

**Universidad Católica de Santa María**

**Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales**

**Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica**



**“DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE MONITOREO Y  
SUPERVISION DE COSTO POR PRODUCTO FABRICADO POR  
LA EMPRESA EMBOTELLADORA SAN MIGUEL DEL SUR  
S.A.C.”**

**Tesis presentada por el bachiller:  
Rosado Málaga, Diego Álvaro  
para optar el Título Profesional de:  
Ingeniero Electrónico**

**Asesor:  
Ing. Zegarra Gago, Henry**

**AREQUIPA – PERÚ**

**2018**

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA  
URB. SAN JOSÉ S/N - UMACOLLO



**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**INFORME DICTAMEN DE BORRADOR DE TESIS**

Los que suscriben:

Ing. Henry Christian Zegarra Gago

Dictaminadores del Borrador de Tesis titulado:

Desarrollo de un Prototipo de monitores y supervisión de  
costo por producto fabricado por la empresa embotelladora  
san Miguel del Sur S.A.C.

Nombrados con Decreto Nro.: 001-DEPIE-2018, de fecha: 8 de marzo

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

3. Diego Dlvoro Rosado Malaga.

4. \_\_\_\_\_

Cumplen con emitir su Dictamen:

- No registra observaciones, es procedente
- Registra observaciones que deben ser subsanadas (ver hoja adjunta)

Arequipa, 20 de abril, 2018

Henry Zegarra Gago

Henry Zegarra Gago

Código Nro.: 2465

Juan Carlos

SUPLENTE COPA DIFUSION

Código Nro.: 1886

## PRESENTACIÓN

El 04 de abril de 2016, tuve la oportunidad de ser parte de la empresa Calidad Total Mecatronic E.I.R.L., empresa que ganó el proyecto de investigación con código PITEI-3-P-238-169-15 del programa de Innóvate Perú, formando una alianza con la empresa CEEP, la Universidad La Salle y la Embotelladora San Miguel del Sur, dicho proyecto tiene como nombre oficial: SIGER (Sistema Integral de Gestión Energética Remoto), el cual contempla el desarrollo de un sistema de gestión energética y de producción para la obtención de indicadores de gestión (desarrollo de un software) y la implementación de un sistema electrónico para la adquisición y envío de datos a un servidor (programación e instalación de hardware y equipos).

Siendo investigador integrante del equipo técnico que desarrolló este proyecto, en el presente trabajo se plantea el fundamento teórico, la selección, configuración, programación, implementación y funcionamiento del sistema electrónico de SIGER, además de diseñar un sistema mínimo de visualización y gestión de la información, donde se podrá apreciar los parámetros obtenidos a partir del sistema electrónico para efectos de demostrar el funcionamiento del mismo y evaluar los resultados obtenidos.

El proyecto contempla lograr la obtención de parámetros eléctricos y de producción de una forma sistemática y autónoma para su posterior procesamiento y visualización remota y/o local.

La propuesta de supervisión, monitoreo, adquisición y gestión de energía y producción cumple con los objetivos propuestos y es factible que se convierta en una herramienta indispensable en la gestión interna de las empresas del sector industrial siendo así un sistema viable y con resultados óptimos que posteriormente, puede convertirse en un servicio que compita a nivel nacional e internacional.

*Dedicación a:*

*Mis padres Henry y Carla, por su inmenso amor y paciencia, siempre creyeron en mi trabajo y me apoyaron a lo largo de toda mi vida.*

*Mis hermanos Fabrizio y Pierre, por su sincero cariño y apoyo.*

*Mi tío José Luis, por su incondicional apoyo, por sus consejos de vida y profesionales.*

*A Jimena y Alexia, por el apoyo incondicional en todo momento.*

*Dios, por permitirme realizarme como una persona correcta y de principios; y darme fortaleza para culminar esta etapa en mi vida académica.*

## INTRODUCCIÓN

La gestión de la energía eléctrica esta pobremente implementada en las industrias, por lo que el consumo de la energía eléctrica muchas veces es desperdiciado o utilizado ineficientemente, provocando excesos de costes en la facturación cada fin de mes, debido a esto surge la necesidad de contar con personal encargado de contabilizar y controlar los consumos, especialmente los que se dan durante el periodo de horas punta, ya que el coste se eleva a casi al doble, pero generalmente las empresas no cuentan con dicho personal y terminan pagando el coste adicional o simplemente no cuentan con las herramientas necesarias para controlar esta gestión.

Por otro lado, la gestión de producción y eficiencia de las líneas de producción esta implementado parcialmente, utilizando elementos humanos, siendo parte de las tareas del personal el llenado de formularios para contabilizar y medir la producción, mas no es posible la medición de pérdidas de tiempo en paradas por averías, por preparación de la misma línea, el control de la velocidad optima de la línea de acuerdo al producto, etc. Toda esa información útil no es posible ser recolectada de forma real y por lo tanto se utilizan artificios indirectos para su medición, siendo una gestión de poca resolución que muchas veces no permite a la gerencia tomar decisiones que mejoren los indicadores de producción de una forma adecuada.

Con ello nace la necesidad de contar con un sistema de supervisión y monitoreo, para llegar a la obtención de estos indicadores de forma automática, siendo confiables y además reales.

## RESUMEN

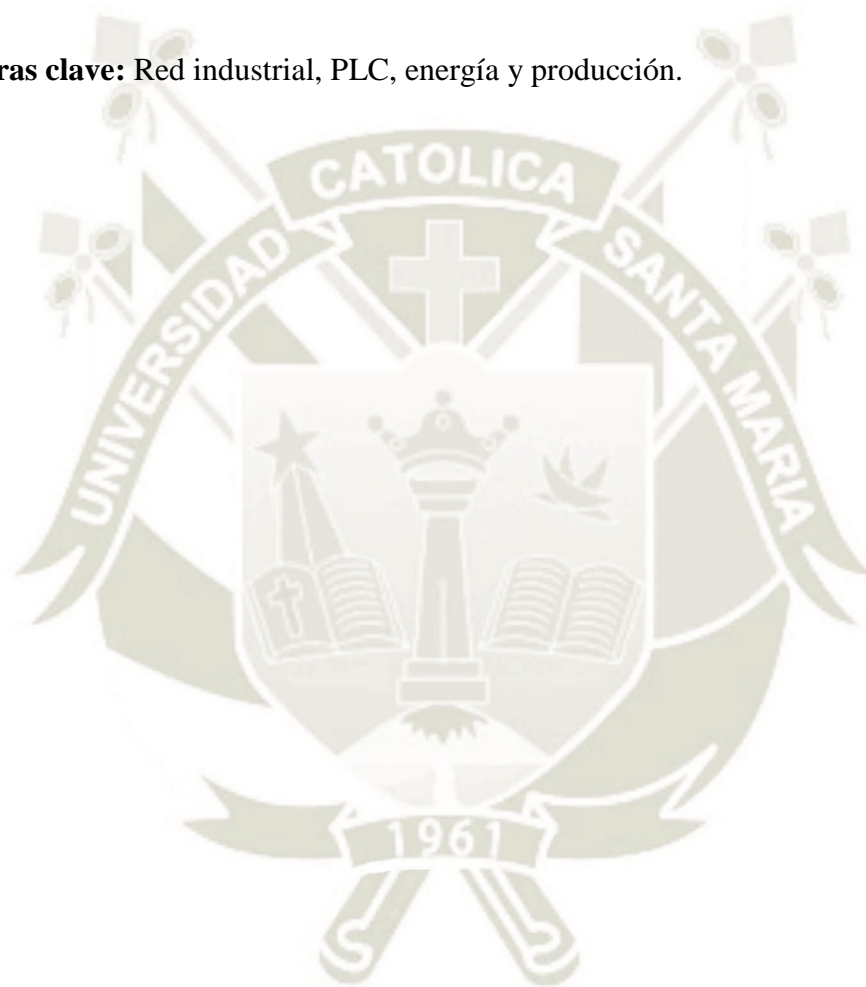
Actualmente, empresas del sector industrial cuentan con maquinarias relativamente modernas en el mejor de los casos, mientras que otras simplemente poseen equipos que requieren de mucho mantenimiento para que continúen funcionando, todas estas máquinas poco o nada son evaluadas en su desempeño y eficiencia para producir, además su consumo eléctrico, muchas veces no justifica el gasto por mantenimiento que demandan. Por ello es importante contar con un sistema que pueda medir la eficiencia con la que producen y a la vez que compare el consumo eléctrico que demandan dichas máquinas para su funcionamiento, obteniendo así indicadores útiles para la gerencia de la empresa que le permita tomar decisiones sobre sus máquinas y sobre el grupo humano que conforma a la empresa, siendo así una poderosa herramienta a la hora de tomar decisiones.

La electrónica nos ayuda a solucionar este problema, por medio de la implementación de un sistema automatizado de supervisión, monitoreo, adquisición y procesamiento de información de manera local y/o remota, contribuyendo significativamente a una mejora en la gestión de los gastos por mantenimiento y de operación en las empresas de este sector; siendo ésta la razón por la que se ha realizado este proyecto con equipos industriales que permiten una programación flexible, escalable, confiable y que se encuentran al alcance de las empresas, además de prestar funcionalidades de comunicación industrial y visualización web, lo que permite incluso llevar la información obtenida a través de internet e incluso a través de tecnologías inalámbricas como Wi-Fi, al alcance de las manos de los supervisores de producción y mantenimiento de las industrias.

La presente tesis está conformada por 6 capítulos: en el Capítulo 1 se explican los fundamentos, objetivos e hipótesis que respaldan la investigación, además de las fases del desarrollo del proyecto, en el Capítulo 2 se describe el marco teórico y los conceptos clave para el entendimiento del funcionamiento del sistema, además que estos conceptos serán útiles para la interpretación de los datos que se obtengan al final del proyecto, en el Capítulo 3 se enumeran y detallan los sistemas existentes que cumplen con algunos de

los ideales del proyecto, pero que no están al alcance de las industrias, luego en el Capítulo 4, se describen las arquitecturas del sistema electrónico y las características de cada uno de los equipos que la conforman, en el Capítulo 5 se explica y detalla la programación, configuración y funcionamiento de cada componente del proyecto, para luego finalmente en el Capítulo 6 explicar e interpretar los resultados obtenidos con el proyecto de monitoreo, adquisición y procesamiento de información.

**Palabras clave:** Red industrial, PLC, energía y producción.



## ABSTRACT

Currently, companies from the industrial sector have relatively modern machinery at best, while others simply have equipment that requires a lot of maintenance to continue working, all these machines are little or nothing evaluated in their performance and efficiency to produce, also their electricity consumption, often does not justify the maintenance costs that they demand. It is therefore important to have a system that can measure the efficiency with which they produce and at the same time compare the electrical consumption demanded by these machines for their operation, thus obtaining useful indicators for the management of the company that allows it to make decisions about its machines and on the human group that conforms the company, being thus a powerful tool when making decisions.

Electronics help us to solve this problem by implementing an automated system for supervising, monitoring, acquiring and processing information in a local and / or remote way, contributing significantly to an improvement in the management of expenses for maintenance and operation in the companies of this sector; this being the reason why this project has been carried out with industrial equipment that allows a flexible, scalable, reliable programming that are within the reach of companies, as well as providing industrial communication and web visualization capabilities, which allows even carrying the information obtained through the internet and even through wireless technologies such as Wi-Fi, within reach of the hands of production and maintenance supervisors from industries.

The present thesis is made up by 6 chapters: Chapter 1 explains the fundamentals, objectives and hypotheses that support the research, in addition to the phases of project development, Chapter 2 describes the theoretical framework and key concepts for the understanding of the functioning of the system, and that these concepts will be useful for the interpretation of the data obtained at the end of the project, Chapter 3 lists and details existing systems that meet some of the ideals of the project, but which do not are within the reach of industries, then Chapter 4, describes the architectures of the electronic system and the characteristics of each of the equipment that comprise it, Chapter 5 explains and

details the programming, configuration and operation of each component of the project, finally in Chapter 6 explain and interpret the results obtained with the project monitoring, acquisition and processing of information.

**Key words:** Industrial network, PLC, energy and production.



## ÍNDICE

### INTRODUCCIÓN

### RESUMEN

### ABSTRACT

<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO</b> .....	1
<b>1.1. Descripción del problema</b> .....	1
<b>1.2. Objetivos</b> .....	2
1.2.1. Objetivo principal.....	2
1.2.2. Objetivos secundarios.....	2
<b>1.3. Hipótesis</b> .....	3
1.3.1. Hipótesis principal.....	3
1.3.2. Hipótesis secundaria.....	3
<b>1.4. Variables</b> .....	3
1.4.1. Variable independiente.....	3
1.4.2. Variable dependiente.....	3
<b>1.5. Antecedentes de la investigación</b> .....	3
<b>1.6. Fases del desarrollo</b> .....	4
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	6
<b>2.1. Indicador OEE</b> .....	6
2.1.1. ¿Por qué OEE?.....	6
2.1.2. Planificación.....	7
2.1.3. Disponibilidad.....	7
2.1.4. Rendimiento.....	7
2.1.5. Calidad.....	8
2.1.6. OEE.....	8

<b>2.2. Factor de Calificación</b> .....	9
2.2.1. Tarifas eléctricas.....	10
2.2.2. Demanda máxima.....	10
2.2.3. Energía activa en hora punta .....	11
2.2.4. Hora Punta .....	11
<b>2.3. Protocolos de Comunicación</b> .....	12
2.3.1. CANopen.....	12
2.3.2. Modbus .....	15
<b>CAPÍTULO III: ESTADO DEL ARTE DE SISTEMAS DE MONITOREO</b> .....	20
<b>3.1. Sistemas de Medición de OEE</b> .....	20
3.1.1. Schneider-Electric: Wonderware.....	20
3.1.2. Sistemas OEE: Smart OEE.....	21
<b>3.2. Sistemas de Gestión de Energía Eléctrica</b> .....	23
3.2.1. Schneider-Electric: StruxureWare Power Monitoring Expert.....	23
3.2.2. Circutor: PowerStudio .....	24
3.2.3. Dexma: DEXCell Energy Manager.....	25
<b>CAPÍTULO IV: DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DE MONITOREO</b> 27	
<b>4.1. Arquitectura del sistema</b> .....	27
4.1.1. Arquitectura basada en TWIDO WAGES.....	27
4.1.2. Arquitectura basada en HMI.....	30
4.1.3. Arquitectura basada en eWON Cosy.....	31
4.1.4. Arquitectura basada en eWON Flexy.....	33
4.1.5. Arquitectura basada en VMU-C EM.....	35
4.1.6. Arquitectura final basada en EGX300.....	37
4.1.7. Arquitectura basada en Com’X 510 .....	39
<b>4.2. Sensores</b> .....	41

4.2.1.	Sensores Fotoeléctricos Retro Reflectivos .....	43
4.2.2.	Sensores Fotoeléctricos Difusos.....	44
<b>4.3.</b>	<b>Medidores multifunción .....</b>	<b>45</b>
4.3.1.	Medidor de energía CVM-C10.....	47
4.3.2.	Medidor de energía PM710 .....	48
4.3.3.	Medidor de energía PM850 .....	50
4.3.4.	Medidor de energía PM5110 .....	52
<b>4.4.</b>	<b>PLC's.....</b>	<b>54</b>
4.4.1.	PLC M221 .....	57
4.4.2.	PLC M251 .....	59
4.4.3.	SoMachine Basic .....	62
4.4.4.	SoMachine .....	64
<b>4.5.</b>	<b>HMI.....</b>	<b>67</b>
4.5.1.	HMI STU855 .....	67
4.5.2.	HMI GTO2310 .....	69
4.5.3.	Vijeo Designer .....	70
4.5.4.	Vijeo Designer 'Air .....	74
<b>4.6.</b>	<b>Pasarela de Comunicación .....</b>	<b>75</b>
4.6.1.	Pasarela de comunicación EGX300 .....	77
4.6.2.	Pasarela de comunicación Com'X 510.....	79
4.6.3.	Pasarela de comunicación VMU-C EM .....	82
<b>4.7.</b>	<b>Router Industrial .....</b>	<b>85</b>
4.7.1.	Router industrial eWON Cosy.....	86
4.7.2.	Router industrial eWON Flexy.....	88
<b>4.8.</b>	<b>Router Inalámbrico .....</b>	<b>91</b>

## CAPÍTULO V: PROGRAMACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

.....	93
<b>5.1. M221 – LP01, LP02 y LP03</b> .....	93
5.1.1. OEE .....	96
5.1.2. Paradas.....	96
5.1.3. Parámetros .....	96
5.1.4. RTC .....	97
5.1.5. Asignación de Entradas Digitales.....	98
<b>5.2. M251 – LP04 y LP05</b> .....	99
5.2.1. Generador de Tiempo Base .....	101
5.2.2. Programa.....	102
5.2.3. Paradas.....	102
5.2.4. Parámetros .....	103
5.2.5. Cálculos .....	103
5.2.6. Medición de energía LP04.....	109
5.2.7. Lista de variables globales (GVL).....	113
5.2.8. Lista de variables persistentes (PersistentVars).....	115
5.2.9. Asignación de entradas digitales .....	116
5.2.10. Pantalla de visualización web.....	117
<b>5.3. HMI STU855 y HMI GTO2310</b> .....	119
5.3.1. Configuración de variables.....	119
5.3.2. Diseño de pantallas .....	125
5.3.3. Navegación y funcionamiento .....	128
<b>5.4. PLC M251 – Principal</b> .....	148
5.4.1. Reloj en tiempo real (RTC) .....	150
5.4.2. Secuencia de inicio (START).....	151

5.4.3.	Calendarización .....	154
5.4.4.	Factor de calificación.....	155
5.4.5.	OEE .....	164
5.4.6.	Indicador de kWh/l .....	168
5.4.7.	Costo de Energía del Producto Fabricado .....	171
5.4.8.	Comunicación Modbus.....	171
5.4.9.	Formato de registro de datos .....	175
5.4.10.	Datalogging .....	176
5.4.11.	Lista de variables globales (GVL).....	178
5.4.12.	Lista de variables persistentes (PersistentVars).....	178
5.4.13.	Pantalla de visualización web.....	180
<b>5.5.</b>	<b>HMI Virtual GTO6310.....</b>	<b>182</b>
5.5.1.	Configuración de variables.....	183
5.5.2.	Diseño de pantallas.....	184
5.5.3.	Navegación y funcionamiento.....	186
<b>5.6.</b>	<b>Pasarela de comunicación EGX300.....</b>	<b>191</b>
5.6.1.	Acceso y configuración .....	192
5.6.2.	Creación de plantillas personalizadas.....	196
5.6.3.	Mapeo Modbus de dispositivos .....	210
<b>5.7.</b>	<b>Router eWON Flexy .....</b>	<b>229</b>
5.7.1.	Configuración .....	230
5.7.2.	Acceso a través de eCatcher .....	232
<b>5.8.</b>	<b>Acceso remoto a través de smartphone.....</b>	<b>235</b>
5.8.1.	Aplicación eCatcher .....	235
5.8.2.	Aplicación Vijeo Designer 'Air.....	238
5.8.3.	Acceso a visualización web de datos.....	240

