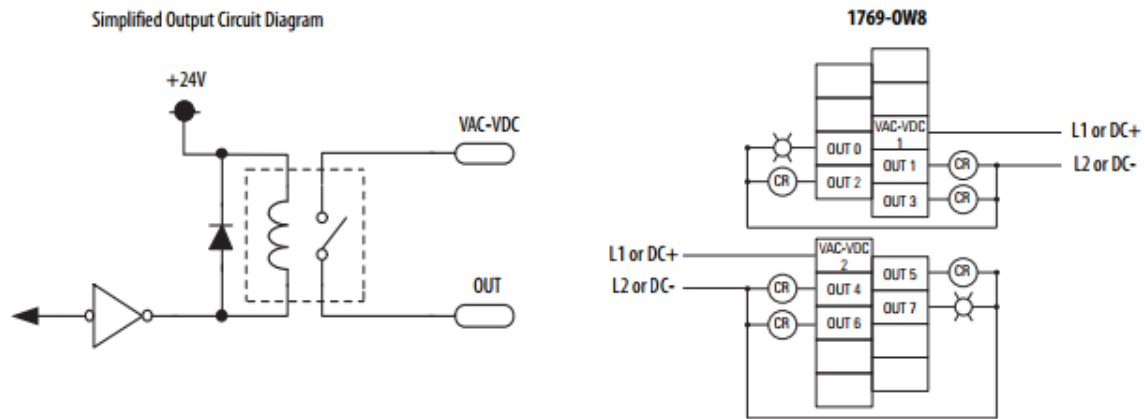


Fig. 2-38 Tarjeta 1769-OW8.

Referencia:

http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/1769-td006_-en-p.pdf

- Entrada analógica: 1769-IF4, figura 2-39 Tarjeta IF4.

Este módulo tiene las siguientes características:

- 4 puertos de entradas.
- Energía de entrada: $\pm 10\text{v}$, 0-10V, 0-5V, 1-5V, 0-20mA, 4-20mA.
- Rangos de escala: $\pm 10.5\text{v}$, -0.5-10.5V, -0.5-5.25V, 0.5-5.25V, 0-21mA, 3.2-21mA.
- Resolución de entrada 14 bits.
- Rango de voltaje 30VAC/30VDC.
- Error de energía: $\pm 0.3\%$ voltaje, $\pm 0.5\%$ corriente.
- Tamaño de cable: 22-14AWG.

2.4.3. MÓDULOS DE RED INDUSTRIAL

Para la conexión hacia los variadores necesitaremos tarjetas que nos ofrezcan la posibilidad de poder adquirir información con red ModBus y red DeviceNet. Allen Bradley, creó la red DeviceNet, es su red básica de comunicación; por otro lado, ModBus trabaja con otra empresa llamada Pro-Soft Technology y por esta razón esta tarjeta se adquiere mediante esta empresa mencionada.

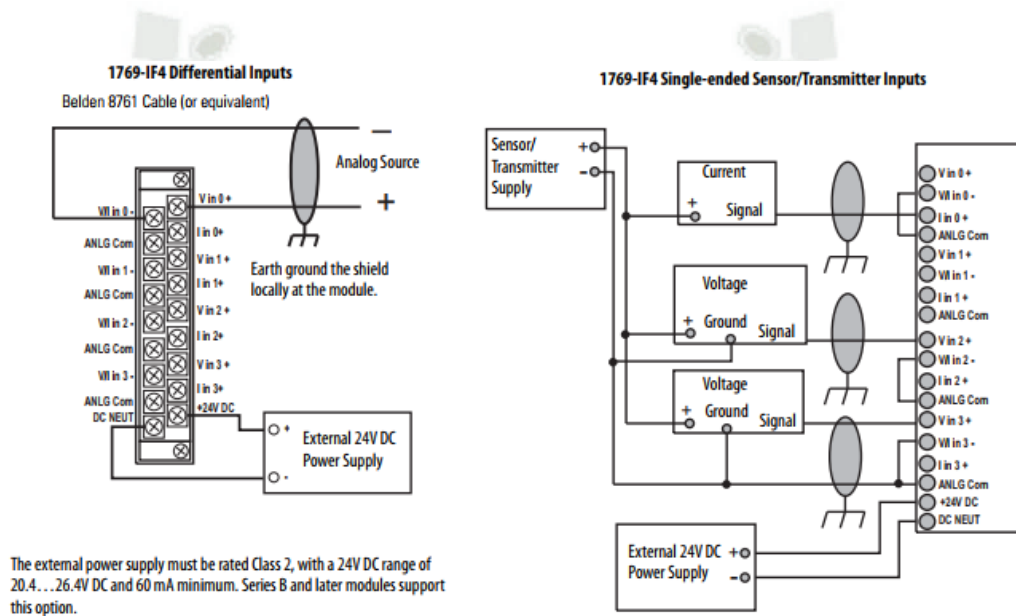


Fig. 2-39 Tarjeta 1769-IF4.

Referencia:

http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/1769-td006_-en-p.pdf

a) MÓDULO ESCÁNER COMPACT 1769-SDN DEVICENET

Para la red DeviceNet usaremos la tarjeta 1769-SDN, figura 2-40 Descripción de tarjeta 1769-SDN, la cual, para conectar, tendremos que tener en cuenta lo siguiente:

- El escáner puede comunicar con hasta 63 dispositivos DeviceNet.
- El escáner, como maestro, puede ser propietario de hasta 63 nodos de E/S esclavos.

- El escáner puede ser simultáneamente un maestro y esclavo propiedad de otro maestro DeviceNet.
- Este escáner deberá ser ubicado como máximo a una distancia de cuatro módulos al lado de la fuente de alimentación.
- Determinar la velocidad en baudios de DeviceNet en base a las consideraciones estándar de DeviceNet.

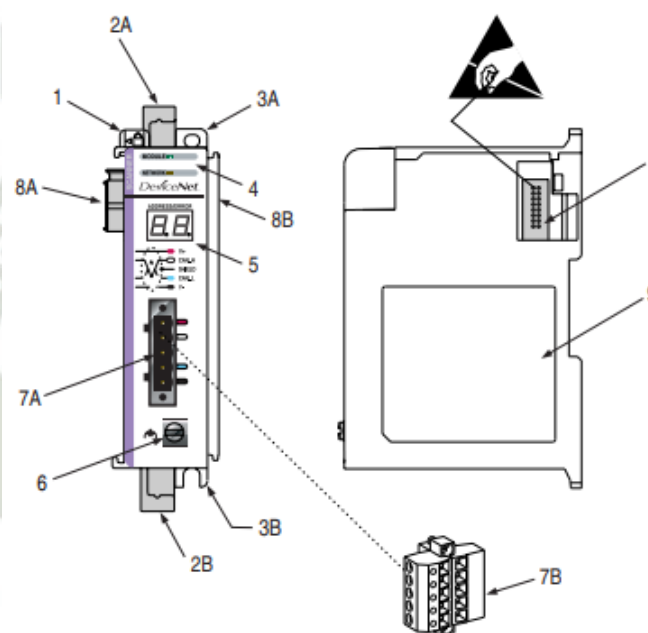


Fig. 2-40 Descripción de tarjeta 1769-SDN

Tabla 2-11 Tabla de descripción de tarjeta 1769-SDN.

Referencia:

http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1769-in060_-es-p.pdf

Las características de la red Devicenet se ven en la tarjeta SDN en la figura 2-41 Tarjeta 1769-SDN.

Tabla 2-11

Tabla de descripción de tarjeta 1769-SDN

ITEM	DESCRIPCIÓN
1	Palanca de bus
2A	Seguro superior para el riel DIN
2B	Seguro inferior para el riel DIN
3A	Lengüeta superior para montaje en panel
3B	Lengüeta inferior para montaje en panel
4	Indicadores LED de estado de módulo y red
5	Pantallas numéricas de dirección y error
6	Tornillo de tierra
7A	Conector macho de empalme DeviceNet
7B	Conector hembra DeviceNet extraíble
8A	Conector de bus móvil con pines hembra
8B	Conector de bus con pines macho
9	Etiqueta de la placa del fabricante

Referencia:

http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1769-in060_-es-p.pdf

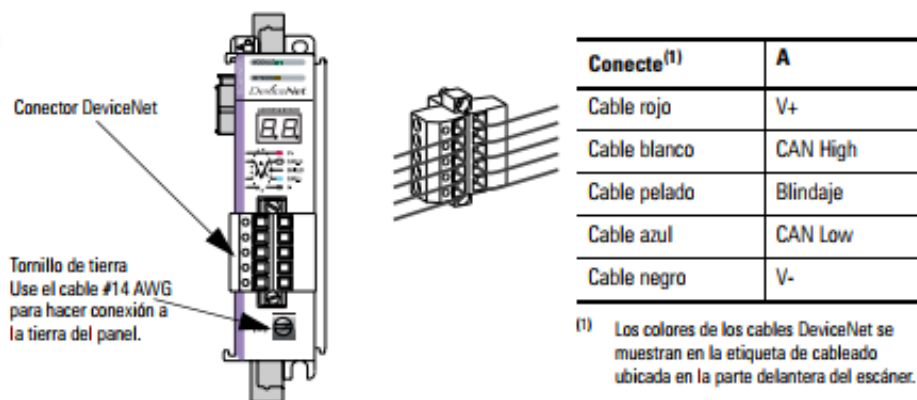


Fig. 2-41 Tarjeta 1769-SDN características físicas

Referencia:

http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1769-in060_-es-p.pdf

Para los diagnósticos del sistema necesitamos la siguiente tabla 2-12 Tabla de diagnóstico tarjeta 1769-SDN.

Tabla 2-12

Tabla diagnóstico tarjeta 1769-SDN.

INDICADOR	COLOR / ESTADO	INDICA	ACCIÓN RECOMENDADA
MÓDULO	Apagado	El módulo no tiene alimentación eléctrica.	Conecte la alimentación eléctrica.
	Verde parpadeante	No hay bus maestro presente.	Verifique que los conectores del módulo estén correctamente asentados. Si lo están, desconecte y vuelva a conectar la alimentación eléctrica al controlador. Si esto no corrige el problema, reemplace el controlador. Si reemplazar el controlador no corrige el problema, reemplace el 1769-SDN.
	Verde fijo	Operación normal.	No se requiere acción.
	Rojo parpadeante	Fallo recuperable - La memoria se borró o se está programando.	Complete la actualización de la memoria flash o inicie una nueva actualización.
MÓDULO	Rojo fijo	Fallo irrecuperable.	Verifique que los conectores del módulo estén correctamente asentados. Si lo están, verifique que la terminación/tapa de terminación final estén instaladas. Desconecte y vuelva a conectar la alimentación eléctrica. Si el fallo persiste, reemplace el módulo.
ROJO	Apagado	El módulo no tiene alimentación eléctrica, la red no tiene alimentación eléctrica o no hay comunicación entre el módulo y la red DeviceNet	Verifique que el módulo tenga alimentación eléctrica. Verifique que el cable DeviceNet esté conectado firmemente y que la red DeviceNet tenga alimentación eléctrica. Verifique que la alimentación de la red sea adecuada (11 a 25 VCC).
	Verde parpadeante	El dispositivo está en estado operativo. No hay conexión establecida con ninguno de los dispositivos de la red.	Si el módulo debería estar controlando esclavos DeviceNet, configure la lista de escán del módulo.

Tabla 2-13
Tabla diagnóstico tarjeta 1769-SDN.

INDICADOR	COLOR / ESTADO	INDICA	ACCIÓN RECOMENDADA
ROJO	Verde fijo	Operación normal. La lista de escán está configurada. El módulo no está en modo inactivo.	No se requiere acción.
	Rojo parpadeante	Uno o más de los dispositivos con los cuales se está comunicando el escáner han sobrepasado el tiempo de espera	Monitoree la pantalla de estado, o el campo de estado del módulo, para determinar cuál dispositivo esclavo está fuera de línea.
	Rojo fijo	Fallo crítico de la red. Se detectó dirección de nodo DeviceNet duplicada.	Restablezca el módulo. Cambie la dirección de nodo del módulo o cambie la dirección de nodo del dispositivo incompatible. Si el fallo persiste, reemplace el módulo.
Indicador numérico de 7 segmentos	Indicador de dirección de nodo y estado	<p>Cuando el indicador numérico muestra 0 a 63, indica la dirección de nodo DeviceNet del módulo 1769-SDN.</p> <p>Cuando muestra 70 a 99, indica un código de error para la dirección de nodo mostrada. Cuando parpadea números alternativos, uno es el código de error (70 a 99) y el otro es el número del nodo (0 a 63) que generó el error. Vea la lista de Códigos de error en la página 20 para obtener más información.</p>	

Referencia:

<http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1769-in060-es-p.pdf>

La siguiente tabla 2-14 Tabla de códigos de error de tarjeta 1769-SDN nos indica los códigos de error en el indicador numérico de 7 segmentos.

Tabla 2-14

Tabla de códigos de error tarjeta 1769-SDN.

CÓDIGO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	ACCIÓN RECOMENDADA
70	Nodo duplicado	El controlador no pasó la verificación de dirección de nodo duplicada. La dirección de nodo seleccionada ya está en uso.	Cambie la dirección de red del dispositivo problemático (número de nodo) a una disponible.
71	Datos ilegales en la lista de escán	Datos ilegales en la lista de escán.	Reconfigure la tabla de la lista de escán y retire los datos no válidos.
72	Tiempo de espera de esclavo	Uno de los dispositivos esclavos del módulo ha dejado de comunicarse.	Inspeccione los dispositivos esclavos del módulo y verifique las conexiones DeviceNet.
73	Desigualdad de codificación electrónica	El parámetro de codificación de ID del suministrador del dispositivo esclavo no coincide con la configuración del esclavo en la lista de escán del módulo.	Asegúrese de que el dispositivo en la dirección de nodo parpadeante coincida con la codificación electrónica deseada (suministrador, código del producto, tipo de producto)
75	No se recibieron mensajes	El escáner no recibió tráfico de la red. Transcurrieron 10 segundos y el módulo no recibió tráfico de la red para el módulo ni para ningún otro dispositivo.	Verifique que la lista de escán esté correctamente configurada para escanear dispositivos esclavos. Verifique las conexiones de red de DeviceNet
76	Ningún mensaje para el escáner	No se detectó tráfico de red directo para el escáner. Transcurrieron 10 segundos y no se recibió ninguna entrada DeviceNet escaneada por el módulo.	Ninguna. Hay otros dispositivos activos en la red que están iniciando mensajes, pero ninguno de los mensajes es para el módulo.

Tabla 2-15

Tabla de códigos de error tarjeta 1769-SDN (continuación).

CÓDIGO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	ACCIÓN RECOMENDADA
77	Desigualdad en tamaño de datos de esclavo	Los datos recibidos del dispositivo esclavo no coinciden con la configuración en la lista de escán.	Reconfigure el dispositivo esclavo o cambie la lista de escán del módulo para que coincida con el dispositivo esclavo.
78	No existe dicho dispositivo	El dispositivo esclavo en la lista de escán no existe.	Añada el dispositivo en la red DeviceNet o elimine la entrada del dispositivo en la lista de escán.
79	Fallo de transmisión	El módulo no transmitió un mensaje.	Asegúrese de que el módulo esté conectado a una red válida. Verifique para determinar si hay cables desconectados.
80	En modo inactivo	El módulo está en el modo Inactivo.	Coloque el controlador en el modo Marcha y habilite el bit de marcha del escáner (bit 0 de la matriz de comandos del módulo = 1). Vea la página 18.
81	Escáner en fallo	El escáner dejó de producir y consumir datos de E/S. Esta condición no afecta el sistema del escáner ni los modos de trans. de mensajes.	Verifique el valor FAULT en la matriz de comandos del módulo.
82	Error de fragmentación	Se detectó error en la secuencia de mensajes de E/S fragmentados del dispositivo.	Revise la entrada de la tabla de lista de escán para determinar si hay un dispositivo esclavo y asegurarse de que las longitudes de los datos de entrada y salida sean correctas. Revise la configuración del dispositivo esclavo.
83	Error de inic. de esclavo	El dispositivo esclavo devuelve respuestas de error cuando el módulo intenta comunicarse con éste.	Verifique la configuración del dispositivo esclavo. Reinicialice el dispositivo esclavo.

Tabla 2-16

Tabla de códigos de error tarjeta 1769-SDN (continuación).

CÓDIGO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	ACCIÓN RECOMENDADA
84	No inicializado todavía	El módulo no completó su intento inicial de establecer comunicaciones con sus esclavos.	Ninguna. Este código desaparece una vez que el módulo inicializa correctamente todos los dispositivos esclavos en la red.
85	Overflow del búfer de recepción	El tamaño de datos devuelto es mayor que el esperado.	Configure el dispositivo esclavo para un tamaño de datos más pequeño
86	El dispositivo cambió a estado inactivo.	El dispositivo produce un estado inactivo.	Revise la configuración del dispositivo y el estado del nodo esclavo
89	Error de reemplazo automático de dispositivo (ADR)	El dispositivo esclavo respondió con un error a los datos de inicialización enviados a éste por el escáner; o la tabla de configuración en la memoria flash del escáner no es válida para un nodo esclavo.	Intente la descarga de ADR nuevamente. Si el fallo persiste, trate de borrar la memoria flash ADR descargando una configuración ADR vacía al escáner y luego intente efectuar la configuración ADR nuevamente.
90	Red inhabilitada	El puerto DeviceNet está inhabilitado	Verifique la inhabilitación establecida en la matriz de comandos del módulo.
91	Bus desactivado	Se detectó condición de bus desactivado en el puerto DeviceNet integrado.	Verifique las conexiones DeviceNet y la integridad de los medios físicos. Revise el sistema para determinar si hay dispositivos esclavos con fallo u otros orígenes posibles de interferencia de red. Verifique la velocidad en baudios.
95	Actualización de la memoria FLASH	Actualización de la memoria flash en curso	Ninguna. NO desconecte el módulo de la red mientras una actualización de la memoria flash está en curso.

Tabla 2-17

Tabla de códigos de error tarjeta 1769-SDN (continuación).

CÓDIGO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	ACCIÓN RECOMENDADA
98	Firmware alterado	El firmware está alterado	Vuelva a actualizar la memoria flash el firmware del módulo. NO desconecte y vuelva a conectar la alimentación al módulo. Esto puede causar que el módulo entre en estado de inoperatividad. Si el problema persiste, comuníquese con la división de Soporte Técnico de Rockwell Automation.
99	Fallo de hardware	Desconecte y vuelva a conectar la alimentación eléctrica. Vuelva a actualizar la memoria flash el firmware del módulo. Comuníquese con la división de Soporte Técnico de Rockwell Automation.	

Referencia:

http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1769-in060_-es-p.pdf

b) MÓDULO DE COMUNICACIÓN MODBUS TCP/IP MVI69E-MBTCP

Es el módulo para CompactLogix diseñado para toda aplicación que requiera conectividad ModBus TCP/IP, figura 2-42 Tarjeta comunicación ModBus MVI69E-MBTCP. No pertenece a la marca Allen Bradley, como DeviceNet, sino a la marca ProSoft, esta viene con un perfil Add-on⁹ y una instrucción Add-on, Viene con un puerto para Rj-45 pueden soportar conectividad con la red ModBus.

- Está diseñado para ser colocado como tarjeta 1769 I/O de la gama CompactLogix, versión 16 a más.
- Un UDT es creado gracias a los Add-on, nos provee de definiciones de I/O, estado, control de dato.
- Puede ser usado en el software RSLogix 5000.

⁹ Add-on: Instrucción creada y diseñada por el usuario. Creado para etapas comúnmente usadas en la lógica.

- Soporta hasta 10000 palabras de datos.
- Soporte de 20 clientes y 20 servidores conectados simultáneamente.
- Excelente para SCADA y aplicaciones de interfaz de campo.
- Indicadores de LED: Estado de configuración, estado de aplicación, estado de conectividad de red y estado de módulos.

Tabla de indicadores para LED Ethernet, tabla 2-18 Tabla de indicadores para LED Ethernet, y LED Status, tabla 2-19 Tabla de indicadores LED de estado de módulo:



Fig. 2-42 Tarjeta comunicación ModBus MVI69E-MBTCP.

Referencia: http://www.prosoft-technology.com/content/download/8449/136896/version/8/file/MVI69E_MBTCP_Datasheet.pdf

Tabla 2-18

Tabla de indicadores para LED Ethernet

LED	ESTADO	DESCRIPCIÓN
DATA	Apagado	Ethernet conectado a 10Mbps
	Ámbar	Ethernet conectado a 100Mbps
LINK	Apagado	Ninguna conexión a red física detectada.
	Verde sólido o intermitente	Conexión a una red física detectada

Referencia: http://www.prosoft-technology.com/content/download/8449/136896/version/8/file/MVI69E_MBTCP_Datasheet.pdf

Tabla 2-19

Tabla de Indicadores LED de estado de módulo

LED	ESTADO	DESCRIPCIÓN
ETH	Verde	Aplicación lista y Ethernet listo
	Apagado	Aplicación no está en modo running ¹⁰
CLT	Rojo	Mala comunicación, mala configuración
SRV	Rojo	Excepción en mensaje recibido del cliente
CFG	Rojo	Error de configuración
	Verde	Configuración OK
	Ámbar	Estado de configuración
	Apagado	Aplicación no está en modo running o red fallida.
BP	Rojo	Procesador no está en modo RUN
	Verde	Parpadeante, transferencia está operativa.
	Ámbar	Modo de inicialización
	Apagado	Aplicación no está en modo running
OK	Rojo	Aplicación no está en modo running
	Verde	Aplicación está en modo running

Referencia: [http://www.prosoft-](http://www.prosoft-technology.com/content/download/8450/136901/version/11/file/MVI69E_MBTCP_us)

[technology.com/content/download/8450/136901/version/11/file/MVI69E_MBTCP_us](http://www.prosoft-technology.com/content/download/8450/136901/version/11/file/MVI69E_MBTCP_us)
[er_manual.pdf](#)

2.5. SCADA (SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION)

Control de supervisión y adquisición de datos o, de otro modo, visualización, control y recopilación de datos operativos. Es el monitoreo y control remoto de equipos o instalaciones mediante una comunicación bidireccional entre los equipos controlados y un operador que visualiza los datos recibidos o envía comandos por intermedio de un aplicativo específico, figura 2-43 Ejemplo de pantalla de operador SCADA.

¹⁰ Modo Running: Programa está en estado operativo.

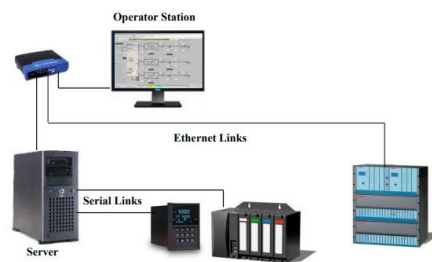


Fig. 2-44 Esquema básico de SCADA.

Referencia: Elaboración propia.

2.5.1. REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

En zonas industriales existen infinidad de redes las cuales nos ayudan a obtener información de áreas alejadas o áreas restringidas. Gracias a estas redes industriales no es necesario la conexión de bastantes cables para recibir todas las señales, sino solo un cable de transporte de información para recibir todas las señales o mediciones de un sistema.

Para la red industrial existen tres tipos de control, estas se dividen de acuerdo a la importancia de tareas a realizar, posibilidad de subdividir las tareas de control del proceso o conjunto de máquinas en esas funciones autómatas.

- **CONTROL CENTRALIZADO:**

Este tipo de control está dirigido para sistemas poco complejos, el proceso a controlar puede ser gestionado directamente mediante un único elemento de control encargado de realizar todas las tareas del proceso de producción y que puede incluir un sistema de monitorización y supervisión.

Para este tipo de control no es necesario planificar un sistema de intercomunicación entre procesos, ya que todas las señales están gestionadas por el mismo sistema; sin embargo, si el sistema falla, toda la instalación queda paralizada, siendo necesario un sistema redundante para evitar estas situaciones. De igual manera, el cableado puede

aumentar notablemente debido a mayores distancias que pueden existir entre sensores, actuadores y unidad de control.

- **CONTROL DISTRIBUIDO**

En este tipo de control está considerado diferentes procesos o áreas funcionales que pueden ser controladas por un algoritmo de forma automática. Cada una de estas unidades posee un autómata dimensionado de acuerdo a sus requerimientos. A raíz del proceso es necesario interconectar estos autómatas entre sí, mediante entradas y salidas digitales o a través de una red de comunicación para intercambio de datos y estados.

Gracias a esto es posible que cada unidad funcional consista en un proceso relativamente sencillo comparado con el proceso global, reduciendo la posibilidad de errores en la programación y permitiendo el empleo de unidades de control más sencillas y más económicas. La existencia de fallos en otras áreas no implica la detención del proceso de forma completa y por otro lado es necesario realizar un estudio de implantación previa, ya que se deben identificar los procesos autónomos, asignar elementos a cada proceso y diseñar el modelo de intercomunicación para responder a las necesidades del proceso planteado.

- **CONTROL HÍBRIDO**

En varias ocasiones no es sencillo separar sistemas de manera completa autónoma, se debe recurrir a la gestión de varios procesos desde una misma unidad de control, debido a la complejidad de la separación es mayor que la complejidad que supone su gestión conjunta. Una gestión de este tipo nos lleva a un orden estructurado, elementos de control de nivel superior que supervisan e intercomunican los procesos autónomos más sencillos, los cuáles se encargan de gestionar la información común.

a) **REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL**

De acuerdo al ambiente en donde se trabaje, existen diferentes características las cuales hacen que tengamos un nivel de protección de la red a usar. La red debe resistir el ruido electromagnético y condiciones ambientales duras. Para comunicación industrial puede haber dos tipos de áreas principales: comunicación nivel de campo y comunicación hacia el SCADA. En los dos se hace en tiempo real o el tiempo de envío y recepción de información no es significativa respecto a tiempos de proceso.

Por lo tanto, nuestra red de buses debe ser resistente al ambiente en donde se encuentre ubicado.

b) **PANORÁMICA DE LOS BUSES DE CAMPO**

En procesos industriales el envío y recepción de señales se hacen mediante un extenso cableado punto a punto, incluso haciendo transmisores inteligentes. Con esto nos referimos a que cada sensor y actuador situado en campo se encuentra conectado a módulos de entradas y salidas de los PLCs, utilizando un par de hilos por instrumento.

Sin embargo, en muchas ocasiones las distancias entre sensor/actuador y el equipo PLC son bastante considerables, el uso del par de cables de hilos se hace costoso, en especial cuando el proceso involucra una gran cantidad de sensores y actuadores, figura 2-45 Cableado de sensores Vs. Bus de campo. Es por esta razón que se tiene el bus de campo que va de la mano con el tipo de red a usar, generando un gran ahorro económico del cableado.

c) **BUSES DE CAMPO Y NIVELES OSI**

Las especificaciones de bus campo deberían involucrar los siete niveles OSI, sin embargo, está presente en:

Nivel físico: Especifica el tipo de conexión, naturaleza de la señal, tipo de medio de transmisión, entre otros.

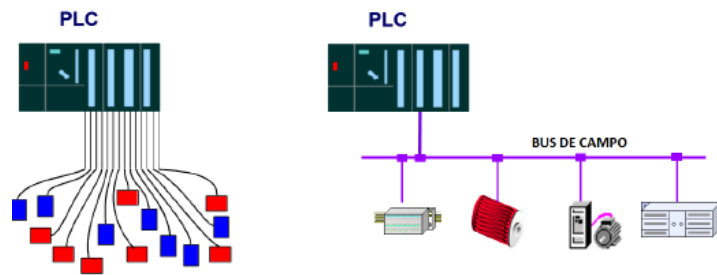


Fig. 2-45 Cableado de sensores Vs. Bus de campo.

Referencia:

http://www.infoplcn.net/files/documentacion/comunicaciones/infoPLC_net_introduccion_a_las_redes_de_comunicacion_industrial.pdf

Nivel de enlace: Se especifican los protocolos de acceso al medio (MAC). En este nivel se definen una serie de funciones y servicios de la red mediante códigos de operación estándar.

Nivel aplicación: Es el dirigido al usuario, y permite la creación de programas de gestión y presentación, apoyándose en las funciones estándar definidas en el nivel de enlace. En este nivel se define el significado de los datos.

I. Buses propietarios y buses abiertos

Cada compañía viene utilizando diferentes sistemas de comunicación para sus productos, aunque se viene observando el uso de los siguientes buses.

II. Buses propietarios:

Son propietarios de una compañía o grupo de compañías, y para utilizarlos es necesario obtener una licencia, que es concedida a la empresa que la disfruta con una serie de condiciones asociadas, y a un precio considerable.

III. Buses abiertos:

Las especificaciones son públicas y disponibles a un precio razonable. Los componentes críticos también están disponibles.