<b>5.9. Instalaciones eléctricas .....</b>	<b>242</b>
5.9.1. Panel fotográfico.....	243
5.9.2. Normativas de instalación .....	249
<b>5.10. Cableado estructurado .....</b>	<b>250</b>
<b>CAPITULO VI: VALIDACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ....</b>	<b>254</b>
<b>6.1. Validación del factor de calificación .....</b>	<b>254</b>
6.1.1. Cálculo a partir de los parámetros del medidor.....	254
6.1.2. Comparación de cálculo manual y automático.....	274
<b>6.2. Cálculo de ahorro mensual en energía eléctrica .....</b>	<b>275</b>
<b>6.3. Cálculo del OEE.....</b>	<b>286</b>
<b>6.4. Cálculo del Costo del Producto Fabricado .....</b>	<b>294</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>296</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>298</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>300</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>303</b>
<b>ANEXO 1 – Planos eléctricos de las instalaciones .....</b>	<b>303</b>
<b>ANEXO 2 – Presupuesto del proyecto .....</b>	<b>321</b>
<b>ANEXO 3 – Hojas técnicas de los equipos y materiales.....</b>	<b>323</b>
<b>ANEXO 4 – Programas de los PLC's.....</b>	<b>343</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 2.1. Parámetros que conforman el OEE</i> .....	6
<i>Figura 2.2. Formato de trama CAN (DLC = Data Length Code)</i> .....	14
<i>Figura 2.3. Niveles del modelo OSI de ISO</i> .....	16
<i>Figura 3.1. Plataforma Wonderware</i> .....	21
<i>Figura 3.2. Productos Smart OEE</i> .....	22
<i>Figura 3.3. Plataforma Power Monitoring Expert</i> .....	23
<i>Figura 3.4. Plataforma PowerStudio</i> .....	24
<i>Figura 3.5. Cadena de gestión energética según DEXMA</i> .....	25
<i>Figura 3.6. Arquitectura de DEXCell</i> .....	26
<i>Figura 4.1. Arquitectura basada en TWIDO WAGES</i> .....	28
<i>Figura 4.2. Arquitectura basada en HMI GTO5310</i> .....	30
<i>Figura 4.3. Arquitectura basada en eWON Cosy</i> .....	31
<i>Figura 4.4. Arquitectura basada en eWON Flexy</i> .....	33
<i>Figura 4.5. Arquitectura con pasarela VMU-CE de Carlo Gavazzi</i> .....	35
<i>Figura 4.6. Arquitectura basada en EGX300 Maestro</i> .....	37
<i>Figura 4.7. Arquitectura utilizando Com'X 510</i> .....	39
<i>Figura 4.8. Sensor fotoeléctrico ZR-QX200N – Optex FA</i> .....	43
<i>Figura 4.9. Sensor fotoeléctrico T18SN6LQ – Banner</i> .....	44
<i>Figura 4.10. Sensor fotoeléctrico SM312W – Banner</i> .....	45
<i>Figura 4.11. Medidor Multifunción CVM-C10 – Circutor</i> .....	47
<i>Figura 4.12. Características del medidor multifunción Circutor CVM-C10</i> .....	48
<i>Figura 4.13. Medidor de energía PM710 – Schneider-Electric</i> .....	49
<i>Figura 4.14. Medidor de energía PM850 – Schneider-Electric</i> .....	50
<i>Figura 4.15. Medidor de energía METSEPM5110 – Schneider-Electric</i> .....	53
<i>Figura 4.16. Controladores lógicos Modicon M221 – Schneider-Electric</i> .....	57
<i>Figura 4.17. Controlador lógico programable Modicon M251 – Schneider-Electric</i> ....	60
<i>Figura 4.18. Software SoMachine Basic</i> .....	62
<i>Figura 4.19. Software SoMachine Basic</i> .....	63

<i>Figura 4.20. Plataforma de software SoMachine .....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 4.21. Solución de software .....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 4.22. Gestor de proyectos.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 4.23. Programación.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 4.24. Pantalla HMISTU855 – Schneider-Electric.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 4.25. Pantalla HMIGTO2310 – Schneider-Electric.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 4.26. Software Vijeo Designer.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 4.27. Ejemplo de proyecto Vijeo Designer.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 4.28. Plataforma Vijeo Designer.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 4.29. Barra de herramientas gráfica.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 4.30. Biblioteca de objetos gráficos animados.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 4.31. Administrador de alarmas.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 4.32. Vijeo Designer 'Air.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 4.33. Arquitectura con Vijeo Designer 'Air .....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 4.34. Pasarela PowerLogic EGX300 – Schneider-Electric .....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 4.35. Descripción general de la EGX300.....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 4.36. Pasarela Com 'X 510 – Schneider-Electric .....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 4.37. Infraestructura de comunicación del Com 'X 510 .....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 4.38. Cuadro comparativo de valores de energía acumulados en el tiempo .....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 4.39. Datos y mediciones en bruto de uno de los dispositivos de campo.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 4.40. Tendencia histórica comparando múltiples dispositivos y variables.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 4.41. Servidor Web de Energía VMU-C – Carlo Gavazzi.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 4.42. Arquitectura VMU-C EM con el número máximo de dispositivos.....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 4.43. Arquitectura de comunicación del sistema VMU-C EM .....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 4.44. Router VPN industrial eWON Cosy 141 .....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 4.45. Principio de funcionamiento eWON Cosy.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 4.46. Router VPN Industrial Flexy 201 – eWON .....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 4.47. Módulos de expansión de eWON Flexy.....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 4.48. Router TL-WR840N – TP-LINK.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 4.49. Router TL-WR841N – TP-LINK.....</i>	<i>92</i>

<i>Figura 5.1. Palabras del sistema que contienen la fecha y hora del PLC M221 .....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 5.2. Rung 0 – POU RTC – Programa PLC M221 .....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 5.3. Diagrama eléctrico de conexión de entradas digitales.....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 5.4. Árbol de aplicación del proyecto .....</i>	<i>100</i>
<i>Figura 5.5. Rung 1 – POU Generador TB – Programa PLC M251 .....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 5.6. Acumulador de tiempo total – POU Cálculos LP04 .....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 5.7. Asignación de refrigerio – POU Cálculos LP04.....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 5.8. Acumulador de tiempo de refrigerio – POU Cálculos LP04 .....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 5.9. Conversión de tipo de datos – POU Cálculos LP04 .....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 5.10. Almacenamiento auxiliar de conteo – POU Cálculos LP04.....</i>	<i>106</i>
<i>Figura 5.11. Acumulador de conteo – POU Cálculos LP04.....</i>	<i>106</i>
<i>Figura 5.12. Reset del conteo – POU Cálculos LP04.....</i>	<i>106</i>
<i>Figura 5.13. Conversión de tipo de datos – POU Cálculos LP04.....</i>	<i>107</i>
<i>Figura 5.14. Cálculo del umbral de diferencia – POU Cálculos LP04.....</i>	<i>107</i>
<i>Figura 5.15. Asignación del tipo de parada – POU Cálculos LP04 .....</i>	<i>108</i>
<i>Figura 5.16. Reset del tipo de parada – POU Cálculos LP04.....</i>	<i>108</i>
<i>Figura 5.17. Asignación de los parámetros – POU Cálculos LP04.....</i>	<i>109</i>
<i>Figura 5.18. Reset de parámetros – POU Cálculos LP04 .....</i>	<i>109</i>
<i>Figura 5.19. POU START .....</i>	<i>110</i>
<i>Figura 5.20. Bloques de lógica booleana para iniciar la comunicación Modbus.....</i>	<i>111</i>
<i>Figura 5.21. Conversión de tipo de datos de la dirección Modbus del medidor .....</i>	<i>111</i>
<i>Figura 5.22. Bloque de comunicación para lectura de corrientes.....</i>	<i>111</i>
<i>Figura 5.23. Búferes de datos de los bloques de lectura Modbus .....</i>	<i>112</i>
<i>Figura 5.24. Programación para “mover” los datos del búfer de datos.....</i>	<i>112</i>
<i>Figura 5.25. Bloques de función para unir los datos tipo WORD y formar DWORD. 113</i>	
<i>Figura 5.26. Variables declaradas en la lista de variables globales.....</i>	<i>114</i>
<i>Figura 5.27. Lista de variables globales con atributo Retain.....</i>	<i>114</i>
<i>Figura 5.28. Lista de variables persistentes .....</i>	<i>115</i>
<i>Figura 5.29. Diagrama eléctrico de conexión de entradas digitales.....</i>	<i>116</i>
<i>Figura 5.30. Página de diseño de la página web de visualización.....</i>	<i>117</i>
<i>Figura 5.31. Página de visualización web en funcionamiento.....</i>	<i>118</i>
<i>Figura 5.32. Pantalla para la creación de administración de usuarios .....</i>	<i>118</i>

<i>Figura 5.33. Pantalla de configuración de grupos de usuarios.....</i>	<i>118</i>
<i>Figura 5.34. Selección del archivo del proyecto SoMachine Basic.....</i>	<i>119</i>
<i>Figura 5.35. Publicación de variables desde SoMachine.....</i>	<i>120</i>
<i>Figura 5.36. Lista de variables en Vijeo Designer.....</i>	<i>120</i>
<i>Figura 5.37. Lista de variables vinculadas al proyecto de Vijeo Designer.....</i>	<i>121</i>
<i>Figura 5.38. Variables especiales que pertenecen a Grupo de Alarmas.....</i>	<i>121</i>
<i>Figura 5.39. Ventana de propiedades de la variable.....</i>	<i>122</i>
<i>Figura 5.40. Ventana de configuración de la acción del disparador de alarmas.....</i>	<i>122</i>
<i>Figura 5.41. Ventana de configuración de la operación de la función especial.....</i>	<i>123</i>
<i>Figura 5.42. Ventana de configuración de variable “L3_alarma_umbral”.....</i>	<i>123</i>
<i>Figura 5.43. Configuración del Grupo de Alarmas 2.....</i>	<i>124</i>
<i>Figura 5.44. Ventana de configuración del destino (Pantalla HMI).....</i>	<i>124</i>
<i>Figura 5.45. Diseño del panel principal.....</i>	<i>125</i>
<i>Figura 5.46. Ventana de configuración de un botón.....</i>	<i>126</i>
<i>Figura 5.47. Ventana de configuración de color.....</i>	<i>126</i>
<i>Figura 5.48. Ventana de configuración de etiqueta.....</i>	<i>127</i>
<i>Figura 5.49. Ventana de configuración de visibilidad.....</i>	<i>127</i>
<i>Figura 5.50. Panel de control con sistema desactivado.....</i>	<i>128</i>
<i>Figura 5.51. Panel de activación/desactivación del sistema.....</i>	<i>128</i>
<i>Figura 5.52. Ventana de confirmación de activación del sistema.....</i>	<i>129</i>
<i>Figura 5.53. Ventana de reconfirmación de activación del sistema.....</i>	<i>129</i>
<i>Figura 5.54. Ventana inicial de puesta en marcha.....</i>	<i>129</i>
<i>Figura 5.55. Panel de selección de la marca del producto.....</i>	<i>130</i>
<i>Figura 5.56. Flecha de navegación hacia el panel anterior.....</i>	<i>130</i>
<i>Figura 5.57. Panel de selección de la marca del producto (marca ya seleccionada). ..</i>	<i>130</i>
<i>Figura 5.58. Panel de selección del destino del producto.....</i>	<i>131</i>
<i>Figura 5.59. Panel de selección del material del producto.....</i>	<i>131</i>
<i>Figura 5.60. Panel de selección del formato del producto.....</i>	<i>131</i>
<i>Figura 5.61. Panel de selección del sabor del producto.....</i>	<i>132</i>
<i>Figura 5.62. Panel de selección del número de botellas por paquete.....</i>	<i>132</i>
<i>Figura 5.63. Ventana de confirmación de los parámetros de producción.....</i>	<i>132</i>
<i>Figura 5.64. Panel de control con el sistema activado.....</i>	<i>133</i>

<i>Figura 5.65. Botón de enlace al panel de supervisión de tiempos.....</i>	<i>133</i>
<i>Figura 5.66. Panel de supervisión de tiempos .....</i>	<i>133</i>
<i>Figura 5.67. Contador de producto en el panel de control.....</i>	<i>134</i>
<i>Figura 5.68. Contador de tiempo de parada programada detenido.....</i>	<i>134</i>
<i>Figura 5.69. Contador de tiempo de micro-paradas .....</i>	<i>135</i>
<i>Figura 5.70. Ventana emergente de paradas .....</i>	<i>135</i>
<i>Figura 5.71. Menú de navegación de paradas no programadas .....</i>	<i>136</i>
<i>Figura 5.72. Menú de selección de patadas no programadas por mantenimiento.....</i>	<i>136</i>
<i>Figura 5.73. Flecha de navegación de paradas no programadas .....</i>	<i>137</i>
<i>Figura 5.74. Selección de parada no programada por llenadora LP04.....</i>	<i>137</i>
<i>Figura 5.75. Ventana de confirmación del tipo de parada .....</i>	<i>137</i>
<i>Figura 5.76. Panel de control después de seleccionar el tipo de parada .....</i>	<i>138</i>
<i>Figura 5.77. Contador de tiempo de parada no programada incrementándose .....</i>	<i>138</i>
<i>Figura 5.78. Botón para cambio de SKU o producto .....</i>	<i>138</i>
<i>Figura 5.79. Ventana de confirmación de cambio de SKU.....</i>	<i>139</i>
<i>Figura 5.80. Ventana de reconfirmación de cambio de SKU .....</i>	<i>139</i>
<i>Figura 5.81. Botones de paradas obligatorias en el panel de control.....</i>	<i>140</i>
<i>Figura 5.82. Ventana de confirmación de parada por refrigerio .....</i>	<i>140</i>
<i>Figura 5.83. Ventana de reconfirmación de parada por refrigerio.....</i>	<i>141</i>
<i>Figura 5.84. Botón de parada por refrigerio encendido.....</i>	<i>141</i>
<i>Figura 5.85. Contador de tiempo de parada por refrigerio incrementándose .....</i>	<i>141</i>
<i>Figura 5.86. Botones de parada obligatoria en la ventana emergente.....</i>	<i>142</i>
<i>Figura 5.87. Contador de tiempo de parada no asignada .....</i>	<i>142</i>
<i>Figura 5.88. Piloto que muestra el estado del sensor: normal .....</i>	<i>143</i>
<i>Figura 5.89. Advertencia de obstrucción del sensor.....</i>	<i>143</i>
<i>Figura 5.90. Mensaje de alarma del estado del sensor .....</i>	<i>144</i>
<i>Figura 5.91. Botón de acceso al menú de activación/desactivación del sistema.....</i>	<i>144</i>
<i>Figura 5.92. Botón para desactivar el sistema .....</i>	<i>144</i>
<i>Figura 5.93. Ventana de confirmación para desactivar el sistema.....</i>	<i>145</i>
<i>Figura 5.94. Ventana de reconfirmación para desactivar el sistema .....</i>	<i>145</i>
<i>Figura 5.95. Panel de control con el sistema desactivado.....</i>	<i>145</i>
<i>Figura 5.96. Botón de desactivación del sistema en la ventana emergente.....</i>	<i>146</i>

<i>Figura 5.97. Ventana de confirmación para desactivar el sistema.....</i>	<i>146</i>
<i>Figura 5.98. Ventana de reconfirmación para desactivar el sistema .....</i>	<i>146</i>
<i>Figura 5.99. Panel de control con el sistema desactivado.....</i>	<i>147</i>
<i>Figura 5.100. Árbol de aplicación del proyecto .....</i>	<i>149</i>
<i>Figura 5.101. Diagrama de bloques de funciones para obtener el RTC del PLC .....</i>	<i>151</i>
<i>Figura 5.102. Secuencia de inicio de la comunicación Modbus.....</i>	<i>152</i>
<i>Figura 5.103. Generador del pulso sincronizado .....</i>	<i>152</i>
<i>Figura 5.104. Pulsos únicos sincronizados cada 5 minutos .....</i>	<i>153</i>
<i>Figura 5.105. Programación de los días feriados según el calendario nacional.....</i>	<i>154</i>
<i>Figura 5.106. Declaración de pulsos sincronizados.....</i>	<i>155</i>
<i>Figura 5.107. Declaración de pulso sincronizado cada 5 minutos .....</i>	<i>156</i>
<i>Figura 5.108. Cálculo de la energía activa en el primer intervalo de tiempo.....</i>	<i>157</i>
<i>Figura 5.109. Cálculo de la energía activa en el segundo intervalo de tiempo .....</i>	<i>157</i>
<i>Figura 5.110. Cálculo de la energía activa en el tercer intervalo de tiempo .....</i>	<i>158</i>
<i>Figura 5.111. Cálculo de la demanda máxima cuarta-horaria .....</i>	<i>159</i>
<i>Figura 5.112. Primera condición del cálculo de energía activa en hora punta.....</i>	<i>159</i>
<i>Figura 5.113. Segunda condición del cálculo de energía activa en hora punta.....</i>	<i>160</i>
<i>Figura 5.114. Cálculo del factor de calificación diario .....</i>	<i>160</i>
<i>Figura 5.115. Cálculo del coste de energía activa en hora punta.....</i>	<i>161</i>
<i>Figura 5.116. Cálculo de la demanda máxima diaria .....</i>	<i>161</i>
<i>Figura 5.117. Asignación de la demanda máxima diaria al array de datos.....</i>	<i>162</i>
<i>Figura 5.118. Cálculo de la demanda máxima necesaria.....</i>	<i>162</i>
<i>Figura 5.119. Condición para el reseteo de parámetros .....</i>	<i>163</i>
<i>Figura 5.120. Asignación del índice del arreglo .....</i>	<i>163</i>
<i>Figura 5.121. Arreglo de datos para almacenar el factor de calificación .....</i>	<i>163</i>
<i>Figura 5.122. Condición para reiniciar los arreglos de datos .....</i>	<i>164</i>
<i>Figura 5.123. Comprobación de SKU existente de la línea 02.....</i>	<i>165</i>
<i>Figura 5.124. Inicialización de parámetros.....</i>	<i>165</i>
<i>Figura 5.125. Conversión de tipo de datos .....</i>	<i>166</i>
<i>Figura 5.126. Cálculo de la disponibilidad .....</i>	<i>166</i>
<i>Figura 5.127. Cálculo del rendimiento .....</i>	<i>167</i>
<i>Figura 5.128. Cálculo de la calidad .....</i>	<i>167</i>

<i>Figura 5.129. Cálculo del OEE.....</i>	<i>167</i>
<i>Figura 5.130. Conversión de tipo de datos .....</i>	<i>169</i>
<i>Figura 5.131. Cálculo de la energía activa por SKU .....</i>	<i>169</i>
<i>Figura 5.132. Reinicialización de parámetros de kWhl.....</i>	<i>169</i>
<i>Figura 5.133. Cálculo de los litros producidos por SKU .....</i>	<i>170</i>
<i>Figura 5.134. Cálculo de los litros producidos por SKU .....</i>	<i>170</i>
<i>Figura 5.135. Cálculo del costo energético de un producto por SKU.....</i>	<i>171</i>
<i>Figura 5.136. Bloques de lógica booleana para iniciar la comunicación Modbus.....</i>	<i>172</i>
<i>Figura 5.137. Conversión de tipo de datos de la dirección Modbus del medidor .....</i>	<i>173</i>
<i>Figura 5.138. Bloque de comunicación para lectura de corrientes.....</i>	<i>173</i>
<i>Figura 5.139. Búferes de datos de los bloques de lectura Modbus .....</i>	<i>173</i>
<i>Figura 5.140. Programación para “mover” los datos del búfer de datos.....</i>	<i>174</i>
<i>Figura 5.141. Bloques de función para unir los datos tipo WORD y formar DWORD</i>	<i>174</i>
<i>Figura 5.142. Conversión de tipo de datos y concatenación del separador.....</i>	<i>175</i>
<i>Figura 5.143. Concatenación de cadenas de caracteres .....</i>	<i>176</i>
<i>Figura 5.144. Escalamiento de datos del medidor PM850 – Suministro 270120 440V</i>	
<i>.....</i>	<i>176</i>
<i>Figura 5.145. Diagrama de funciones continuas de DataLogging.....</i>	<i>177</i>
<i>Figura 5.146. Configuración de LogFile de mediciones del suministro 221125.....</i>	<i>177</i>
<i>Figura 5.147. Lista de variables globales.....</i>	<i>178</i>
<i>Figura 5.148. Lista de variables persistentes del PLC M251 Principal.....</i>	<i>179</i>
<i>Figura 5.149. Ventana de configuración de la visualización web .....</i>	<i>180</i>
<i>Figura 5.150. Visualización web del factor de calificación del suministro 221125....</i>	<i>181</i>
<i>Figura 5.151. Visualización web de la máxima demanda del suministro 221125.....</i>	<i>181</i>
<i>Figura 5.152. Pantalla de visualización web de la línea de producción 1 .....</i>	<i>182</i>
<i>Figura 5.153. Selección de variables para utilizar en la plataforma de Vijeo Designer</i>	
<i>.....</i>	<i>183</i>
<i>Figura 5.154. Editor de variables de Vijeo Designer .....</i>	<i>183</i>
<i>Figura 5.155. Panel 1 de la pantalla HMI virtual .....</i>	<i>184</i>
<i>Figura 5.156. Panel 2 de la pantalla HMI virtual .....</i>	<i>185</i>
<i>Figura 5.157. Panel 3 de la pantalla HMI virtual .....</i>	<i>185</i>
<i>Figura 5.158. Panel 4 de la pantalla HMI virtual .....</i>	<i>186</i>