Los procesos de validación y verificación están bien definidos y disponibles en las mismas condiciones.

Interconectividad: al bus deben poder conectar de forma segura dispositivos de diferentes fabricantes que cumplan con el protocolo.

Interoperatividad: los dispositivos de diferentes fabricantes funcionan satisfactoriamente en el mismo bus.

IV. Normalización

En una norma IEC (comité TC65C-WG6) se establecieron algunas reglas para la normalización de bus de campo:

- Nivel físico

Bus serie controlado por maestro. Comunicación semidúplex en banda base.

- Velocidades: 1 Mbit/s para distancias cortas y de 64-250Kbit/s para distancias largas.
- Longitudes: 40 m. para la máx. Velocidad y 350 m. para velocidades más bajas.
- Número de periféricos: Máx. de 30 nodos con posibles ramificaciones hasta 60 elementos.
- Cable: par trenzado apantallado.
- Conectores: bornes industriales DB9¹¹/DB25¹².

¹¹ DB9: Conector analógico de 9 clavijas.

¹² DB25. Conector analógico de 25 clavijas.

- Topología: bus físico con posibles derivaciones a nodos.
 - Longitud máx. de las ramificaciones: 10m.
 - Aislamientos: 500VCA entre elementos de bus y campo.
 - Seguridad intrínseca: opción de conectar elementos de campo con tensiones reducidas para atmósferas explosivas.
 - Alimentación: opción de alimentación a través del bus.
 - Longitud mínima del mensaje: 16 bits.
 - Maestro flotante: posibilidad de maestro flotante entre nodos.
- **BUSES EXISTENTES EN EL MERCADO**

Tabla 2-20

Tabla de información de redes industriales.

BUS DE CAMPO	TOPOLOGÍA	MEDIO FÍSICO	VELOCIDAD	NODOS DE SEGMENTO
PROFIBUS	Bus lineal anillo estrella/árbol	Par trenzado apantallado, fibra óptica	Hasta 12Mbps	125
HART	Bus lineal	Cable 2 hilos	1.2Kbps	30
MODBUS	Bus lineal	Par trenzado	Hasta 19,2Kbps	248
DEVICENET	Bus lineal	Par trenzado	500 Kbps	64
CONTROLNET	Bus lineal árbol estrella	Coaxial fibra óptica	5 Mbps	48

Referencia: Elaboración propia.

1. PROTOCOLO HART (HIGHWAY ADDRESSABLE REMOTE TRANSDUCE)

Protocolo de comunicación digital que opera sobre un bucle de corriente convencional 4-20mA. Utiliza una onda senoidal de baja frecuencia como portadora analógica de la información digital, mediante modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK: Frequency Shift Keying). Utiliza una frecuencia de 1.2 KHz para codificar un "1" y una frecuencia de 2.2KHz para codificar un "0", figura 2-46 Modo de envío de información protocolo HART. Al tener su valor medio nulo, la señal modulada no afecta a la corriente del bucle. La velocidad de transferencia de este protocolo es de 1.2 bps y puede alcanzar distancias de 3km con el uso de cable de par trenzado apantallado.

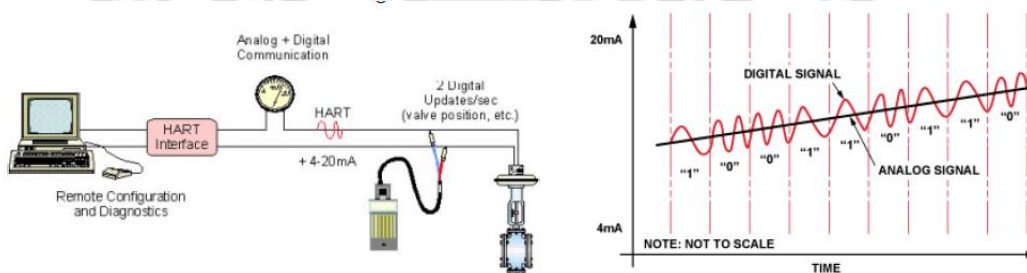


Fig. 2-46 Modo de envío de información protocolo HART.

Referencia:

http://www.infoplcn.net/files/documentacion/comunicaciones/infoPLC_net_introduccion_a_las_redes_de_comunicacion_industrial.pdf

Admite configuraciones punto a punto y multipunto. En las configuraciones multipunto se puede conectar hasta 30 dispositivos sobre un cable de 2 hilos. En este caso no se utiliza la señal analógica y toda la información es transmitida mediante la comunicación digital HART.

2. MODBUS

Desarrollado y publicado por Modicon 1979. Estaba pensado para ser usado en PLCs, sin embargo, hoy en día se usa, a parte de PLCs, en sistemas de telecontrol y monitorización, figura 2-47 Red industrial ModBus.

Transmisión de información entre distintos equipos electrónicos conectados a un bus. Solo existe un maestro y muchos esclavos.

En un inicio la conectividad fue RS-232 o RS-485, sin embargo, hoy se tiene ModBus TCP, permite el encapsulamiento del ModBus serie en tramas Ethernet TCP/IP de forma sencilla. Esto sucede ya que ModBus se encuentra en la capa de Aplicación de la pirámide OSI.

Puede llegar a tener 1 estación central y 247 estaciones subordinadas. Para poder comunicarse con los demás esclavos, la estación principal envía tramas que llevan la dirección del receptor, función a realizar, datos necesarios para realizar dicha función y un código de comprobación de errores.

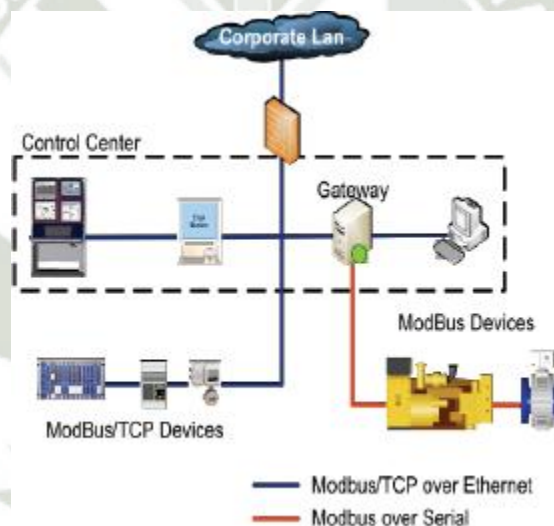


Fig. 2-47 Red industrial ModBus.

Referencia:

http://www.infopl.net/files/documentacion/comunicaciones/infoPLC_net_introduccion-a-las-redes-de-comunicacion-industrial.pdf

3. DEVICENET

El protocolo DeviceNet es un estándar abierto que permite una solución de red económica al nivel de dispositivo. Está basado en la experimentada red CAN que tiene el soporte de los líderes de fabricación de sensores, actuadores y sistemas de control en la industria del automóvil. Fue desarrollado originalmente por Allen-

Bradley, hoy en día Rockwell Automation, y actualmente, es soportado por la organización ODVA.

El protocolo DeviceNet contempla comunicaciones entre estaciones con la misma funcionalidad (peer-to-peer) y comunicación activa-pasiva (máster-esclavo). Puede funcionar a tres velocidades distintas: 125Kbps (longitud máxima de 500 m.), 250Kbps (longitud máxima 250 m.) y 500 Kbps (longitud máxima 100 m.). La topología es la de bus línea, transportando por mismo cable de red los datos y la alimentación de los dispositivos, figura 2-48 Ejemplo de red DeviceNet. La longitud máxima de datos en una trama es de 9 octetos. El máximo número de nodos permitidos es de 64.

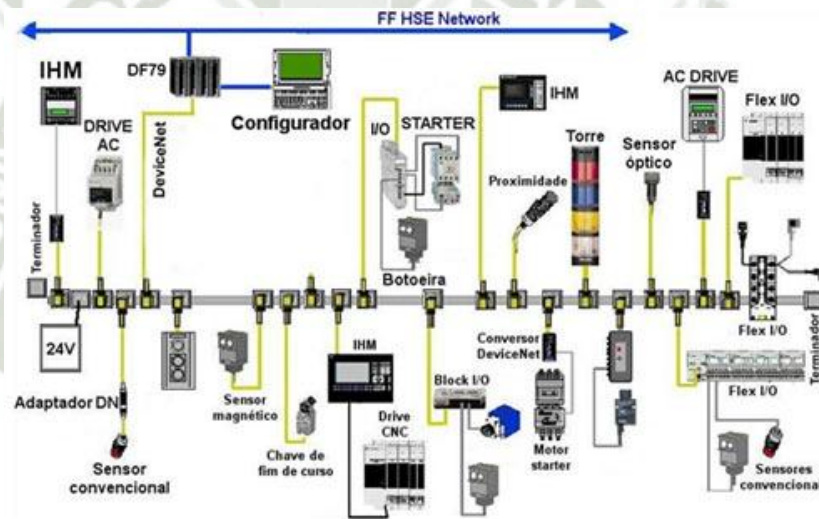


Fig. 2-48 Ejemplo de red DeviceNet.

Referencia: <http://www.smar.com/devicenet.asp>.

Entre muchas otras redes de comunicación industrial tenemos la siguiente figura 2-49 Avances tecnológicos que nos muestra la complejidad en cuanto a equipos se refiere, como también para el control del proceso.

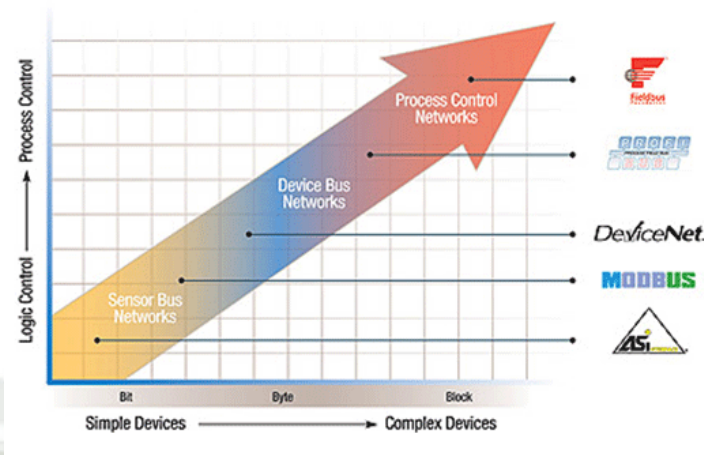


Fig. 2-49 Avances tecnológicos.

Referencia: <http://www.smar.com/devicenet.asp>.

2.6. MACROS

Instrucciones creadas bajo el entorno VBA¹³, con la finalidad de automatizar tareas repetitivas y resolver cálculos.

Realizado en el entorno Visual Basic (programación básica) y con la ayuda de herramientas Excel, Access, Word, podemos crear funciones en hojas de Excel, personalizar estilos, formatos, crear programas.

Luego de haber creado el código VBA, podemos ejecutar el programa mediante la creación de botones, nuevos menús de tal forma que la aplicación creada resulte intuitiva y de fácil manejo.

2.6.1. PROGRAMACIÓN VBA PARA MACROS

Ahora que sabemos que el uso de macros es realmente rápido y efectivo en la adquisición de datos, debemos saber la forma de programación. Se hace similar a una programación por rutina tipo C, y tiene una gran variedad de comandos para usar. Estos comandos los podemos dividir en:

¹³ VBA: Visual Basic for Applications, lenguaje de macros de Microsoft Visual Basic.

- Funciones en cadena.
- Funciones matemáticas.
- Funciones de fecha y hora.
- Funciones de información.
- Función de conversión.
- Funciones de archivo.

Con la siguiente rutina “CopiarCeldas”, figura 2-50 Ejemplo declaración de objetos, podremos copiar información desde una ubicación de inicio hasta otra hoja de trabajo con las referencias elegidas anteriormente; este programa no funciona por sí solo sino tiene que ser completado con una aplicación.

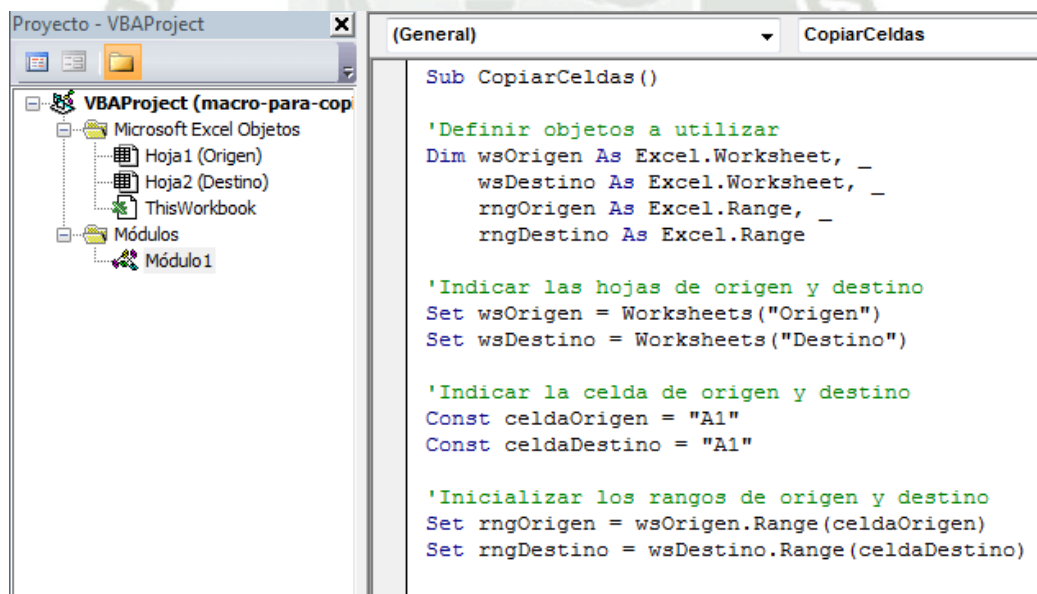


Fig. 2-50 Ejemplo declaración de objetos.

Referencia: https://www.webandmacros.com/macro_excel_definicion.htm

Como ya se vio la programación básica para macros, la siguiente instrucción es para una subrutina completa de “CopiarCeldas”, figura 2-51 Subrutina CopiarCeldas.

Para que la subrutina anterior funcione debemos crear un botón que se ve en la figura 2-53 Ejemplo de ingreso de botón para inicio de macro, para que empiece la subrutina anterior.

```

1 Sub CopiarCeldas()
2
3 'Definir objetos a utilizar
4 Dim wsOrigen As Excel.Worksheet, _
5     wsDestino As Excel.Worksheet, _
6     rngOrigen As Excel.Range, _
7     rngDestino As Excel.Range
8
9 'Indicar las hojas de origen y destino
10 Set wsOrigen = Worksheets("Origen")
11 Set wsDestino = Worksheets("Destino")
12
13 'Indicar la celda de origen y destino
14 Const celdaOrigen = "A1"
15 Const celdaDestino = "A1"
16
17 'Inicializar los rangos de origen y destino
18 Set rngOrigen = wsOrigen.Range(celdaOrigen)
19 Set rngDestino = wsDestino.Range(celdaDestino)
20
21 'Seleccionar rango de celdas origen
22 rngOrigen.Select
23 Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
24 Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
25 Selection.Copy
26
27 'Pegar datos en celda destino
28 rngDestino.PasteSpecial xlPasteValues
29 Application.CutCopyMode = False
30
31 End Sub
    
```

Fig. 2-51 Subrutina “CopiarCeldas”.

Referencia: https://www.webandmacros.com/macro_excel_definicion.htm

	A	B	C	D	E
1	ID Producto	Nombre	Categoría	Precio	
2	A07-0912	Hama filtro ultravioleta de 52 mm	Fotografía	\$7	
3	ZM9-4126	Adobe Creative Suite 6 Photoshop	Software	\$945	
4	GH2-1234	Canon EF 50mm f/1.8 II	Fotografía	\$97	
5	J82-9723	Fotografía digital réflex paso a paso	Libros	\$6	
6	HK9-8124	Adobe Photoshop Lightroom 5	Software	\$135	
7	X12-8493	Canon EOS 1100D	Fotografía	\$335	
8	P98-3487	Retrato fotográfico	Libros	\$21	
9	R72-3521	Manfrotto MKC3-H01 tripode	Fotografía	\$48	
10	OR3-2125	Los Secretos de la fotografía	Libros	\$25	
11					
12					
13					
14					

Copiar

Fig. 2-52 Ejemplo de ingreso de botón para inicio de macro.

Referencia: https://www.webandmacros.com/macro_excel_definicion.htm

2.6.2. CONEXIÓN DDE (DYNAMIC DATA EXCHANGE) EXCEL Y RSLINX

El DDE es un tipo de intercambio de información sobre el entorno Windows, siendo la capacidad de ligar objetos entre software del mismo entorno. Por ejemplo, una tabla Excel integrada en un archivo de Word puede actualizar sus tablas aun perteneciendo a un documento tercero, esto es llamado Linking and Embedding.

El software RsLinx posee su configuración DDE/OPC, esto es una configuración que la tienen casi todos los PLCs. Este intercambio de información debe quedar en un ambiente administrativo y/o informativo. Un pequeño ejemplo de programación en VBA para obtención de datos mediante DDE/OPC se ve en la figura 2-53 ejemplo de programación con DDE/OPC.

```
Sub WRITE_TO_PLC()  
'open dde link: testsol=DDE Topic  
RSIchan = DDEInitiate("RSLinx", "Excel")  
'write data thru channel  
DDEPoke RSIchan, Range("D5"), Range("F5")  
DDEPoke RSIchan, Range("D6"), Range("F6")  
DDEPoke RSIchan, Range("D7"), Range("F7")  
'close dde channel  
DDETerminate (RSIchan)  
End Sub
```

Fig. 2-53 Ejemplo de programación con DDE/OPC.

Referencia: Elaboración propia.

Esta pequeña programación puede ser usada para proyectos más grandes. La columna D puede contener el tag del PLC y la columna F puede tener el valor que queremos ingresar a ese tag del PLC.

2.7. EQUIPOS PARA CONEXIONAMIENTO DE RED

2.7.1. CISCO INDUSTRIAL ETHERNET SERIE 2000

Para la comunicación del nivel Prell hacia el nivel 4450, usaremos un Switch (figura 2-54 CISCO IE-2000-8TC-L) configurable que tenga puertos para comunicación física por cable de cobre y por fibra óptica. Como se vio previamente, usaremos dos Switch : uno ubicado en el nivel 4450 para poder conectar el nivel Prell con el 4450 (fibra óptica) y luego otro switch en el nivel 4600 para el PLC ubicado en ese nivel (fibra óptica).



Fig. 2-54 CISCO IE-2000-8TC-L.

Referencia. <https://www.cisco.com/c/en/us/support/switches/ie-2000-8tc-g-e-industrial-ethernet-switch/model.html>

Por las necesidades de robustez tenemos el Switch de la marca CISCO, con catálogo IE-2000-8TC-L, que presenta las siguientes características:

- Doble puerto de alimentación DC, alarma relé y montaje riel DIN.
- Alimentación sobre línea Ethernet (PoE¹⁴).
- Conector mini USB y memoria SD flash.

¹⁴ PoE: Power over Ethernet; alimentación eléctrica mediante infraestructura LAN estándar.

- Certificación para ambiente industrial.
- Aplicación para Ethernet/IP y PROFINET ¹⁵ .
- Uso de LANs virtuales (VLANs).
- IPv4: 3500 rutas. IPv6: 1750 rutas.
- Dimensiones: 12.7x8.89x11.46cm. (Alto*ancho*profundidad).

En cuanto a puertos de comunicación podemos ver en la figura 2-55 Vista frontal de Switch CISCO IE-2000-8TC-L, tenemos lo siguiente:

- 8 puertos de 10/1000BASE-T (se pueden configurar para trabajar en modo 10 o 100 Mb/s en full-duplex o half-duplex).
- 2 puertos Fast Ethernet para doble propósito (se puede configurar como 10/100BASE-T o como 100Mb/s SFP).

Este switch puede ser configurado por personal de TI de la unidad minera para la red interna que controla Minsur S.A. Para la alimentación del Switch industrial usaremos la siguiente fuente PWR-IE170W-PC-AC (figura 2-56 Método de cableado de fuente de alimentación de Switch), que es exclusivo para este Switch; trabaja de similar manera a la elección de la fuente de alimentación del procesador. Tiene las siguientes características:

- Voltaje de entrada: 90-262VAC o 106-300VDC.
- Voltaje de salida: 54VDC (3.15A).
- Dimensiones: 5.93x3.72x5.6 pulg. (alto*ancho*profundidad).
- Diseñado para Switch con módulos PoE.

¹⁵ PROFINET: Protocolo de red industrial basado en Ethernet, usa hardware y protocolos de Ethernet.

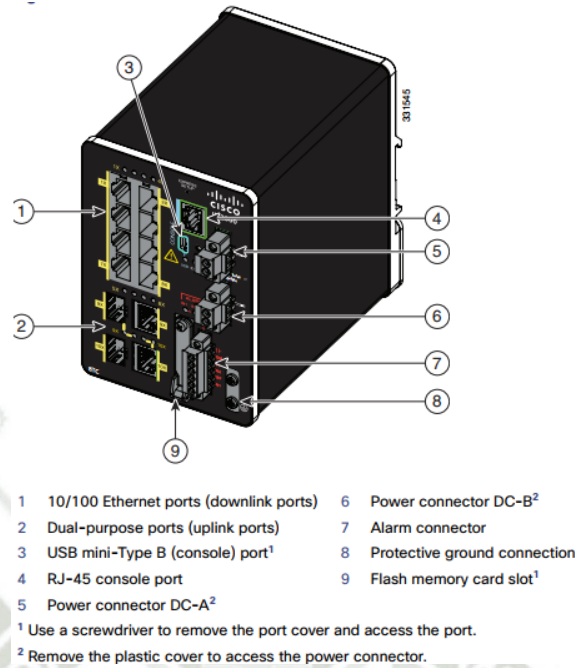


Fig. 2-55 Vista frontal de Switch CISCO IE-2000-8TC-1.

Referencia:

https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/lan/cisco_ie2000/hardware/installation/guide/ie2000_hig.pdf

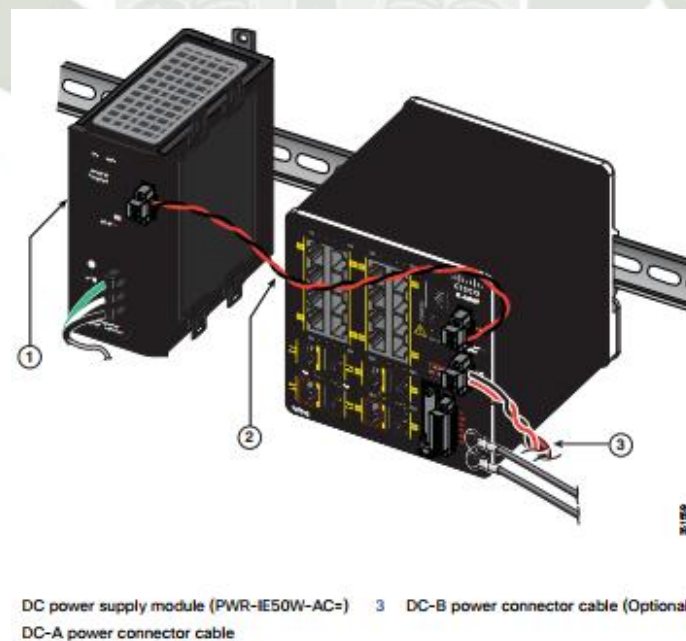


Fig. 2-56 Método de cableado de fuente de alimentación de Switch.

Referencia:

<https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/connectedgrid/ie2000u/hardware/installation/guide/IE2000u/HIGINSTL.pdf>

2.7.2. MEDIA CONVERTER

Por motivos que en el nivel 4200 la información viene directamente de la Mufa de conexión hacia el PLC, usaremos un Media Converter que se ve en la figura 2-57 Media Converter Allied Telesis. Este equipo, sin necesidad de mucha configuración, puede transformar la energía luminosa en energía eléctrica; lo que se quiere es que el PLC puede enviar información desde sí hasta el nivel Prell.



Fig. 2-57 Media Converter Allied Telesis.

Referencia: <https://www.alliedtelesis.com/products/media-converters/mc103xl>

Se usará el Media Converter AT-MC102XL-10, de la marca Allied Telesis, TX a FX Fast Ethernet Media Converter con conector de fibra SC Multimodo, tiene las siguientes características:

- Operación en Half-dúplex y Full-dúplex.
- Paquetes IEEE 802.1Q.
- Prueba de link.
- Voltaje de entrada: 120VAC, 60Hz. Voltaje de alimentación a equipo: 12VDC, 500mA, 6 W de consumo.
- Temperatura de trabajo 0-40°C.
- Dimensiones: 10.5x9.5x2.5 cm. (alto*ancho*profundidad).

2.7.3. PATCH PANEL

El cable de fibra óptica viene del exterior, ingresará a nuestro tablero de control, pero no debe ir conectado directamente al Switch o a nuestro PLC, sino debe ir a un patch panel. Este equipo nos ayuda a distribuir la señal de cobre o de fibra de un ambiente exterior hacia un equipo activo. Para el uso fibra óptica se optó por el Patch Panel modular de la marca Belden, el cual consiste en un patch panel para fibra y patch panel para cobre, con número de catálogo **MIPP/BD/1S1P/cda4** (MIPP = Modular Industrial Patch Panel; BD = 2 módulos de adición y montaje riel DIN; 1S1P = módulo simple para fibra, conector SC/SC, fibra Multimodo, uso de pigtaills; cda4 = módulo simple de cobre, conector protegido, Cable categoría 6a, 4 conectores), figura 2-58 Imagen referencial de Patch Panel modular Belden.



Fig. 2-58 Imagen referencial de Patch Panel modular Belden.

Referencia: https://www.belden.com/docs/upload/PB386_Belden-Modular-Industrial-Patch-Panel.pdf

Como se puede ver en el número de catálogo, tenemos la primera parte que es la cantidad de módulos que queremos que tenga, y los otros dos son los módulos que queremos que haya (que en este caso tendremos de fibra y cobre como SPARE¹⁶). Para este MIPP elegido tenemos las siguientes características:

- Dimensiones: 102x138x122 mm. (alto*ancho*profundidad).

¹⁶ SPARE: Modo de espera de algún equipo, no está siendo usado.

- Montaje en riel DIN.
- Peso: 697 gr.
- Protección IP 40.

2.7.4. MATERIALES DE CONEXIÓN

Para la conexión de cable de cobre tenemos que usar el conector RJ-45 (figura 2-59 Conector RJ-45), esto para poder conectar el cable Ethernet de cobre hacia el Switch, al Media Converter, al PLC como también al Patch panel.



Fig. 2-59 Conector RJ-45.

Referencia: Elaboración propia.

Para la conexión de la fibra óptica usaremos el conector SC y conector LC. Usaremos pigtaills con estos terminales para poder fusionarlos hacia el cable de fibra que llega hacia el tablero de control, de acuerdo a sus necesidades; de igual manera para la conexión entre el Switch y el Patch panel.

CAPÍTULO III

DISEÑO E INGENIERÍA DEL PROYECTO

3.1. CRONOGRAMA DE TRABAJO

Para esta etapa del proyecto se tendrá en cuenta diversas actividades a cumplir; estas actividades estarán descritas de la misma forma que se realizará en campo.

A raíz que este proyecto se realizó en una Unidad Minera, tenemos que trabajar con el D.S. 024-2016 – EM. En el “REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL EN MINERÍA” entre muchos de sus artículos que debemos cumplir al realizar trabajos en la Unidad Minera está incluido en que todo el personal que se desempeñó en la Unidad Minera deberá haber seguido un curso de “Inducción y orientación básica no menor de 8 horas, de acuerdo al ANEXO N° 4¹⁷.

También se tuvo en cuenta las tareas que son exclusivas del proyecto, tenemos:

- Diseño y armado de tableros de control.
- Tendido de fibra.
- Conexionamiento (Red – tableros de control).
- Programación de PLC.
- Generación de macros.
- Comisionamiento.
- Documentación.

¹⁷ Anexo N° 4: Inducción y orientación básica.

En nuestro cronograma de trabajo que se encuentra en el Anexo 3, tenemos el desglose de todas las actividades a realizar para concluir el proyecto de forma satisfactoria. Se hará la descripción de estas actividades a detalle más adelante.