<i>Figura 5.159. Panel 5 de la pantalla HMI virtual .....</i>	<i>186</i>
<i>Figura 5.160. Inicio de la simulación en Vijeo Designer .....</i>	<i>187</i>
<i>Figura 5.161. Pantalla principal del HMI virtual.....</i>	<i>187</i>
<i>Figura 5.162. Pantalla del menú de selección de línea .....</i>	<i>187</i>
<i>Figura 5.163. Pantalla de visualización de parámetros de OEE.....</i>	<i>188</i>
<i>Figura 5.164. Gráfico de tendencia de OEE.....</i>	<i>188</i>
<i>Figura 5.165. Botón para acceder al menú de selección de línea .....</i>	<i>189</i>
<i>Figura 5.166. Pantalla de configuración del HMI virtual.....</i>	<i>189</i>
<i>Figura 5.167. Ingreso de fechas de los días feriados.....</i>	<i>189</i>
<i>Figura 5.168. Ingreso de tarifa eléctrica .....</i>	<i>190</i>
<i>Figura 5.169. Botón para volver al menú principal .....</i>	<i>190</i>
<i>Figura 5.170. Ventana inicial del EGX300.....</i>	<i>193</i>
<i>Figura 5.171. Configuración de la dirección IP .....</i>	<i>193</i>
<i>Figura 5.172. Configuración del puerto serial .....</i>	<i>194</i>
<i>Figura 5.173. Lista de dispositivos remotos .....</i>	<i>195</i>
<i>Figura 5.174. Lista de dispositivos .....</i>	<i>195</i>
<i>Figura 5.175. Configuración de la exportación de datos .....</i>	<i>196</i>
<i>Figura 5.176. Habilitación del editor de plantillas de dispositivos.....</i>	<i>196</i>
<i>Figura 5.177. Menú de plantillas de dispositivos .....</i>	<i>197</i>
<i>Figura 5.178. Bloques de la plantilla PM850.....</i>	<i>198</i>
<i>Figura 5.179. Bloque 1 de la plantilla PM850 .....</i>	<i>198</i>
<i>Figura 5.180. Bloque 2 de la plantilla PM850 .....</i>	<i>199</i>
<i>Figura 5.181. Bloque 3 de la plantilla PM850 .....</i>	<i>199</i>
<i>Figura 5.182. Bloques de la plantilla M221_Diego.....</i>	<i>199</i>
<i>Figura 5.183. Bloque 1 de la plantilla M221_Diego .....</i>	<i>200</i>
<i>Figura 5.184. Bloque 2 de la plantilla M221_Diego .....</i>	<i>200</i>
<i>Figura 5.185. Bloque 3 de la plantilla M221_Diego .....</i>	<i>201</i>
<i>Figura 5.186. Bloque 4 de la plantilla M221_Diego .....</i>	<i>201</i>
<i>Figura 5.187. Bloque 5 de la plantilla M221_Diego .....</i>	<i>202</i>
<i>Figura 5.188. Bloque 6 de la plantilla M221_Diego .....</i>	<i>202</i>
<i>Figura 5.189. Bloque 7 de la plantilla M221_Diego .....</i>	<i>203</i>
<i>Figura 5.190. Bloque 8 de la plantilla M221_Diego .....</i>	<i>203</i>

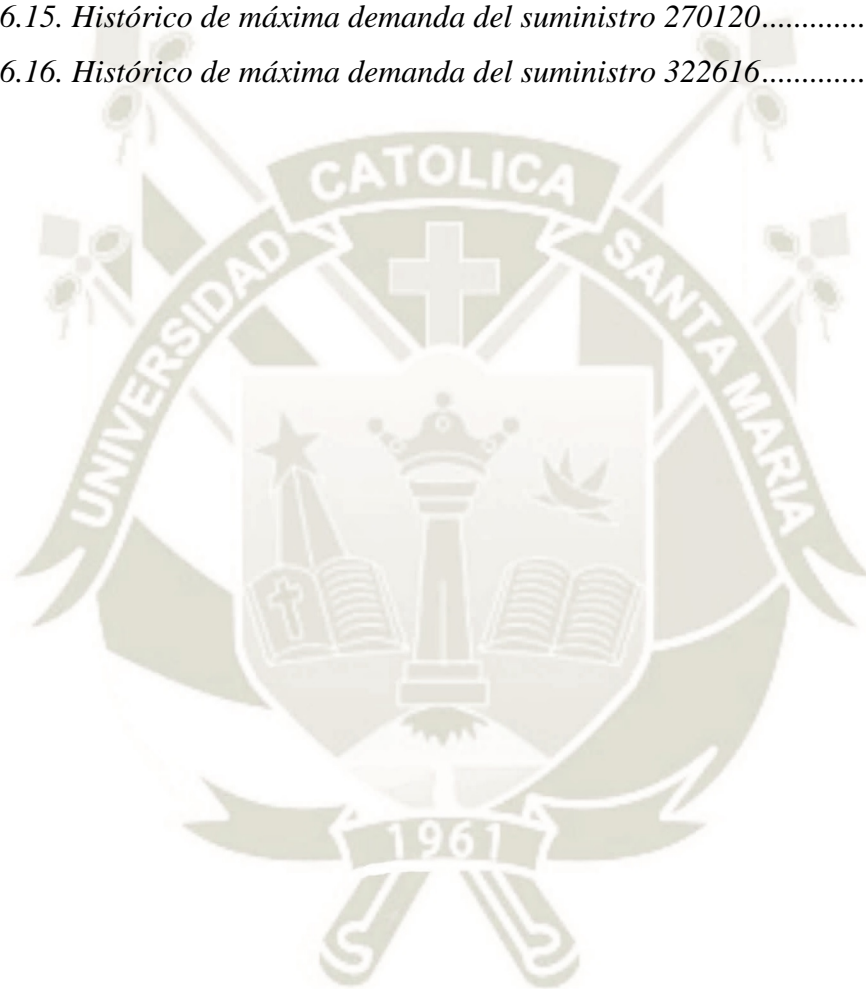
<i>Figura 5.191. Bloque 9 de la plantilla M221_Diego .....</i>	<i>204</i>
<i>Figura 5.192. Bloques de la plantilla M251_Diego.....</i>	<i>204</i>
<i>Figura 5.193. Bloque 1 de la plantilla M251_Diego .....</i>	<i>205</i>
<i>Figura 5.194. Bloque 2 de la plantilla M251_Diego .....</i>	<i>205</i>
<i>Figura 5.195. Bloque 3 de la plantilla M251_Diego .....</i>	<i>206</i>
<i>Figura 5.196. Bloque 4 de la plantilla M251_Diego .....</i>	<i>206</i>
<i>Figura 5.197. Bloque 5 de la plantilla M251_Diego .....</i>	<i>207</i>
<i>Figura 5.198. Bloque 6 de la plantilla M251_Diego .....</i>	<i>207</i>
<i>Figura 5.199. Bloque 7 de la plantilla M251_Diego .....</i>	<i>208</i>
<i>Figura 5.200. Bloque 8 de la plantilla M251_Diego .....</i>	<i>208</i>
<i>Figura 5.201. Bloque 9 de la plantilla M251_Diego .....</i>	<i>208</i>
<i>Figura 5.202. Arquitectura para el funcionamiento de eWON.....</i>	<i>229</i>
<i>Figura 5.203. Inicio de sesión en eWON.....</i>	<i>230</i>
<i>Figura 5.204. Página de inicio de eWON .....</i>	<i>230</i>
<i>Figura 5.205. Menú “Configuration” de eWON .....</i>	<i>231</i>
<i>Figura 5.206. Menú “System Setup” de eWON .....</i>	<i>231</i>
<i>Figura 5.207. Menú “Communication” de eWON .....</i>	<i>231</i>
<i>Figura 5.208. Configuración del puerto WAN de eWON .....</i>	<i>231</i>
<i>Figura 5.209. Configuración de la dirección IP de eWON.....</i>	<i>232</i>
<i>Figura 5.210. Asistente de configuración de eWON .....</i>	<i>232</i>
<i>Figura 5.211. Asistente de configuración de enlace con Talk2M.....</i>	<i>232</i>
<i>Figura 5.212. Enlace de eWON con cuenta Talk2M.....</i>	<i>233</i>
<i>Figura 5.213. Ingreso a eCatcher .....</i>	<i>233</i>
<i>Figura 5.214. Plataforma eCatcher .....</i>	<i>234</i>
<i>Figura 5.215. PC conectada a eWON Flexy mediante eCatcher.....</i>	<i>234</i>
<i>Figura 5.216. Aplicación eCatcher móvil .....</i>	<i>235</i>
<i>Figura 5.217. Pantalla de ingreso a la cuenta de Talk2M.....</i>	<i>236</i>
<i>Figura 5.218. Ingreso del código de seguridad .....</i>	<i>236</i>
<i>Figura 5.219. Lista de dispositivos eWON enlazados.....</i>	<i>236</i>
<i>Figura 5.220. Mecatronic_Flexy.....</i>	<i>237</i>
<i>Figura 5.221. Conectándose a Mecatronic_Flexy .....</i>	<i>237</i>
<i>Figura 5.222. Notificación de conexión .....</i>	<i>237</i>

<i>Figura 5.223. Teléfono conectado a eWON a través de eCatcher.....</i>	<i>238</i>
<i>Figura 5.224. Aplicación Vijeo Designer 'Air .....</i>	<i>238</i>
<i>Figura 5.225. Pantalla de advertencia del uso de Vijeo Designer 'Air.....</i>	<i>239</i>
<i>Figura 5.226. Pantalla HMI en el teléfono smartphome .....</i>	<i>239</i>
<i>Figura 5.227. Pantalla del teléfono rotada horizontalmente.....</i>	<i>239</i>
<i>Figura 5.228. Pantalla de supervisión del umbral de diferencia.....</i>	<i>240</i>
<i>Figura 5.229. Pantalla de ventana emergente de paradas .....</i>	<i>240</i>
<i>Figura 5.230. Visualización web del PLC M251 - supervisión de LP04 y LP05.....</i>	<i>241</i>
<i>Figura 5.231. Visualizaciones web del PLC M251 Principal.....</i>	<i>241</i>
<i>Figura 5.232. Componentes internos de tablero de control 01 – TC01.....</i>	<i>243</i>
<i>Figura 5.233. Componentes internos de tablero de control 02 – TC02.....</i>	<i>244</i>
<i>Figura 5.234. Componentes internos de tablero HMI de línea 05 – HMILP05 .....</i>	<i>245</i>
<i>Figura 5.235. Tablero de distribución línea 03 – TDLP03 .....</i>	<i>246</i>
<i>Figura 5.236. Sensor de conteo de LP05 .....</i>	<i>247</i>
<i>Figura 5.237. Cableado de las interfaces serie con RS-485.....</i>	<i>252</i>
<i>Figura 5.238. Puerto serie del PLC M251 y colores del cableado estándar.....</i>	<i>253</i>

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 2.1. Tipos de objetos Modbus.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 2.2. Estructura del mensaje Modbus.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 4.1. Comparación entre sensores fotoeléctricos.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 4.2. Comparación entre medidores multifunción.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 4.3. Comparación entre PLC Siemens y Schneider-Electric.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 4.4. Comparación entre pasarelas de comunicación.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 4.5. Comparación entre routers industriales VPN eWON.....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 5.1. Tabla de direcciones de entradas digitales.....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 5.2. Tabla de direcciones de entradas digitales.....</i>	<i>116</i>
<i>Tabla 5.3. Palabras de Memoria %MW del PLC M221.....</i>	<i>212</i>
<i>Tabla 5.4. Palabras de Memoria Dobles %MD del PLC M221.....</i>	<i>217</i>
<i>Tabla 5.5. Tabla. Palabras de Memoria %MW – PLC M251.....</i>	<i>218</i>
<i>Tabla 5.6. Palabras de Memoria Dobles %MD del PLC M251.....</i>	<i>222</i>
<i>Tabla 5.7. Direcciones Modbus (FLOAT32) del Medidor de Energía PM710.....</i>	<i>223</i>
<i>Tabla 5.8. Direcciones Modbus (INT16) del Medidor de Energía PM710.....</i>	<i>224</i>
<i>Tabla 5.9. Direcciones Modbus del Medidor de Energía PM850.....</i>	<i>225</i>
<i>Tabla 5.10. Direcciones Modbus del Medidor de Energía PM5110.....</i>	<i>226</i>
<i>Tabla 5.11. Direcciones Modbus del Medidor de Energía PM5560.....</i>	<i>227</i>
<i>Tabla 5.12. Direcciones Modbus del Medidor de Energía CVM-C10.....</i>	<i>228</i>
<i>Tabla 6.1. Parámetros del medidor de energía trifásico de SEAL.....</i>	<i>255</i>
<i>Tabla 6.2. Parámetros del suministro 221125 de agosto de 2017.....</i>	<i>256</i>
<i>Tabla 6.3. Parámetros del suministro 270120 de agosto de 2017.....</i>	<i>258</i>
<i>Tabla 6.4. Tabla. Tabla de parámetros del suministro 322616 de agosto de 2017.....</i>	<i>260</i>
<i>Tabla 6.5. Parámetros del suministro 221125 de setiembre de 2017.....</i>	<i>262</i>
<i>Tabla 6.6. Parámetros del suministro 270120 de setiembre de 2017.....</i>	<i>264</i>
<i>Tabla 6.7. Parámetros del suministro 322616 de setiembre de 2017.....</i>	<i>266</i>
<i>Tabla 6.8. Parámetros del suministro 221125 de octubre de 2017.....</i>	<i>268</i>

<i>Tabla 6.9. Parámetros del suministro 270120 de octubre de 2017 .....</i>	<i>270</i>
<i>Tabla 6.10. Parámetros del suministro 322616 de octubre de 2017 .....</i>	<i>272</i>
<i>Tabla 6.11. Resultados del cálculo manual del factor de calificación.....</i>	<i>274</i>
<i>Tabla 6.12. Resultados del cálculo automático del factor de calificación.....</i>	<i>274</i>
<i>Tabla 6.13. Porcentaje de error entre cálculo manual y cálculo automático .....</i>	<i>275</i>
<i>Tabla 6.14. Histórico de máxima demanda del suministro 221125.....</i>	<i>276</i>
<i>Tabla 6.15. Histórico de máxima demanda del suministro 270120.....</i>	<i>279</i>
<i>Tabla 6.16. Histórico de máxima demanda del suministro 322616.....</i>	<i>282</i>



## CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

### 1.1. Descripción del problema

La energía eléctrica, el agua o el gas, con sus precios en constante aumento y una mayor sensibilidad frente a cuestiones medioambientales, son recursos cada vez más valiosos. Esto representa un desafío considerable para los sectores en donde incide de manera decisiva el manejo de un gran volumen de energía, una máxima disponibilidad y una reducción permanente de los costos: las industrias de procesos y las manufactureras, así como las construcciones para fines determinados. En estos sectores, el tema de ahorro de energía es cuestión permanente a tratar. Pero, ¿dónde hay que actuar? ¿Qué medidas son necesarias para aprovechar mejor el mayor potencial? Y una vez implementada la medida correspondiente, ¿cómo se reconoce y documenta su eficacia? Estas preguntas tienen una única respuesta: un sistema de gestión de la energía eléctrica y producción. [1]

En el Perú, varias empresas de servicios brindan soluciones a la problemática de gestión de la información, pero lamentablemente estas soluciones no se ajustan a la realidad de nuestro sector industrial y en muchos casos no permiten lograr la obtención de los indicadores reales necesarios para la toma correcta de decisiones que permitan mejorar la productividad y eficiencia en la industria.

Las empresas industriales hoy en día buscan el posicionamiento en el mercado mundial, lo cual demanda una alta competitividad y llegar a cumplir los estándares internacionales es una tarea diaria, pero parte para lograr este objetivo es contar con sistemas de medición, monitoreo y gestión ajustados a su realidad, por lo que se requiere un conocimiento efectivo de las condiciones actuales de la empresa, de sus necesidades, de hacer un seguimiento de los futuros avances y de evaluar las metas versus los resultados obtenidos. Es aquí donde entra a tallar la solución que se plantea con el presente proyecto, por medio de la implementación y utilización de un sistema inteligente que permita integrar adecuadamente el proceso, los recursos humanos, la

energía y las herramientas de nuevas tecnologías para la toma de decisiones, tomando como objetivo base la gestión integral de la empresa.

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. Objetivo principal

Diseñar un prototipo de sistema electrónico que dé a conocer al usuario, indicadores de gestión de energía eléctrica, de producción y de costos energéticos de la empresa Embotelladora San Miguel del Sur.

### 1.2.2. Objetivos secundarios

- Automatizar la recolección de información para la gestión energética y de producción en la empresa Embotelladora San Miguel del Sur.
- Integrar dispositivos industriales usando comunicación Modbus TCP y Modbus RTU.
- Utilizar dispositivos modernos que permitan comunicación, monitoreo y envío de datos de forma remota y automática.
- Transmitir datos a un servidor virtual externo basado en un “servicio de nube” para el almacenamiento de dicha información recolectada en planta.
- Crear una plataforma web de visualización de datos de alto impacto para la gestión, amigable al usuario y acorde a la realidad del usuario.

### 1.3. Hipótesis

#### 1.3.1. Hipótesis principal

Es posible lograr la integración de variables provenientes de distintos equipos industriales para el cálculo automático de indicadores productivos y de consumo energético en tiempo real de manera local y remota.

#### 1.3.2. Hipótesis secundaria

Es posible que los indicadores obtenidos por el sistema automático de monitoreo permitan tomar decisiones respecto a la planificación de los procesos productivos en Embotelladora San Miguel del Sur S.A.C.

### 1.4. Variables

#### 1.4.1. Variable independiente

Sistema electrónico de monitoreo y gestión que permita dar a conocer de forma automática indicadores útiles para la toma de decisiones, de acuerdo a las necesidades de la empresa.

#### 1.4.2. Variable dependiente

Proceso de producción de la planta de ISM Arequipa, que cuenta con 5 líneas de producción automáticas y posee 3 suministros de energía eléctrica.

### 1.5. Antecedentes de la investigación

Se han revisado los siguientes trabajos de investigación que contienen información útil para el proyecto propuesto:

- P. A. Mohr Barría, “*Propuesta de metodología para la medición de eficiencia general de los equipos en líneas de procesos de sección mantequilla en industria láctea*”, tesis, Universidad Austral de Chile, Puerto Montt, Chile, 2012.
- E. A. López Arias, “*El mantenimiento productivo total TPM y la importancia del recurso humano para su exitosa implementación*”, tesis, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia, 2009.
- R. Aliaga Bautista, “*Optimización de costos en la facturación eléctrica aplicados a la pequeña y micro empresa basados en una correcta aplicación del marco regulatorio y la ley de concesiones eléctricas y su reglamento. dl 25844 – DS 093-2003*”, tesis, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú, 2008.
- E. A. Hurtado Urrutia, “*Control adaptativo y monitoreo de un sistema de molienda con redes industriales*”, tesis, Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú, 2016.

### 1.6. Fases del desarrollo

El proyecto nace de una iniciativa de la empresa CEEP por mejorar el tema de gestión energética en la industria, luego la empresa Embotelladora San Miguel del Sur (ISM Arequipa) propone que se adicionen indicadores útiles para la gestión de la producción por medio del cálculo del indicador OEE (Eficiencia General de las Máquinas). Con estas premisas, se plantearon varias arquitecturas electrónicas para cumplir con los requerimientos de software y del usuario, por ejemplo: que los datos se envíen en intervalos de tiempo mínimo de 5 minutos, que la información sea agrupada por equipo y por línea de producción o suministro y, que exista una interfaz entre el operador y el sistema electrónico para el ingreso manual de algunos parámetros preliminares de producción.

Después de analizar los equipos con los que contaba la empresa, se llegó a la conclusión que no se podían utilizar para desempeñar tal tarea, ya que como era un prototipo, se tenían que realizar varias pruebas sin afectar el proceso productivo de la empresa. Finalmente se realizaron comparativas con marcas de equipos industriales como Siemens, Allen-Bradley y Schneider-Electric, siendo la decisión utilizar equipos en la marca Schneider-Electric, debido a que ofrecen gran potencia, varias funcionalidades, y una amplia flexibilidad y escalamiento.

Luego de definir el uso de estos equipos, se tuvo que estudiar y aprender sobre el manejo de los softwares de programación y configuración de cada equipo, con lo que se pudo plantear una primera versión del proyecto SIGER, para luego ser presentada como un prototipo mínimo viable. Una vez aprobado el prototipo, se procedió a realizar las instalaciones en la planta de Embotelladora San Miguel del Sur. Durante el proceso se tuvieron varias dificultades con el tema de mediciones y comunicación entre los equipos, es por ello que se tenían reuniones semanales con los supervisores de producción, mantenimiento y el personal de CEEP, para plantear soluciones a los problemas con los que se enfrentaba el sistema. Poco a poco se fue afinando la programación electrónica y del software, además de probar varios equipos como pasarelas de comunicación, routers industriales y sensores de conteo y, así finalmente alcanzar la robustez y fiabilidad deseadas.

Se tuvieron 3 presentaciones oficiales en las instalaciones de ISM Arequipa y 1 en la Universidad La Salle, donde se mostraron los resultados del sistema electrónico y los avances de software, además de constantes capacitaciones al personal operativo de ISM para lograr que el sistema se integre al proceso y sea parte de las tareas diarias del mismo. Finalmente se realizó la documentación pertinente para dejar constancia de todo el trabajo realizado, tanto para mejoras pequeñas a corto plazo, como para grandes mejoras a mediano y largo plazo.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Indicador OEE

El OEE (Overall Equipment Efficiency o Eficiencia General de los Equipos) es una razón porcentual que sirve para medir la eficiencia productiva de la maquinaria industrial. [2]

El OEE es formado por 3 razones principales: Disponibilidad, Rendimiento y Calidad. Estas razones pueden ser calculadas de diferentes maneras, a partir de la data que se tenga disponible.



*Figura 2.1. Parámetros que conforman el OEE*

*Fuente: Referencia electrónica*

#### 2.1.1. ¿Por qué OEE?

En las empresas a menudo existe la necesidad de poder cuantificar la productividad y eficiencia de los procesos productivos. Además, hay que tener en cuenta que sólo lo que se mide se puede gestionar y mejorar. Ahí es donde entra el OEE. Esta herramienta es capaz de indicar, mediante un porcentaje, la eficacia real de cualquier proceso productivo. Esto es un factor clave, para poder identificar y paliar posibles ineficiencias que se originen durante el proceso de fabricación. [4]

Podemos tener una referencia del significado del valor de OEE con el siguiente ejemplo: Consideremos una línea de producción que produce piezas durante sólo 6 horas (disponibilidad del 75%), con una velocidad promedio de

fabricación de 700 piezas/hora (rendimiento del 70%), y que al finalizar el turno ha fabricado 168 piezas defectuosas (calidad del 96%). Para calcular estas razones, analizamos por partes el caso.

### 2.1.2. Planificación

Se tiene una planificación del turno de producción para unas 8 horas, una velocidad estándar o nominal de 1000 piezas/hora, con lo cual deberíamos tener 8000 piezas producidas al final del turno.

$$8 \text{ horas} \rightarrow 100\%$$

$$8000 \text{ piezas} \rightarrow 100\%$$

### 2.1.3. Disponibilidad

Pero en el transcurso del turno, contamos con solamente 6 horas disponibles, debido a paradas en la línea de producción por imprevistos, cambios, averías, esperas, etc. Con este nuevo tiempo, nuestro objetivo se reduce a 6000 piezas al final del turno.

$$8 \text{ horas} \rightarrow 100\%$$

$$6 \text{ horas} \rightarrow \text{Disponibilidad } \%$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{6 \cdot 100}{8}$$

$$\text{Disponibilidad} = 75\%$$

### 2.1.4. Rendimiento

Luego se registra que se tiene una velocidad promedio de 700 piezas/hora, debido a micro-paradas y baja velocidad de máquina, dando como resultado 4200 piezas producidas en ese turno.

$$6000 \text{ piezas} \rightarrow 100\%$$

$$4200 \text{ piezas} \rightarrow \text{Rendimiento } \%$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{4200 \cdot 100}{6000}$$

$$\text{Rendimiento} = 70\%$$

### 2.1.5. Calidad

Finalmente, el control de calidad da a conocer que, del total de piezas fabricadas, 168 piezas son defectuosas o tienen alguna observación, quedando 4032 piezas buenas producidas en el turno.

$$4200 \text{ piezas} \rightarrow 100\%$$

$$4032 \text{ piezas} \rightarrow \text{Calidad } \%$$

$$\text{Calidad} = \frac{4032 \cdot 100}{4200}$$

$$\text{Calidad} = 96\%$$

### 2.1.6. OEE

El resultado final es la multiplicación de estos 3 factores:

$$\text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad} = \text{OEE}$$

$$\text{OEE} = 75\% \times 70\% \times 96\%$$

$$\text{OEE} = 50.4\%$$

Aunque cada parámetro individualmente no pueda parecer muy significativo, el OEE tan sólo es del 50.4% y la eficiencia es únicamente la mitad del objetivo previsto. La importancia de este dato reside en lo que subyace del

mismo, ya que ahora se conoce que la disponibilidad es de un 75%, el rendimiento un 70% y la calidad un 96%. Gracias a estos tres datos, se pueden aplicar acciones de mejora. Por ejemplo, para aumentar la disponibilidad se buscaría disminuir las pérdidas de tiempo no productivo debidas a arranques de máquinas, cambios, averías, esperas, etc., lo que aumentaría el indicador OEE. [3]

Por todo lo explicado anteriormente, la OEE es la mejor métrica disponible para optimizar los procesos de fabricación y está relacionada directamente con los costes de operación. La métrica OEE informa sobre las pérdidas y cuellos de botella del proceso y enlaza la toma de decisiones financiera y el rendimiento de las operaciones de planta, ya que permite justificar cualquier decisión sobre nuevas inversiones. Además, las previsiones anuales de mejora del índice OEE permiten estimar las necesidades de personal, materiales, equipos, servicios, etc. de la planificación anual. Finalmente, la OEE es la métrica para complementar los requerimientos de calidad y de mejora continua, exigidos por la certificación ISO 9000:2000. [2]

## 2.2. Factor de Calificación

Si es que el suministro se encuentra en tarifa BT3, MT3 o BT4, MT4 un factor importante para la facturación es analizar el factor de calificación. Es la relación de los consumos en Horas Punta, respecto a la Máxima Demanda del suministro (sea ésta en Horas Punta o Fuera de Punta), y su expresión es la siguiente:

$$FC = \frac{\text{Energía Activa en Horas Punta}}{\text{Máxima Demanda del Mes} \times \# \text{ Horas Punta al Mes}}$$

De acuerdo a la ley vigente, si un suministro posee un factor de calificación mayor a 0.5, se considera que es un cliente en Horas Punta, y si este factor es menor a 0.5 calificará como cliente Fuera de Horas Punta. Pero la importancia de este factor radica, en que, si el suministro es considerado como cliente en Hora Punta, el rubro

Máxima Demanda será facturado a un precio caro, en comparación al de cliente Fuera de Punta. Por ejemplo, La Distribuidora SEAL para clientes en media tensión, tiene un precio unitario de Máxima Demanda de Cént. S/.17.37 para clientes Fuera de Punta, y de Cént. S/.21.85 cuando el suministro califica como cliente Presente en Horas Punta; esto quiere decir que, a mayor consumo en Horas Punta, la facturación mensual se puede incrementar en un 26%, por lo tanto, es recomendable reducir (si es posible) los consumos en este horario. [5]

### 2.2.1. Tarifas eléctricas

Se cuenta con opciones tarifarias en baja y media tensión la elección de cada una de éstas dependerá del nivel de tensión a la que se encuentre conectado el suministro. Las tarifas en baja tensión (BT2, BT3, BT4, BT5A, BT6, BT7) se aplican para potencias contratadas menores a 100 kW, superior a esta potencia se podrá optar por una tarifa en media tensión (MT2, MT3, MT4). [11]

Para el caso de la planta de ISM Arequipa, los tres suministros con los que cuenta, hacen uso de la tarifa MT3, ya que sus acometidas tienen una tensión de 1kV.

### 2.2.2. Demanda máxima

Según la Norma de Opciones Tarifarias, la demanda máxima se disgrega en 3 subcategorías: Demanda Máxima Mensual, Demanda Máxima Mensual en Horas de Punta y Horas Fuera de Punta.

- Demanda Máxima Mensual: Se entenderá por demanda máxima mensual, al más alto valor de las demandas de potencia activa integradas en periodos sucesivos de 15 minutos, en el periodo de un mes. [10]

- Demanda Máxima Mensual en Horas Punta: Se entenderá por demanda máxima mensual en horas de punta, al más alto valor de las demandas de potencia activa integradas en periodos sucesivos de 15 minutos, en el periodo de punta a lo largo del mes. [10]
- Demanda Máxima Mensual Fuera de Punta: Se entenderá por demanda máxima mensual fuera de punta, al más alto valor de las demandas de potencia activa integradas en períodos sucesivos de 15 minutos, en el periodo fuera de punta a lo largo del mes. [10]

### **2.2.3. Energía activa en hora punta**

Dentro de la tarifa MT3, es considerado un cargo por Energía Activa en Horas de Punta, lo cual definiremos como la energía acumulada dentro del periodo de Hora de Punta de cada día y durante todo el mes.

### **2.2.4. Hora Punta**

Según la Norma de Opciones Tarifarias vigente, define a la Hora Punta como: “el periodo comprendido entre las 18:00 y las 23:00 horas de cada día de todos los meses del año.” [10]

Además, indica que: “Si el equipo de medición correspondiente a la opción tarifaria elegida por el usuario lo permite o si el usuario solicita a la empresa distribuidora el acondicionamiento de su sistema de medición a costos establecidos en la regulación de los costos de conexión, se exceptuará en la aplicación de las horas de punta, los días domingos, los días feriados nacionales del calendario regular anual y los feriados nacionales extraordinarios programados en días hábiles. En el caso que la medición sólo permita programar los feriados con antelación solo se considerarán los domingos y los feriados nacionales del calendario regular anual, en caso contrario se considerarán además los feriados nacionales extraordinarios programados en

días hábiles, según se señala en las condiciones específicas de cada opción tarifaria.” [10]

Lo que señala que la cantidad de horas punta que se tienen al mes, varía de acuerdo al calendario actual, es decir, no se consideran días domingo y feriados nacionales y que es un periodo de 5 horas que van desde las 18:00 horas hasta las 23:00 horas.

Finalmente, la Norma nos indica que “se entenderá por horas fuera de punta (HFP), al resto de horas del mes no comprendidas en las horas de punta (HP).” [10]

## **2.3. Protocolos de Comunicación**

### **2.3.1. CANopen**

El protocolo CAN es un estándar que viene descrito en el estándar ISO 11898, inicialmente impulsado por el fabricante alemán BOSCH para simplificar el cableado en los automóviles Mercedes-Benz. Así, una gran cantidad de aplicaciones dónde se utiliza más ampliamente es en automoción, donde existe gran cantidad de electrónica asociada a los elementos instalados tanto en el motor como en el resto del vehículo (airbag, cinturones de seguridad, climatización, iluminación, etc.) y es necesario el acceso distribuido, por lo que CAN proporciona una buena implementación para la comunicación entre estos elementos.

Este protocolo está basado en el principio “productor/consumidor” donde cada equipo está siempre a la escucha y las transmisiones se realizan bajo el control de un equipo especial (el árbitro de bus). Las peticiones de información se construyen de acuerdo a una tabla de órdenes que contiene identificadores de variables. Al decodificar el nombre de variable asociado a la información que él produce, un dispositivo transmite los valores actuales correspondientes. Esta

información es consumida por todos los receptores que reconocen el nombre de la variable. Este modo de funcionamiento garantiza que todos los dispositivos consumidores actualizan su información del proceso de forma simultánea. Todos los nodos, incluido el transmisor están activos mientras hay actividad en el bus, revisan si existen errores (hasta cinco diferentes chequeos de error) y fuerzan la retransmisión en caso de error. Todos los nodos deben aceptar el mensaje, en caso contrario se entiende que hay error. En el caso de los receptores, éstos envían un mensaje de “mensaje recibido” cuando el mensaje llega correctamente.

El bus CAN emplea un acceso al bus por prioridades mediante la técnica CSMA/CR (Carrier Sense Multiple Access / Collision Resolution), resolviendo los conflictos de acceso al bus mediante técnicas no destructivas, permitiendo un tiempo de inactividad garantizado en el caso de colisión. CAN no utiliza direcciones físicas para el nodo, dado que todos los nodos reciben todos los mensajes, cada uno de ellos decide si el mensaje va dirigido a él o no, esta decisión es tomada según la programación de cada nodo, o el hardware asociado. Pueden emplearse diferentes técnicas de gestión del bus como maestro/esclavo, multiplexado por división del tiempo (TDMA), o Daysi chain.

Como característica esencial del bus CAN está la necesidad de uso de un protocolo para capas más elevadas capaz de realizar la conexión de la aplicación. CAN constituye únicamente una especificación de bajo nivel. Las posibilidades de CAN vienen determinadas en gran medida por el protocolo de las capas superiores. Este protocolo se elegirá dependiendo del mercado al que se oriente la aplicación, los requerimientos de tiempo real, etc. Por ejemplo, protocolos basados en CAN son CANopen y Devicenet. [11]



Figura 2.2. Formato de trama CAN (DLC = Data Length Code)

Fuente: “Diseño hardware y software de una fuente ornamental” – Berta Gutiérrez Montes  
– Universidad Carlos III de Madrid – Pág. 51 – 2012

CANopen: es un protocolo de comunicaciones de alto nivel para uso industrial, basado en el bus CAN (ISO 11898) y recogido en la norma EN 50325-4. CANopen ha sido desarrollado por CiA (CAN in Automation), asociación sin ánimo de lucro formada por fabricantes y usuarios del bus CAN.

Como se ha comentado, CAN necesita un protocolo de nivel superior para enlazar con las aplicaciones, este protocolo puede ser definido por cada usuario, o bien emplear algunos protocolos orientados a ciertas aplicaciones como CANopen, destinado para sistemas de control industrial. CANopen facilita el acceso a redes CAN dado que simplifica su empleo puesto que no es necesario controlar detalles tales como la temporización, control a nivel de bits, etc. Existen diferentes objetos orientados para datos en tiempo real (Process Data Objects), datos de configuración (Service Data Objects) y funciones especiales (mensajes de emergencia, de sincronismo) y datos de gestión de la red (arranque, control de errores, etc.). Estas especificaciones incluyen diferentes perfiles predefinidos para dispositivos y entornos para aplicaciones industriales específicas, actualmente hay perfiles para módulos de entrada/salida genéricos, controladores de motores, medidas en dispositivos y control en lazo cerrado, encoders y válvulas hidráulicas.

Las redes CANopen se han empleado en vehículos (comerciales, industriales, marítimos), equipos médicos y ferroviarios. La capa de aplicación que incorpora es muy flexible, permitiendo el desarrollo de aplicaciones a medida, pero en cambio, al tratarse de una capa estándar, permite compatibilizar muchos sistemas

hardware, sin embargo, para el caso de nuestra aplicación, el router industrial seleccionado y los medidores de energía convencionales, no poseen dicho protocolo de comunicación, por lo que CANopen no vendría a ser la opción ideal en este caso, aunque como se mencionó anteriormente, es útil para otras aplicaciones industriales, por ejemplo, el control de un grupo de variadores de velocidad comunicados por protocolo CANopen con un PLC.

### 2.3.2. Modbus

Modbus es un protocolo de comunicaciones situado en el nivel 7 del Modelo OSI (Unidad de datos en capa de aplicación), basado en la arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor, diseñado en 1979 por Modicon para su gama de controladores lógicos programables (PLCs). Convertido en un protocolo de comunicaciones estándar, en la industria es el que goza de mayor disponibilidad para la conexión de dispositivos electrónicos industriales.

El protocolo Modbus define una estructura de mensajes que puede ser reconocida por diferentes dispositivos independientemente del tipo de red de comunicaciones utilizada. El protocolo describe el proceso para acceder a información de un dispositivo, cómo debe responder éste, y como se notifican las situaciones de error. El protocolo Modbus define una red digital de comunicaciones con un solo maestro y uno o más dispositivos esclavos.



Figura 2.3. Niveles del modelo OSI de ISO

Fuente: [www.modeloososi.es.tl](http://www.modeloososi.es.tl)

Las razones por las cuales el uso de Modbus es superior a otros protocolos de comunicaciones son:

- es público
- su implementación es fácil y requiere poco desarrollo
- maneja bloques de datos sin suponer restricciones

Modbus permite el control de una red de dispositivos, por ejemplo, un sistema de medida de temperatura y humedad, y comunicar los resultados a un ordenador. Modbus, también se usa para la conexión de un ordenador de supervisión con una unidad remota (RTU) en sistemas de supervisión adquisición de datos (SCADA).

**Modbus RTU:** es la implementación más común disponible para Modbus. Se utiliza en la comunicación serie y hace uso de una representación binaria compacta de los datos para el protocolo de comunicación. El formato RTU sigue a los comandos/datos con una suma de comprobación de redundancia

cíclica (CRC) como un mecanismo de comprobación de errores para garantizar la fiabilidad de los datos. Un mensaje Modbus RTU debe transmitirse continuamente sin vacilaciones entre caracteres. Los mensajes Modbus son entramados (separados) por períodos inactivos (silenciosos).

**Modbus TCP:** Se trata de una variante de Modbus utilizada para comunicaciones a través de redes TCP/IP, conectándose a través del puerto 502.2, no requiere un cálculo de suma de verificación (checksum), ya que las capas inferiores ya proporcionan protección de checksum.

Cada dispositivo de la red Modbus posee una dirección única. Cualquier dispositivo puede enviar órdenes Modbus, aunque lo habitual es permitirlo sólo a un dispositivo maestro. Cada comando Modbus contiene la dirección del dispositivo destinatario de la orden. Todos los dispositivos reciben la trama, pero sólo el destinatario la ejecuta (salvo un modo especial denominado “Broadcast”). Cada uno de los mensajes incluye información redundante que asegura su integridad en la recepción. Los comandos básicos Modbus permiten controlar un dispositivo RTU para modificar el valor de alguno de sus registros o bien solicitar el contenido de dichos registros.

La mayoría de problemas presentados hacen referencia a la latencia y a la sincronización, es por ello que se utilizarán pasarelas de comunicación para agrupar grupos de equipos en Modbus RTU, para luego realizar un algoritmo que sincronice la comunicación entre los dispositivos que forman una red TCP/IP.

El modelo de datos en Modbus distingue entre entradas digitales (discrete input), salidas digitales (coils), registros de entrada (input register) y registros de retención (holding registers). Las entradas y salidas digitales ocupan, evidentemente, un bit; mientras que los registros, tanto de entrada como de retención, ocupan dos Bytes

La siguiente es una tabla de tipos de objetos proporcionados por un dispositivo esclavo Modbus a un dispositivo maestro Modbus:

Tipo de objeto	Acceso	Tamaño
Discrete input	Solo leer	1 bit
Coil	Leer/escribir	1 bit
Input register	Solo leer	16 bits
Holding register	Leer/escribir	16 bits

Tabla 2.1. Tipos de objetos Modbus

Fuente: Elaboración propia

Con los tipos de objetos dados, es posible realizar varias funciones que permiten al Maestro realizar diferentes acciones, por ejemplo, escribir sobre múltiples registros (Función 3), escribir y leer sobre múltiples registros (Función 23), etc.

La trama Modbus se muestra en la siguiente tabla:

Inicio	Dirección	Función	Datos	CRC	Fin
3.5 Bytes	1 Byte	1 Byte	N Bytes	2 Bytes	3.5 Bytes

Tabla 2.2. Estructura del mensaje Modbus

Fuente: Elaboración propia

**Dirección:** El campo dirección es el primero de la trama después del tiempo de sincronización. Indica el dispositivo al que va dirigido el mensaje. Cada dispositivo de la red debe tener asignada una dirección única, diferente de cero. Igualmente, cuando un dispositivo responde a un mensaje, debe enviar en primer lugar su dirección para que el maestro reconozca la procedencia del mensaje.

Modbus permite enviar mensajes a todos los dispositivos a la vez utilizando para ello la dirección cero.

**Función:** El campo función indica al dispositivo direccionado qué tipo de función ha de realizar.

**Datos:** El campo datos contiene la información necesaria para que los dispositivos puedan ejecutar las funciones solicitadas, o la información enviada por los dispositivos al maestro como respuesta a una función.