- 1. Inducción – Habilitación:**
 - i. Charla de inducción – Anexo N° 4 (D.S. 024-2016 E.M.).**
- 2. Tableros de control (Norma NEMA, UNE-EN 60439-1, EN 50082-2)**
 - i. Paquete de planos.**
 - 1. Diseño de planos.**
 - 2. Revisión de planos.**
 - ii. Armado de tableros.**
 - 1. Tablero de control Nivel 4600.**
 - 2. Tablero de control Nivel 4450.**
 - 3. Tablero de control Nivel 4200.**
- 3. Tendido de fibra óptica (Uso de Norma Técnica Peruana)**
 - i. Traslado de material.**
 - ii. Tendido de fibra: Prell – Mufa 01.**
 - iii. Tendido de fibra: Mufa 01 – Nivel 4200.**
 - iv. Tendido de fibra: Mufa 01 – Nivel 4450.**
 - v. Tendido de fibra: Nivel 4450 – Nivel 4600.**
- 4. Conexión de fibra (Red – Tableros)**
 - i. Fusión de fibra (IEEE 802.3ae, TIA-598-C).**
 - 1. Fusión de fibra – Muffa.**
 - 2. Fusión de fibra – Conectores de fibra.**
 - ii. Conexión tableros de control.**
 - 1. Traslado de material (estándar IEC-60332-3, IEEE 802.3z, 1000 Mbps).**
 - 2. Conexión Nivel 4600.**
 - 3. Conexión Nivel 4450.**
 - 4. Conexión Nivel 4200.**
- 5. Programación (PLC – SCADA) (Norma ANSI, Estándar IEC-61131-3, ISA 95-N2)**
 - i. PLC.**
 - 1. PLC 01 Nivel 4600.**

2. **PLC 02 Nivel 4450.**
3. **PLC 03 Nivel 4200.**
- ii. **SCADA**
 1. **Pantalla operario.**
6. **Generación de macros**
 - i. **Programación Microsoft Excel.**
7. **Comisionamiento**
 - i. **Puesta en marcha.**
 - ii. **Acompañamiento.**
8. **Informe final – Manuales**
 - i. **Manuales de operación.**
 - ii. **Informe final.**

Este cronograma de trabajo tiene por configuración trabajos de lunes a viernes, sábados y domingo días no laborales, de igual manera se tiene en cuenta los feriados decretados a nivel nacional. A priori, estas actividades se realizaron teniendo en cuenta experiencias anteriores para trabajos similares, es por esto los días de trabajos de las actividades. En total tenemos 59 días de trabajo en la Unidad Minera, esto sin tener en cuenta los imprevistos que se presentó en el desarrollo del proyecto, es decir, no se tuvo tiempo de guarda.

Las charlas de inducción son cinco días a raíz que en toda la semana de habilitación tenemos las charlas de: Inducción, liderazgo, conductor interno (área socavón). Para la segunda etapa “Tableros de control”, no tenemos en cuenta los equipos, tiempo de exportación, importación, fabricación y/o tiempos que sean indicados por los proveedores correspondientes. Los tiempos para la tercera etapa “Tendido de fibra óptica” no tenemos en cuenta los horarios de disparo que existe en mina (tiempo en los cuales todo el personal deberá evacuar completamente el área de mina – socavón), de igual manera tiempos de habilitación por parte del personal encargado de área mina. De igual manera, no se tiene en consideración los tiempos perdidos en cuanto a fallas de energía y/o trabajos en los cuáles intervengan contratistas ajenas que laboran en área mina.

3.2. DESARROLLO CRONOGRAMA DE TRABAJO

3.2.1. INDUCCIÓN – HABILITACIÓN

a) CHARLA DE INDUCCIÓN –ANEXO N° 4

En esta primera etapa del proyecto, el personal que ingresó a área mina (socavón) tuvo que asistir a la charla de “Inducción y charla de orientación básica”, llamada Anexo N° 4, estipulado en el Decreto Supremo 024-2016 Energía y Minas. En esta charla de inducción el personal conoció temas de:

- Misión y visión de la Unidad Minera.
- Información de la Unidad Minera.
- Proceso de adquisición de material.
- Documentos de seguridad.
- Definición de peligro y riesgo.
- Vías internas de conducción de vehículos, pases peatonales.
- Equipos de protección específicos por áreas.
- Aislamiento y Bloqueo de energía.

Consiste en no menos de 8 horas de inducción al personal. De igual forma, se tuvo que asistir a la charla de conducción en mina, charla de líderes supervisores (para el personal que supervisó el proyecto) y la charla trabajos de alto riesgo considerados en la Unidad Minera (esto añadiendo a los ya estipulados en el Anexo N° 4).

3.2.2. TABLEROS DE CONTROL

a) PAQUETE DE PLANOS

Esta etapa del proyecto consiste en la generación de planos de cada uno de los tableros de control, en realidad son un paquete por cada tablero de control. Tenemos en total 3 paquetes llamados: “NIVEL 4600 – Tablero arranque mediante autotransformador”, “NIVEL 4450 – Tablero arranque red ModBus” y “NIVEL 4200 – Tablero arranque red DeviceNet”. Cada uno de estos paquetes contiene, a parte de la codificación, lo siguiente:

- Carátula de paquete.
- Índice general de paquete.
- Dimensiones de anclaje.
- Diagrama de dimensiones.
- Diagrama de distribución.
- Lista de distribución.
- Detalle de rack PLC.
- Diagrama de red Ethernet.
- Diagrama de alimentación.

A. Carátula de paquete: Contiene la información del tablero de control, nombre del proyecto, nombre del tablero, ubicación y área a la que pertenece.

- B. Índice general de paquete: Contiene la información de todos los planos presentados, codificación de cada uno de ellos.
- C. Dimensiones de anclaje: Contiene la información de medidas y material con la cual fue fabricado el soporte para el tablero.
- D. Diagrama de dimensiones: Contiene las dimensiones internas y externas del tablero de control.
- E. Diagrama de distribución: Contiene una leyenda para poder observar que equipos y materiales son los que se ubican en el tablero de control.
- F. Lista de distribución: Contiene la lista de los equipos ubicados en el tablero de control.
- G. Detalle de rack PLC: Contiene los números de catálogo del equipo de control principal del tablero de control, PLC.
- H. Diagrama de red Ethernet: Contiene la información del método de conexión de red del PLC.
- I. Diagrama de alimentación: Contiene la información de la forma que está distribuido la alimentación hacia cada uno de los equipos dentro del tablero de control.

b) DISEÑO DE PLANOS

- NIVEL 4600 – Tablero arranque mediante autotransformador - Anexo 4.
- NIVEL 4450 – Tablero arranque red ModBus – Anexo 5.

- NIVEL 4200 – Tablero arranque red DeviceNet – Anexo 6.

c) **REVISIÓN DE PLANOS**

Para la etapa de revisión de planos los encargados son el personal de la Unidad Minera San Rafael, ellos tienen que revisarlos y verificar si encuentran alguna observación o si es que se necesita algún cambio en los tableros de control. Como primera etapa en la revisión los tableros se envían como revisión “B”, ya que la revisión “A” pertenece a la revisión interna realizada en oficina. Posteriormente, si existe alguna otra observación se continua con el correlativo “C”, “D”, “E” y así sucesivamente. Este cambio de revisión prosigue hasta que no existe ningún tipo de observación, cambiando inmediatamente a revisión “0”; que nos indica que así deberá terminar el armado de los tableros de control.

d) **ARMADO DE TABLEROS**

Teniendo los planos de los tableros de control, procedemos al armado de los tres tableros de control, como también de los soportes de estos (Figura 2-60 Back panel de tablero de control). Para esta etapa se necesitó todo el material que conformará el tablero de forma interna y externa, como son:

- Canaletas para el cableado interno.
- Riel Din para el soporte de los equipos.
- Borneras de conexión.
- Cables en general.
- Pernería.
- Marcador de cable.



Fig. 3-60 Back panel de tablero de control

Referencia: Elaboración propia.

3.2.3. TENDIDO DE FIBRA ÓPTICA

Para esta etapa del proyecto fue el primer ingreso que se hizo al área mina (socavón). Previamente, se encuentra el transporte de material y herramientas hacia la Unidad Minera; este paso involucra ingresar la fibra óptica que, para la distancia requerida, para su transporte usualmente se encuentra envuelto en un carrete de madera.

a) TRASLADO DE MATERIAL

Para comenzar el desarrollo del proyecto necesitaremos trasladar el carrete de fibra óptica hacia la Unidad Minera. De igual manera trasladar todas las herramientas, equipos de perforación, material de apoyo y pernería general para la sujeción de la fibra óptica; tenemos lo siguiente:

- Alicates de: corte, universal y punta.
- Juego de destornilladores.
- Martillo.
- Cizalla.

- Escaleras tijeral.
- Cintillos de metal.
- Percutor a batería.
- Broca para percutor para cemento.
- Juego de sujeción para fibra óptica para cemento.
- Cachacos para delimitación de área.
- Cinta de demarcación.

Otro aspecto importante es trasladar material EPP para abastecer al personal que trabajará en área mina; tener en cuenta, gracias al Anexo N° 4, el equipo de protección específica para trabajar en estas instalaciones:

- Casco de seguridad con ala ancha.
- Mameluco térmico.
- Botas de jebe.
- Chaleco con franjas reflectivas.
- Luminaria para casco ala ancha.
- Orejeras para casco ala ancha.
- Lentes de seguridad claros.
- Guantes de hilo.

- Guantes de cuero.
- Respirador de silicona.
- Cartuchos para respirador de silicona (filtros para polvo y gases).

b) TENDIDO DE FIBRA ÓPTICA

Para esta etapa del proyecto, la cual consistió en tender toda la fibra en las paredes del socavón, las dividimos en 4 etapas:

- Planta Prell (nivel 4300) – Mufa 01.
- Mufa 01 – Nivel 4200.
- Mufa 01 – Nivel 4450.
- Nivel 4450 – Nivel 4600.

En las cuales la fibra será tendida por las locaciones del socavón de tal forma que lleguemos de punto de inicio predefinido al objetivo final. Las distancias mencionadas anteriormente no son distancias fijas, posee curvas por donde ha sido extraído el material previamente, como también chimeneas las cuales conectan los diferentes niveles que posee el área mina.

3.2.4. CONEXIONAMIENTO (RED – TABLEROS)

a) FUSIÓN DE FIBRA

Después de hacer el tendido de la fibra por los recorridos necesarios, tenemos la fusión de la fibra, primero se hizo la fusión de la Muffa que trae la señal desde nivel Prell, que es desde aquí de donde obtuvimos red para los tableros de control.

A la Muffa 01, llegaron los 12 hilos del Nivel Prell, desde aquí se fusionó 4 hilos que fueron al nivel 4450 y 4600; otros 2 hilos para el nivel 4200, por lo tanto, en la Muffa 01 tuvimos 6 hilos de reserva – Anexo 7 (diagrama de conexión) y Anexo 8 (Pruebas de fibra óptica).

b) CONEXIÓN DE TABLEROS DE CONTROL

En esta etapa del proyecto se ubicó los tableros de control en sus respectivos niveles, de acuerdo a los ventiladores que controlan. Como primer paso fue trasladar los tableros de control hacia la Unidad Minera, como también las herramientas, componentes, materiales que se usaron para la ubicación de los tableros de control.

El traslado de los tableros se hizo fuera de sus soportes de montaje, es decir, los montajes se colocaron en los dados de cemento, luego, los tableros, en los soportes de montaje. Como se dijo previamente, el ajuste del soporte hacia el dado es mediante pernos de 3" de longitud. Para ajustar los tableros de control hacia el soporte se usó pernos 2", de tal manera que, usando tuerca, arandelas y arandelas para mantener el grado de protección podremos asegurar que los tableros mantendrán su posición en los soportes de forma constante a pesar de los disparos que existe dentro de socavón.

Para el conexiónamiento de alimentación, red, señales I/O se usó liquit tight¹⁸ de ¾", ¼", ½", respectivamente. Para este proceso fue necesario abrir orificios, de acuerdo al tamaño de liquit tight que se usaron, en la base de los tableros de control. Por otro lado, para la red industrial (DeviceNet y ModBus) el cable fue transportado del tablero del variador hacia el tablero de control mediante tubería flexible conduit¹⁹, esto ya que el cable de red industrial no posee la dureza necesaria para este tipo de ambiente. La tubería conduit fue de 1", por lo tanto, se necesitó conector bushing²⁰ de 1" para poder hacer la conexión.

Para el tablero del nivel 4600 fue necesario orificios para:

- Cable de alimentación.

¹⁸ Liquit Tight: Unión segura metálica, para áreas húmedas.

¹⁹ Tubería flexible conduit: Tubo de acero galvanizado pesado o semipesado que puede ser utilizado para contener o mantener seguro cable.

²⁰ Bushing: Unión segura metálica, para áreas con presencia de explosiones.

- Fibra óptica.
- Cable de I/O.

Para el tablero del nivel 4450 fue necesario orificios para:

- Cable de alimentación.
- Fibra óptica.
- Tubería flexible conduit.

Para el tablero del nivel 4200 fue necesario orificios para:

- Cable de alimentación.
- Fibra óptica.
- Tubería flexible conduit.

3.2.5. PROGRAMACIÓN (PLC-SCADA)

Esta etapa se considera la más importante de nuestro proyecto, ya que es la etapa en la cual se hace el control total de estos ventiladores; con esta programación podremos monitorear, encender o apagar los 3 ventiladores mediante el sistema SCADA gracias al PLC. Antes de la programación debemos crear un diagrama de flujo el cual nos ayuda más adelante para tener una idea de cómo debe correr el programa. El diagrama se ve en la siguiente figura 3.61.

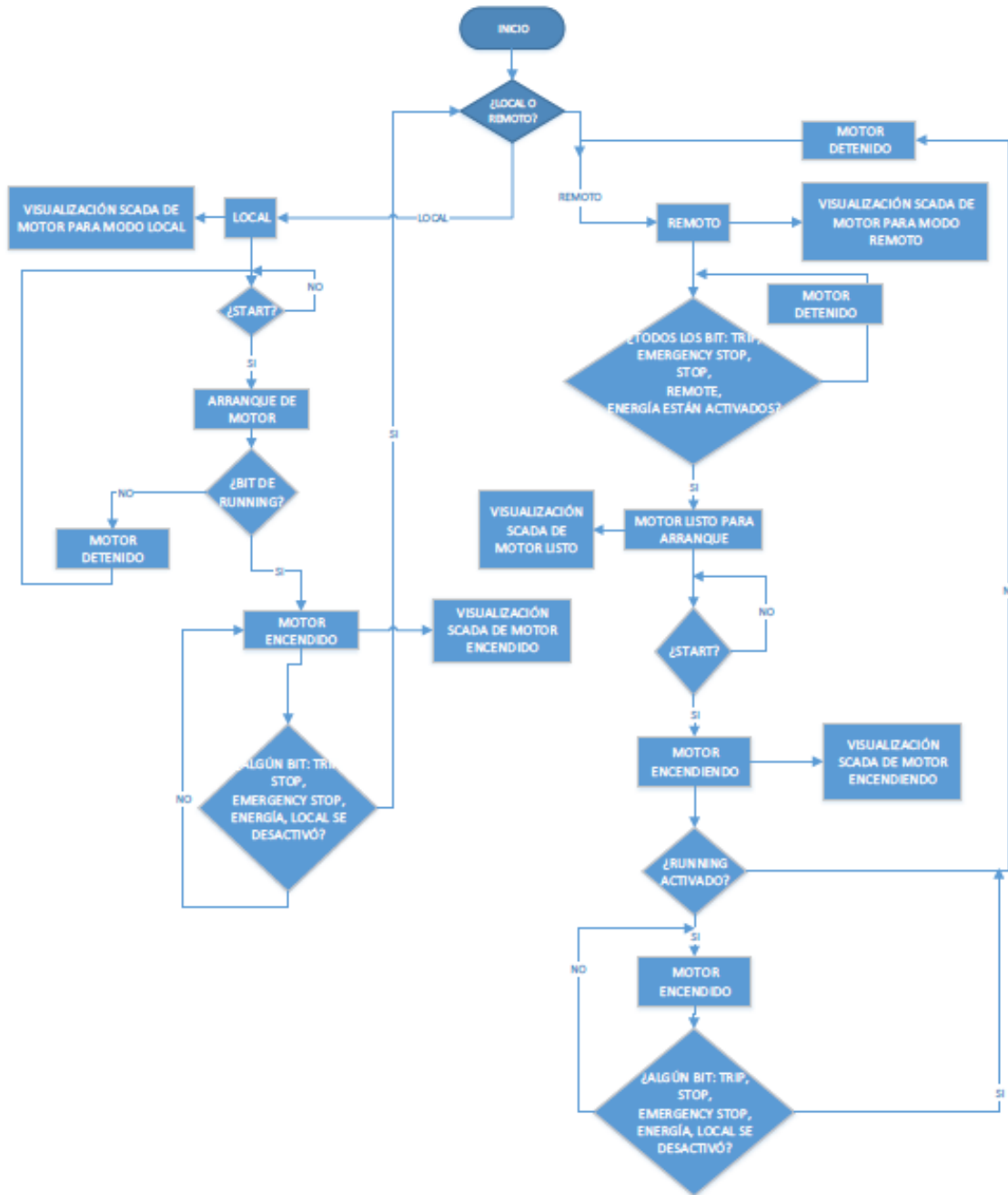


Fig. 3-61 Diagrama de flujo.

Referencia: Elaboración propia.

Para la programación de los tres ventiladores necesitamos la generación de GRAFCET: Anexo 9 (arranque por autotransformador, circuito de alimentación de PLC) y Anexo 10 (arranque por variador de velocidad).

El primer diagrama describe la forma de controlar el ventilador del nivel 4600 que se hace mediante un autotransformador. Al inicio tenemos la espera de la señal del

selector (modo Remoto o modo Local), de acuerdo a esto podremos controlar el ventilador en nuestra pantalla Operador SCADA o directamente en el tablero de fuerza del ventilador. En el tablero de fuerza existe el juego de botones: Start, Stop y Parada de emergencia, este es el control Local; por otro lado, en nuestra pantalla SCADA Operador deberá existir estos mismos botones para hacer el encendido o apagado del ventilador. En nuestra pantalla SCADA deberá existir la visualización mientras el ventilador está arrancando, como también la confirmación del ventilador ya encendido. Por otro lado, en nuestra pantalla SCADA existirá los motivos por los cuales el motor se ha apagado, más conocido como First Out²¹.

Estos datos mencionados anteriormente, son para la programación en el PLC (entradas y salidas digitales, temporizadores, entradas y salidas de memoria para SCADA Operador).

El segundo graficet anexo 10 es similar al de comunicación ModBus como comunicación Devicenet; evidentemente, la diferencia es la capa física de comunicación y las tarjetas de adquisición de señal, como también la programación en nuestro PLC. Por motivos de que los equipos que controlan los ventiladores son Variadores de Frecuencia, podemos obtener más señales en nuestra pantalla SCADA (velocidad de ventilador, consumo de corriente, pérdida de fase, voltaje actual, tiempo de encendido, tiempo de apagado, comunicación, entre otros). Pero en nuestra pantalla SCADA Operador existen los mismos botones (Start y Stop) como también la visualización de los diferentes datos mencionados anteriormente.

Finalmente, estos datos mencionados fueron programados en el PLC correspondiente; es más, tener en cuenta el tipo de programación con los variadores y la mensajería a usar teniendo en cuenta las tarjetas de comunicación.

²¹ First Out: Primera señal de salida, motivo por el cual el motor se detuvo por última vez.

3.2.6. SISTEMA SCADA

A continuación, presentamos las pantallas con las cuales el operador podrá navegar y con las cuáles tendrá control del sistema.

a) Pantalla Principal:

Esta es la pantalla con la cual inicia nuestro proyecto, es desde aquí donde podremos navegar por la funcionalidad de cada uno de los tres ventiladores (figura 3-62 Pantalla Principal), podremos ver la pantalla de Horómetro, en donde tenemos el tiempo de conteo de funcionamiento de los ventiladores y, finalmente, la pantalla donde se encuentra la arquitectura de red, el cómo se encuentran conectados nuestros PLCs como también su configuración TCP/IP.

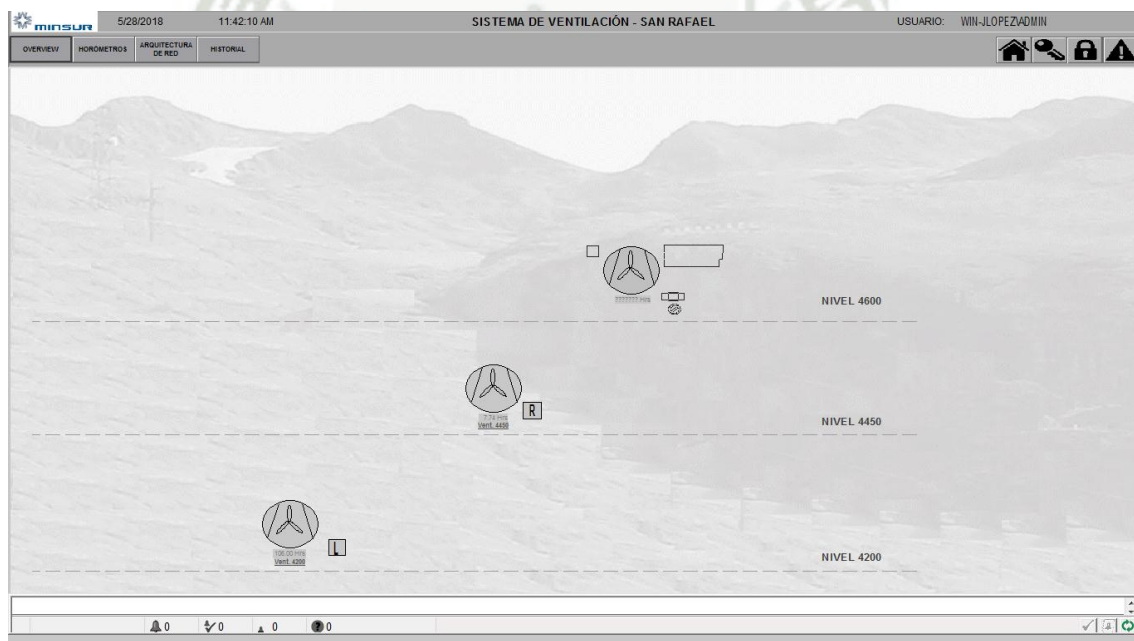
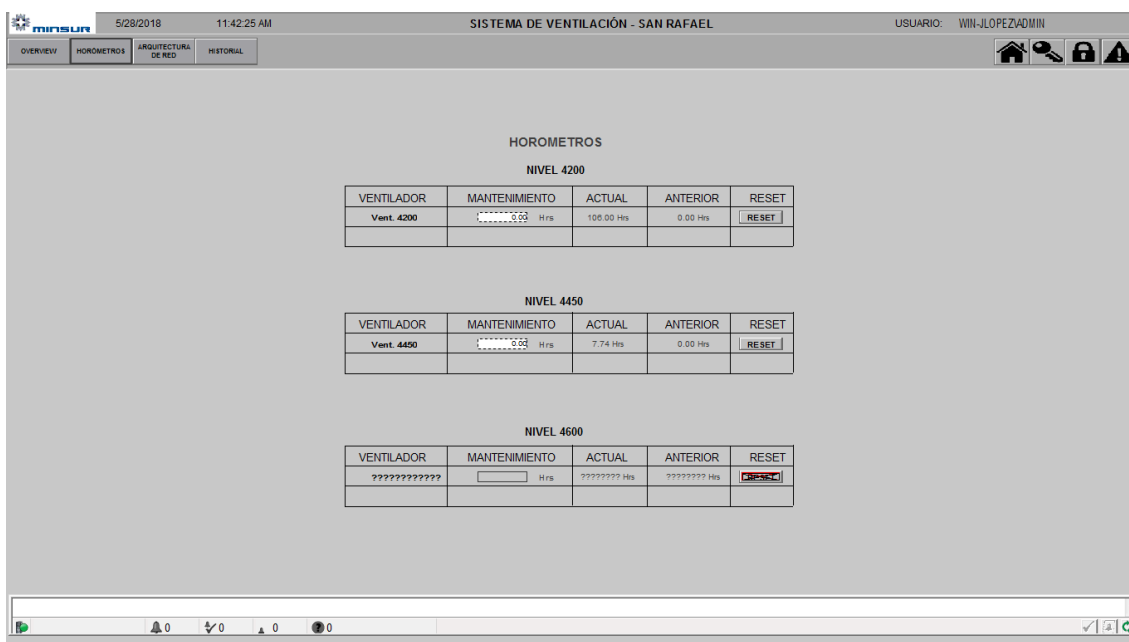


Fig. 3-62 Pantalla principal.

Referencia: Elaboración propia.

b) Pantalla Horómetros:

En esta pantalla, figura 3-63 Pantalla de Horómetros de ventiladores, podremos observar el tiempo de funcionamiento actual de cada uno de los ventiladores, como también el tiempo de mantenimiento y el tiempo de funcionamiento anterior.



The screenshot shows a web application interface for a ventilation system. The title bar indicates the date is 5/28/2018, the time is 11:42:25 AM, and the system is 'SISTEMA DE VENTILACIÓN - SAN RAFAEL'. The user is 'WIN-JLOPEZADMIN'. The main content area is titled 'HOROMETROS' and is divided into three sections for different levels: NIVEL 4200, NIVEL 4450, and NIVEL 4600. Each section contains a table with the following columns: VENTILADOR, MANTENIMIENTO, ACTUAL, ANTERIOR, and RESET.

HOROMETROS				
NIVEL 4200				
VENTILADOR	MANTENIMIENTO	ACTUAL	ANTERIOR	RESET
Vent. 4200	0.00 Hrs	100.00 Hrs	0.00 Hrs	RESET
NIVEL 4450				
VENTILADOR	MANTENIMIENTO	ACTUAL	ANTERIOR	RESET
Vent. 4450	0.00 Hrs	7.74 Hrs	0.00 Hrs	RESET
NIVEL 4600				
VENTILADOR	MANTENIMIENTO	ACTUAL	ANTERIOR	RESET
????????????	Hrs	???????? Hrs	???????? Hrs	RESET

Fig. 3-63 Pantalla de Horómetros de ventiladores.

Referencia: Elaboración propia.

c) Pantalla de Arquitectura de Red:

En esta pantalla, figura 3-64 Pantalla Arquitectura de Red, tenemos la forma en la cual está conectada nuestros ventiladores hacia la superficie, ya sea desde la configuración TCP/IP de los equipos, como también el tipo de red que posee.

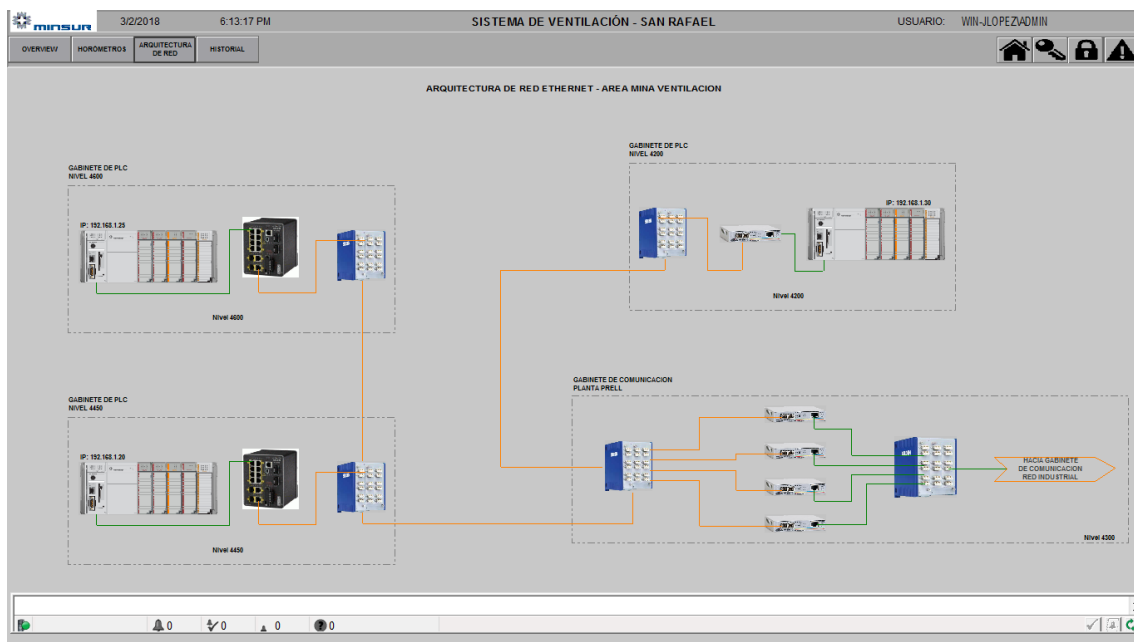


Fig. 3-64 Pantalla Arquitectura de Red.

Referencia: Elaboración propia.

d) Pantalla de Históricos:

En esta pantalla tenemos la visualización de encendido y apagado de los ventiladores. Es decir, tenemos la hora y fecha del encendido del ventilador que estamos observando, ya que tenemos tres ventiladores figura 3-65, figura 3-66 y figura 3-67, la hora y fecha del apagado del ventilador, en qué modo estuvo funcionando el ventilador y el tiempo de funcionamiento.

N°	ENCENDIDO HORA	FECHA	APAGADO HORA	FECHA	MODO DE OPERACIÓN	TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO
1	???????	???????	???????	???????	???	???????
2	???????	???????	???????	???????	???	???????
3	???????	???????	???????	???????	???	???????
4	???????	???????	???????	???????	???	???????
5	???????	???????	???????	???????	???	???????
6	???????	???????	???????	???????	???	???????
7	???????	???????	???????	???????	???	???????
8	???????	???????	???????	???????	???	???????
9	???????	???????	???????	???????	???	???????
10	???????	???????	???????	???????	???	???????

Fig. 3-65 Pantalla de Históricos – Nivel 4600.

Referencia: Elaboración propia.

N°	ENCENDIDO HORA	FECHA	APAGADO HORA	FECHA	MODO DE OPERACIÓN	TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO
1	0 : 3Hrs	28 5 2018	0 : 3Hrs	28 5 2018	REMOTO	0.53 Hrs
2	0 : 4Hrs	28 5 2018	0 : 6Hrs	28 5 2018	REMOTO	7.74 Hrs
3	22 : 32Hrs	8 4 2018	22 : 32Hrs	8 4 2018	LOCAL	0.00 Hrs
4	22 : 32Hrs	8 4 2018	22 : 32Hrs	8 4 2018	LOCAL	0.00 Hrs
5	23 : 53Hrs	27 5 2018	22 : 33Hrs	8 4 2018	REMOTO	0.00 Hrs
6	0 : 0Hrs	0 0 0	22 : 27Hrs	27 5 2018	LOCAL	0.92 Hrs
7	0 : 0Hrs	0 0 0	22 : 28Hrs	27 5 2018	LOCAL	0.98 Hrs
8	0 : 0Hrs	0 0 0	22 : 30Hrs	27 5 2018	LOCAL	1.54 Hrs
9	0 : 0Hrs	0 0 0	22 : 30Hrs	27 5 2018	LOCAL	1.68 Hrs
10	0 : 0Hrs	0 0 0	22 : 54Hrs	27 5 2018	LOCAL	1.90 Hrs

Fig. 3-66 Pantalla de Históricos – Nivel 4450.

Referencia: Elaboración propia.

5/28/2018 11:42:35 AM SISTEMA DE VENTILACIÓN - SAN RAFAEL USUARIO: WIN-JLOPEZADMIN

OVERVIEW HOROMETROS ARQUITECTURA DE RED HISTORIAL

Nivel 4200 Nivel 4450 Nivel 4200

HISTORIAL
NIVEL 4200

N°	ENCENDIDO HORA	FECHA	APAGADO HORA	FECHA	MODO DE OPERACIÓN	TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO
1	22 : 27Hrs	27 5 2018	22 : 28Hrs	27 5 2018	LOCAL	12.50 Hrs
2	23 : 35Hrs	27 5 2018	23 : 35Hrs	27 5 2018	REMOTO	13.01 Hrs
3	23 : 53Hrs	27 5 2018	23 : 58Hrs	27 5 2018	REMOTO	17.85 Hrs
4	0 : 5Hrs	28 5 2018	0 : 6Hrs	28 5 2018	REMOTO	18.98 Hrs
5	21 : 37Hrs	27 5 2018	21 : 37Hrs	27 5 2018	REMOTO	9.08 Hrs
6	21 : 38Hrs	27 5 2018	21 : 38Hrs	27 5 2018	REMOTO	9.79 Hrs
7	21 : 40Hrs	27 5 2018	21 : 40Hrs	27 5 2018	REMOTO	10.34 Hrs
8	21 : 43Hrs	27 5 2018	21 : 45Hrs	27 5 2018	REMOTO	11.69 Hrs
9	21 : 45Hrs	27 5 2018	21 : 46Hrs	27 5 2018	LOCAL	12.04 Hrs
10	22 : 8Hrs	27 2018 0	22 : 9Hrs	27 5 2018	REMOTO	12.40 Hrs

Fig. 3-67 Pantalla de Históricos – Nivel 4200.

Referencia: Elaboración propia.

e) **Faceplate de Ventiladores:**

Esta es una subpantalla en donde podemos apreciar el modo en el cual se encuentra nuestro ventilador, los botones de START y STOP del ventilador, última falla activada, gráfica de tendencias del ventilador, fallas con las cuales trabaja nuestro ventilador.



Fig. 3-68 Faceplate de Ventiladores.

Referencia: Elaboración propia.

f) Faceplate de interlocks asociados:

Esta es una subpantalla en donde podemos apreciar los interlocks asociados al ventilador. Aquí vemos estas señales las cuales hacen que el ventilador, en pleno funcionamiento, se detenga de forma inmediata.

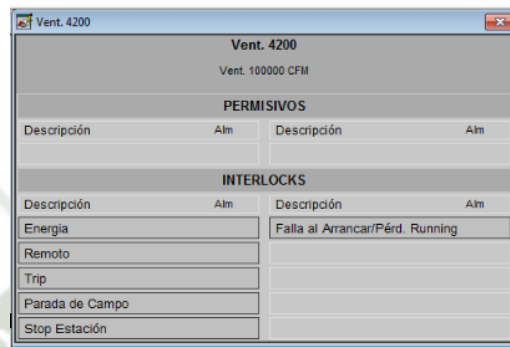


Fig. 3-69 Faceplate de interlocks.

Referencia: Elaboración propia.

g) Faceplate de tendencias de ventilador:

Esta es una subpantalla en donde podemos apreciar el funcionamiento del ventilador en cuanto al tiempo. Con respecto a cada ventilador, podemos apreciar más señales, las cuales sean permitidos.



Fig. 3-70 Faceplate de Tendencias de Ventilador.

Referencia: Elaboración propia.

3.2.7. GENERACIÓN DE MACROS

a) PROGRAMACIÓN MICROSOFT EXCEL

Para la generación de macros, el cual es uno de los objetivos secundarios, se obtendrán 10 datos de:

- Fecha y hora de arranque.
- Fecha y hora de detención.
- Método de funcionamiento.
- Tiempo de funcionamiento.

Gracias al software RSLinx versión Gateway DDE/OPC, es como podemos obtener los datos del ventilador desde el PLC al que pertenece en una hoja de cálculo Excel para nuestro historial de funcionamiento, figura 3-71 Macro de Ventilador Nivel 4600, figura 3-72 Macro de Ventilador Nivel 4450 y figura 3-73 Macro de Ventilador Nivel 4200. Esto no significa que cuando tengamos los 10 datos dejen de almacenarse o se deje de obtener información, esto puede ser programado para la obtención de más cantidad de datos; sin embargo, en este caso, la nueva información pasará a ser el dato 1 hasta el 10, es decir, se sobre escribirán los datos.

REGISTRO DE FUNCIONAMIENTO VENTILADOR 4600						
ENCENDIDO DE VENTILADOR				APAGADO DE VENTILADOR		
N°	FECHA	HORA	MODO DE ENCENDIDO	FECHA	HORA	TIEMPO DE ENCENDIDO (H)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						

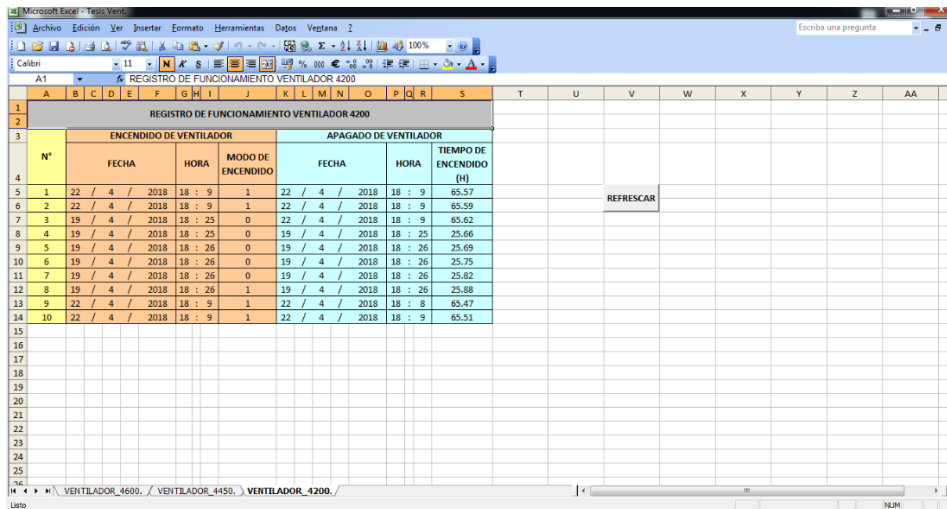
Fig. 3-71 Macro de Ventilador Nivel 4600.

Referencia: Elaboración propia.

REGISTRO DE FUNCIONAMIENTO VENTILADOR 4450						
ENCENDIDO DE VENTILADOR				APAGADO DE VENTILADOR		
N°	FECHA	HORA	MODO DE ENCENDIDO	FECHA	HORA	TIEMPO DE ENCENDIDO (H)
1	8 / 4 / 2018	22 : 32	0	8 / 4 / 2018	22 : 32	0.00
2	8 / 4 / 2018	22 : 32	0	8 / 4 / 2018	22 : 32	0.00
3	8 / 4 / 2018	22 : 32	0	8 / 4 / 2018	22 : 32	0.00
4	8 / 4 / 2018	22 : 32	0	8 / 4 / 2018	22 : 32	0.00
5	8 / 4 / 2018	22 : 33	1	8 / 4 / 2018	22 : 33	0.00
6	0 / 0 / 0	0 : 0	0	19 / 4 / 2018	15 : 58	0.54
7	0 / 0 / 0	0 : 0	0	19 / 4 / 2018	15 : 59	2.20
8	0 / 0 / 0	0 : 0	0	19 / 4 / 2018	16 : 41	4.05
9	0 / 0 / 0	0 : 0	0	19 / 4 / 2018	16 : 8	5.72
10	0 / 0 / 0	0 : 0	0	0 / 0 / 0	0 : 0	0.00

Fig. 3-72 Macro de Ventilador Nivel 4450.

Referencia: Elaboración propia.



ENCENDIDO DE VENTILADOR							APAGADO DE VENTILADOR		
N°	FECHA	HORA	MODO DE ENCENDIDO	FECHA	HORA	TIEMPO DE ENCENDIDO (H)			
1	22 / 4 / 2018	18 : 9	1	22 / 4 / 2018	18 : 9	65.57			
2	22 / 4 / 2018	18 : 9	1	22 / 4 / 2018	18 : 9	65.59			
3	19 / 4 / 2018	18 : 25	0	22 / 4 / 2018	18 : 9	65.62			
4	19 / 4 / 2018	18 : 25	0	19 / 4 / 2018	18 : 25	25.66			
5	19 / 4 / 2018	18 : 26	0	19 / 4 / 2018	18 : 26	25.69			
6	19 / 4 / 2018	18 : 26	0	19 / 4 / 2018	18 : 26	25.75			
7	19 / 4 / 2018	18 : 26	0	19 / 4 / 2018	18 : 26	25.82			
8	19 / 4 / 2018	18 : 26	1	19 / 4 / 2018	18 : 26	25.88			
9	22 / 4 / 2018	18 : 9	1	22 / 4 / 2018	18 : 8	65.47			
10	22 / 4 / 2018	18 : 9	1	22 / 4 / 2018	18 : 9	65.51			

Fig. 3-73 Macro de Ventilador Nivel 4200.

Referencia: Elaboración propia

3.2.8. COMISIONAMIENTO

a) PUESTA EN MARCHA

En esta etapa del proyecto es cuando haremos pruebas del sistema. Primero, pruebas por áreas: Nivel 4600, nivel 4450 y nivel 4200; verificando que el sistema SCADA logre controlar cada uno de los ventiladores como se propuso al inicio de este proyecto. Segundo, las pruebas se realizan con el sistema completo, ya desde la pantalla del operador que controla el sistema.

Al inicio, las pruebas de comisionamiento se realizan solo con uno de los ventiladores, desde la misma área. Pruebas de Start y/o Stop, pruebas de arranque, falla de red, falla de sistema, falla de energía y tripeo de sistema.

Posterior a esta etapa, sin algún tipo de observación o falla, se procede con la verificación de sistema en general, pero desde la sala de control del operador. Hacemos control de red de cada uno de los Switch y PLCs en campo. De igual forma, controlamos de nuevo los puntos mencionados en las pruebas de comisionamiento, pero con ayuda de personal en campo (uso de equipo de radio), esto para constatar el arranque y detenimiento del ventilador a comprobar. Este paso se realiza en los 3 ventiladores, confirmando el arranque y buen funcionamiento del sistema en general.

b) ACOMPAÑAMIENTO

En esta penúltima etapa de nuestro proyecto, tenemos el acompañamiento de sistema en general, en caso se presente alguna falla, sin embargo, esto es a pedido de la empresa a raíz que en la puesta en marcha se hacen todas las pruebas necesarias para así evitar alguna falla en el sistema en general. De igual manera, el acompañamiento se da.

3.2.9. INFORME FINAL – MANUALES

a) MANUALES DE OPERACIÓN

En los manuales de operación observamos cada una de las pantallas generales de operación y las pantallas de monitoreo, control de motores, status de motores, tendencia de funcionamiento de motores. Tenemos, también, toda la información del funcionamiento de nuestra pantalla SCADA, es decir, los Faceplate²² de cada uno de nuestro ventiladores (motores).

Estos manuales son entregados al operador para que tenga conocimiento de las pantallas creadas, su utilización y su funcionamiento. Se explica todas las partes de las pantallas generales, Faceplate de motor. Faceplate de interlocks, Faceplate de adquisición de información.

b) INFORME FINAL

En esta etapa del proyecto, presentamos un resumen de todo lo realizado para la culminación del proyecto, desde el inicio del proyecto: inducción básica, generación de documentación de ingreso, generación de documentos de seguridad, habilitaciones, generación de planos, generación de protocolos, armado de tableros; hasta la implementación de los equipos y materiales en área mina: tendido de fibra óptica en

²² Faceplate: subpantalla de operación para ver estado y/o control de ventiladores.

cada una de las áreas acordadas, ubicación de tableros de control, uso de estándar de programación ya sea para PLC como para la pantalla SCADA Operador.

3.3. CONEXIÓN DE RED

En el capítulo I apartado 1.9 Información previa, tenemos una breve información de la conexión que existe en el socavón de la Unidad Minera San Rafael, tenemos un punto red de salida hacia el exterior. Tenemos que llegar a este punto de red para que nuestro sistema SCADA pueda adquirir toda la información necesaria para el control de estos ventiladores.

Para que exista red en nuestros tableros de control, necesitamos un Switch Industrial, este equipo será de la marca CISCO por las prestaciones que posee, siendo las siguientes:

- Robusto para el tipo de red en el ambiente.
- Configurable, de tal forma que, se puede programar de acuerdo al tipo de red o configuración IP.
- Puertos RJ-45 y puertos para fibra óptica.
- Alimentación de equipo y consumo de energía bajo.
- Tipo de montaje para riel DIN.

Desde un inicio, para el control de los ventiladores, se tiene pensado en uso de tres PLC para cada uno de los ventiladores, los equipos PLC a usar serán de la marca Allen Bradley. Estos a su vez deben tener un nodo para conexión hacia la red Ethernet que será el Switch Industrial. Por otro lado, los equipos que necesitan otro tipo de red industrial (ModBus TCP/IP y DeviceNet) necesitan una tarjeta para poder adquirir información. Este paso se hará más adelante, en la etapa de elección de PLC y tarjetas de montaje.

Como se mencionó anteriormente, usaremos fibra óptica para la integración de estos ventiladores (por motivos de velocidad y resistencia del cable frente a un ambiente hostil, como es el de socavón). En socavón tenemos un ambiente en el cual a diario existen disparos para la generación de material para procesar; estos disparos hacen que haya desprendimiento de rocas, pudiendo generar pérdida de comunicación hacia el exterior. Teniendo en cuenta los disparos se elegirá un cable de fibra óptica con gran resistencia a este tipo de ambiente.

La señal del exterior viene en forma de onda de luz (fibra óptica), y para poder conectarse a nuestro Switch Industrial deberá ser transformada al medio de transmisión por cobre, esto gracias a un dispositivo que es el Media Converter. El Media Converter tiene por función transformar la señal óptica a corriente por cobre. A continuación, en la figura 3-74 Diagrama de red - socavón se muestra la red de conexión de equipos que tendremos en el socavón.

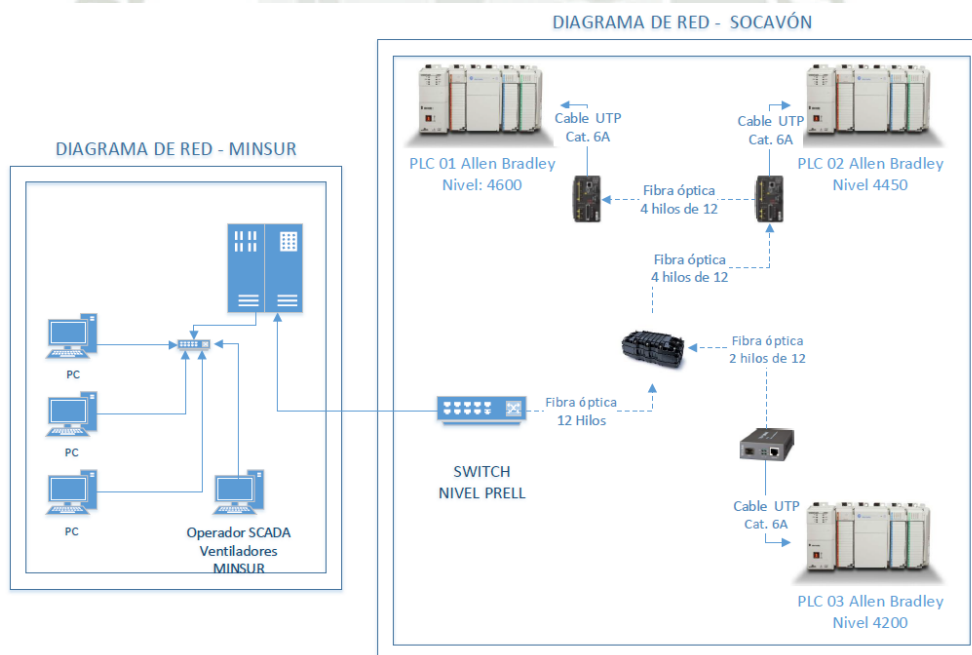


Fig. 3-74 Diagrama de red – socavón

Referencia: Elaboración propia

De igual forma se presenta el diagrama de red de la conexión de PLC en la figura 3-75 Diagrama de PLC, este diagrama representa la conexión entre el equipo y método de arranque de los ventiladores.



Fig. 3-75 Diagrama de PLC.
Referencia: Elaboración propia.

3.4. ELECCIÓN DE TABLERO DE CONTROL

El área de mina, socavón, es un ambiente el cual presenta filtraciones de agua y polvo; estos agentes pueden generar que los equipos electrónicos se deterioren con el tiempo (oxidación, fallas electrónicas, puntos de tierra falsos, falsos contactos, entre otros). Por estos motivos, es la elección de un tablero de control el cual mantenga el grado de protección óptimo para los equipos que se encuentran dentro de este.

La marca Rittal ofrece productos los cuáles cumplen con los requisitos para este tipo de aplicación, básicamente la protección NEMA 4 o IP 66, que es el tablero que se muestra en la figura 3-76 Tablero Rittal 1280.500, con código: 1280.500 que posee las siguientes características:

- Medidas: 800x1200x300 mm (ancho*alto*profundidad).
- Caja: Chapa de acero.

- Puerta: Chapa de acero.
- RAL²³ 7035 (color de tablero).
- Placa de montaje 740x1155 mm (ancho*alto).
- Peso 70Kg.
- Sistema de cierre 3 puntos.



Fig. 3-76 Tablero Rittal: 1280.500.

Referencia: <https://www.rittal.com/es-es/product/show/variantdetail.action?categoryPath=/PG0001/PG0002SCHRANK1/P0001SCHRANK1/PRO0023SCHRANK&productID=1280500>

Por estándar y por pedido de la marca Allen Bradley, en cuanto al PLC, éste debe ser ubicado respetando medidas las cuales permitan el correcto funcionamiento del equipo. El PLC debe ser ubicado respetando las siguientes medidas de la figura 3.77
Márgenes permitidos para ubicación de PLC:

²³ RAL: Acrónimo alemán que significa Comité Estatal para plazos de entrega y garantía de calidad.

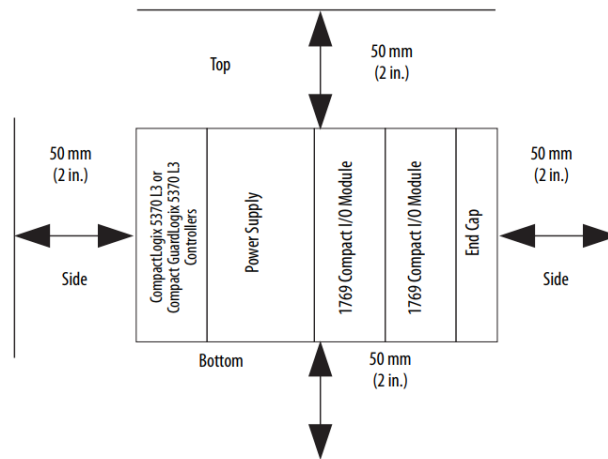


Fig. 3-77 Márgenes permitidos para ubicación de PLC.

Referencia:

http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/1769-td005_-en-p.pdf

Estos márgenes fueron respetados en el diseño del armado interno de cada uno de los tres tableros armados. Por otro lado, fueron respetados los espacios para la conexión de cables de fuerza, señal y/o red (para equipos de red) que son 3 a 5 cm; básicamente para poder observar el tag de llegada del cable como se ve en la figura 3-78 Tagueado de cable de entrada.



Fig. 3-78 Tagueado de cable de entrada.

Referencia: Elaboración propia

Tenemos un circuit breaker²⁴ general para permitir el ingreso de la alimentación general, y cada equipo posee uno de acuerdo a la corriente que maneja, de esta forma protegemos a los equipos de elevaciones de corriente.

Tabla 3-21

Tabla de corrientes de interruptores automáticos.

EQUIPO A PROTEGER	CIRCUIT BREAKER (A)
GENERAL	10
FUENTE PLC	2
FUENTE 24 VDC	2
DISTRIBUCIÓN 120 VAC	4
TOMACORRIENTE 120VAC	2
ILUMINACIÓN	2

Referencia: Elaboración propia.

Sumando el consumo total de corriente obtenemos 12 amperios, sin embargo, esta cantidad no es con la que debemos trabajar sino multiplicarlo por un factor de 0.75, obteniendo 9 amperios, este valor no encontramos en la marca Allen Bradley, por este motivo usamos un circuit breaker general de 10 amperios., como lo indica la norma.

3.5. ELECCIÓN DE EQUIPOS DE PROGRAMACIÓN

Básicamente, la U.M. San Rafael, trabaja enteramente de la mano con Allen Bradley; esto involucra que en los diferentes procesos que maneja se puede encontrar equipos de esta marca en mención. Sin embargo, Allen Bradley presenta equipos en tres gamas: MicroLogix, CompactLogix y ControlLogix, que son de gama baja, gama media y gama alta, respectivamente, esta última puede ser considerada el DCS²⁵ de Allen Bradley.

²⁴ Circuit Breaker: Interruptor automático.

²⁵ DCS: Sistema de Control Distribuido.

La gama baja, puede ser usada para procesos los cuales no requieren del uso y/o manejo de tags, UDT y Add-On, es para procesos sencillos de obtención de señales (analógicas y digitales) y para envío de información mediante paquetes bajos. El uso de ControlLogix, gama alta, puede ser usada para integración de diferentes grandes procesos como también el manejo de historiales a una gran cantidad de paquete, con tarjetas adicionales al módulo, manejo de UDTs.

Sin embargo, el CompactLogix 1769-L33ER, cumple con todos los requisitos para este sistema de integración:

- Puertos para red Ethernet/IP.
- Expansión de módulos de red y I/Os²⁶.
- Control local y distribuido de módulos I/O.
- Lenguajes Ladder, texto estructurado, bloques de funciones y SFC²⁷.
- Memoria 2 MB.
- Montaje Riel DIN.
- 16 tarjetas adicionales máximos.
- Software de configuración Studio 5000, RSLogix 5000.

Es cierto que los equipos de esta gama presentan similares características, sin embargo, el equipo elegido es el que mejor se adecua a nuestros requisitos de red, programación (versión con software actual), I/Os modulares para ampliaciones futuras.

²⁶ I/Os: Entradas y salidas.

²⁷ SFC: Lenguaje Grafcet.

3.6. ELECCIÓN DE EQUIPO DE RED

3.6.1. PATCH PANNEL

El motivo de elección de un patch pannel es, básicamente, para facilitar el mantenimiento de los tableros. Un patch panel permite la conexión de red, dependiendo del tipo o medio, hacia un punto del tablero del cual repartirá hacia todo punto dentro del tablero que se necesite, como por ejemplo del switch. Por lo tanto, para el mantenimiento del tablero en mención, se hace la desconexión del cable o fibra de red del patch pannel que viene de campo mas no del Switch de red (que es el que está repartiendo señal a los equipos que se encuentran dentro del tablero), esto ayuda a mantener en buen estado los puertos de cobre o fibra del Switch.

La selección de la marca para patch pannel es por el motivo que presente equipos modulares, es decir, podemos aumentar slot para futuras ampliaciones ya sea para fibra óptica (cualquier tipo de conexión), cobre (distribuido de diferentes formas). De igual manera, está presente el factor costo. Éste último factor es el más importante, no es de precio elevado pero cumple con las funciones requeridas.

3.6.2. SWITCH INDUSTRIAL

La U.M. San Rafael trabaja de la mano con la marca Cisco para el área de TI, esto se debe a que ofrece muchas buenas prestaciones para este tipo de ambiente, como también para este tipo de distribuciones de red. Este Switch elegido cumple con características que necesitamos para la distribución de red, básicamente, puerto para conexión cobre y puerto para conexión fibra óptica. Es el más básico y es considerado por motivos de costo. En cuanto a toda la gama que presenta esta marca de Switch, la elegida es la más básica que posee puertos de fibra, llegando a cumplir con lo requerido para este tipo de red.

3.7. SISTEMA DE SIMULACIÓN DE INTEGRACIÓN

Los equipos que queremos controlar no se encuentran a disposición, sus precios son altísimos como para poder adquirirlos, de igual manera, los tiempos de adquisición

varían entre 6 a 8 meses. Sin embargo, existen equipos referenciales que pueden sustituirlos de tal manera que podamos observar la simulación de los que existen en campo y así poder comprobar la fiabilidad de nuestro proyecto en desarrollo.

Por los motivos previamente mencionados, se reemplazan los equipos de la siguiente manera:

A) Nivel 4600:

Tabla 3-22
Equipos para simulación de Nivel 4600.

EQUIPOS PROPUESTOS	EQUIPOS REFERENCIALES
CompactLogix L33ER	CompactLogix L23E QBFC1B
I/Os	Integrada en CompactLogix

Referencia: Elaboración propia.

Este nivel pertenece al ventilador de arranque por autotransformador; este tipo de arranque solo necesita señales para relé (Trip²⁸, Motor Running, Energía en el sistema), botones (Start, Stop, Parada de emergencia), señal de selector de método de encendido de ventilador y salida para arranque de ventilador. Todas estas señales pueden ser leídas por el PLC gracias a sus I/Os integradas, pero a 24VDC, es decir, todo este sistema lo alimentación con 24VDC.

²⁸ Trip: Señal de alarma, exceso de corriente en ventilador.

B) Nivel 4450:

Tabla 3-23

Equipos para simulación de Nivel 4450.

EQUIPOS PROPUESTOS	EQUIPOS REFERENCIALES
CompactLogix L33ER	MicroLogix 1100
I/Os	Integrada en MicroLogix
Tarjeta red ModBus	Comunicación ModBus Serial integrada en
TCP/IP	MicroLogix

Referencia: Elaboración propia.

Este nivel se conecta con un variador de velocidad, necesitamos la tarjeta para red Modbus TCP/IP para lograr hacer la conexión, sin embargo, usaremos la red Modbus Serial del procesador MicroLogix 1100 y la conectaremos a un módulo variador de velocidad Powerflex que posee esta misma red ModBus Serial; este mismo módulo posee señales de entrada y salida que necesitamos para poder simular el funcionamiento del ventilador en campo.

C) Nivel 4200:

Tabla 3-24

Equipos para simulación de Nivel 4200.