**CRC:** El campo CRC es el último de la trama y permite al maestro y a los dispositivos detectar errores de transmisión. Ocasionalmente, debido a ruido eléctrico o a interferencias de otra naturaleza, se puede producir alguna modificación en el mensaje mientras se está transmitiendo. El control de errores por medio de CRC asegura que los dispositivos receptores o el maestro no efectuaran acciones incorrectas debido a una modificación accidental del mensaje. [11]

Para el proyecto se ha implementado una red Modbus RTU y TCP, ya que los medidores de energía instalados en la planta de ISM, poseen comunicación usando este protocolo, además que el uso de Modbus TCP facilita la comunicación e integración de los PLC's y HMI's con las pasarelas y routers por medio de Ethernet.

## CAPÍTULO III: ESTADO DEL ARTE DE SISTEMAS DE MONITOREO

En el presente capítulo, se analizarán los distintos sistemas de monitorización que se asemejan al prototipo del sistema que se pretende desarrollar, aunque algunos de estos sistemas cuentan con innumerables configuraciones que ofrecen al usuario un sinnúmero de posibilidades, muchos de ellos se encuentran fuera del alcance de las empresas manufactureras nacionales. Estos sistemas fueron utilizados como referencia para el diseño del proyecto.

### 3.1. Sistemas de Medición de OEE

#### 3.1.1. Schneider-Electric: Wonderware

Wonderware ofrece una solución de software MES (Manufacturing Execution Systems) que permite la efectiva ejecución operacional de todos los procesos, desde la trazabilidad hasta la integración de toda la información acontecida en un proceso productivo.

Aprovechando la estructura de la Arquitectura ArcestrA, los sistemas de ejecución de producción Wonderware son configurables en diferentes escalas, lo cual permite una mejora singular y gradual en la funcionalidad de las aplicaciones ya que, al ser ejecutadas en un único paso, se consigue un menor riesgo de error en el despliegue de la aplicación. [6]

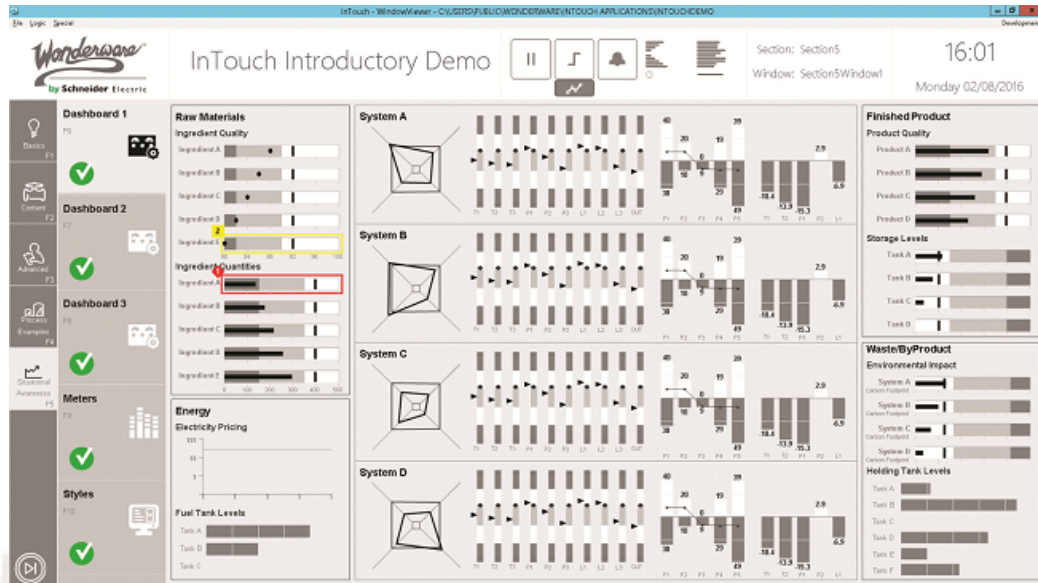


Figura 3.1. Plataforma Wonderware

Fuente: [www.schneider-electric.es](http://www.schneider-electric.es)

Como parte de la plataforma de gestión Wonderware, se tiene la solución para monitorear el desempeño de las líneas de producción de una planta, una visión general del estado de la línea actual ayuda a los operadores a enfocarse en el equipo de cuello de botella de la línea para mejorar el rendimiento. Muestra las órdenes de trabajo que se procesaron durante el período de tiempo especificado y las asigna a los KPI para métricas como rendimiento, calidad, disponibilidad y OEE. Un gráfico de Pareto estándar muestra los recuentos de utilización y duraciones de los estados, por grupos de razones y razones para las entidades de cuello de botella de línea.

### 3.1.2. Sistemas OEE: Smart OEE

Smart OEE es la tecnología que han desarrollado para mostrar la productividad real de los procesos industriales. Con esta información se podrá tomar las decisiones adecuadas y aumentar la eficiencia de la empresa, reduciendo en gran medida los costes derivados de la producción. Además, esta tecnología es escalable y universal, y adaptable a una simple máquina o a múltiples plantas productivas.



*Figura 3.2. Productos Smart OEE*

*Fuente: [www.sistemasoe.com](http://www.sistemasoe.com)*

Mejora la toma de decisiones, a través de productos que aumentan la productividad de la compañía. Su tecnología de captación de datos automática y tratamiento de la información es ágil, flexible y compatible con cualquier proceso productivo.

**ROI Elevado:** El retorno de inversión tras la implantación de Smart OEE es muy elevado. Identificar y paliar deficiencias en la fabricación incrementa la productividad de la empresa entre un 5% y un 30% en los primeros 6 meses.

**Tiempo Real:** Controla el funcionamiento de los procesos industriales de la fábrica con información fiable en tiempo real desde cualquier dispositivo, ya sea desde planta o de forma remota.

**Facilita el Trabajo:** Los operarios, mandos intermedios y gestores tendrán en todo momento información útil del proceso industrial, con la que poder tomar decisiones más acertadas.

**Fácil Instalación:** Sus productos se adaptan a cualquier tipo de proceso productivo gracias a su gran versatilidad y practicidad. [7]

### 3.2. Sistemas de Gestión de Energía Eléctrica

#### 3.2.1. Schneider-Electric: StruxureWare Power Monitoring Expert

StruxureWare Power Monitoring Expert (PME) es un paquete completo de software de supervisión para las aplicaciones de supervisión técnica de las instalaciones y gestión de la energía. El software recopila y organiza los datos obtenidos de la red eléctrica de su instalación y los presenta de forma útil a través de una interfaz web intuitiva. Comparte información con los principales agentes para influir en los cambios de comportamiento que permiten ahorro de energía y, por tanto, de dinero.



Figura 3.3. Plataforma Power Monitoring Expert

Fuente: [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com)

La arquitectura abierta del software de monitorización de energía StruxureWare Power Monitoring Expert, soporta los protocolos estándar de la industria y una extensa gama de dispositivos Schneider Electric y dispositivos de terceros. Permite aprovechar y optimizar su infraestructura existente. Además, se integra con otros sistemas de gestión de la energía, de automatización (por ejemplo, SCADA, BAC, DCS, ERP) o servicios web. [8]

### 3.2.2. Circutor: PowerStudio

Actualmente, el software de gestión de la Eficiencia Energética Eléctrica (e3) de CIRCUTOR se llama PowerStudio y engloba todas las herramientas necesarias para gestionar equipos de control energético: desde contadores de electricidad, agua, gas, sistemas de compensación de energía reactiva, hasta potentes analizadores de redes.



Figura 3.4. Plataforma PowerStudio

Fuente: [www.circutor.es](http://www.circutor.es)

PowerStudio es un software potente, sencillo y de entorno amigable, con el cual se pueden realizar:

- Estudios energéticos de alto nivel.
- Ratios de producción (Conocer consumos energéticos por unidad producida).
- Gestión de la calidad de red.
- Explotación de la información adquirida de forma gráfica o mediante tablas.
- Permite una completa supervisión energética de analizadores de redes, contadores, fugas a tierra y un completo control de diferentes magnitudes en el campo del proceso industrial.

PowerStudio, en combinación con los equipos y sistemas CIRCUTOR, se adapta a las necesidades del cliente poniendo a su disposición las herramientas que sus instalaciones o necesidades de supervisión y control requieran. [9]

### 3.2.3. Dexma: DEXCell Energy Manager

DEXMA proporciona productos y servicios de gestión energética en los mercados de edificación, terciario, industria y residencial, además comercializa su software a través de una Red de Partners, formada por más de 120 Empresas de Servicios Energéticos (ESEs), mantenedoras, integradores e ingenierías.

DEXCell Energy Manager es un software español de gestión energética, SaaS y multi-fabricante, para reducir el consumo y coste energético a través de la monitorización continua, análisis, informes, alarmas y control.

#### Aplicaciones:

- Reducción de costes.
- Mejora del rendimiento empresarial.
- Reducción de gases de efecto invernadero (GEI).
- Imputación de costes.
- Previsión de coste.
- Responsabilidad Social Corporativa (RSC).

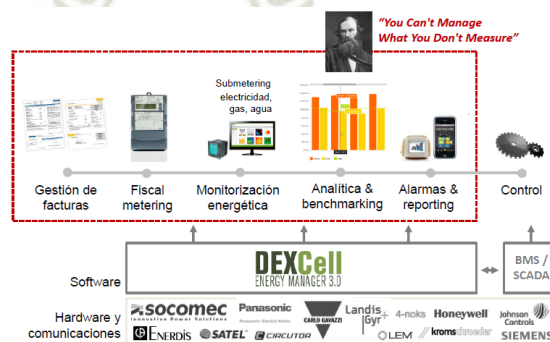


Figura 3.5. Cadena de gestión energética según DEXMA

Fuente: [www.dexcell.com](http://www.dexcell.com)

El software DEXCell ofrece:

- Monitorización de energía total: Con DEXCell no solo analizas la electricidad: monitoriza todas las fuentes de energía que quieras. Agua, gas, tanques de combustible, sondas de temperatura, humedad... Tú pones el límite: nuestra plataforma es neutral y tiene cientos de medidores integrados.
- Análisis en tiempo real: El 30% de tus edificios te dará el 70% de tu ahorro total, pero necesitas entender qué estás haciendo. Benefíciate de la solución más rápida, robusta y escalable. Además, con nuestras herramientas avanzadas, puedes monitorizar y analizar cualquier variable que afecte a tu consumo energético.
- Control para el gestor energético: DEXCell Energy Manager da un paso más allá frente a otras herramientas de gestión energética. Puedes calcular tu consumo a futuro o integrar controles de clima para exprimir al máximo tu potencial de ahorro.

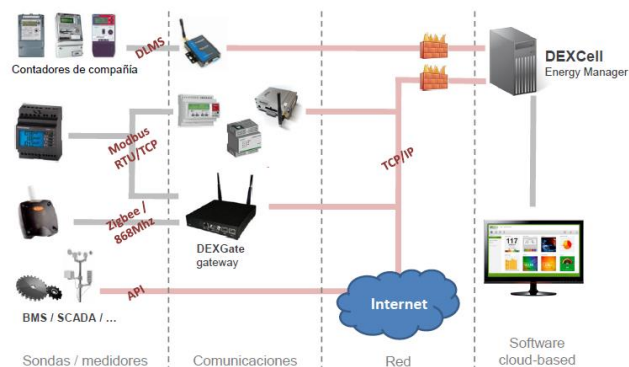


Figura 3.6. Arquitectura de DEXCell

Fuente: [www.dexcell.com](http://www.dexcell.com)

## CAPÍTULO IV: DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DE MONITOREO

En el presente capítulo se dan a conocer las distintas arquitecturas electrónicas planteadas al usuario, analizando las ventajas y desventajas de cada una para finalmente realizar la selección de los equipos que conformarían dicha arquitectura. Luego se realiza la descripción de cada equipo y se muestran las principales características de cada uno de ellos.

### 4.1. Arquitectura del sistema

#### 4.1.1. Arquitectura basada en TWIDO WAGES

El EGX300 es un dispositivo basado en Ethernet que provee una interfaz transparente entre redes basadas en Ethernet y dispositivos de campo.

Dispositivos de campo incluye medidores, analizadores, relés de protección y otros dispositivos que se comunican usando Modbus. Nos referiremos a dispositivos de campo como medidores de WAGES.

Un programa especial es cargado a un PLC Twido Modular, este programa contiene una lógica de aplicación necesaria para permitir que el PLC convierta pulsos (a partir de entradas digitales) en medidas con pesos y así colocarlas en registros de almacenamiento que pueden ser leídos vía protocolo Modbus.

Los pulsos que reciba el PLC deben ser escalados de acuerdo al equipo que se tenga aguas abajo, por ejemplo: medidores de flujo de líquidos, medidores de gas etc. Para que cada vez que el PLC reciba los pulsos, los cuente y asigne unidades específicas para cada aplicación: galones de agua o pies cúbicos de gas, etc.

El EGX300 lee los valores escalados del PLC Twido a través de una plantilla predeterminada y almacena históricos de tendencia para que podamos estimar valores promedio. Luego la pasarela enviará la información a DEXCell.

Se habilitará una conexión a internet exclusiva, que servirá para enviar los datos de energía y data de producción recopilados por la pasarela EGX300, en un intervalo de 15 minutos, subiendo la data a la nube virtual de DEXCell, para su gestión mensual.

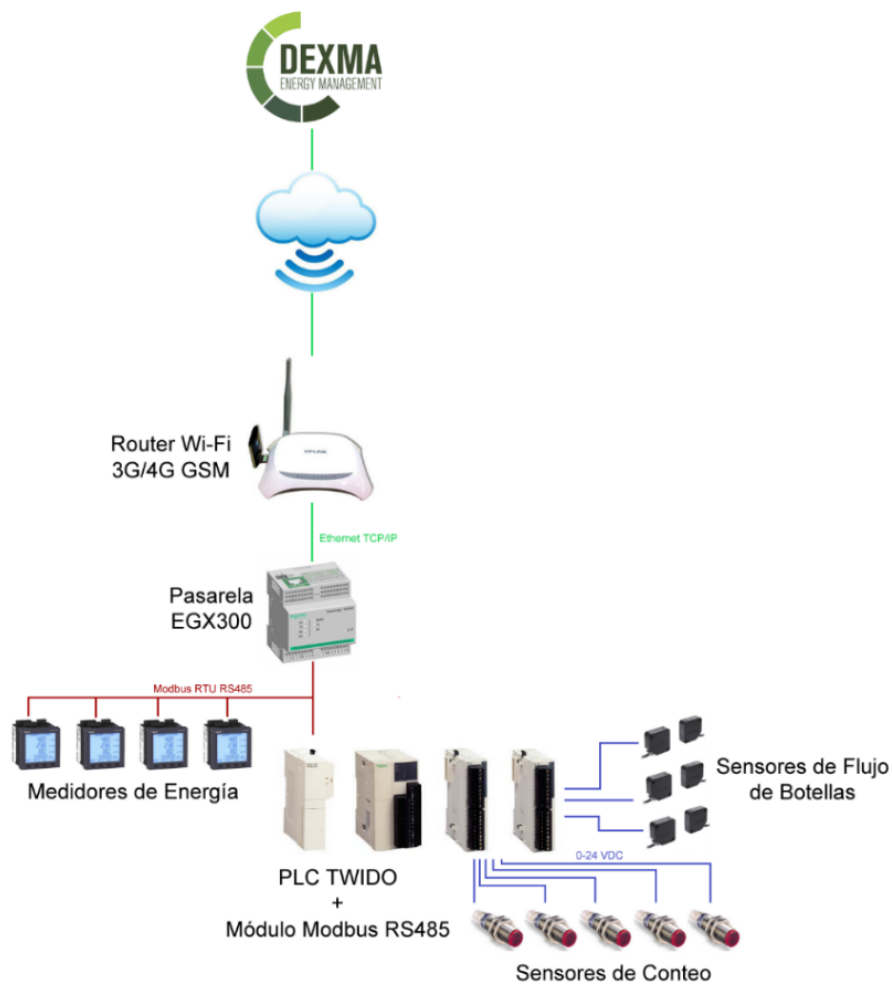


Figura 4.1. Arquitectura basada en TWIDO WAGES

Fuente: Elaboración propia

### **Ventajas**

- Sistema más sencillo y de bajo coste de implementación.
- Aplicable en plantas con manejo de fluidos, gas y aire.
- No requiere de una HMI para monitorizar los parámetros.

### **Desventajas**

- No es posible monitorizar la energía y la producción en tiempo real.
- Generación de reportes en un plazo mínimo de 30 minutos utilizando la información a partir del servidor DEXCell, que sacrificaría la obtención de información en tiempo real y por lo tanto acciones correctivas inmediatas para el ahorro energético.
- La aplicación WAGES del PLC Twido está en proceso de desaparición del mercado por sistemas mejorados de un solo dispositivo que integra comunicación, entradas digitales, entradas analógicas, por ejemplo: COM'X 510 y el sistema SmartLink de Schneider-Electric.
- Reemplazo de algunos sensores o instalación de nuevos sensores con salida de tipo pulsante para lograr compatibilidad de señales con el sistema encarece el proyecto.
- La plataforma DEXCell no soporta variables de producción personalizables a la realidad de ISM Arequipa para la obtención de OEE.

#### 4.1.2. Arquitectura basada en HMI

Se planteó el almacenamiento de datos utilizando un HMI GTO5310, para luego exportar estos datos a la nube por medio de una aplicación que se ejecuta en una computadora de forma local.

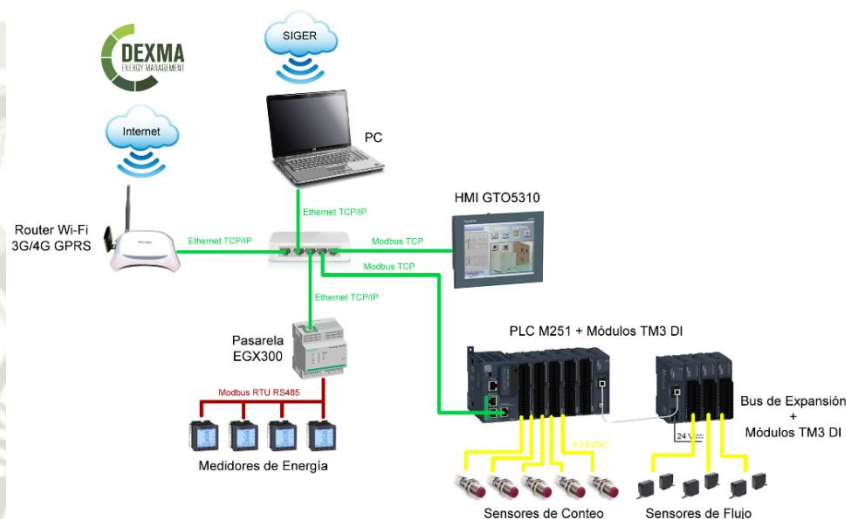


Figura 4.2. Arquitectura basada en HMI GTO5310

Fuente: Elaboración propia

#### Ventajas

- El histórico de datos se puede visualizar desde el HMI.
- Permite almacenar datos en intervalos configurables con un tiempo mínimo de 1 segundo.

#### Desventajas

- La pantalla HMI propuesta encarecía bastante el proyecto, haciéndolo inviable.
- Los datos se almacenan en un archivo .dat que se debía exportar y convertir a un formato CSV.

- La aplicación que correría en la computadora local, debía ser supervisada por un encargado de sistemas para su correcto funcionamiento.
- La computadora que contiene la aplicación de disparo al servidor, debía estar en un ambiente acondicionado para que ésta pueda funcionar largas horas sin recalentarse.

#### 4.1.3. Arquitectura basada en eWON Cosy

La utilización de un router eWON Cosy, permite un acceso remoto a los equipos instalados en planta, sin embargo, se encontró que era una solución incompleta, ya que eWON Cosy no ofrece la posibilidad de integrar equipos mediante un mapeo Modbus y no permite el almacenamiento de datos.