EQUIPOS PROPUESTOS	EQUIPOS REFERENCIALES
CompactLogix L33ER	CompactLogix L33ER
Tarjeta red Devicenet	Tarjeta red Devicenet 1769-
1769-SDN	SDN

Referencia: Elaboración propia.

Este ventilador posee un variador Powerflex que posee red Devicenet; se tiene el mismo PLC L33ER que se propone para este proyecto, pero solo la tarjeta 1769-SDN (Red Devicenet) sin ninguna tarjeta de I/Os. En vez de un variador tenemos un relé inteligente E3Plus serie C de la marca Allen Bradley, este posee 6 entradas digitales a 24VDC que se usa para simular las entradas necesarias hacia nuestro programa y posteriormente a la pantalla HMI.

Para el conexiónamiento de este sistema de simulación se integró todos estos PLCs en un Switch industrial que posee similares características al Switch elegido anteriormente.

3.8. PANTALLAS DE INTERFAZ CON EL USUARIO

3.8.1. PANTALLA PRINCIPAL

Esta es la pantalla principal de nuestro proyecto, figura 3-79 Pantalla principal, se puede observar que tenemos los tres ventiladores: Nivel 4600, Nivel 4450 y Nivel 4200, pudiéndose interactuar con cada uno de ellos. En la parte superior vemos el banner de navegación para las diferentes pantallas y observamos la fecha actual y hora.

El funcionamiento de cada ventilador es el siguiente, cuando el ventilador este apagado no posee color de relleno, si el ventilador está arrancando variará de color entre relleno y sin relleno; y cuando el ventilador esté completamente prendido (confirmación de running) tendrá color de relleno plomo. De igual manera en cada ventilador se puede observar el tag que posee, tiempo de funcionamiento y en qué modo está seleccionado el arranque: “L” local o “R” remoto.

3.7.1. PANTALLA HORÓMETROS

Esta es la pantalla horómetros, figura 3-80 Pantalla Horómetros, se aprecia que posee 3 cuadros pertenecientes al Nivel 4600, Nivel 4450 y Nivel 4200. Básicamente, es el conteo del tiempo de funcionamiento de cada uno de los tres ventiladores, la primera columna posee el tag del ventilador al cual pertenece, la segunda columna el tiempo

que falta para que entre en mantenimiento (agregado por el usuario), la tercera columna el tiempo de funcionamiento actual o último, la cuarta columna tiene la información del tiempo de funcionamiento del último encendido anterior y, finalmente, la última columna tiene un botón “Reset” que hace que se elimine la información del tiempo actual, pasando esta información a la columna de tiempo “anterior”.



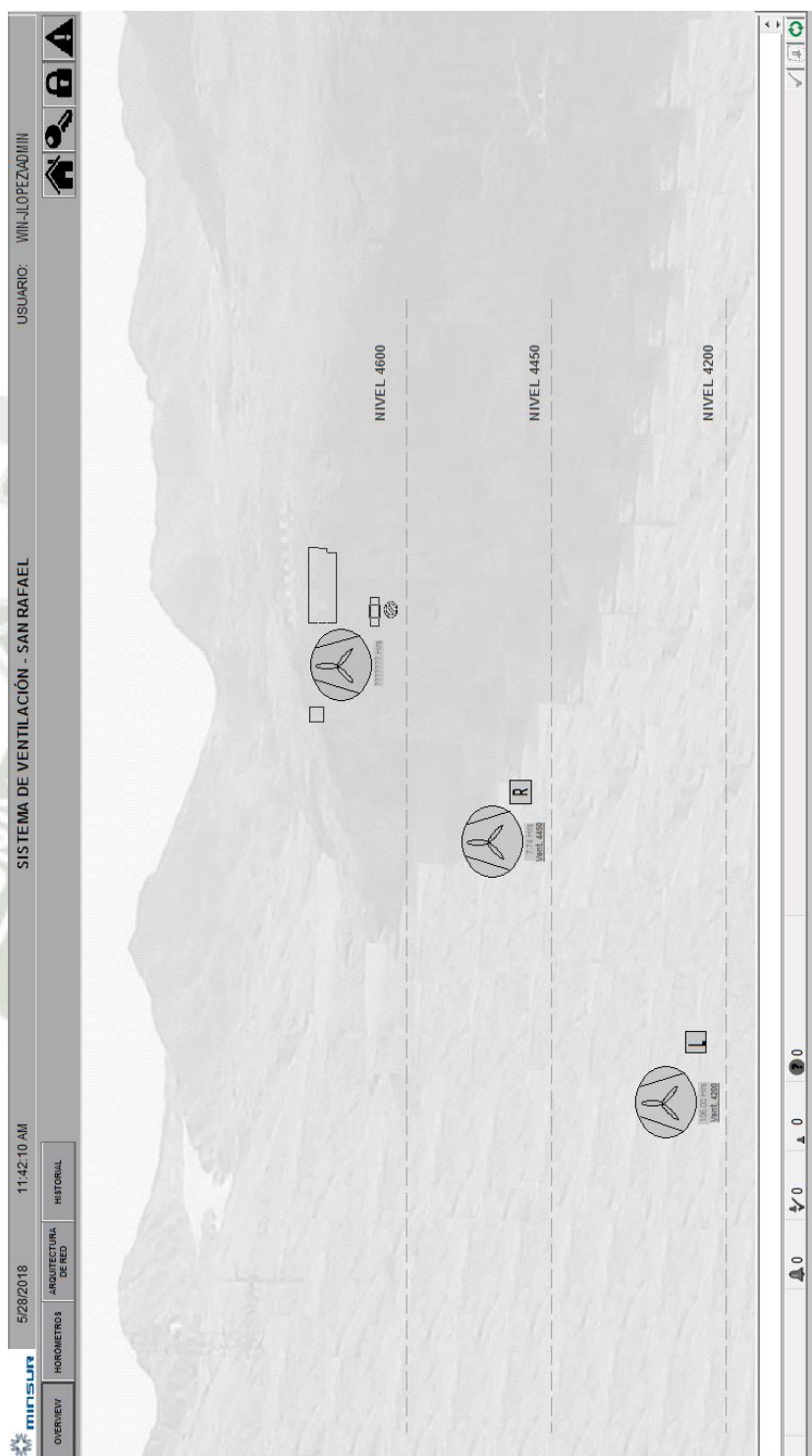


Fig. 3-79 Pantalla principal
Referencia: Elaboración propia.

USUARIO: WIN-LOPEZADMIN

SISTEMA DE VENTILACIÓN - SAN RAFAEL

5/29/2018 11:42:25 AM

OVERVIEW HOROMETROS ARQUITECTURA DE RED HISTORIAL

HOROMETROS

NIVEL 4200

VENTILADOR	MANTENIMIENTO	ACTUAL	ANTERIOR	RESET
Vent. 4200	0.00 Hrs	106.00 Hrs	0.00 Hrs	RESET

NIVEL 4450

VENTILADOR	MANTENIMIENTO	ACTUAL	ANTERIOR	RESET
Vent. 4450	0.00 Hrs	7.74 Hrs	0.00 Hrs	RESET

NIVEL 4600

VENTILADOR	MANTENIMIENTO	ACTUAL	ANTERIOR	RESET
????????????	Hrs	???????? Hrs	???????? Hrs	RESET

Fig. 3-80 Pantalla Horómetros
Referencia: Elaboración propia.

3.7.2. PANTALLA ARQUITECTURA DE RED

Esta pantalla que se ve en la figura 3-81 Pantalla de Arquitectura de red, nos muestra la conexión actual que posee la red del área de socavón en cuanto a los ventiladores del Nivel 4600, Nivel 4450 y Nivel 4200.

Aquí se aprecia que tenemos el punto de red Prell Nivel 4300, de aquí obtenemos la señal hacia los 3 ventiladores a integrar, es un tablero que posee Patch Panel para entrada y salida de red. Un punto del Patch Panel va dirigido hacia el Nivel 4450, de este nivel se dirige hacia el primer PLC y otro punto sale el Nivel 4600 para el segundo PLC. Desde el nivel Prell, de un punto del Patch Panel nos dirigimos hacia el Nivel 4200, de igual forma ingresa a un Patch Panel, luego a un media converter y, finalmente, hacia el PLC que controla este ventilador.

3.7.1. PANTALLA HISTORIAL

Esta última pantalla de la figura 3-82 Pantalla Historial posee el historial del encendido y apagado de los ventiladores, fecha y hora; de igual forma, el modo con el cual tuvo funcionamiento el ventilador correspondiente (modo local o modo remoto) y el tiempo de funcionamiento del ventilador. Cada pantalla para cada ventilador posee una memoria de 10 rutinas realizadas, si se excede esta cantidad vuelve a sobre escribir la memoria de la primera rutina realizada.

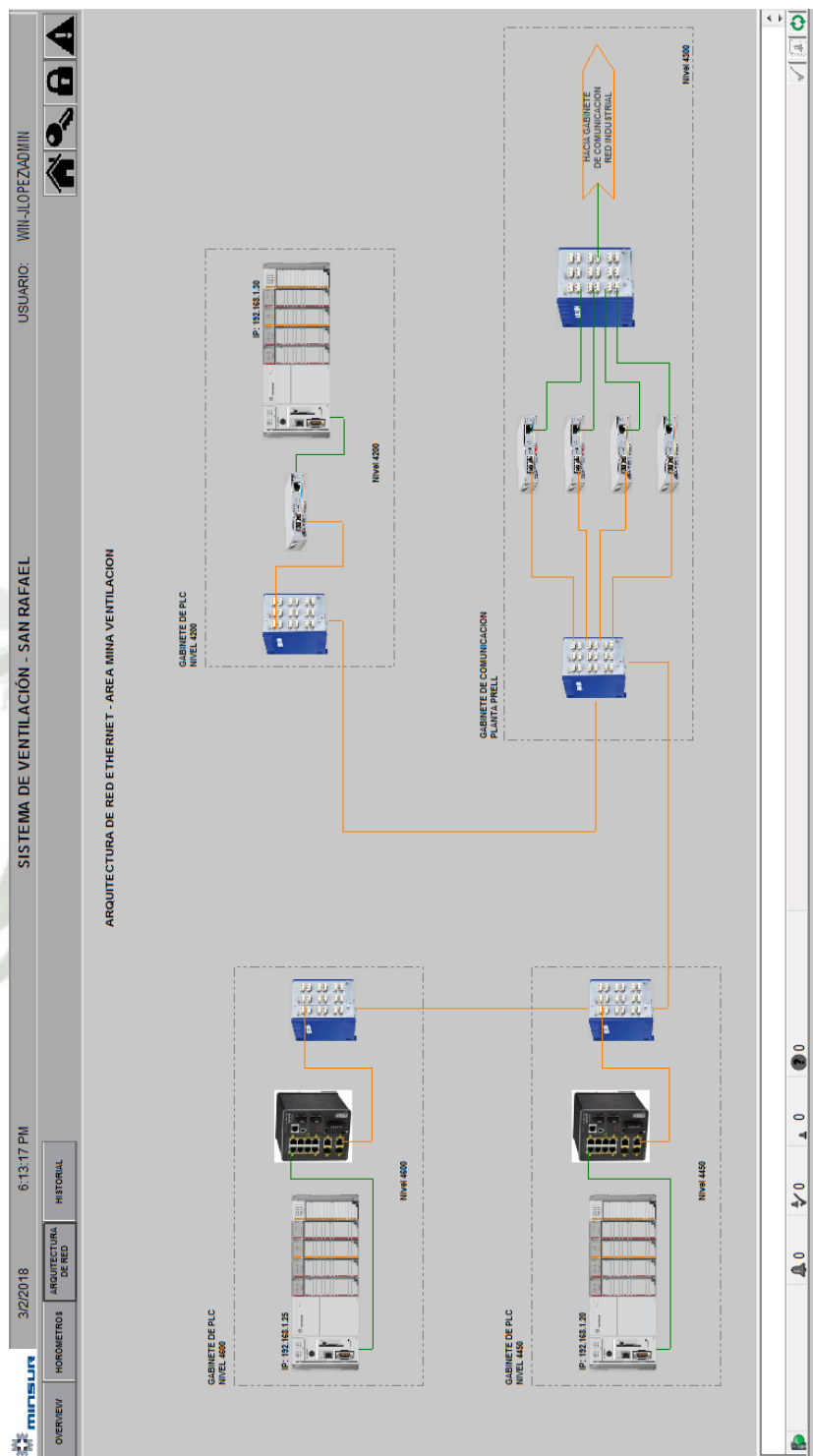


Fig. 3-81 Pantalla Arquitectura de Red
Referencia: Elaboración propia.

5/29/2018 11:42:35 AM USUARIO: WIN-LOPEZADMIN

SISTEMA DE VENTILACIÓN - SAN RAFAEL

OVERVIEW HOROMETROS ARQUITECTURA DE RED HISTORIAL

Nivel 400 Nivel 450 Nivel 4200

HISTORIAL NIVEL 4200

N°	HORA	ENCENDIDO	FECHA	HORA	APAGADO	FECHA	MODO DE OPERACIÓN	TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO
1	22:27Hs	27 5	2018	22:28Hs	27 5	2018	LOCAL	12:50 Hrs
2	23:36Hs	27 5	2018	23:36Hs	27 5	2018	REMOTO	13:01 Hrs
3	23:53Hs	27 5	2018	23:59Hs	27 5	2018	REMOTO	17:85 Hrs
4	0:05Hs	28 5	2018	0:06Hs	28 5	2018	REMOTO	18:38 Hrs
5	21:37Hs	27 5	2018	21:37Hs	27 5	2018	REMOTO	9:06 Hrs
6	21:38Hs	27 5	2018	21:39Hs	27 5	2018	REMOTO	9:79 Hrs
7	21:40Hs	27 5	2018	21:40Hs	27 5	2018	REMOTO	10:34 Hrs
8	21:43Hs	27 5	2018	21:46Hs	27 5	2018	REMOTO	11:69 Hrs
9	21:46Hs	27 5	2018	21:46Hs	27 5	2018	LOCAL	12:04 Hrs
10	22:08Hs	27 2018	0	22:09Hs	27 5	2018	REMOTO	12:40 Hrs

Fig. 3-82 Pantalla historial

Referencia: Elaboración propia.

5/29/2018 11:42:40 AM USUARIO: WIN-LOPEZADMIN

SISTEMA DE VENTILACIÓN - SAN RAFAEL

OVERVIEW HORÓMETROS ARQUITECTURA DE RED HISTORIAL

Nivel 4000 Nivel 4450 Nivel 4200

HISTORIAL NIVEL 4450

N°	ENCENDIDO HORA	FECHA	APAGADO HORA	FECHA	MODO DE OPERACIÓN	TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO
1	0 : 3Hs	28 5 2018	0 : 3Hs	28 5 2018	REMOTO	6.63 Hs
2	0 : 4Hs	28 5 2018	0 : 6Hs	28 5 2018	REMOTO	7.74 Hs
3	22 : 32Hs	8 4 2018	22 : 32Hs	8 4 2018	LOCAL	0.00 Hs
4	22 : 32Hs	8 4 2018	22 : 32Hs	8 4 2018	LOCAL	0.00 Hs
5	23 : 55Hs	27 5 2018	22 : 33Hs	8 4 2018	REMOTO	0.00 Hs
6	0 : 0Hs	0 0 0	22 : 27Hs	27 5 2018	LOCAL	0.92 Hs
7	0 : 0Hs	0 0 0	22 : 28Hs	27 5 2018	LOCAL	0.88 Hs
8	0 : 0Hs	0 0 0	22 : 30Hs	27 5 2018	LOCAL	1.54 Hs
9	0 : 0Hs	0 0 0	22 : 30Hs	27 5 2018	LOCAL	1.68 Hs
10	0 : 0Hs	0 0 0	22 : 54Hs	27 5 2018	LOCAL	1.90 Hs

Fig. 3-83 Pantalla historial
Referencia: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA TRABAJOS FUTUROS

4.1. CONCLUSIONES

A partir del diseño, programación y simulación realizada del proyecto en mención, se obtuvo las siguientes conclusiones.

1. El objetivo específico del proyecto está enfocado al sistema de integración de los tres ventiladores y no de los siete existentes de la unidad minera, esto por motivos de los equipos que se posee (como ya se mencionó en las limitaciones); se tomaron en cuenta detalles de los cuales se puede referir lo siguiente:
 - a. Se logró el objetivo propuesto, ya que actualmente se encuentra operando el sistema propuesto. Es decir, el diseño y la programación del sistema de integración de siete ventiladores mediante PLC fueron óptimos en cuanto al control de éstos de forma remota.
 - b. La adquisición de macros desde el PLC que controlan los ventiladores fueron precisos y eficaces a la hora de contrastar tiempos de funcionamiento para el balance energético mensual.
 - c. La lógica elaborada se adecua de excelente manera a los requisitos mencionados por parte de la U.M. San Rafael.
 - d. La simulación del sistema completo con equipos que pueden sustituir a los de campo fue satisfactoria; básicamente para tener pruebas que el sistema cumple con los requisitos y que el funcionamiento del sistema puede ser implementado en campo.

Finalmente, se concluye que el sistema de integración propuesto es completamente viable ya que permite el cumplimiento del objetivo propuesto.

2. Tenemos el diseño de integración de los tres ventiladores de la unidad minera, esto va dirigido exclusivamente al tipo de red usado; como se ve en el anexo 7, la fusión de la fibra, la topología usada es tipo mixta (bus y estrella), es decir, desde el punto Prell tenemos un punto de red y de allí es un recorrido lineal, obteniendo de ese tramo un punto de red; por motivos de distancia y costos esta topología es la adecuada y la mejor ya que solo exige un recorrido y desde aquí obtuvimos puntos de red para cada PLC.
3. En cuanto al armado interno de los tableros de control tenemos lo siguiente: Primero se elige un tablero el cual cumpla con los requisitos para este tipo de ambiente, elegimos un tablero con certificación internacional que posee grado de protección NEMA 4 e IP 66; segundo, para el armado interno tenemos en cuenta las especificaciones que requiere el PLC (márgenes de montaje) y los materiales internos que se necesitan para adquisición de señal. Concluyendo que este diseño de armado interno de tablero de control es óptimo para las condiciones que se presentan en una mina de tajo cerrado (socavón) y el cableado realizado en campo se hizo de una excelente manera sin interrupciones y en completo orden.
4. El programa generado permite el control de los ventiladores, el cual se hizo mediante el uso de interlocks para el arranque, enclavamiento para el arranque y las señales que recibe cada ventilador. Se tuvo en cuenta los graficets, como la norma, presentados para la generación del programa ladder del PLC. Concluyendo que esta programación generada, cargada en el PLC, es la mejor manera de controlar los ventiladores, como también el uso de tags para la programación del HMI que permita la adquisición y posterior visualización.
5. En la elaboración de las pantallas HMI del sistema integrado usamos la guía de diseño ASM (ASM Consortium Guidelines, Effective Operator Display Design); esta guía nos proporciona información para la creación de pantallas HMI con el cual el operador pueda interactuar de manera sencilla e intuitiva con el sistema. Las pantallas generadas no cansan la vista, los ventiladores se pueden operar de manera rápida, además permite obtener información del funcionamiento de estos de manera eficaz; finalmente, se concluye que las pantallas HMI resultan sencillas a la hora de interactuar, lográndose el objetivo específico.

6. Para la generación de históricos del sistema la información obtenida es de mucha importancia para la Unidad Minera, ya que permite conocer los tiempos y fechas del funcionamiento, así como el modo de control de los ventiladores. Concluyendo que la obtención de datos históricos mediante el software Excel favorece en buena manera el almacenamiento de información en general de los ventiladores.
7. En relación a la protección de tableros de control, el uso de una base para cada uno de estos, mejora mucho la protección de los mismos, ya que se evita las caídas de alturas considerables y daños internos de los equipos.
8. Para los cables de las señales I/Os de campo, que son leídas y escritas desde el PLC en los tableros de control, debe considerarse el uso de bushing, liquit tight o prensaestopa, los cuales presentan grado de protección contra ambiente explosivo y NEMA 4. Por lo tanto, el uso de estos materiales tuvo que ser considerado en la conexión de los cables.
9. En cuanto a la simulación del sistema completo, en el cual se usó equipos que presentan características similares a las mencionadas en los equipos propuestos, los resultados fueron los esperados en cuanto al control de los ventiladores, por lo tanto, el diseño de programación para estos ventiladores es viable.
10. Las pantallas HMI presentan una adecuada confiabilidad, se puede efectuar de manera sencilla el encendido y apagado de los ventiladores, de igual manera, las fallas del sistema se presentan rápidamente para hacer el levantamiento de estas.

4.2. RECOMENDACIONES PARA TRABAJOS FUTUROS

1. En base al decreto supremo 024-2016-EM, el cual indica que se debe implementar sensores a los ventiladores y al ambiente (el cual debe permanecer libre de agentes que afecten la salud humana), existe la posibilidad de integrar sensores mediante el tipo de red que se necesite o, simplemente, por contacto seco (entradas digitales libres ya existentes) ya que se cuenta con un punto de adquisición de datos, que son los tableros de control.

2. Gracias a la integración de sensores para el ambiente como para los ventiladores, ha de ser necesario el uso de UPS (Sistema de Alimentación Ininterrumpida) para la alimentación eléctrica de estos en todo momento y así mantener la monitorización del área mina. Es decir, puede presentarse adicionales de UPS, cada uno con su tablero de protección respectiva.
3. El tendido de fibra óptica en todos los recorridos hacia los tableros de control, puede hacerse de forma redundante, es decir, que exista una red de respaldo por si existe alguna falla en algún tramo de la fibra tendida.



BIBLIOGRAFÍA

1. Túllume, J, & Llontop, R, (2016) “Automatización e implementación de un sistema SCADA para mejorar el desempeño del sistema de izaje por winches en minería subterránea de la compañía Casapalca S.A.” (tesis de pregrado), Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo.
2. Barreda, E, & Oporto, D. (2014). “Control e implementación de un módulo de almacenaje vertical con PLC y SCADA para la optimización de un proceso de almacenaje industrial” (tesis de pregrado repositorio UCSM), Universidad Católica de Santa María.
3. Huatay, V, (2013) “Diseño de un sistema de supervisión y control del proceso de eualización en la planta de tratamiento de aguas industriales de la empresa DOE RUN Perú” (tesis de pregrado repositorio UPAO), Universidad Privada Antenor Orrego.
4. Weber, P, (2011) “Diseño e implementación de plataforma SCADA para sistema de electrificación sustentable en la localidad de Huatacondo” (tesis de pregrado), Universidad de Chile.
5. Informe Anual 2016. Gestión Corporativa y Sostenibilidad. Minsur (s.f.) Bolsa de Valores de Lima.
<http://www.bvl.com.pe/eeff/A20032/20170329221802/MEA200322016AIA01.PDF> (pp. 9-11).
6. D.S. 024-2016-EM (s.f) Minem.
http://www.minem.gob.pe/_detalle.php?idSector=1&idTitular=7483
7. Protección tableros Rittal NEMA. (s.f.). Rittal.
https://www.rittal.com/es-es/content/es/support/technischeswissen/qminformiert/schutzarten/nema/nema_1.jsp

8. Protección tablero Rittal IP. (s.f.). Rittal.
https://www.rittal.com/pe-es/content/es/support/technischeswissen/qminformiert/schutzarten/ip/ip_1.jsp
9. Fibra óptica, conceptos básicos. (s.f.). Rittal.
<https://www.fibraopticahoy.com/fibra-optica-que-es-y-como-funciona/>
10. Tipos de fibra óptica actualizados. (s.f.). Grupo Cofitel.
<https://www.c3comunicaciones.es/tipos-de-fibra-optica-actualizados/>
11. ¿Qué es una fusionadora de fibra óptica?. (s.f.). Telpro.
<https://telpromadrid.eu/elegir-una-fusionadora-de-fibra-optica/>
12. Controladores CompactLogix 5370 1769. (s.f.). Allen Bradley.
<http://ab.rockwellautomation.com/es/Programmable-Controllers/CompactLogix-5370-Controllers>
13. Sistemas de Adquisición de datos. (s.f.) Dymael S.L.
<http://dymael.galeon.com/automatizaciones/sisscada.htm>
14. Introducción a las Redes de comunicación industrial. (s.f.). InfoPLC.
http://www.infoplcn.net/files/documentacion/comunicaciones/infoPLC_net_introduccion3b3n-a-las-redes-de-comunicacion3b3n-industrial.pdf
15. Introducción a las Redes de comunicación industrial. (s.f.). InfoPLC.
http://www.infoplcn.net/files/documentacion/comunicaciones/infoPLC_net_introduccion3b3n-a-las-redes-de-comunicacion3b3n-industrial.pdf
16. Introducción a las Redes de comunicación industrial. (s.f.). InfoPLC.
http://www.infoplcn.net/files/documentacion/comunicaciones/infoPLC_net_introduccion3b3n-a-las-redes-de-comunicacion3b3n-industrial.pdf

17. Tutorial DeviceNet. (s.f.). Smar.
<http://www.smar.com/devicenet.asp>
18. Tutorial DeviceNet. (s.f.). Smar.
<http://www.smar.com/devicenet.asp>.
19. Definición de macros VBA. (s.f.). Web and Macros.
https://www.webandmacros.com/macro_excel_definicion.htm
20. CompactLogix 5370 L3 Controller. (s.f.). PLC Center.
<http://www.plccentre.com.au/buy/compactlogix-5370-l3-controller/AB-1769-L33ER>
21. Technical Data. (s.f.). Allen Bradley.
http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/1769-td005_en-p.pdf
22. Fuentes de alimentación de expansion Compact I/O. (s.f.). Rockwell Automation.
http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1769-in028_es-p.pdf
23. 1769 Compact I/O Modules Specifications. (s.f.). Rockwell Automation.
http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/1769-td006_en-p.pdf
24. Módulo escáner Compact I/O DeviceNet. (s.f.). Rockwell Automation.
http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1769-in060_es-p.pdf
25. ModBus TCP/IP Enhanced Communication Module (s.f.). Prosoft.
http://www.prosoft-technology.com/content/download/8449/136896/version/8/file/MVI69E_MBTCP_Datasheet.pdf

26. Cisco IE 2000-8TC-G-E Industrial Ethernet Switch. (s.f.). Cisco.
<https://www.cisco.com/c/en/us/support/switches/ie-2000-8tc-g-e-industrial-ethernet-switch/model.html>
27. Cisco IE 2000 Switch Hardware Installation Guide. (s.f.). Cisco.
https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/lan/cisco_ie2000/hardware/installation/guide/ie2000_hig.pdf
28. Switch Installation. (s.f.). Cisco.
<https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/connectedgrid/ie2000u/hardware/installation/guide/IE2000u/HIGINSTL.pdf>
29. MC103XL. (s.f.). Allied Telesis.:
<https://www.alliedtelesis.com/products/media-converters/mc103xl>
30. New Modular Industrial Patch Panel. (s.f.). Belden.
https://www.belden.com/docs/upload/PB386_Belden-Modular-Industrial-Patch-Panel.pdf
31. Mini C2 DT Fiber Optic Cable. (s.f.). OFS:
<http://fiber-optic-catalog.ofsoptics.com/Asset/Mini-C2-DT-159-web.pdf>
32. Smart FTTH Fusion Splicer X-97. (s.f.). Shinho.
<http://www.xhfiber.com/en/product/412.html>
33. Paso a paso fusión de fibra. (s.f.). FibreMex.
http://fibremex.com/fibraoptica/index.php?mod=paso_a_paso&ext=fibraoptica&id=6
34. Pelado de cable de fibra óptica. (s.f.). Redes.
<http://florin2fb.blogspot.pe/2015/12/pelado-de-cable-de-fibra-optica.html>

35. Herramientas y Equipos de medida. (s.f.). Nexus.
http://www.nexus.com.pe:8081/media_nexus/uploads/fichas_tecnicas/opt-fspl-2-eu.pdf
36. Caja de empalme para fibra óptica 24 hilos. (s.f.). Kroton.
<https://www.kroton.com.pe/wp-content/uploads/2016/12/OCC24.pdf>
37. Armarios compactos AE. (s.f.). Rittal.
<https://www.rittal.com/es-es/product/show/variantdetail.action?productID=1280500>
38. Ángulos Estructurales. (s.f.). Aceros Arequipa.
<http://www.acerosarequipa.com/fileadmin/templates/AcerosCorporacion/docs/HOJA-TECNICA-ANGULOS-ESTRUCTURALES.pdf>

ANEXOS





CERTIFICADO DE TRABAJO

La empresa CONTROL TOTAL S.A.C., con R.U.C. N° 20412942052, con domicilio en la Urb. El Mirador A-11, distrito de Cayma; debidamente inscrita en la Ficha N° 11611 del Registro de Personas Jurídicas de la oficina registral de Arequipa.

Certifica que:

JULIO ENRIQUE LÓPEZ NÚÑEZ

Identificado con DNI 72539878, ha estado involucrado en el proyecto de **“AUTOMATIZACIÓN DE 7 VENTILADORES PRINCIPALES DE INTERIOR MINA”** de la Unidad Minera San Rafael de la empresa Minsur S.A.

Cargo : Junior I

Fecha de inicio de trabajo : 01 de octubre del 2016.

Fecha de término de trabajo : 22 de diciembre del 2016.

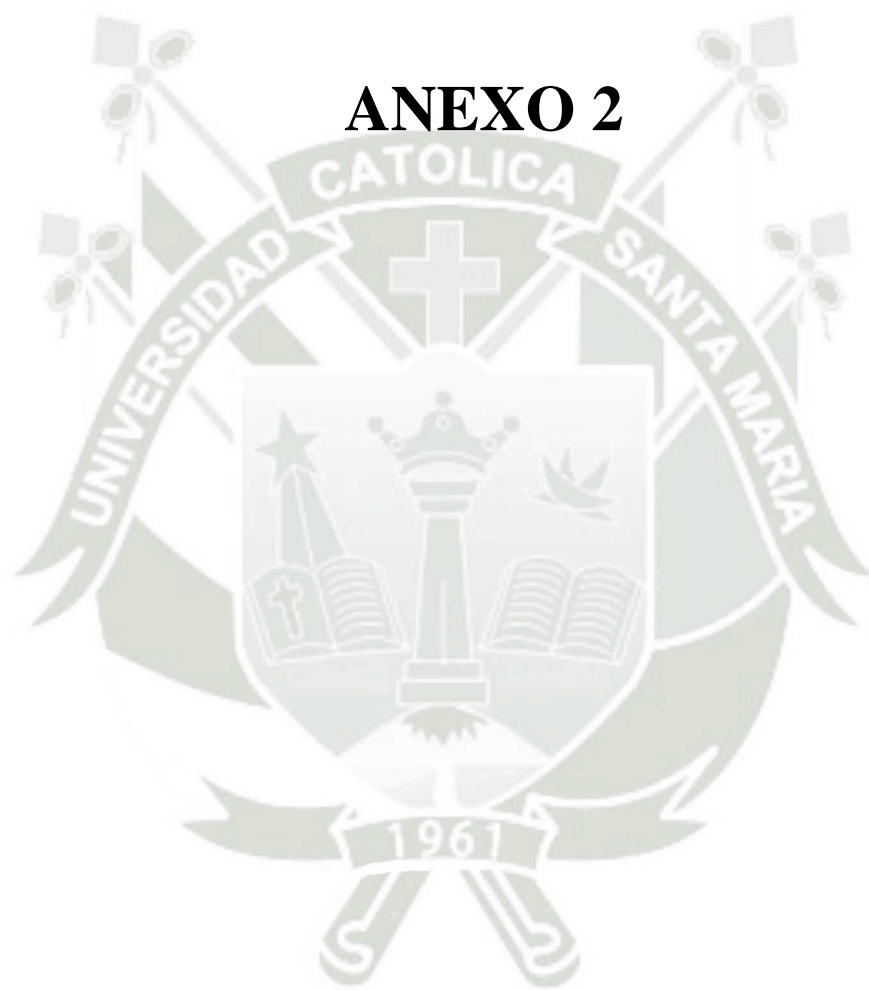
Durante el lapso de trabajo demostró capacidad y eficiencia en el desarrollo de las funciones encomendadas, observando puntualidad y buena conducta, se expide la presente para los fines que estime conveniente.

Arequipa, 2 de julio del 2018.



Javier Arturo Zurita Pariona
Jefe del área de Proyectos
DNI: 40749615

ANEXO 2



Rittal – The System.

Faster – better – everywhere.

▶ **Armarios compactos AE – AE 1280.500**

Date : 18-ago-2018



Armarios compactos AE – AE 1280.500

created: 18.08.2018 on www.rittal.com/es-es



Descripción producto

Material:	Caja: chapa de acero Puerta: chapa de acero, junta continua de poliuretano inyectado
Superficie:	Caja y puerta: imprimación por inmersión, exterior texturizado, pintura estructurada Placa de montaje: galvanizada
Color:	RAL 7035
Grado de protección IP según IEC 60 529:	IP 66
Grado de protección NEMA:	NEMA 4
Código IK:	IK08
Unidad de envase:	Caja con puerta(s) con bisagras, cerrada en todo el contorno Placa(s) entrada de cables en el suelo de la caja Placa de montaje Cierre: doble paletón 3 mm Sistema de cierre de 3 puntos
Material básico:	Chapa de acero

Características del producto

Dimensiones:	Anchura: 800 mm Altura: 1200 mm Profundidad: 300 mm
Grosor del material:	Caja: 1,5 mm Puerta: 2 mm

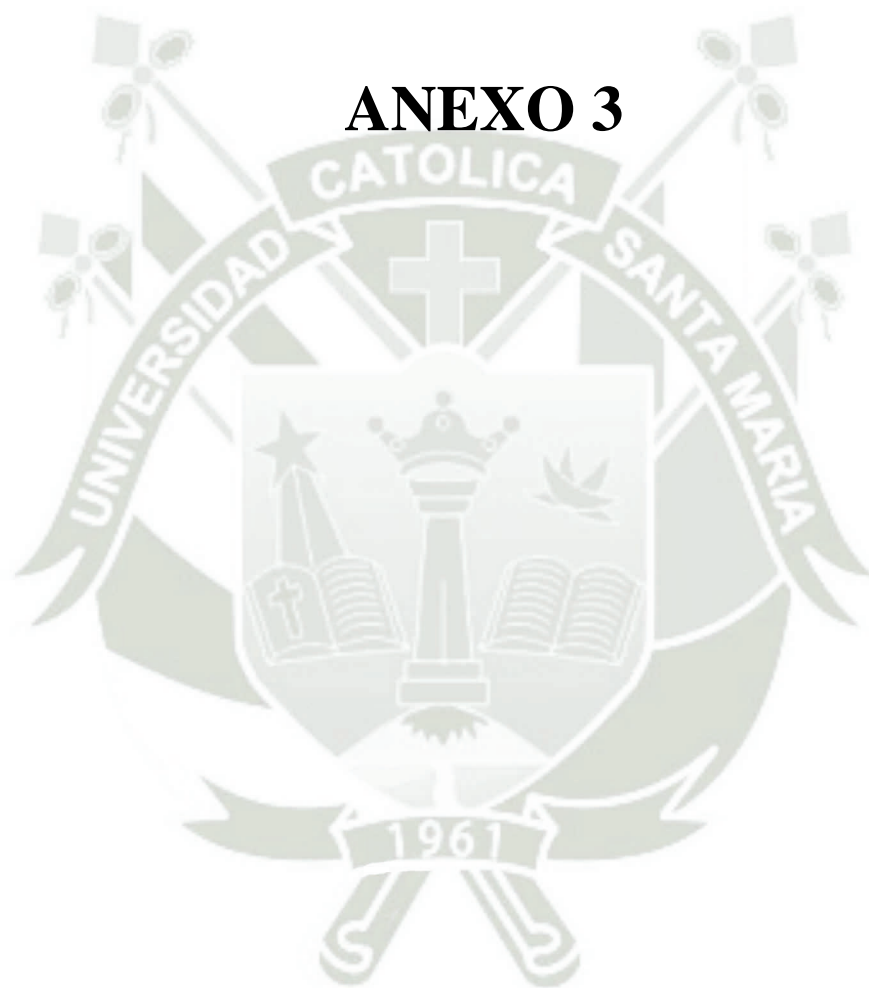
Placa de montaje: 3 mm

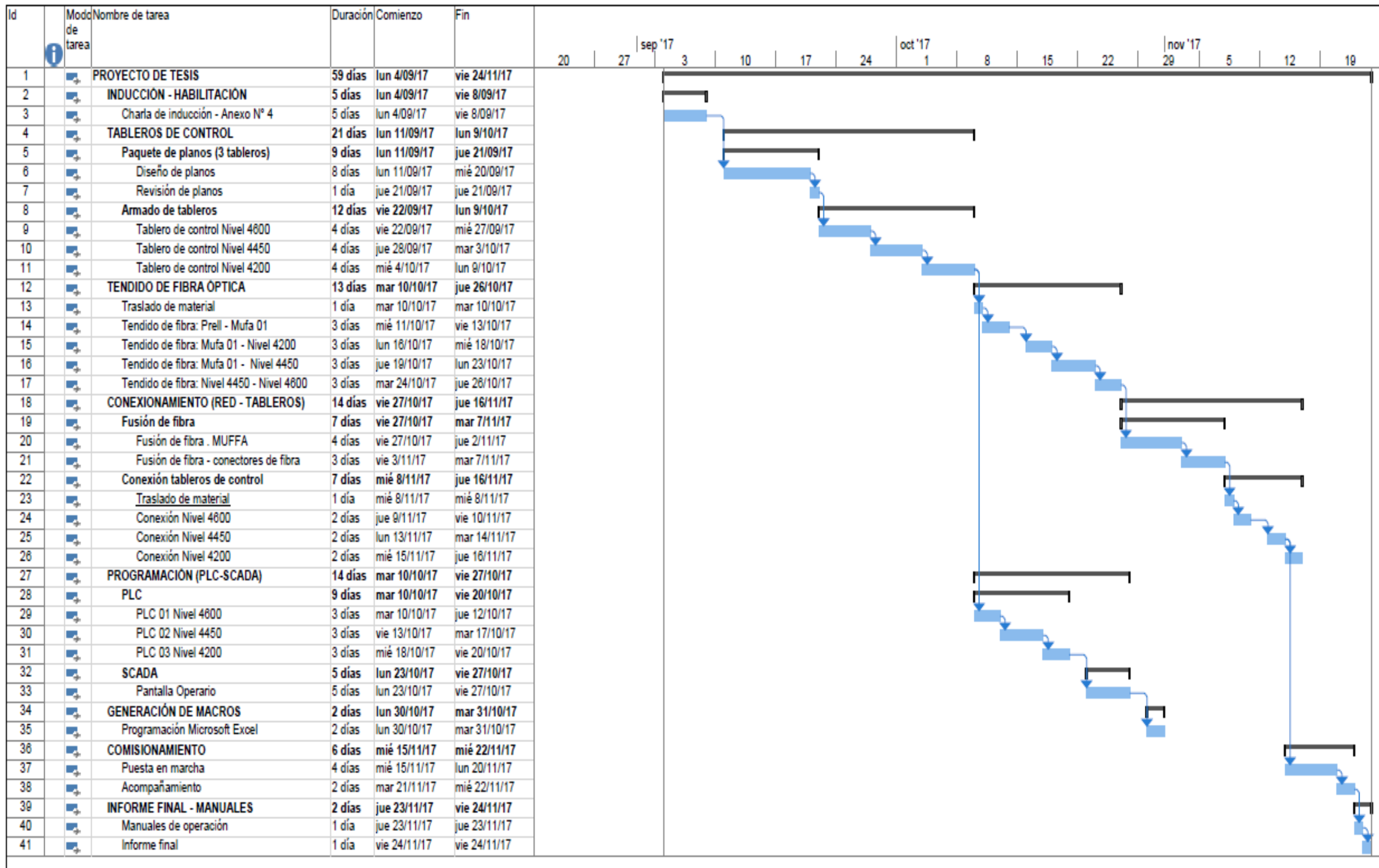
Placa de montaje:	Anchura: 740 mm Altura: 1155 mm
Número puertas:	1
Bisagras a la derecha, intercambiables a izquierda:	sí
Ejecución cierre:	Sistema de cierre de 3 puntos
Nº de cierres:	1
Bombín de cierre:	Doble paletón 3 mm
Placa de entrada de cables, tamaño:	5
Placa de entrada de cables, cantidad:	1
Unidad de embalaje:	1 pza(s).
Peso/UE:	70 kg
EAN:	4028177252455
Código arancelario:	94032080
ETIM 6.0:	EC000261
ETIM 5.0:	EC000261
eCl@ss 8.0/8.1:	27180101
eCl@ss 7.0/7.1:	27180101
eCl@ss 6.0/6.1:	27180101
eCl@ss 5.1/5.1.4:	27180102
Descripción producto (detallada):	AE ARMARIO COMPACTO 800x1200x300,RAL7035, Standard, con placa de montaje
Aprobaciones	
Aprobaciones:	Bureau Veritas CSA

DNV-GL
Lloyds Register of Shipping
RRR
Russian Maritime Register of Shipping
TÜV
UL + C-UL

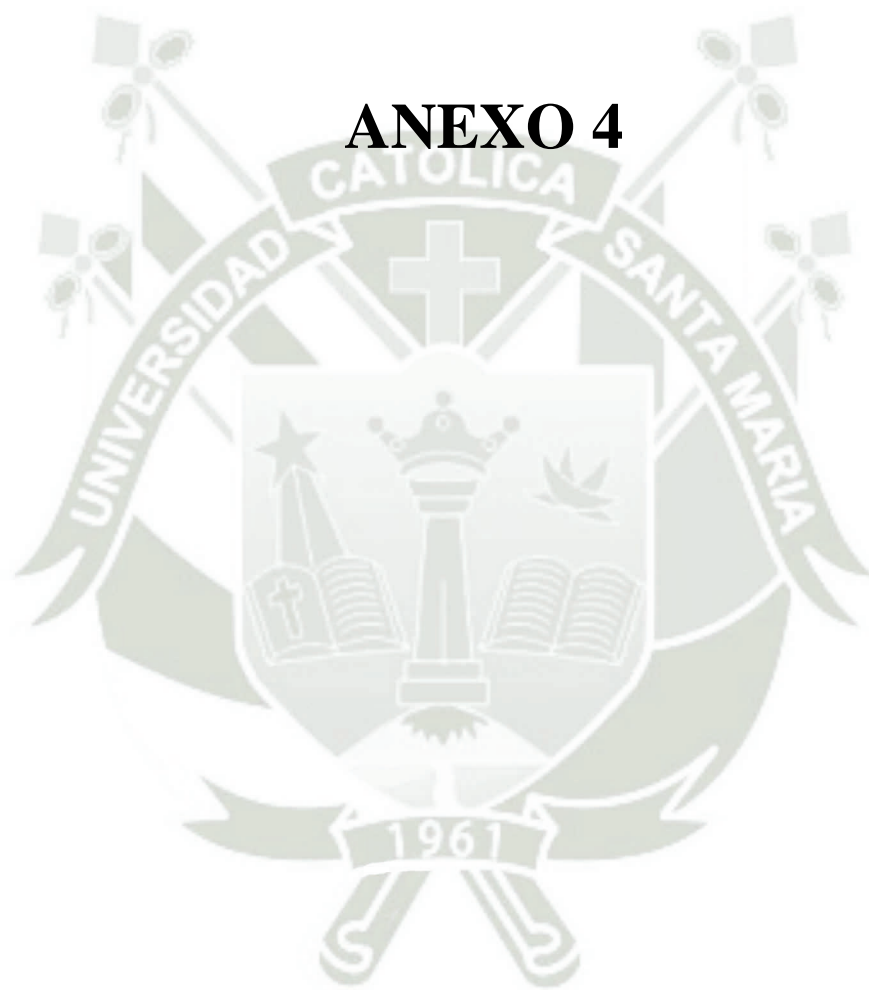
Certificados:	EAC Grado de protección IK-Code
Explicaciones:	Declaración de conformidad