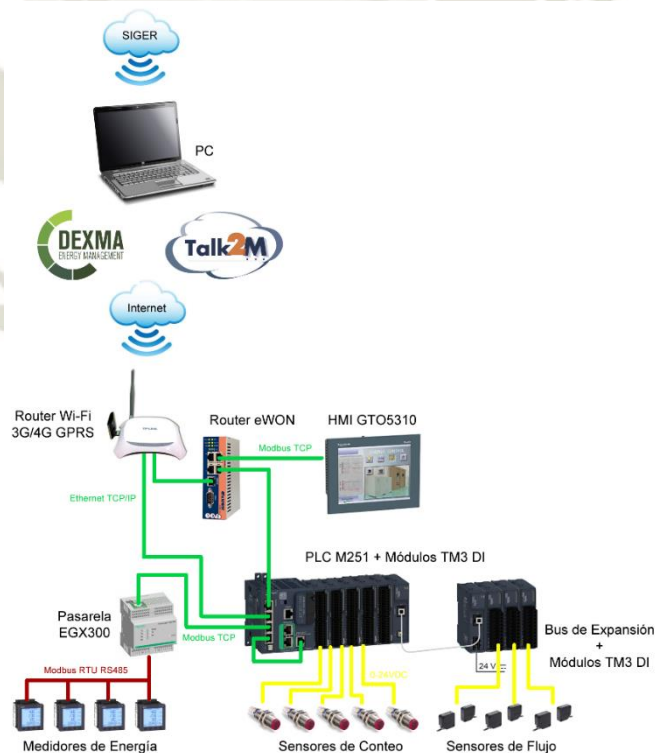


Figura 4.3. Arquitectura basada en eWON Cosy

Fuente: Elaboración propia

## Ventajas

- Permite la conexión remota a los equipos en planta mediante el software eCatcher a través de una nube Talk2Me, lo cual facilita la programación y supervisión de las pantallas HMI de forma remota.
- El software que utiliza es gratuito y la configuración del equipo es bastante sencilla.
- Este modelo de eWON posee puertos de comunicación Modbus RTU y TCP, lo que facilita la interconexión con los otros equipos de la arquitectura.
- El eWON Cosy es un equipo compacto que trae un servidor web integrado donde se realiza la puesta en marcha, además de poseer seguridad en el acceso.

## Desventajas

- Este modelo de eWON no tiene la función de almacenamiento de datos (datalogging) ni envío de datos por medio del servicio FTP.

#### 4.1.4. Arquitectura basada en eWON Flexy

Luego de realizar pruebas con eWON Cosy, se hizo una actualización a eWON Flexy que cumple con la misma función de facilitar el acceso remoto, pero además cuenta con las funciones de mapeo de dispositivos Modbus, datalogging y envío de datos al servidor en la nube.

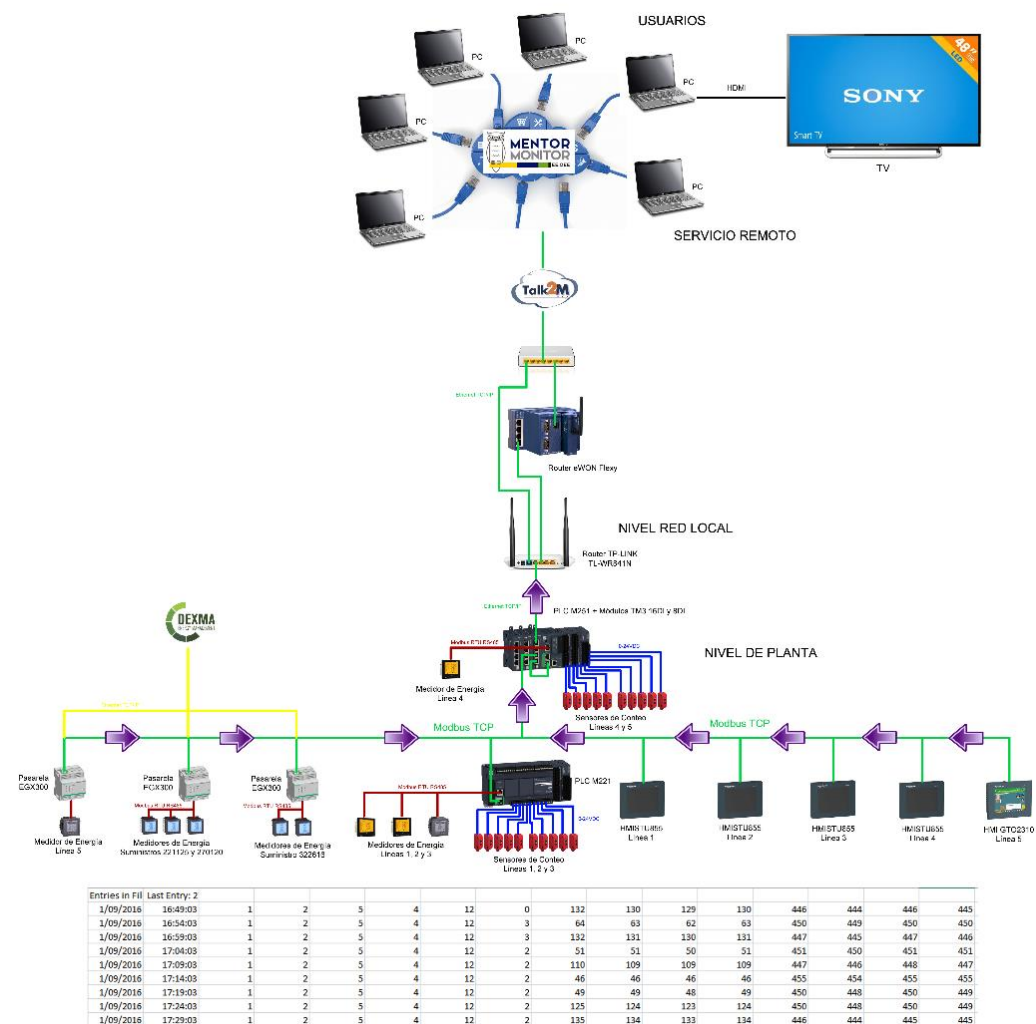


Figura 4.4. Arquitectura basada en eWON Flexy

Fuente: Elaboración propia

El servicio de envío de datos era muy potente debido a su flexibilidad de programación ya que incluso permite realizar datalogging y envío de datos al segundo, sin embargo, uno de los problemas con los que se enfrentaba la

arquitectura era el reinicio automático del envío de datos al servidor FTP después de un corte de energía, además de tener una programación compleja para lograr dicha función de envío.

### **Ventajas**

- Flexibilidad en la programación del intervalo de tiempo para almacenar los datos, para configurar el modo de envío.
- Integración de 1000000 de variables de distintos equipos.
- Capacidad de expansión de tarjetas de comunicación, para conectar equipos en distintos protocolos de comunicación industrial.

### **Desventajas**

- Después de un corte de la energía eléctrica, el equipo no restaura el envío automático de datos al servidor, por lo que se tenía que ingresar al equipo de forma remota y activar dicha función.
- La programación del envío de datos es compleja y requiere declarar varios parámetros de cada variable asociada.

#### 4.1.5. Arquitectura basada en VMU-C EM

Para resolver el problema del envío automático, se vio pertinente utilizar un equipo dedicado al servicio de datalogging y envío automático de datos, es por ello que se emplea una arquitectura basada en la pasarela datalogger webserver VMU-CE de la marca Carlo Gavazzi.

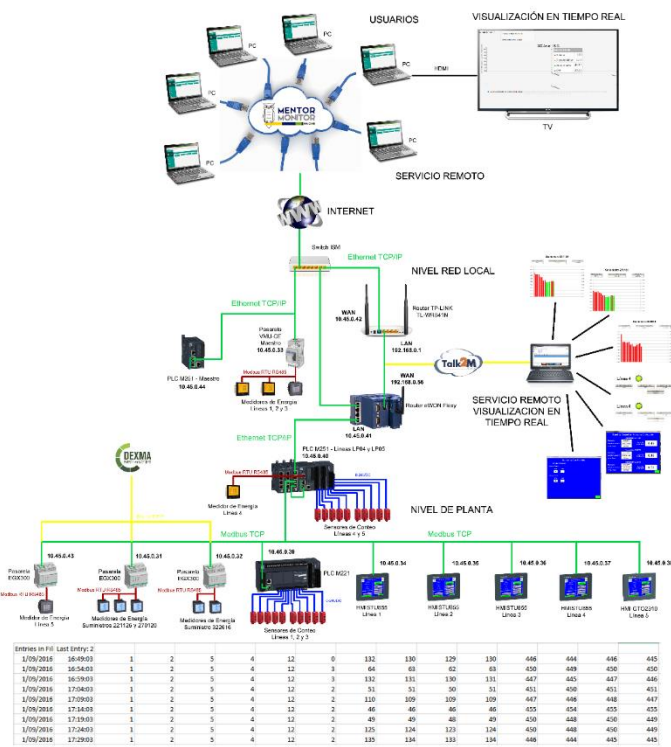


Figura 4.5. Arquitectura con pasarela VMU-CE de Carlo Gavazzi

Fuente: Elaboración propia

#### Ventajas

- Permite el envío de datos automático al servidor en la nube.
- Permite datalogging en intervalos de 5 minutos.
- Permite creación de plantillas personalizables por equipo.
- Es un equipo que ocupa un espacio inferior a cualquier otro (1 DIN).

## Desventajas

- La precisión de datalogging no es muy buena, ya que a veces tiene retardos en la lectura de los equipos Modbus integrados.
- El equipo realiza envíos del mínimo, máximo y media de los valores registrados, cuando lo que se requiere es el valor instantáneo de la variable en el momento del envío.
- No posee una visualización en tiempo real de las variables, a no ser que el usuario este en el menú de creación de plantillas y realice una “prueba” de la comunicación por medio de la lectura de una trama de datos.
- Carlo Gavazzi no posee un distribuidor en Perú que pueda facilitar su adquisición y se debe realizar importaciones desde su canal de ventas en España.

#### 4.1.6. Arquitectura final basada en EGX300

Se encontró finalmente que la pasarela de comunicación EGX300 de Schneider-Electric es el equipo que se ajusta de mejor manera a los requerimientos de SIGER, ya que permite la creación de plantillas personalizables por equipo. El intervalo mínimo de envío es de 5 minutos, además de enviar todos los datos en un solo paquete y de forma automática cuando la conexión a internet no es posible.

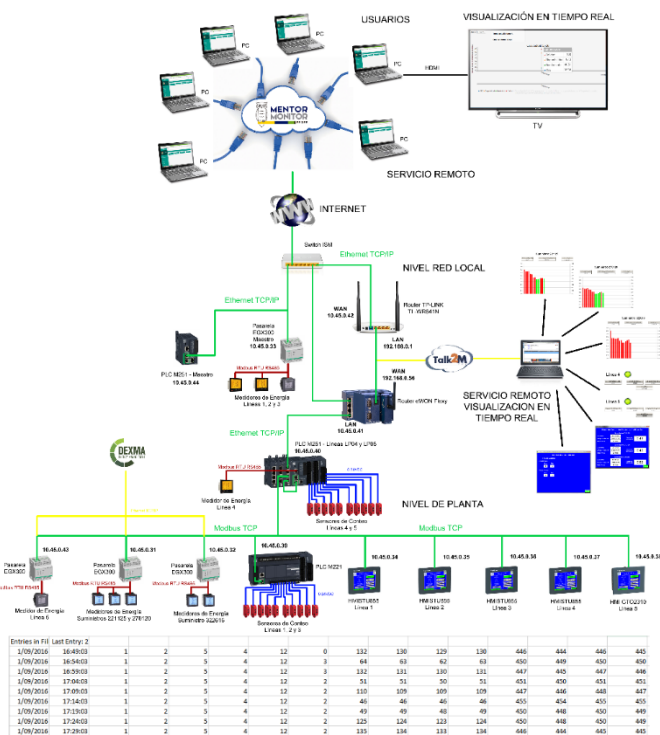


Figura 4.6. Arquitectura basada en EGX300 Maestro

Fuente: Elaboración propia

Además de poder integrar otros EGX300 de la misma red, lo que reduce el cableado y el tiempo de puesta en marcha, ya que puede direccionar equipos de protocolo serial a través de Modbus TCP.

## Ventajas

- Permite hacer un almacenamiento y envío de datos al servidor cada 5 minutos, lo cual se ajusta a la necesidad del sistema.
- Permite la conexión de hasta 64 dispositivos conectados en Modbus RTU y TCP.
- Es posible crear plantillas personalizadas por equipo, lo cual resulta útil a la hora de replicar el sistema, ya que se genera un archivo transferible que contiene la plantilla creada.
- Es un equipo bastante pequeño y ligero, fácil de instalar en un tablero de control, además de poseer un servidor web embebido multilenguaje y de uso intuitivo.

## Desventajas

- No permite almacenar datos de tipo punto flotante (FLOAT) cuando se utilizan plantillas personalizadas debido a un error de firmware, debido a ello todas las variables que maneja el EGX300 son de tipo entero de 16 bits (INT) o enteros de 32 bits (DINT).
- Es un equipo que está saliendo del mercado, debido a que ya es un equipo con 10 años de antigüedad.

## Otras características de la arquitectura

Se han empleado sensores fotoeléctricos para el conteo de botellas y paquetes en las 5 líneas de producción, además se han utilizado pantallas HMI para el ingreso de parámetros de producción.



Aunque la figura muestra solamente la conexión con las pasarelas EGX300 existentes en planta, esta puede conectar con PLC's y con el router industrial eWON.

### **Ventajas**

- La pasarela Com'X 510 posee mayor memoria para almacenamiento de datos que el EGX300.
- Posee puertos de entradas y salidas digitales y analógicas, donde se pueden conectar sensores y configurarlos para realizar funciones de conteo, supervisión de temperatura, etc.
- Posee módulos de comunicación inalámbrica que permiten la conectividad a internet desde cualquier punto de la planta.

### **Desventajas**

- La navegación en interfaz de la página web embebida es lenta y las opciones de configuración están ocultas.
- La pasarela permite hacer un almacenamiento de datos de los equipos conectados en un intervalo mínimo de tiempo de 1 minuto, pero el intervalo de tiempo mínimo para el envío de datos al servidor es de 1 hora, lo cual genera inconvenientes con la función de tiempo real que el sistema persigue.
- El equipo ocupa un espacio considerable en el tablero de control, lo que incrementaría el tamaño del mismo.

## 4.2. Sensores

Un sensor fotoeléctrico es un dispositivo que detecta la presencia o alguna característica en particular de un objeto mediante luz (visible o no visible). Se pueden aplicar para detectar presencia, tamaño, color, brillo de objetos.

Se emplean sensores para el conteo de producción, para el caso de la Embotelladora San Miguel del Sur, lo que se desea es contar la producción en litros, por lo que se vio conveniente contar esta producción en botellas. Además, con los sensores, el sistema puede identificar automáticamente si existe una parada, la cual será medida en segundos y se le asignará un tipo de acuerdo a su duración y a la selección que el operador haga desde la pantalla HMI.

Estos sensores deben tener la capacidad de poder detectar materiales transparentes y opacos a una velocidad mínima de 300 botellas por minuto y contar con protección IP66 o IP67, ya que estarán expuestos a condiciones de polvo y humedad dentro de la planta.

Se realizaron varias pruebas para determinar el punto estratégico donde la medición sea estable, robusta, el error sea mínimo y se pueda tener un conteo real de los productos, siendo así la empacadora la estación que mejores resultados nos ha proporcionado, excepto en el caso de la línea de producción 1, ya que esta línea produce bebidas embotelladas en envase de vidrio, por lo que se ha visto por conveniente instalar los sensores a la salida de la llenadora.

A continuación, se muestra una tabla comparativa de los sensores utilizados en el proyecto:

Características	Sensor ZR-QX200N	Sensor TS18SN6LQ	Sensor SM312W
Alimentación	10-30 VDC	10-30 VDC	10-30 VDC
Tipo de Sensor	Retro-reflectivo	Retro-reflectivo	Difuso
Distancia de Detección	3.5 m	2.0 m	12.5 cm
Consumo de Corriente	20 mA	25 mA	25 mA
Tiempo de Respuesta	0.5 ms	6.25 ms	0.3 ms
Tipo de Salida	NPN	NPN	PNP/NPN
Modos de Operación	Light ON Dark ON	Light ON Dark ON	Light ON Dark ON
Indicador de Estado	Sí	Sí	Si
Temperatura de Trabajo	-25~+55°C	-40~+70°C	-20~+70°C
Tipo de Protección	IP67	IP67	IP67
Conexión	Integrado al sensor	Conector M12	Integrado al sensor
Aplicación	Empacadoras	Empacadoras	Llenadoras
Precio de lista	S/. 250.00	S/. 350.00	S/. 400.00

*Tabla 4.1. Comparación entre sensores fotoeléctricos*

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.2.1. Sensores Fotoeléctricos Retro Reflectivos

Los sensores fotoeléctricos retro-reflectivos se componen de dos piezas: el sensor, (formado por un emisor y un receptor) y un reflector o cinta reflejante que es colocada enfrente del sensor, un haz de luz, ya sea infrarrojo o láser, es reflejado de vuelta al receptor. Cuando un objeto bloquea el haz de luz, la señal de salida se activa.

El sensor fotoeléctrico retro reflectivo utilizado en el proyecto es el modelo ZR-QX200N, de la marca OPTEX FA y el sensor modelo T18SN6LQ de la marca Banner. Ambos modelos de sensor, son del tipo NPN, debido a que la polaridad de las entradas del PLC ha sido configurada con lógica positiva.



*Figura 4.8. Sensor fotoeléctrico ZR-QX200N – Optex FA*

*Fuente: [www.optex-fa.com](http://www.optex-fa.com)*

Estos sensores fueron instalados en las empacadoras de las líneas de producción 2, 3, 4 y 5. Se instalaron 2 sensores en cada empacadora, uno sensor de conteo principal y el segundo es para confirmar el conteo del primero.

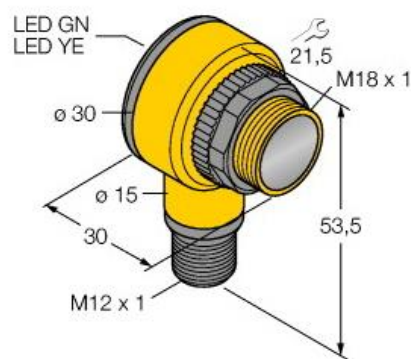


Figura 4.9. Sensor fotoeléctrico T18SN6LQ – Banner

Fuente: Hoja técnica de TS18SN6LQ

Ambos sensores poseen la capacidad de detectar objetos transparentes con un tiempo de respuesta  $< 1\text{ms}$ , lo que significa que pueden detectar no solo paquetes a una velocidad lenta, sino también botellas a la velocidad mínima de 300 bot/seg.

#### 4.2.2. Sensores Fotoeléctricos Difusos

Los sensores fotoeléctricos difusos están compuestos por un solo elemento, que es el sensor mismo, este tipo de sensor no requieren de un reflector o espejo, ya que el sensor contiene el emisor y el receptor en la misma carcasa, el emisor emite una señal infrarroja y al momento de chocar con el objeto, el haz de luz es reflejado y el receptor capta dicho haz de luz, encendiendo así la salida digital.

El sensor fotoeléctrico difuso utilizado en el proyecto es el modelo SM312W de la marca Banner. Este sensor es convertible ya que puede funcionar tanto como NPN o como PNP, de acuerdo a la configuración de sus pines. Para el proyecto, debido a que las entradas digitales del PLC fueron configuradas con polaridad positiva, los sensores se conectan en modo NPN.



Figura 4.10. Sensor fotoeléctrico SM312W – Banner

Fuente: [www.walkerindustrial.com](http://www.walkerindustrial.com)

Estos sensores fueron instalados en la línea de producción 1, a la salida de la llenadora, al igual que en las demás líneas se instalaron 2 sensores, el primero como contador principal y un segundo para confirmar el conteo del primero.

#### 4.3. Medidores multifunción

Estos equipos permiten la adquisición de datos de energía eléctrica y otros parámetros eléctricos importantes como: voltajes, corrientes, potencia, factor de potencia, armónicos, etc.

Existen de diferentes clases de precisión, la selección varía por esta característica, por ejemplo, para la medición de energía en un suministro principal de energía, se recomienda utilizar un medidor de clase de precisión de 0.2% en energía activa o superior, ya que los datos recuperados serán válidos a la hora de fundamentar algún reclamo al proveedor del servicio eléctrico.

Si el cliente solo requiere de medir los consumos eléctricos como energía activa, reactiva y aparente, basta con hacer uso de un medidor de clase de precisión 1% (Clase 1).

A continuación, se muestra un cuadro comparativo de los distintos medidores de energía utilizados en el proyecto.

Características	CVM-C10	PM710	PM850	PM5110
Alimentación	85-265VAC	125-250VAC	115-415VAC	125-250VAC
Muestreo	64 muestras/cicl o	32 muestras/cicl o	128 muestras/cicl o	64 muestras/cicl o
Clase Precisión Energía Activa	1% (Clase 1)	1% (Clase 1)	0.5S	0.5S
Visualización Armónicos	31°	-	63°	15°
Comunicacione s	RS-485 Modbus RTU	RS-485 Modbus RTU	RS-485 Modbus RTU	RS-485 Modbus RTU
Salidas	2 a transistor 2 a relé	-	1 a transistor	1 a transistor
Entradas	2 digitales	3 de corriente	3 de corriente	3 de corriente
Protección	IP65	IP52	IP52	IP52
Temperatura de trabajo	-10~+50°C	-5~+50°C	-25~+70°C	-25~+70°C
Aplicación	Medición de Energía en Líneas de Producción	Medición de Energía en Suministros Eléctricos	Medición de Energía en Suministros Eléctricos	Medición de Energía en Suministros Eléctricos
Precio de lista	S/. 800.00	S/. 1800.00	S/. 2000.00	S/. 2500.00

Tabla 4.2. Comparación entre medidores multifunción

Fuente: Elaboración propia

### 4.3.1. Medidor de energía CVM-C10

Es un medidor de energía de la marca Circutor, este equipo es utilizado para medir los parámetros eléctricos de los tableros de distribución de las líneas de producción 1, 2 y 4. Se ha dispuesto de esta manera, ya que son equipos económicos y de precisión 1% en energía activa, no se requiere de mucha precisión, solo una medición referencial de la energía activa de dichas líneas de producción.



Figura 4.11. Medidor Multifunción CVM-C10 – Circutor

Fuente: [www.directindustry.es](http://www.directindustry.es)

#### Características principales

- Permite la medición en redes monofásicas, bifásicas (2-3 hilos) y trifásicas (3 ó 4 hilos).
- Medición en 4 cuadrantes para consumo y generación en un mismo punto de medida, posee un alto grado de protección (frontal IP65).
- El modelo elegido soporta entrada de 5A para el secundario de los transformadores de corriente.
- Posee 2 salidas digitales para ser integrado a un contador de pulsos, 2 salidas tipo relé para alarmas, 2 entradas digitales para selección de tarifa o alarmas externas.

- Posee un panel táctil para permitir al usuario la navegación y configuración del mismo, con una pantalla de visualización monocromática de color naranja, los parámetros que se muestran en la pantalla principal son personalizables.
- Posee 1 puerto de comunicación RS-485 Modbus RTU lo que permite una fácil integración con la pasarela de comunicación o el equipo maestro.

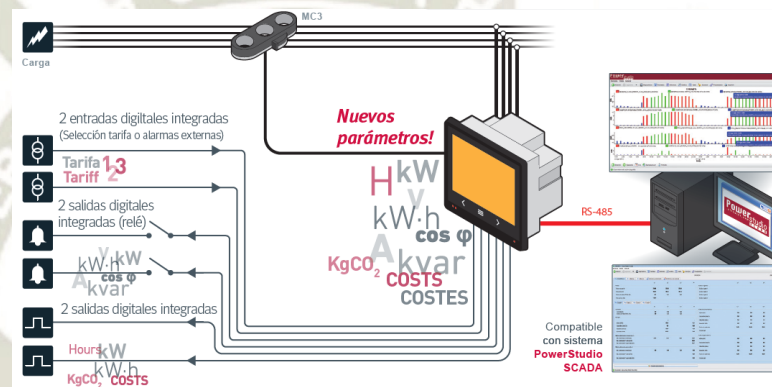


Figura 4.12. Características del medidor multifunción Circutor CVM-C10

Fuente: [www.circutor.es](http://www.circutor.es)

Los registros Modbus del medidor de energía Circutor contienen la información requerida por el sistema de monitoreo, parámetros como energía activa, reactiva, aparente, voltaje y corriente. El tipo de datos manejado por este medidor es entero de 32 bits (INT32), lo valores reales deben ser escalados de acuerdo a la tabla que se encuentra en el manual. Además, el medidor nos ofrece medidas máximas, mínimas e instantáneas, siendo esta última la que nos interesa obtener para ser procesada en el sistema.

#### 4.3.2. Medidor de energía PM710

Este medidor multifunción es de la marca Schneider-Electric, es un equipo que estaba instalado en los 2 de los 3 suministros eléctricos de la planta ISM

Arequipa, es el medidor más antiguo que se tiene, aunque su clase de precisión es de 1% para potencia y energía, es recomendable cambiar estos medidores para que el sistema tenga una mayor precisión en los datos y también se pueda incluso hacer reclamos a la SEAL en caso de presentarse alguna falla en el suministro.



*Figura 4.13. Medidor de energía PM710 – Schneider-Electric*

*Fuente: Catálogo de análisis y supervisión de redes eléctricas - Schneider-Electric*

### **Características principales**

- Permite medición de sistemas trifásicos de 3 o 4 hilos con 1, 2 ó 3 Transformadores de Intensidad, de dos fases o de una sola.
- El valor nominal en el secundario de los transformadores de intensidad es de 5A.
- Es una unidad compacta de 96x96x50 mm para empotrar en la puerta del gabinete.
- Visualizador amplio y de fácil lectura, muestra múltiples valores simultáneamente en una pantalla antirreflejos y retroiluminada con color verde.
- Uso sencillo, navegación intuitiva con menús contextuales auto guiados.

- Clase 1 según IEC 61036, adecuada precisión para remarcaje y asignación de costos. Demanda de intensidad y corriente, THD, mín./máx., amplio rango de parámetros de medida para el óptimo análisis del consumo.

Es un medidor de energía bastante completo y de fácil integración, ya que el mapeo Modbus que posee 2 listas de los parámetros de medición: una primera lista donde encontramos los valores auto-escalados según la hoja técnica con tipo de datos entero (INT16 y LONG), y una segunda lista donde los valores están escalados fijamente a una unidad de medida y el usuario puede cambiar esta unidad de acuerdo a sus necesidades con tipo de datos FLOAT32.

#### 4.3.3. Medidor de energía PM850

Este medidor de energía viene a ser una versión superior al PM710 en la familia de medidores de Schneider-Electric, con mejores prestaciones y características, dicho medidor lo encontramos instalado en la subestación 1 de ISM Arequipa, en el suministro 270120, midiendo el voltaje 440V trifásico.



*Figura 4.14. Medidor de energía PM850 – Schneider-Electric*

*Fuente: Catálogo de análisis y supervisión de redes eléctricas - Schneider-Electric*

### Características principales

- Visualizador retroiluminado amplio y de fácil lectura, la serie PM800 incorpora una pantalla antirreflejos, resistente a las rayaduras y de fácil lectura incluso en condiciones de iluminación extrema.
- Visualización de múltiples parámetros simultáneamente, supervisa simultáneamente intensidad, tensión, potencia y energía en una sola vista.
- Navegación intuitiva en pantalla, con sus menús auto guiados, la serie PM800 es de uso sencillo y requiere una formación mínima.
- Alta precisión en 4 cuadrantes, precisión en energía CEI 60687 y ANSI C12.20 Clase 0.5S (PM820, PM850 y PM870). Mayor potencia de procesado – 128 muestras/ciclo, permitiendo una adquisición de datos sin puntos ciegos.
- Curvas de tendencia y predicciones a corto plazo (PM850 y PM870), cálculo rápido de tendencias y predicciones de valores futuros para una mejor toma de decisiones.
- Extensa memoria interna (PM820, PM850 y PM870), mantiene múltiples registros internos preconfigurados con información crítica, incluyendo registros de consumo, personalización de alarmas y mantenimiento.
- Comunicación, la central PM800 incorpora de serie un puerto de comunicación RS 485, 1 entrada digital, 1 salida de impulsos, cálculo de THD y configuración y registro de alarmas en la unidad base. Además de estas utilidades, las centrales PM820, PM850 permiten el registro personalizable de parámetros en su memoria y el espectro de armónicos en tensión e intensidad. Asimismo, la central PM850 y PM870 proporcionan capturas de onda.

El medidor de energía presenta un mapeo Modbus sencillo de integrar, ya que presenta una sola tabla, con los parámetros escalados en las unidades que la hoja técnica indica, el tipo de datos utilizado es entero (INT16).

#### **4.3.4. Medidor de energía PM5110**

El medidor de energía PM5110, es la última generación de medidores de energía de Schneider-Electric, este equipo viene a reemplazar al PM850, ya que presenta bastantes nuevas características y funcionalidades.

Es ideal para las aplicaciones de gestión de costos. Brinda las funciones de medición que se requieren para designar el uso energético, hacer medición de los usuarios y subfacturación, indicar con precisión los ahorros de energía, optimizar la eficiencia y uso del equipo y realizar evaluaciones de alto nivel de la calidad energética de la red eléctrica.

En una sola unidad de 96x96 mm, con el display gráfico se puede monitorear las tres fases, neutro y a tierra simultáneamente.

El display anti reflejante y brillante cuenta con características que permiten una fácil lectura de datos, accesible bajo condiciones y ángulos de visualización extremos. Cuenta con menús fáciles de entender, texto disponible en 8 idiomas, iconos y gráficos que generan un ambiente de fácil uso para la gestión de la red eléctrica.

Son dispositivos de extrema precisión respaldados por certificaciones de facturación a nivel mundial.

Este medidor ha sido instalado en los tableros de distribución de las líneas de producción 3 y 5 en la planta de ISM Arequipa, con ellos se tiene un monitoreo con una excelente precisión en los parámetros más importantes.



Figura 4.15. Medidor de energía METSEPM5110 – Schneider-Electric

Fuente: La referencia en medición de energía para panel con análisis de calidad de energías - Schneider-Electric

### Características principales

- Fácil instalación, los soportes utilizan dos clips de tamaño estándar para riel DIN 96x96mm, no se requieren herramientas. Medidos compacto de 72mm de profundidad que se conecta sin necesidad de transformadores de voltaje hasta 690 VL-L para instalaciones que cumplen con la categoría III.
- Fácil operación, navegación intuitiva con menús disponibles en varios idiomas y de auto guía, de seis líneas, cuatro valores concurrentes.
- Medición precisa de energía para una confiable asignación de costos, IEC 62053-22 (Energía activa) Clase 0.5S, IEC 62053-24 (Energía reactiva) Clase 2.
- Medición de armónicos individuales, para el PM5110, magnitudes hasta el 15°, estos tipos de parámetros de calidad eléctrica ayudan a identificar el origen de los armónicos que pueden dañar transformadores, condensadores, generadores, motores y equipos electrónicos.

- Administración de cargas, proporciona demandas pico con estampa de tiempo. Los valores previstos de la demanda combinando el uso de alarmas para aplicaciones de intercambio de carga.
- Alarmas con estampa de tiempo, proporciona diferentes combinaciones de alarmas que operan con puntos de ajuste y alarmas digitales con 1s de estampa de tiempo, disponibles en la familia PM5000.
- Alto desempeño y precisión, desempeño en medición y monitoreo de dispositivos (PMD) de acuerdo a la IEC 61557-12. Define las expectativas de desempeño basadas en las clases. Define el error permitido en la clase para potencia y energía real y reactiva, frecuencia, corriente, voltaje, factor de potencia, desbalanceo de voltaje, armónicos impares de corriente y voltaje, THD de voltaje, THD de corriente, así como lecturas de temperatura, humedad relativa, altitud, corriente de arranque y seguridad. Esto permite que las lecturas que cumplen con las especificaciones sean comparables. Cumple con IEC 61557-12.

Finalmente podemos concluir que este equipo, es uno de los más sofisticados medidores de energía que se tiene instalado en la planta. La integración de este equipo es bastante sencilla, ya que los parámetros de la tabla Modbus que posee, se encuentran escalados y son del tipo de datos flotante (FLOAT32).

#### 4.4. PLC's

##### **Selección del controlador**

Los controladores lógicos programables utilizados en el proyecto son en la marca Schneider-Electric, ya que presenta las siguientes ventajas sobre el PLC Siemens de la gama equivalente:

Características	PLC Siemens S7-1200 CPU 1217C	PLC Schneider-Electric TM221CE40T	PLC Schneider-Electric TM251MESE
Alimentación	24 VDC	24 VDC	24 VDC
Consumo de Potencia	12 W	17 W	32.6 W
Velocidad de ejecución por instrucción booleana	0.085 us	0.2 us	0.022 us
Memoria RAM	125 KB	256 KB	64 MB
Memoria para aplicación	4MB	256 KB	8 MB
Memoria de respaldo	10 KB	256 KB	128 MB
Tarjeta SD	24 MB	2 GB	32 GB
RTC	Si	Si	Si
Protocolos Ethernet	IES, TCP/IP, Modbus TCP/IP	Modbus TCP	Modbus TCP
Protocolos seriales	USS, Modbus, PROFIBUS, DNP3	Modbus RTU/ASCII	Modbus RTU/ASCII
Webserver integrado	Si	No	Si
Web Visualization	No	No	Si
Datalogging	No	No	Si
Precio de lista	S/. 5,513.00	S/. 1,673.80	S/. 1,565.20

Tabla 4.3. Comparación entre PLC Siemens y Schneider-Electric

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la Tabla 4.1. la nueva gama de PLC Modicon, presenta varias ventajas sobre un PLC Siemens de la gama equivalente. Además, que el tema de costos es crítico para la aplicación. Finalmente, funcionalidades adicionales que se necesitan para el proyecto es la capacidad de registrar datos y poseer una interfaz web personalizable.

Cabe mencionar que los softwares de programación de los PLC Siemens tienen un costo elevado de licencia que se vende por separado, mientras que en los PLC Schneider-Electric, el software es totalmente gratuito y basta registrarse en la página del fabricante para obtener la versión activada de por vida.

### **Funcionamiento dentro de la arquitectura**

Los controladores lógicos programables reciben la información ingresada desde las pantallas HMI y modifican los valores de sus registros internos para que sean datos interpretables por el software Mentor Monitor, rigiéndose por una leyenda establecida de acuerdo a la cantidad de parámetros de producción que el cliente defina.

También miden automáticamente los tiempos de paradas, micro-paradas y realizan los conteos de producción por medio de las entradas digitales y analógicas que poseen, para finalmente generar las variables que se enviarán al software Mentor Monitor.

Es posible programar el PLC para que realice tareas más complejas, como por ejemplo realizar la comunicación con otros equipos para obtener información de alguna máquina o medidor de producción o consumo eléctrico, controlar otros dispositivos como balizas, variadores de velocidad, otros PLC, etc. Como es el caso, se utiliza un PLC Maestro para centralizar la información obtenida a partir de sus esclavos o servidores, para luego procesarla y visualizarla. El modelo del equipo puede variar de acuerdo a la complejidad de la aplicación que el cliente requiera.

#### 4.4.1. PLC M221

Este PLC viene es la evolución del PLC TWIDO, lo que quiere decir que conserva su fácil entendimiento y programación, pero con mayores prestaciones como mayor capacidad de memoria de programación, mayor velocidad de procesamiento, mayor capacidad de comunicación y ofreciendo compatibilidad con proyectos desarrollados para TWIDO.

Estos controladores disponen de un puerto Ethernet incorporado lo que significa que se pueden integrar fácilmente en arquitecturas de sistemas de control para la monitorización remota y el mantenimiento de maquinaria mediante aplicaciones para smartphones, tablets y PC.



*Figura 4.16. Controladores lógicos Modicon M221 – Schneider-Electric*

*Fuente: [www.steven-engineering.blogspot.pe](http://www.steven-engineering.blogspot.pe)*

#### Características principales

- Tamaño, las versiones de Modicon M221 compactas, vienen de 16E/S, 24E/S y 40E/S.
- Tensión de alimentación, puede ser de 24VDC ó 100...240VAC 50/60 Hz.
- Conexión de E/S incorporadas, en borneros de tornillos extraíbles con un paso de 5.08 mm.

- Entradas analógicas, 2 entradas incorporadas en cada controlador compacto o modular. Además de 2 a 4 entradas analógicas opcionales con cartuchos para el modelo compacto.
- Comunicación incorporada Ethernet y puerto serie en ambas versiones, además de ofrecer la opción de 1 puerto serial más, mediante cartucho para el modelo compacto.
- Funciones incorporadas, como control PID mediante E/S analógicas; contaje, hasta 4 entradas rápidas de contajes (HSC), frecuencia de 100KHz; modulación de ancho de pulsos (PWM); generación de pulsos (PLS) y dos salidas de tren de pulsos de señales de pulso/dirección P/D (PTO) con perfil trapezoidal y curva S, frecuencia de 100KHz.
- Potencia de procesamiento, velocidad de ejecución: 0.2us para instrucciones booleanas, programa: 10.000 instrucciones booleanas, número de palabras: 8000 y número de bits internos: 512.

Para el proyecto implementado en la planta de ISM Arequipa, se tiene un controlador Modicon M221 compacto de 40 E/S, el cual tiene la tarea de monitorear los parámetros de producción de las líneas de producción 1, 2 y 3. Cuenta con 6 sensores de conteo (2 para cada línea), está conectado a 3 terminales táctiles (1 para cada línea) y se pueden conectar (en un futuro) sus salidas digitales a balizas de alarma o contactores para la habilitación de las líneas de producción.

Actualmente, se tiene en ejecución un proyecto de migración de PLC Twido a Modicon M221 en la línea de producción 2, para integrar los variadores de velocidad por medio de comunicación serial con el control desde una pantalla HMI conectada por Modbus TCP, para que el operador pueda operar la línea con mayor eficiencia.

#### 4.4.2. PLC M251

Este controlador lógico programable de la marca Schneider-Electric, viene a ser un innovador y potente CPU que permite al usuario realizar aplicaciones de control y monitoreo complejas, ya que posee una amplia variedad de herramientas de programación y el equipo ofrece una gran potencia de procesamiento.

Los controladores Modicon M251 ofrecen una solución innovadora de alto rendimiento para máquinas modulares en arquitecturas distribuidas. Gracias a sus dimensiones compactas, pueden optimizar el tamaño en los armarios de control.

Puesto que los controladores Modicon M251 no disponen de E/S incorporadas, los dispositivos de campo como los variadores de velocidad y las E/S remotas se conectan en el bus CANopen o en la red Ethernet.

Los puertos Ethernet incorporados en cada controlador M251 ofrecen servicios de FTP y servidor web, facilitando la integración en arquitecturas de sistemas de control y el control remoto de maquinaria mediante aplicaciones para smartphones, tablets y PC.

#### **Funciones integradas**

La variedad de funciones integradas reduce el coste de la máquina.

- Puerto serie Modbus, puerto USB destinado a la programación, bus de campo CANopen para arquitecturas distribuidas, funciones de control de movimiento avanzadas (contadores rápidos y salidas de tren de pulsos para el control de servomotores).

- Los módulos de TM3 poseen funciones integradas como módulos de seguridad, módulo de control de arrancadores de motor y módulos de extensión de bus remoto.
- Funciones integradas en los módulos de comunicación Modicon TM4.

La potencia de procesamiento y el tamaño de la memoria de los controladores M251 son ideales para aplicaciones de alto rendimiento.

Las aplicaciones se crean rápidamente gracias a la potente intuitiva del software de programación SoMachine. Además, facilita la migración de aplicaciones en las gamas Modicon M221, M238 y M258 de forma automática, maximizando el uso de la inversión ya realizada.



*Figura 4.17. Controlador lógico programable Modicon M251 – Schneider-Electric*

*Fuente: [www.tracepartsonline.net](http://www.tracepartsonline.net)*

### **Características principales**

- Los controladores Modicon M251 no disponen de E/S incorporadas, pero se pueden ampliar con módulos de extensión TM3.
- El controlador M251 dispone de un interruptor Run/Stop, una ranura para tarjeta de memoria SD y un código QR para obtener acceso directo a su documentación técnica.

- El controlador lógico M251 dispone de hasta 5 puertos de comunicación integrados: una red “Ethernet 1” con 2 puertos RJ45 conectados por un switch, esta red se utiliza principalmente para la comunicación entre máquinas o para la red de fábrica, una red “Ethernet 2” con un puerto RJ45, optimizado para conectar dispositivos de campo (variadores de velocidad, E/S distribuidas, etc.) mediante el servicio Modbus TCP I/O Scanner, cuenta con servicio Modbus TCP (cliente/servidor), Ethernet IP (adaptador), UDP, TCP, SNMP y SoMachine. Este puerto también puede conectar a una red de fábrica. Además, este controlador incorpora un puerto serie (Modbus ASCII/RTU maestro o esclavo y cadena de caracteres ASCII) y un puerto de programación.
- Potencia de procesamiento, con una velocidad de ejecución de 22 ns para instrucciones booleanas, el programa soporta 128,000 instrucciones booleanas, procesador DualCore, memoria RAM de 64 MB y memoria flash de 128 MB.
- Los controladores M251 disponen de un servidor web incorporado.
- Los puertos Ethernet ofrecen las mismas funciones de carga/descarga, actualización y depuración que el puerto de programación (USB mini-B) cuando se suministra alimentación al controlador.