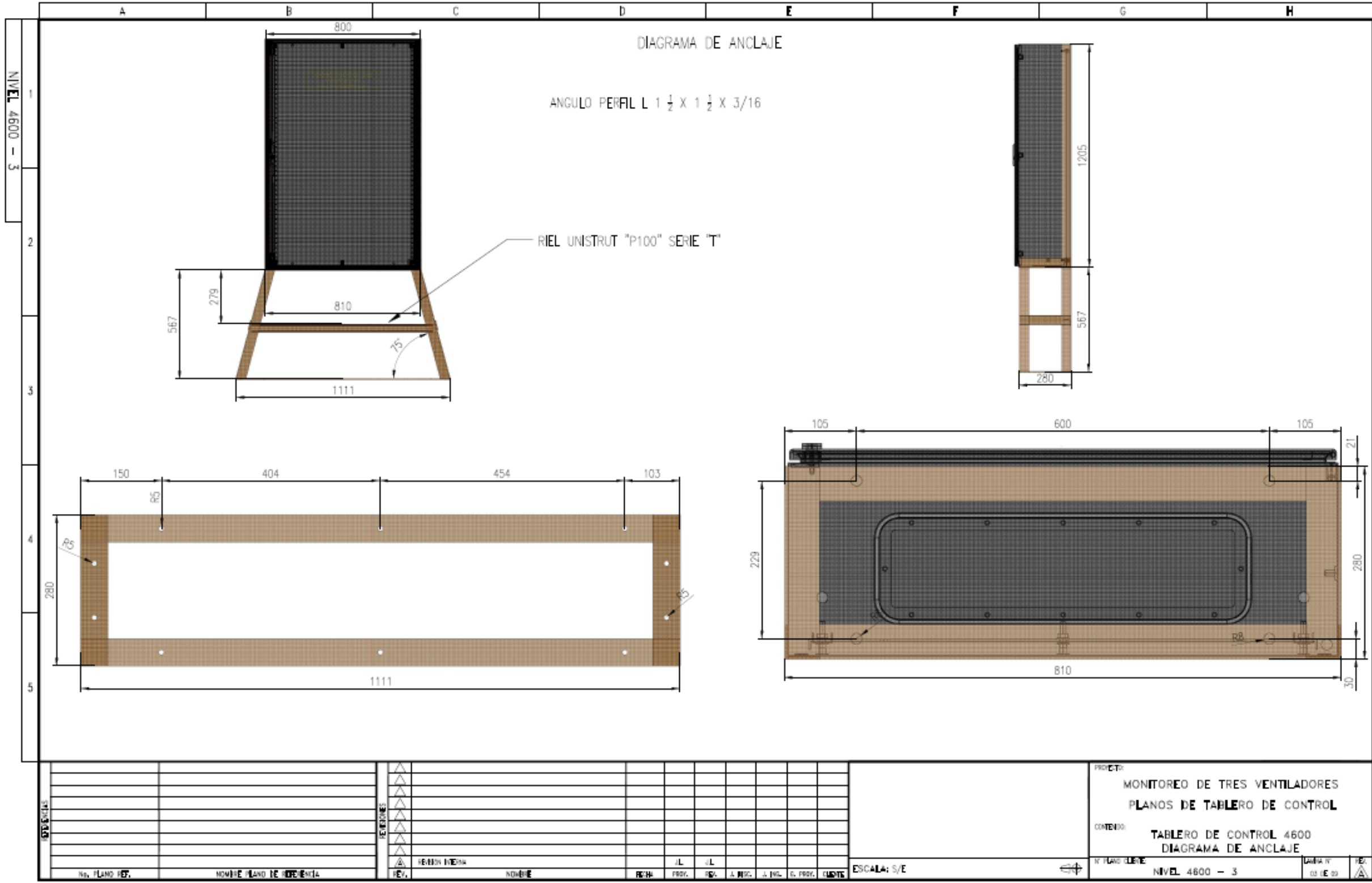
ANEXO 3

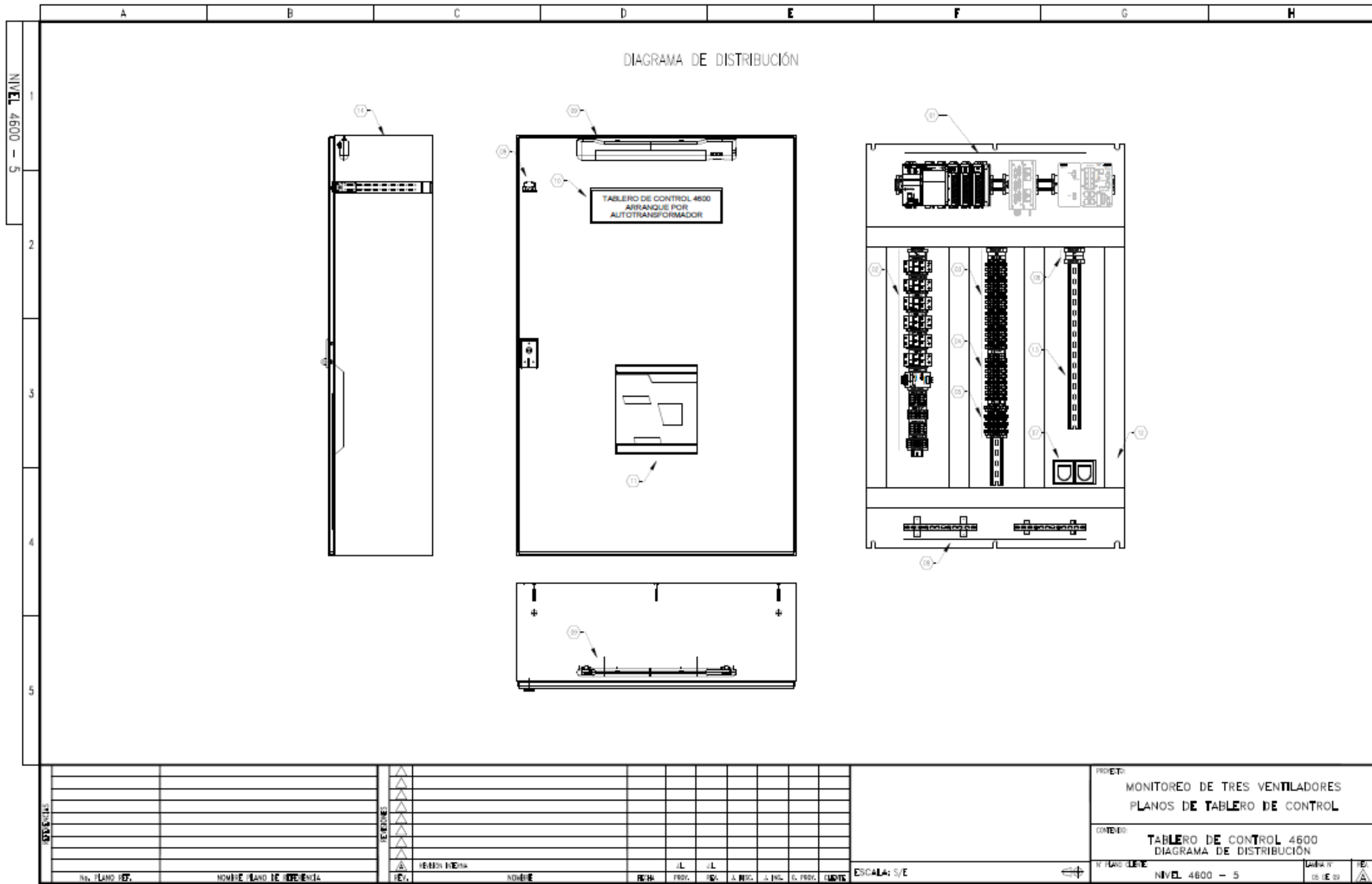


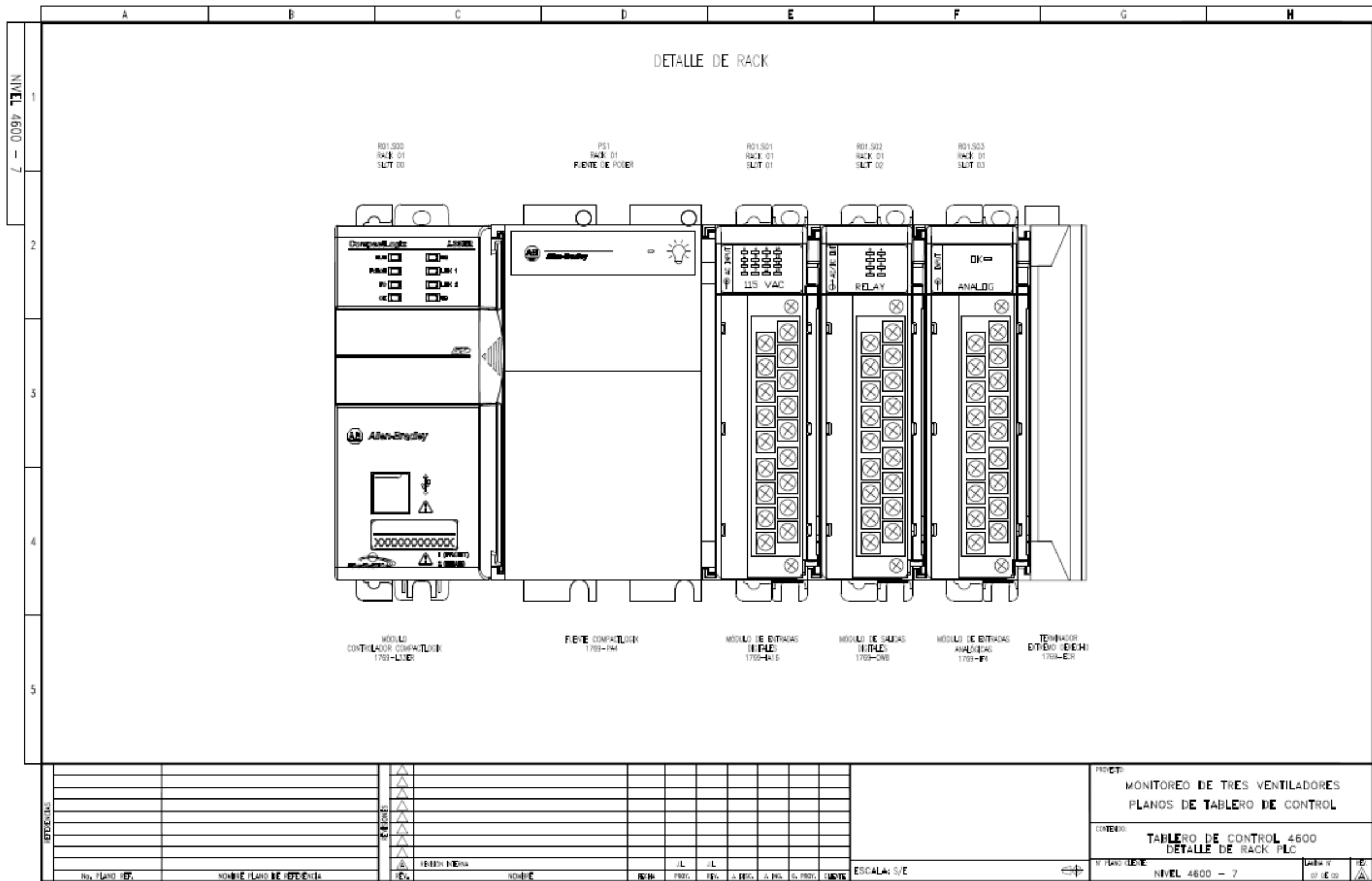


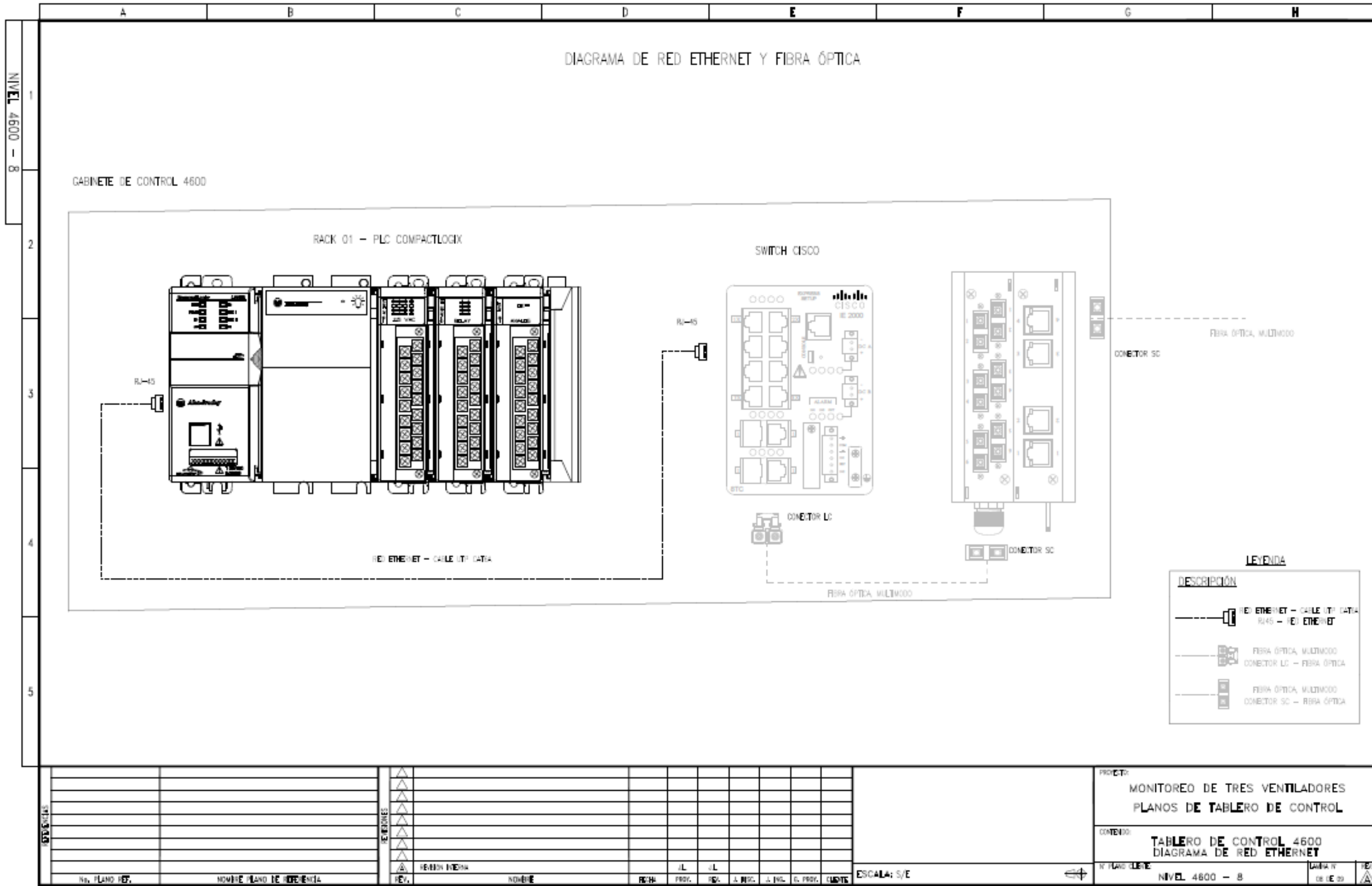
ANEXO 4







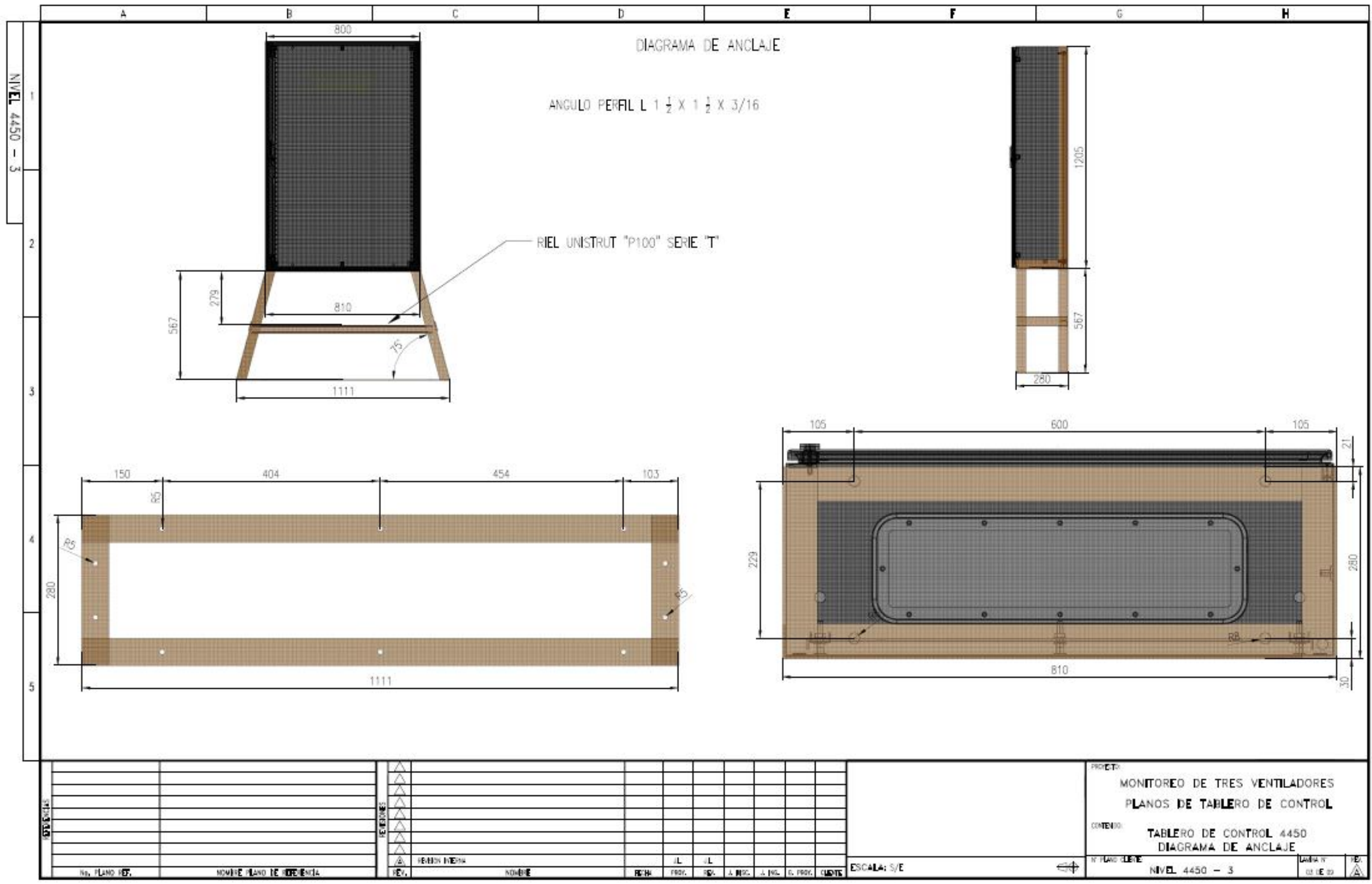


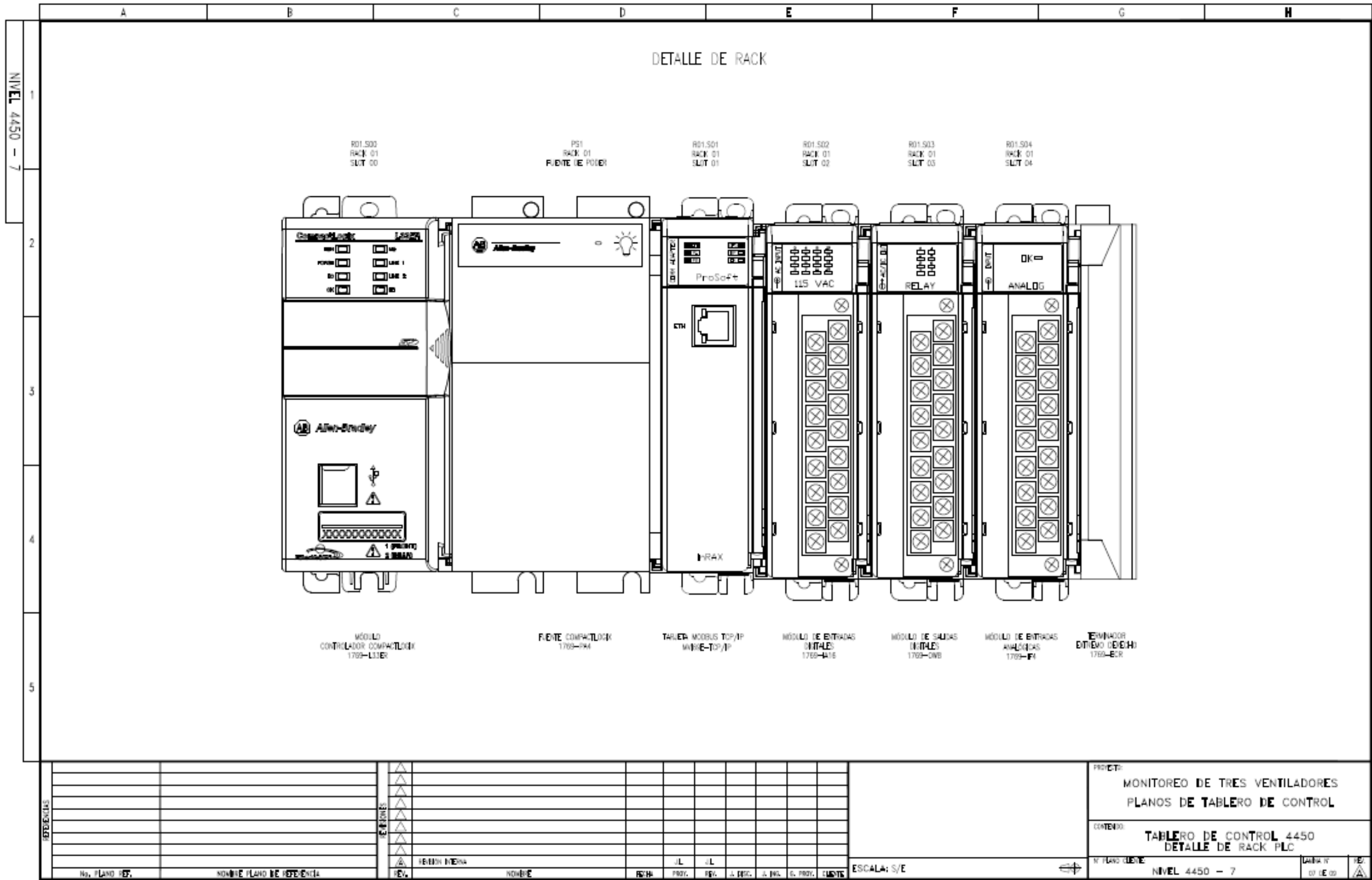


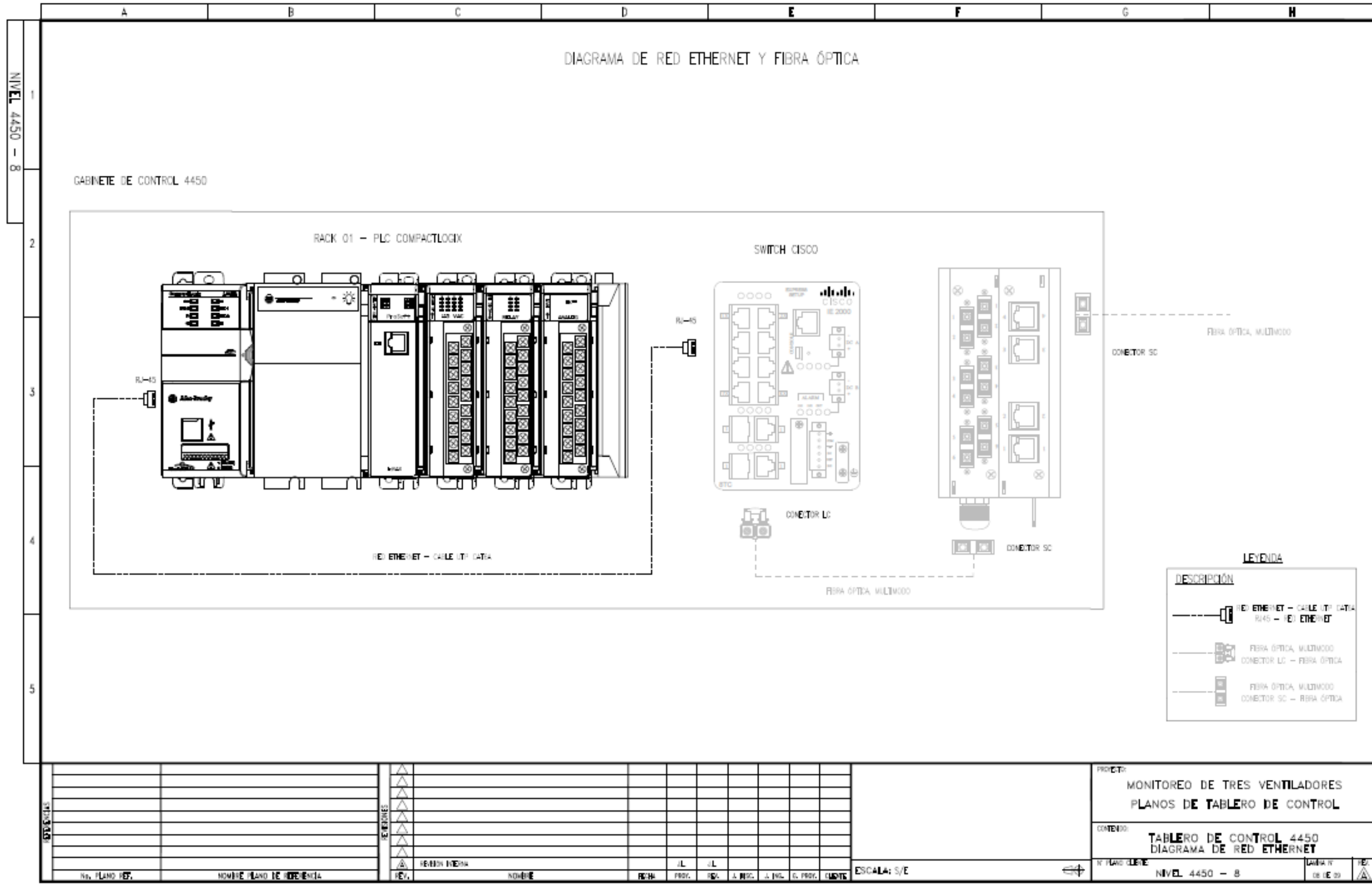


ANEXO 5

		A	B	C	D	E	F	G	H		
NIVEL 4450 - 2	1										
	2	PLANO		DESCRIPCIÓN DEL PLANO				PÁGINA			
		Nivel 4450 - 1		CARATULA				PAG. 1			
		Nivel 4450 - 2		INDICE GENERAL				PAG. 2			
		Nivel 4450 - 3		DIMENSIONES DE SOPORTE				PAG. 3			
		Nivel 4450 - 4		DIAGRAMA DE DIMENSIONES				PAG. 4			
		Nivel 4450 - 5		DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN				PAG. 5			
		Nivel 4450 - 6		LISTA DE EQUIPOS				PAG. 6			
		Nivel 4450 - 7		DETALLE DE RACK PLC				PAG. 7			
		Nivel 4450 - 8		DIAGRAMA DE RED ETHERNET				PAG. 8			
Nivel 4450 - 9		DIAGRAMA DE ALIMENTACIÓN				PAG. 9					
3											
	4										
5											
REVISIONES			REVISIONES								
	No. PLANO REF.	NOMBRE PLANO DE REFERENCIA	FEV.	REVISIONES	FECH.	PROY.	REV.	A. REC.	A. INV.	C. PROY.	CANTOS
										ESCALA: S/E	
										PROYECTO: MONITOREO DE TRES VENTILADORES PLANOS DE TABLERO DE CONTROL CONTENIDO: TABLERO DE CONTROL 4450 INDICE GENERAL N.º PLANO: NIVEL 4450 - 2	
										LÁMINA IV 00 DE 00	



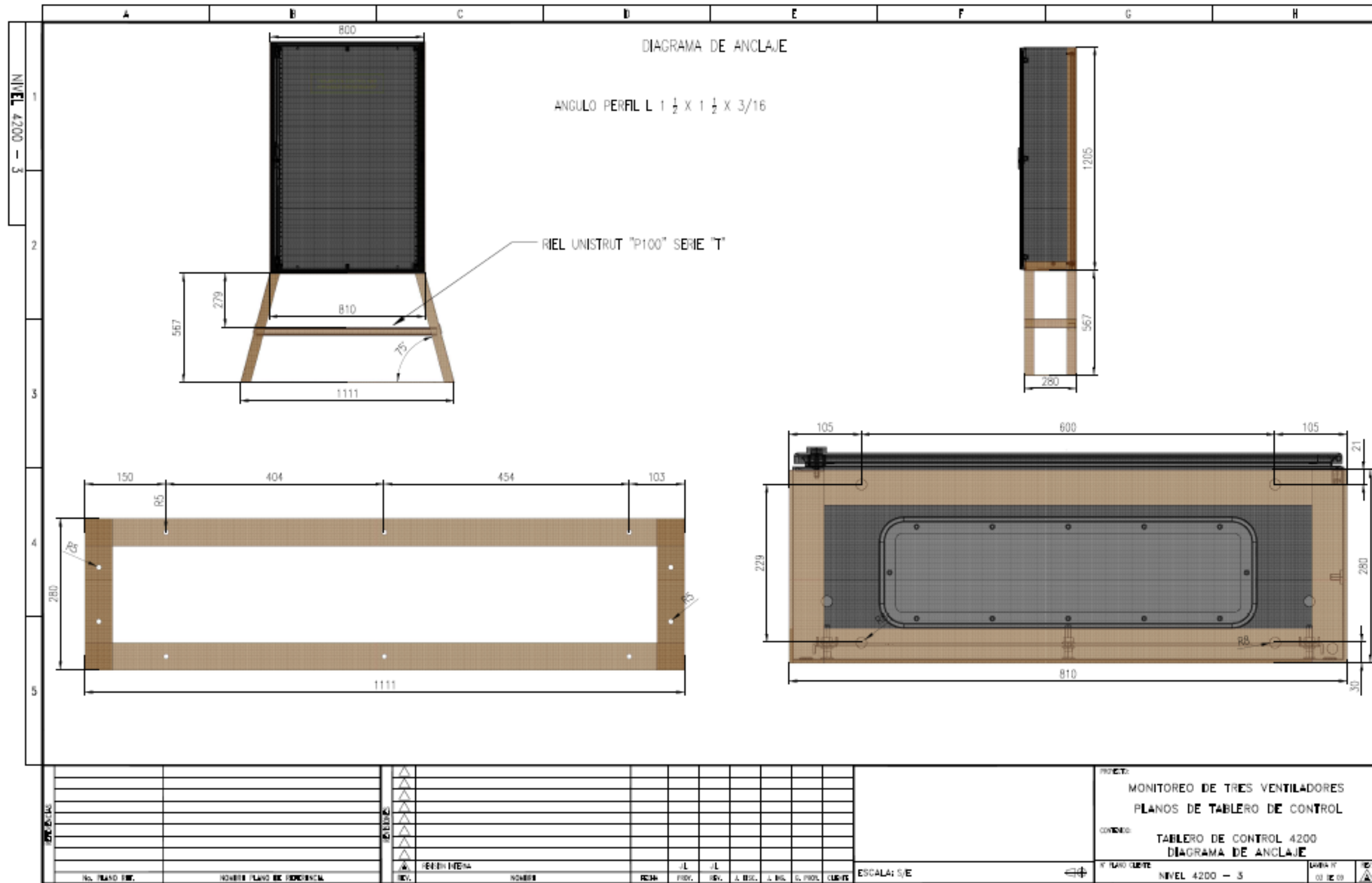


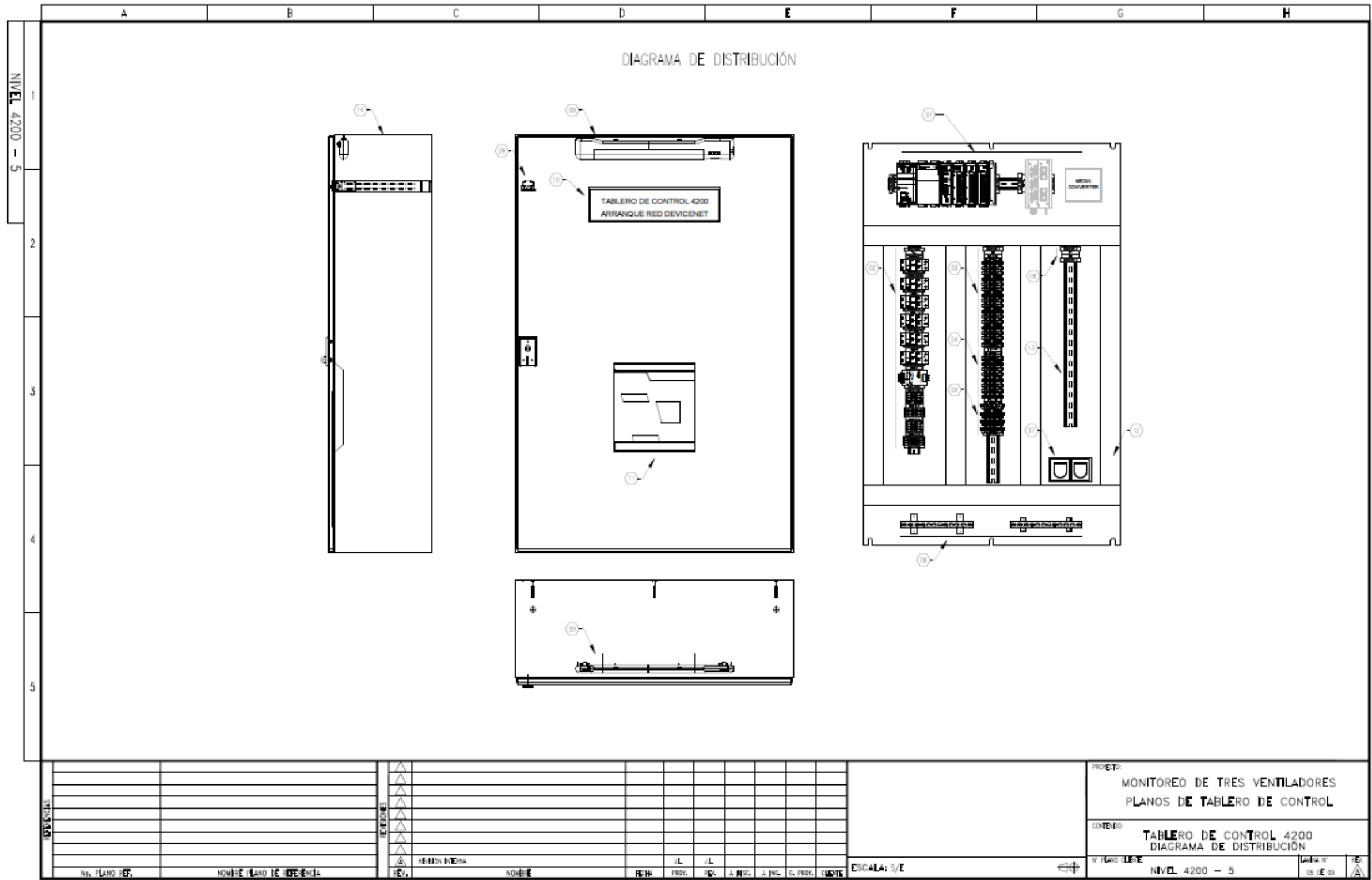




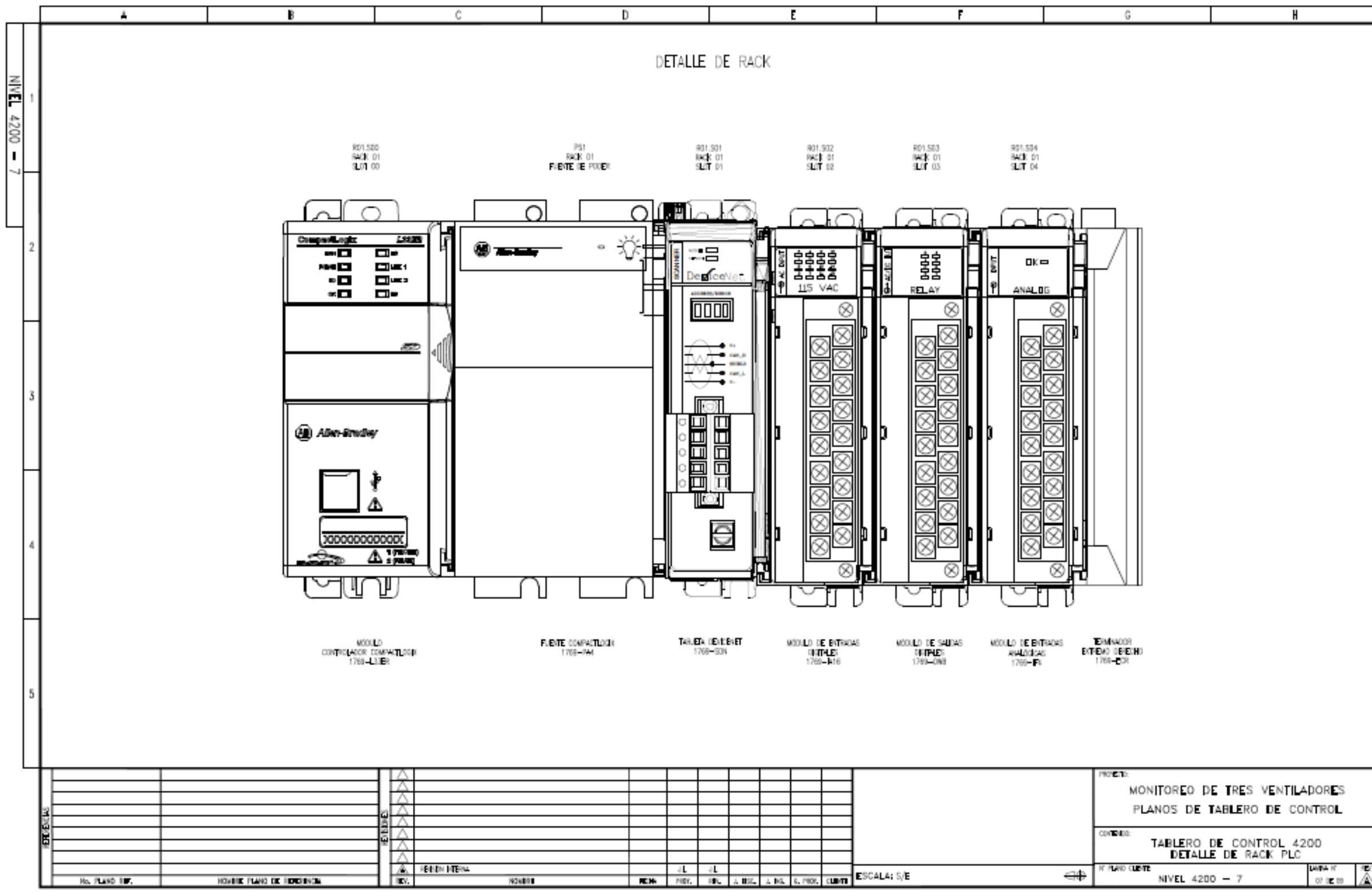
ANEXO 6

		A	B	C	D	E	F	G	H	
NIVEL 4200 - 2	1									
	2	PLANO		DESCRIPCIÓN DEL PLANO				PÁGINA		
		Nivel 4200 - 1		CARÁTULA				PAG. 1		
		Nivel 4200 - 2		INDICE GENERAL				PAG. 2		
		Nivel 4200 - 3		DIMENSIONES DE SOPORTE				PAG. 3		
		Nivel 4200 - 4		DIAGRAMA DE DIMENSIONES				PAG. 4		
		Nivel 4200 - 5		DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN				PAG. 5		
	3	Nivel 4200 - 6		LISTA DE EQUIPOS				PAG. 6		
		Nivel 4200 - 7		DETALLE DE RACK PLC				PAG. 7		
		Nivel 4200 - 8		DIAGRAMA DE RED ETHERNET				PAG. 8		
	Nivel 4200 - 9		DIAGRAMA DE ALIMENTACIÓN				PAG. 9			
4										
5										
NIVEL 4200 - 2	No. PLANO IND.		Nombre PLANO DE REFERENCIA		REVISIÓN		ESCALA: 5/E		PROYECTO: MONITOREO DE TRES VENTILADORES PLANOS DE TABLERO DE CONTROL CONTENIDO: TABLERO DE CONTROL 4200 INDICE GENERAL NIVEL 4200 - 2	
									30.01.08	



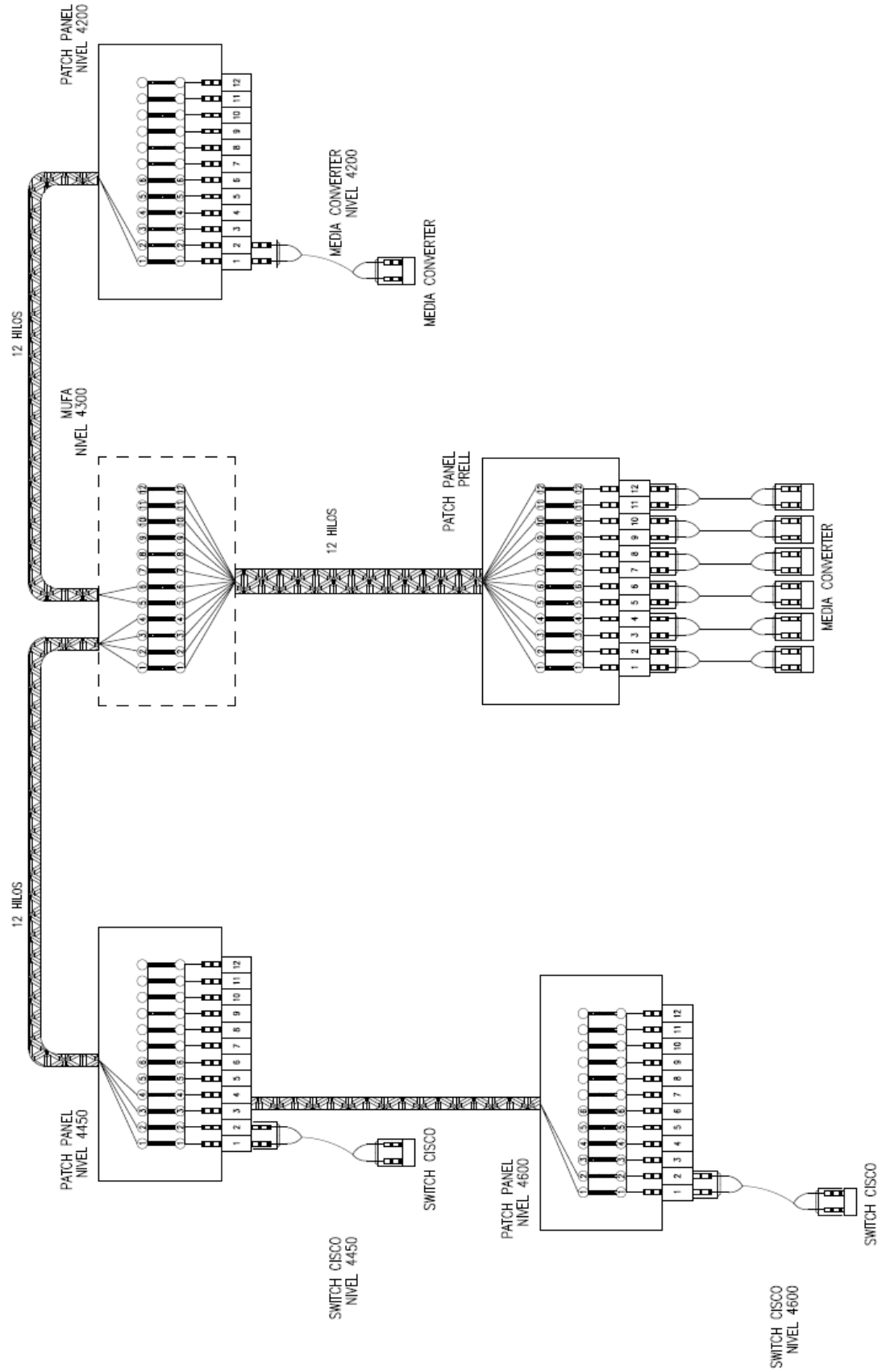


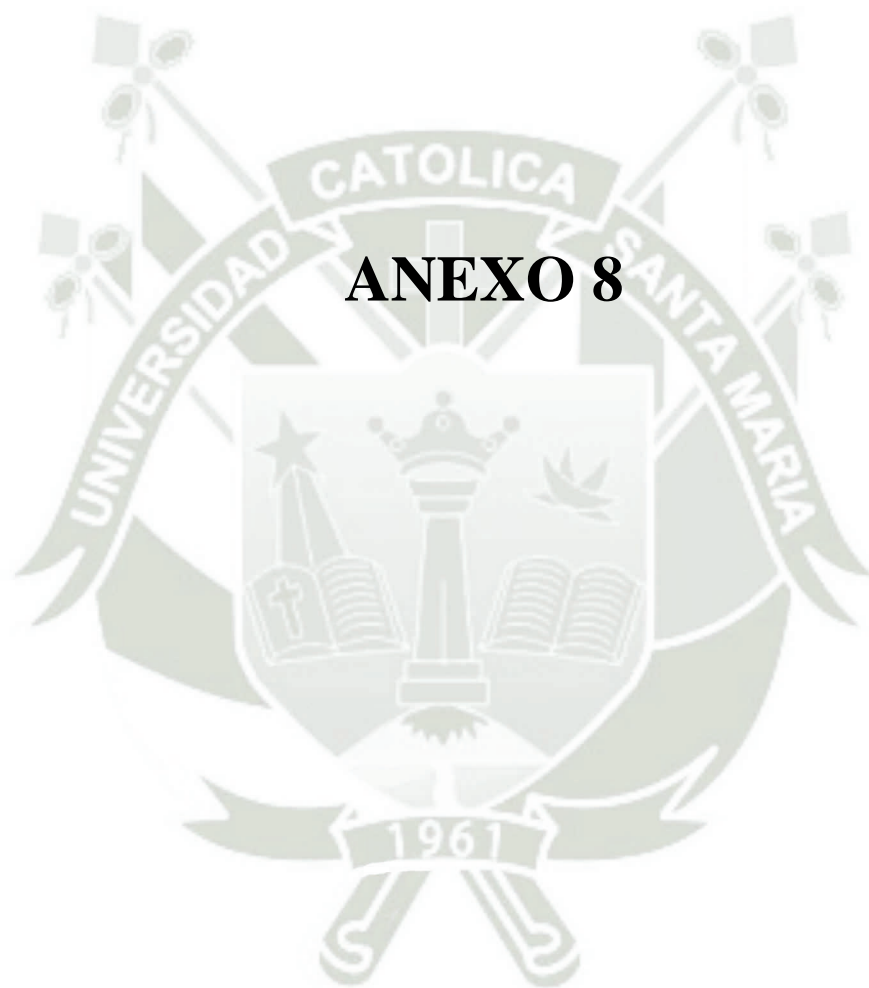
		A	B	C	D	E	F	G	H		
NIVEL 4200 - 6	1	LISTA DE EQUIPOS									
		ITEM	CANT	FABRICANTE	CATALOGO	DESCRIPCION					
		01	01	ALLEN BRADLEY	1789-LXD	CONTROLLER, COMPACTLOGIX LX, 2 MB USER MEMORY, 1 GB SECURE (OPT) MEMORY CARD					
		01	01	ALLEN BRADLEY	1789-SDN	COMPACTLOGIX SCANNER MODULE (EVENT RES)					
		01	01	ALLEN BRADLEY	1789-H15	16 POINT 120 VAC INPUT MODULE					
		01	01	ALLEN BRADLEY	1789-DNS	8 POINT VAC/VDC RELAY OUTPUT MODULE					
		01	01	ALLEN BRADLEY	1789-F4	4 CHANNEL ANALOG CURRENT/VOLTAGE INPUT MODULE					
		01	01	ALLEN BRADLEY	1789-PH	POWER SUPPLY 120/240 VAC INPUT 4A @ 5VDC, 3A @ 24VDC					
		01	01	ALLEN BRADLEY	1789-EDR	HINT END CAP/TERMINATOR					
		02	02	ALLEN BRADLEY	1492-QM35	MARCADOR DE GRUPO					
		04	04	ALLEN BRADLEY	1492-CA35	TIPO DE RETENCION					
		01	01	ALLEN TELEYS	AT-40103IL	CONDENSADOR DE ADELANTO 100µF(UL-16) A 100FR (5C) MONOMODO, HASTA 150V					
		02	12	ALLEN BRADLEY	1492-QM35	MARCADOR DE GRUPO					
		01	01	ALLEN BRADLEY	1492-SFM2C100	INTERRUPTOR AUTOMATICO MODULAR 2 POLOS, CURVA DE DEPARTO TIPO C, 10A					
		01	01	ALLEN BRADLEY	1492-SFM2C040	INTERRUPTOR AUTOMATICO MODULAR 2 POLOS, CURVA DE DEPARTO TIPO C, 4A					
		04	04	ALLEN BRADLEY	1492-SFM2C020	INTERRUPTOR AUTOMATICO MODULAR 2 POLOS, CURVA DE DEPARTO TIPO C, 2A					
		01	01	ALLEN BRADLEY	606-ULP50E	COMPACT POWER SUPPLY, 24-28V DC, 50 W, 120/240V AC / 85-375V DC INPUT VOLTAGE					
		06	06	ALLEN BRADLEY	1492-J24	BORNEA TERMINACION POR TORNILLO 4MM					
		06	06	ALLEN BRADLEY	1492-WF24	BORNEA PORTAFUSIBLE					
		08	08	ALLEN BRADLEY	1492-J4	BORNEA CONEXION POR TORNILLO 4MM COLOR GRIS					
		02	02	ALLEN BRADLEY	1492-ES13	PLACA DE CUBIERTA					
		03	03	ALLEN BRADLEY	1492-CA35	TIPO DE RETENCION					
		02	02	ALLEN BRADLEY	1492-QM35	MARCADOR DE GRUPO					
		16	16	ALLEN BRADLEY	1492-WF24	BORNEA PORTAFUSIBLE					
		17	17	ALLEN BRADLEY	1492-J4	BORNEA CONEXION POR TORNILLO 4MM COLOR GRIS					
16	16	ALLEN BRADLEY	1492-ES13	PLACA DE CUBIERTA							
01	01	ALLEN BRADLEY	1492-CA35	TIPO DE RETENCION							
2	3	LISTA DE EQUIPOS									
		ITEM	CANT	FABRICANTE	CATALOGO	DESCRIPCION					
		04	01	ALLEN BRADLEY	1492-QM35	MARCADOR DE GRUPO					
		09	09	ALLEN BRADLEY	1492-WF24	BORNEA PORTAFUSIBLE					
		08	08	ALLEN BRADLEY	1492-J4	BORNEA CONEXION POR TORNILLO 4MM COLOR GRIS					
		05	01	ALLEN BRADLEY	1492-QM35	MARCADOR DE GRUPO					
		04	04	ALLEN BRADLEY	1492-WF24	BORNEA PORTAFUSIBLE					
		04	04	ALLEN BRADLEY	1492-J03	BORNEA CONEXION DOBLE POR TORNILLO 4MM COLOR GRIS					
		04	04	ALLEN BRADLEY	1492-ES13	TAPA DE CUBIERTA					
		04	04	ALLEN BRADLEY	1492-J4-0	BORNEA CONEXION POR TORNILLO 4MM COLOR NEGRO					
		01	01	ALLEN BRADLEY	1492-CA35	TIPO DE RETENCION					
		06	02	ALLEN BRADLEY	1492-QM35	MARCADOR DE GRUPO					
		02	02	ALLEN BRADLEY	1492-CA35	TIPO DE RETENCION					
		07	01	LEITZ	---	TIMONERIE					
		08	02	---	---	SERIES DE HERRAMIENTAS ELECTRICAS E INSTRUMENTAL					
		09	01	ITAL	4140.010	ILUMINACION PARA ARMARIOS (100VAC - 240VAC)					
		01	01	ITAL	4315.720	INTERRUPTOR DE PUERTA CON CABLE DE CONEXION					
		10	01	---	---	PLACA DE IDENTIFICACION DE TABLERO DE CONTROL					
		11	01	---	---	PORTAVIOLAS DE TABLERO DE CONTROL					
		12	04	---	---	CABLES BARRADA					
		13	-	-	-	RELAY					
		14	01	ITAL	1280.500	ARMARIO 800x1200x300, HERRA 4, P. 66, RAL 7035, 01 PUERTA					
		3	4	LISTA DE EQUIPOS							
				ITEM	CANT	FABRICANTE	CATALOGO	DESCRIPCION			
				01	01	ALLEN BRADLEY	1789-LXD	CONTROLLER, COMPACTLOGIX LX, 2 MB USER MEMORY, 1 GB SECURE (OPT) MEMORY CARD			
01	01			ALLEN BRADLEY	1789-SDN	COMPACTLOGIX SCANNER MODULE (EVENT RES)					
01	01			ALLEN BRADLEY	1789-H15	16 POINT 120 VAC INPUT MODULE					
01	01			ALLEN BRADLEY	1789-DNS	8 POINT VAC/VDC RELAY OUTPUT MODULE					
01	01			ALLEN BRADLEY	1789-F4	4 CHANNEL ANALOG CURRENT/VOLTAGE INPUT MODULE					
01	01			ALLEN BRADLEY	1789-PH	POWER SUPPLY 120/240 VAC INPUT 4A @ 5VDC, 3A @ 24VDC					
01	01			ALLEN BRADLEY	1789-EDR	HINT END CAP/TERMINATOR					
02	02			ALLEN BRADLEY	1492-QM35	MARCADOR DE GRUPO					
04	04			ALLEN BRADLEY	1492-CA35	TIPO DE RETENCION					
01	01			ALLEN TELEYS	AT-40103IL	CONDENSADOR DE ADELANTO 100µF(UL-16) A 100FR (5C) MONOMODO, HASTA 150V					
02	12			ALLEN BRADLEY	1492-QM35	MARCADOR DE GRUPO					
01	01			ALLEN BRADLEY	1492-SFM2C100	INTERRUPTOR AUTOMATICO MODULAR 2 POLOS, CURVA DE DEPARTO TIPO C, 10A					
01	01			ALLEN BRADLEY	1492-SFM2C040	INTERRUPTOR AUTOMATICO MODULAR 2 POLOS, CURVA DE DEPARTO TIPO C, 4A					
04	04			ALLEN BRADLEY	1492-SFM2C020	INTERRUPTOR AUTOMATICO MODULAR 2 POLOS, CURVA DE DEPARTO TIPO C, 2A					
01	01			ALLEN BRADLEY	606-ULP50E	COMPACT POWER SUPPLY, 24-28V DC, 50 W, 120/240V AC / 85-375V DC INPUT VOLTAGE					
06	06			ALLEN BRADLEY	1492-J24	BORNEA TERMINACION POR TORNILLO 4MM					
06	06			ALLEN BRADLEY	1492-WF24	BORNEA PORTAFUSIBLE					
08	08			ALLEN BRADLEY	1492-J4	BORNEA CONEXION POR TORNILLO 4MM COLOR GRIS					
02	02			ALLEN BRADLEY	1492-ES13	PLACA DE CUBIERTA					
03	03			ALLEN BRADLEY	1492-CA35	TIPO DE RETENCION					
02	02			ALLEN BRADLEY	1492-QM35	MARCADOR DE GRUPO					
16	16			ALLEN BRADLEY	1492-WF24	BORNEA PORTAFUSIBLE					
17	17			ALLEN BRADLEY	1492-J4	BORNEA CONEXION POR TORNILLO 4MM COLOR GRIS					
16	16	ALLEN BRADLEY	1492-ES13	PLACA DE CUBIERTA							
01	01	ALLEN BRADLEY	1492-CA35	TIPO DE RETENCION							
4	5	LISTA DE EQUIPOS									
		ITEM	CANT	FABRICANTE	CATALOGO	DESCRIPCION					
		01	01	ALLEN BRADLEY	1789-LXD	CONTROLLER, COMPACTLOGIX LX, 2 MB USER MEMORY, 1 GB SECURE (OPT) MEMORY CARD					
		01	01	ALLEN BRADLEY	1789-SDN	COMPACTLOGIX SCANNER MODULE (EVENT RES)					
		01	01	ALLEN BRADLEY	1789-H15	16 POINT 120 VAC INPUT MODULE					
		01	01	ALLEN BRADLEY	1789-DNS	8 POINT VAC/VDC RELAY OUTPUT MODULE					
		01	01	ALLEN BRADLEY	1789-F4	4 CHANNEL ANALOG CURRENT/VOLTAGE INPUT MODULE					
		01	01	ALLEN BRADLEY	1789-PH	POWER SUPPLY 120/240 VAC INPUT 4A @ 5VDC, 3A @ 24VDC					
		01	01	ALLEN BRADLEY	1789-EDR	HINT END CAP/TERMINATOR					
		02	02	ALLEN BRADLEY	1492-QM35	MARCADOR DE GRUPO					
		04	04	ALLEN BRADLEY	1492-CA35	TIPO DE RETENCION					
		01	01	ALLEN TELEYS	AT-40103IL	CONDENSADOR DE ADELANTO 100µF(UL-16) A 100FR (5C) MONOMODO, HASTA 150V					
		02	12	ALLEN BRADLEY	1492-QM35	MARCADOR DE GRUPO					
		01	01	ALLEN BRADLEY	1492-SFM2C100	INTERRUPTOR AUTOMATICO MODULAR 2 POLOS, CURVA DE DEPARTO TIPO C, 10A					
		01	01	ALLEN BRADLEY	1492-SFM2C040	INTERRUPTOR AUTOMATICO MODULAR 2 POLOS, CURVA DE DEPARTO TIPO C, 4A					
		04	04	ALLEN BRADLEY	1492-SFM2C020	INTERRUPTOR AUTOMATICO MODULAR 2 POLOS, CURVA DE DEPARTO TIPO C, 2A					
		01	01	ALLEN BRADLEY	606-ULP50E	COMPACT POWER SUPPLY, 24-28V DC, 50 W, 120/240V AC / 85-375V DC INPUT VOLTAGE					
		06	06	ALLEN BRADLEY	1492-J24	BORNEA TERMINACION POR TORNILLO 4MM					
		06	06	ALLEN BRADLEY	1492-WF24	BORNEA PORTAFUSIBLE					
		08	08	ALLEN BRADLEY	1492-J4	BORNEA CONEXION POR TORNILLO 4MM COLOR GRIS					
		02	02	ALLEN BRADLEY	1492-ES13	PLACA DE CUBIERTA					
		03	03	ALLEN BRADLEY	1492-CA35	TIPO DE RETENCION					
		02	02	ALLEN BRADLEY	1492-QM35	MARCADOR DE GRUPO					
		16	16	ALLEN BRADLEY	1492-WF24	BORNEA PORTAFUSIBLE					
		17	17	ALLEN BRADLEY	1492-J4	BORNEA CONEXION POR TORNILLO 4MM COLOR GRIS					
16	16	ALLEN BRADLEY	1492-ES13	PLACA DE CUBIERTA							
01	01	ALLEN BRADLEY	1492-CA35	TIPO DE RETENCION							





ANEXO 7

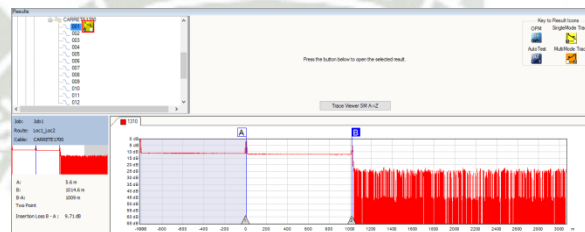




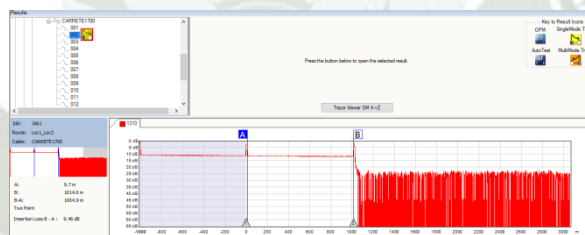
Para la fusión de la fibra tenemos en cuenta el siguiente código de colores según estándar TIA-596-C.

Colores para Fibras Individuales (según estándar TIA-598-C)			
Posición	Color	Posición	Color
1	Azul	13	Azul con línea negra
2	Naranja	14	Naranja con línea negra
3	Verde	15	Verde con línea negra
4	Marrón	16	Marrón con línea negra
5	Gris	17	Gris con línea negra
6	Blanco	18	Blanco con línea negra
7	Rojo	19	Rojo con línea negra
8	Negro	20	Negro con línea amarilla
9	Amarillo	21	Amarillo con línea negra
10	Violeta	22	Violeta con línea negra
11	Rosa	23	Rosa con línea negra
12	Turquesa	24	Turquesa con línea negra

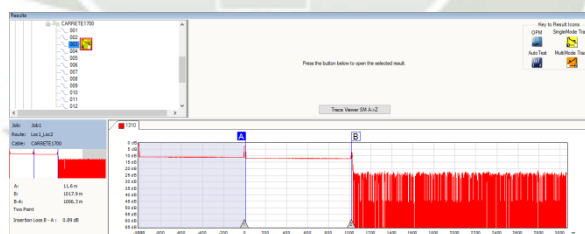
Tenemos las siguientes gráficas obtenidas de nuestro equipo OTDR del carrete de fibra óptica:



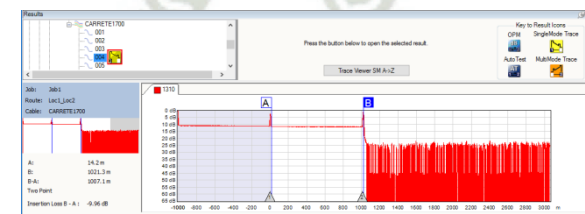
Azul



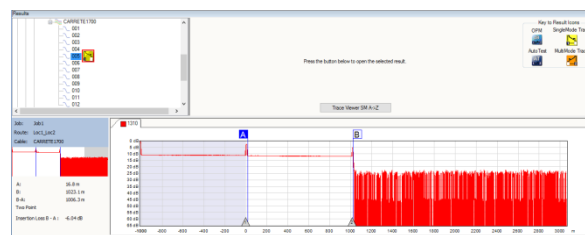
Naranja



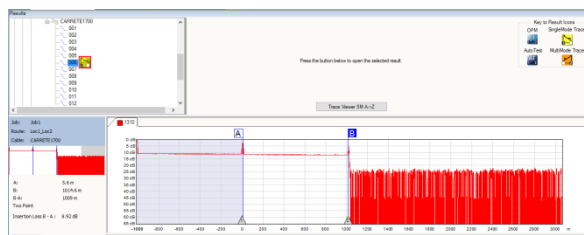
Verde



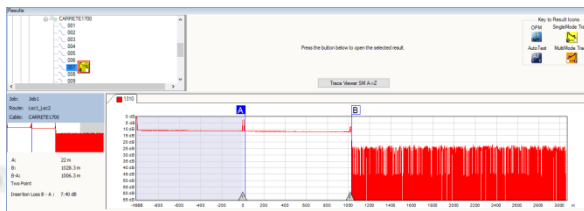
Marrón



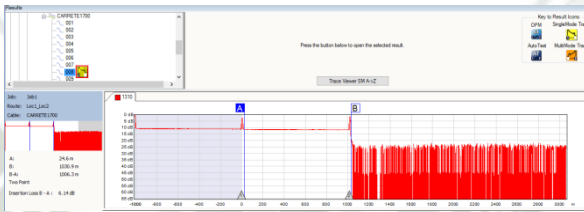
Gris



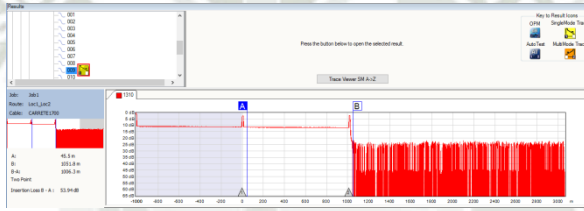
Blanco



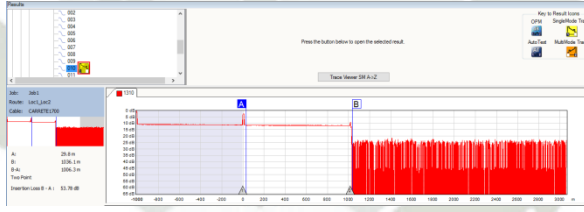
Rojo



Negro



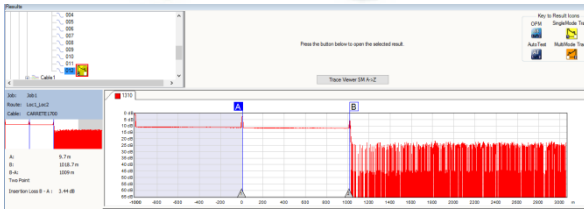
Amarillo



Violeta



Rosa

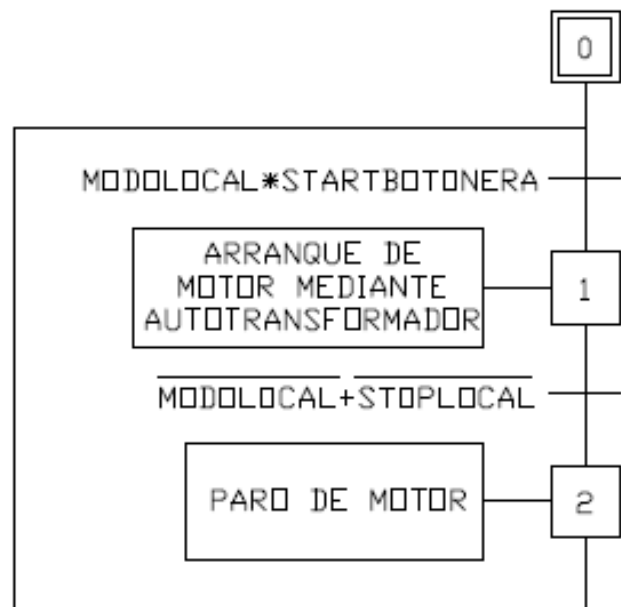


Turquesa

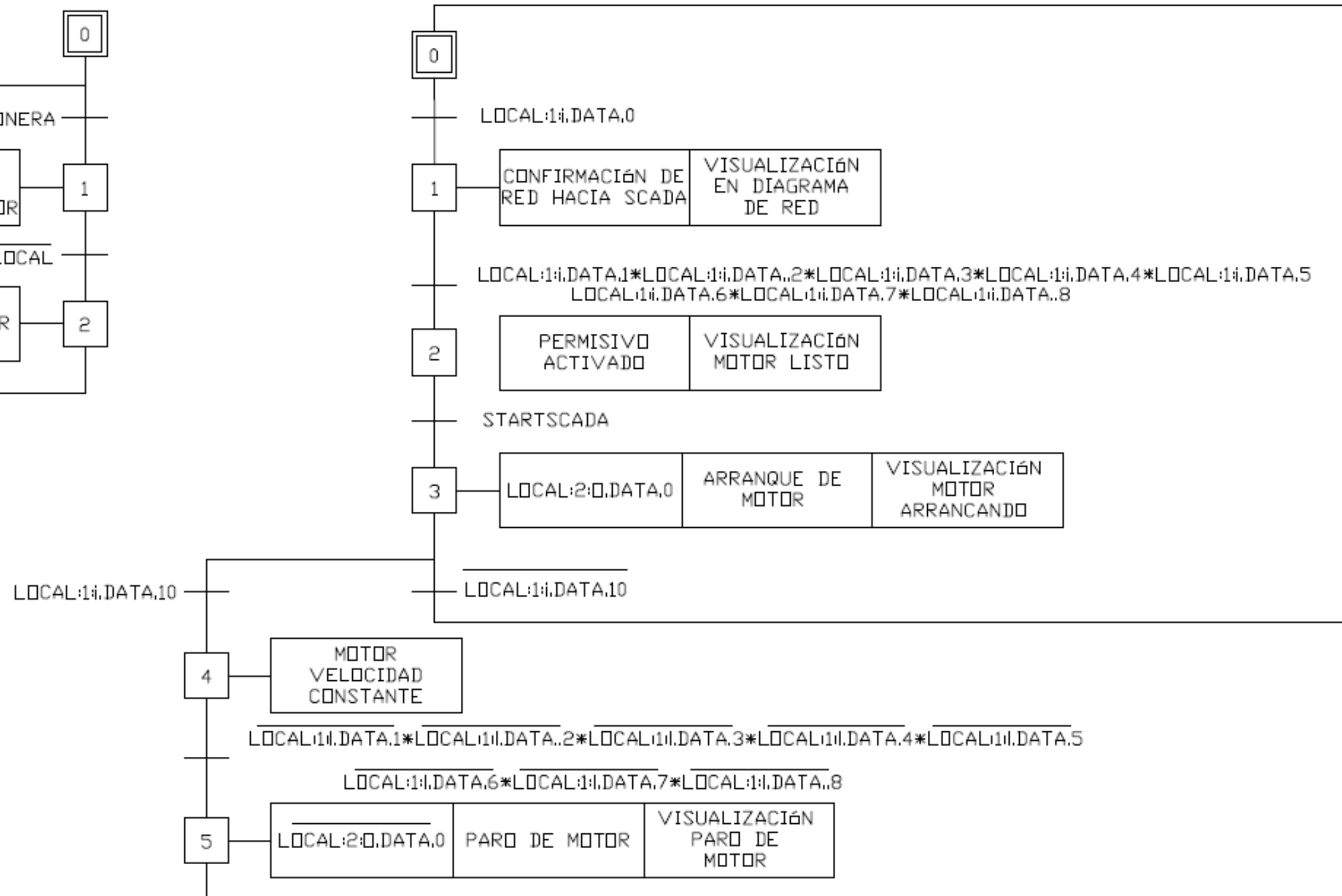


ANEXO 9

GRAFSET TABLERO
AUTOTRANSFORMADOR



GRAFSET PLC





ANEXO 10

GRAFICET TABLERO
VARIADOR DE
VELOCIDAD

GRAFICET PLC