Este equipo es utilizado para monitorear los parámetros de producción de las líneas de producción 4 y 5 de la planta de ISM Arequipa, además integra el medidor de energía de la línea 4, un segundo equipo, integra la información de los medidores de energía de los suministros para realizar el cálculo del factor de calificación y los costes del ahorro o de penalización, permite la creación de páginas web, donde el usuario puede monitorear y controlar los parámetros que requiera, además de que el equipo ofrece la función de realizar registro de datos con intervalos de tiempo personalizables, ya que para implementar esta función, se debe programar cada variable.

#### 4.4.3. SoMachine Basic

SoMachine Basic es el software que permite la configuración y programación de los controladores lógicos programables Modicon M221, es una plataforma intuitiva y amigable al usuario, además es gratuita y basta con descargar el instalador de la página de Schneider-Electric y registrarse mediante una cuenta que también es totalmente gratuita.



*Figura 4.18. Software SoMachine Basic*

*Fuente: Catálogo de controladores lógicos M221 - 2014*

#### **Características principales**

- SoMachine Basic se organiza según el ciclo de desarrollo del proyecto: la navegación por el software es fácil e intuitiva.
- SoMachine Basic ofrece una interfaz moderna.
- De fácil manejo y rápido, la interfaz simplificada le ayuda a encontrar la información que necesita en tan solo dos o tres clics.
- Es eficiente, gracias a las funciones disponibles.

## Conexión de un PC al controlador

Existen varias formas de conectar un PC a los controladores para la programación, la depuración y el mantenimiento.

- **Conexión a través de cables:** El PC se conecta a los controladores M221 a través del puerto USB mini-B, utilizando un cable TCSXCNAMUM3P (mini-USB a USB) o con un cable genérico del mismo tipo.
- **Conexión por red Ethernet:** Los controladores lógicos TM221\*\*E\*\*, gracias a su puerto Ethernet integrado, se pueden conectar con un PC utilizando la red Ethernet y el protocolo Modbus TCP/IP.

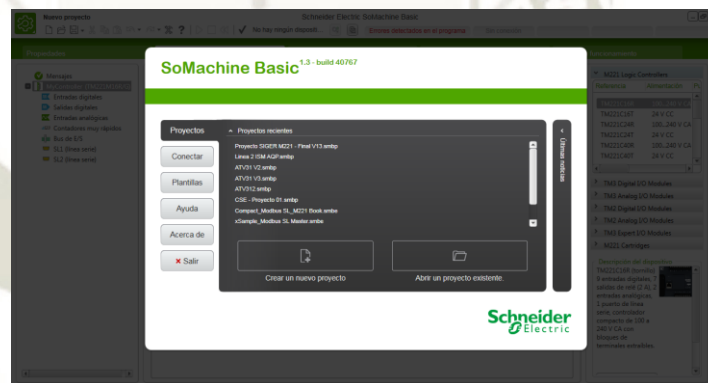


Figura 4.19. Software SoMachine Basic

Fuente: Elaboración propia

La versión de SoMachine Basic utilizada en el proyecto es la 1.3, ya que inicialmente se partió de esta versión y se hicieron pruebas con versiones superior, pero se presentaron problemas, pero actualmente la última versión del software es la 1.5 SP1, la que corrige los problemas encontrados, posiblemente en un futuro, el proyecto será migrado a la última versión de SoMachine Basic.

#### 4.4.4. SoMachine

SoMachine es la solución de software para fabricantes de maquinaria destinada a desarrolla, configurar y poner en marcha una máquina completa en un único entorno de software, incluidas las funciones de lógica, control de movimiento, interfaz hombre-máquina (HMI) así como la automatización en red.



*Figura 4.20. Plataforma de software SoMachine*

*Fuente: Catálogo de controladores lógicos M241 y M251 - 2014*

SoMachine le permite programar y poner en marcha todos los elementos de la plataforma de control flexible y escalable de Schneider-Electric, una oferta completa orientada a la búsqueda de soluciones para fabricantes de maquinarias, que le ayudará a obtener la solución de control más optimizada que se ajuste a los requisitos de cada máquina.

SoMachine es una solución de software abierta, intuitiva y profesional que integra Vijeo Designer. Ofrece todos los lenguajes IEC 61131-3, configuradores de bus de campo, depuración y diagnóstico experto, así como múltiples capacidades de mantenimiento y motorización, incluida la visualización web.

SoMachine es un único entorno de software que ofrece: Un paquete de software, un archivo para todo el proyecto, una conexión, una operación de descarga.

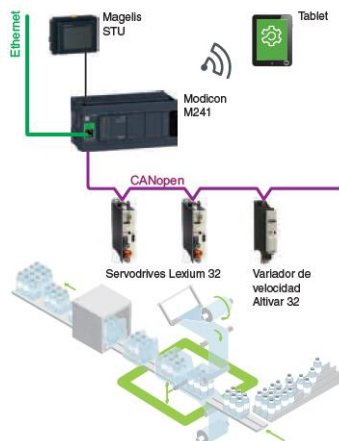


Figura 4.21. Solución de software

Fuente: Catálogo de controladores lógicos programables M221 - 2014

### Características principales

- **Escalabilidad:** SoMachine permite un uso flexible y escalable de controladores en su contexto: fácil integración de los controladores lógicos M221 con SoMachine Basic en un proyecto SoMachine.
- **Gestión de proyectos:** El gestor de proyectos integrado le permite examinar rápidamente los proyectos existentes para obtener información relevante sin necesidad de abrirlos uno a uno.



Figura 4.22. Gestor de proyectos

Fuente: Elaboración propia

- Programación y depuración:** La programación constituye un paso esencial y el usuario deberá diseñarla cuidadosamente para que resulte lo más eficiente posible. Las potentes herramientas permiten llevar a cabo una depuración y pruebas funcionales, como simulación, ejecución paso a paso, puntos de parada y seguimiento.

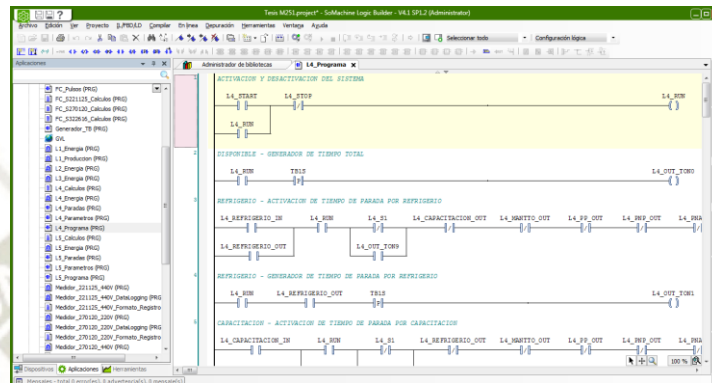


Figura 4.23. Programación

Fuente: Elaboración propia

En el proyecto se ha hecho uso de la versión 4.1 SP1.2 de SoMachine, utilizando las librerías PLCCommunication V1.0.3.3 que contiene los bloques de funciones que permiten programar la comunicación Modbus con otros dispositivos usando protocolo Modbus RTU y TCP, la librería Standard64 V3.5.2.0 que permite el manejo de cadenas de caracteres para la conversión de datos y almacenamiento en la memoria interna del PLC, la librería Toolbox V2.1.0.0 que contiene todo el repertorio de elementos de programación: temporizadores, contadores, contactos, etc. Y la librería SysTime V3.4.1.20 útil para obtener el reloj de tiempo real del PLC y programar calendarios y horarios de acuerdo al funcionamiento del proyecto.

## 4.5. HMI

Las pantallas HMI permiten el ingreso de parámetros importantes para el cálculo del OEE como la configuración del formato de producto que se tiene en la línea, definir los tipos de paradas y permiten visualizar los conteos del sensor instalado, activar y desactivar el sistema electrónico de conteo de producción.

Las ventanas fueron diseñadas para que el su manejo sea sencillo al usuario, además las vistas o paneles pueden ser personalizables de acuerdo a la necesidad del usuario, como aumentar características de un producto, aumentar una ventana de control o reinicio de contadores protegida por contraseña para que sólo el responsable de línea pueda acceder a estos parámetros, etc.

También encontramos una serie de opciones configurables que ofrecen un mayor control al usuario supervisor, ya que incluso puede manipular la pantalla desde su teléfono smartphone a través de una aplicación gratuita.

### 4.5.1. HMI STU855

La pantalla táctil HMI STU855 es un panel simple que posee funciones y características interesantes para la aplicación en el proyecto.

#### **Características principales**

- La pantalla es TFT QVGA de 5.7” de 64K colores, con resolución de 320x240 píxeles.
- Es de fácil instalación, ya que basta con perforar el tablero con un agujero de 22 mm de diámetro y la pantalla se ajusta con una rosca por la parte posterior.

- Posee comunicación serial y Ethernet con dos puertos RJ45 integrados, lo que facilita la integración con los equipos de una red industrial, además de ofrecer conectividad y programación por puertos USB estándar.
- El equipo cumple con las normas EN, IEC, UL 508, ISA 12, 12, CSA, GOST.
- También ofrece funciones de almacenamiento de datos a partir de variables definidas, gráficos de tendencias en tiempo real, creación de recetas y paneles protegidos, servidor web integrado y supervisión remota a través del servicio Web Gate.



*Figura 4.24. Pantalla HMISTU855 – Schneider-Electric*

*Fuente: <http://cl.rsdelivers.com>*

Para el proyecto se han utilizado 4 unidades de esta pantalla, que sirven para ingresar los parámetros de producción y dar arranque al sistema de captación de parámetros OEE, además de mostrar algunas alarmas y los parámetros en tiempo real.

#### 4.5.2. HMI GTO2310

La pantalla táctil HMI GTO2310 es un panel táctil avanzado, que ofrece mayores características y capacidades que el HMI STU855.

##### **Características principales**

- La pantalla es TFT QVGA de 5.7” de 65K colores, con resolución de 320x240 píxeles, es de mayor sensibilidad que la pantalla HMI STU855.
- Posee comunicación serial RS 232C (DB9) y RS 485 (RJ45) y Ethernet con puerto RJ45 integrado, lo que facilita la integración con los equipos de una red industrial, además de ofrecer conectividad y programación por puertos USB estándar.
- El equipo cumple con las normas EN, IEC, UL 508, ISA 12, 12, CSA, GOST.
- También ofrece funciones de almacenamiento de datos a partir de variables definidas, gráficos de tendencias en tiempo real, creación de recetas y paneles protegidos, servidor web integrado y supervisión remota a través del servicio Web Gate. También ofrece la posibilidad de expansión de memoria con una tarjeta SD y la posibilidad de recibir y controlar periféricos conectados por puerto USB.



Figura 4.25. Pantalla HMIGTO2310 – Schneider-Electric

Fuente: [www.mroelectric.com](http://www.mroelectric.com)

Para el proyecto se ha utilizado 1 pantalla de este modelo, ya que en un principio la arquitectura electrónica se basó en el uso de esta para enviar los datos al servidor en la nube, pero en la arquitectura actual, sirve para ingresar los parámetros de producción y dar arranque al sistema de captación de parámetros OEE, además de mostrar algunas alarmas y los parámetros en tiempo real de la LP05.

#### 4.5.3. Vijeo Designer

Vijeo Designer es el software de programación para las pantallas HMI de Schneider-Electric, es una plataforma independiente del PLC que permite configurar pantallas para funcionar con PLC's de la misma marca, sino que ofrece compatibilidad con otras marcas.

Es un software gratuito, que se puede descargar de internet y que también es licenciado para la característica de simulación que ofrece al usuario.



Figura 4.26. Software Vijeo Designer

Fuente: Catálogo de interfaz hombre-máquina 2014

Vijeo Designer utiliza la conectividad Ethernet TCP/IP de Magelis y admite, por tanto, el acceso remoto WEB Gate, el uso compartido de datos de aplicaciones entre terminales, la transferencia de fórmulas y registros para variables, y mucho más, todo ello con una total seguridad.

Las aplicaciones pueden adoptar una naturaleza internacional: Vijeo Designer admite hasta 10 idiomas simultáneamente en un proyecto (están disponibles 40 alfabetos en el terminal GT/GTO/GK). La interface y la documentación de Vijeo Designer se ofrecen en 7 idiomas: inglés, francés, alemán, italiano, portugués, español y chino simplificado.



Figura 4.27. Ejemplo de proyecto Vijeo Designer

Fuente: Catálogo de interfaz hombre-máquina 2014

## Características principales

- **Configuración:** Permite procesar proyectos de diálogo operativos rápida y fácilmente gracias a su avanzada ergonomía con varias ventanas (hasta 5 ventanas): ventana de navegador, ventana de lista de objetos, ventana de fórmulas, ventana de biblioteca de objetos gráficos animados y objetos de imágenes y ventana de informes.

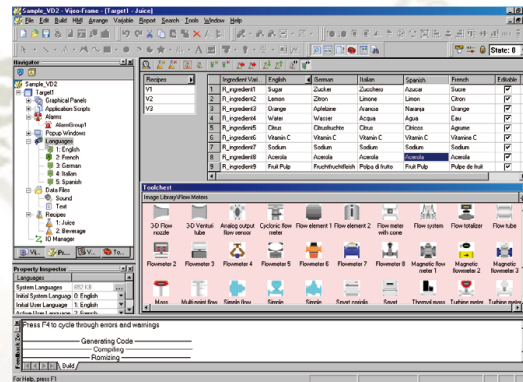


Figura 4.28. Plataforma Vijeo Designer

Fuente: Catálogo de interfaz hombre-máquina 2014

- **Editor de gráficos:** Ofrece una interface coherente para objetos simples, así como para objetos más sofisticados.

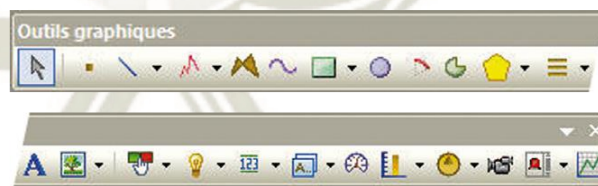


Figura 4.29. Barra de herramientas gráfica

Fuente: Catálogo de interfaz hombre-máquina 2014

- **Biblioteca de objetos gráficos animados:** La biblioteca de objetos gráficos animados permite que la creación de vistas de sinópticos resulte un proceso muy eficaz gracias a los numerosos objetos de animación “ya creados”. Incluye más de 4.000 imágenes de vectores de naturaleza “industrial” en 2 ó 3 dimensiones.



Figura 4.30. Biblioteca de objetos gráficos animados

Fuente: Catálogo de interfaz hombre-máquina 2014

- **Conexión remota WEB GATE:** Admite la visualización remota de aplicaciones Vijeo Designer con Internet Explorer en cualquier PC. Se pueden realizar varias conexiones al mismo tiempo; el número depende del tamaño de la aplicación.

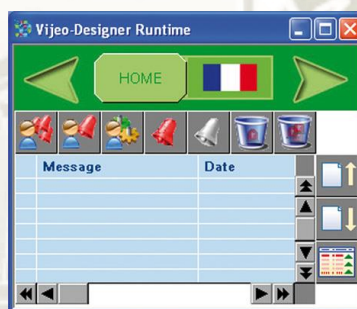


Figura 4.31. Administrador de alarmas

Fuente: Catálogo de interfaz hombre-máquina 2014

En el proyecto se tienen las pantallas HMI utilizando la versión 6.2.3 de Vijeo Designer, ya que es compatible con la versión de SoMachine 4.1 y posee una licencia de paga que permite hacer la simulación desde el PC, Vijeo Designer se puede actualizar hasta la última versión 6.2.5.

#### 4.5.4. Vijeo Designer 'Air

Vijeo Designer 'Air es una aplicación para tablets y smartphones Android y iOS. Estos le permiten conectarse remotamente a un terminal HMI a través de una red Wi-Fi y mostrar una vista gráfica de lo mismo en su tablet o smartphone.



Figura 4.32. Vijeo Designer 'Air

Fuente: Catálogo de interfaz hombre-máquina 2014

Se puede programar el terminal HMI para que sea detectado por Vijeo Designer 'Air. El nivel de accesibilidad del HMI puede ser configurado para proveer solo un modo de visualización o total control asegurado por un inicio de sesión con un usuario y contraseña.

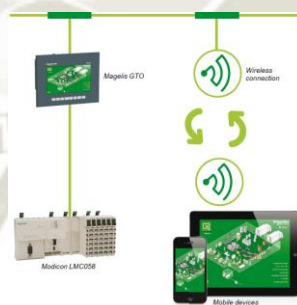


Figura 4.33. Arquitectura con Vijeo Designer 'Air

Fuente: Catálogo de interfaz hombre-máquina 2014

En la configuración de la figura, la pantalla HMI funciona como el servidor, mientras la tablet o smartphone funciona como cliente. El servidor y el cliente se comunican inalámbricamente a través de una red Wi-Fi, 3G, 4G o LTE.

#### 4.6. Pasarela de Comunicación

Las pasarelas de comunicación nos permiten recolectar y almacenar la información proveniente de los equipos de campo: PLC's y medidores de energía básicamente para este proyecto. Además, permiten la exportación de estos datos a través de la web por servicios que ofrecen. Para la selección del equipo que más se ajusta a la necesidad del proyecto, se consideraron los siguientes aspectos:

- Almacenamiento en un intervalo de tiempo mínimo de 5 minutos.
- Envío de datos por medio de servicio FTP automático (PUSH FTP).
- Posibilidad de almacenar gran cantidad de información por periodos de tiempo mayores a 2 semanas como mínimo.
- Integración de varios dispositivos Modbus RTU y TCP y creación de plantillas de dispositivos personalizables.

A continuación, se detalla un cuadro comparativo con las principales características de las pasarelas de comunicación para definir el equipo adecuado para el proyecto.

Características	Schneider- Electric EGX300	Schneider- Electric COM'X 510	Carlo Gavazzi VMU-C EM
Alimentación	24 VDC	24 VDC	12-28 VDC
Consumo de Potencia	4 W	26 W	5 W
Memoria RAM	-	128 MB	128 MB
Memoria Interna	512 MB	256 MB	4 GB
Tarjeta SD	No	4 GB	16 GB
Protocolos Ethernet	Modbus TCP, FTP, HTTP, SMTP	Modbus TCP, FTP, HTTP, SMTP	Modbus TCP/IP, HTTP, FTP, DP, SMTP, NTP
Protocolos Seriales	Modbus RTU/ASCII	Modbus RTU/ASCII	Modbus/JBUS (RTU)
Webserver Integrado	Si	Si	Si
Servicio Push FTP	Si	Si	Si
Intervalo de Tiempo Mínimo de Envío de Datos	5 minutos	1 hora	5 minutos
Wi-Fí	No	Opcional	No
Grado de protección	IP30	IP40	IP40
Temperatura de operación	-25~+70°C	-25~+70°C	-25~+55°C
Precio de lista	S/. 3,000.00	S/. 3,500.00	S/. 2,000.00

Tabla 4.4. Comparación entre pasarelas de comunicación

Fuente: Elaboración propia

#### 4.6.1. Pasarela de comunicación EGX300

La PowerLogic EGX300 es una pasarela Ethernet de energía, diseñado exclusivamente para la integración de medidores de energía, módulos de comunicación de interruptores termomagnéticos, contadores de energía, etc., pero que posee funcionalidades de integrar cualquier equipo que se comunique por protocolo Modbus.

Proporciona una interfaz transparente entre redes basadas en Ethernet y dispositivos que pueden ser instalados por el usuario. Entre los dispositivos que pueden ser instalados por el usuario se incluyen medidores, monitores, relés protectores, los PLC, unidades de control, controles de motores y otros dispositivos que se comunican mediante protocolos Modbus, JBUS o PowerLogic.

La EGX300 utiliza el protocolo Modbus TCP/IP para acceder a información de dispositivos que puede instalar el usuario a través de una red de área local (LAN) o a través de una red de área extendida (WAN). Esta capacidad permite utilizar software de supervisión para acceder a la información de los dispositivos y recolectar datos, establecer tendencias, gestionar alarmas y eventos, efectuar análisis y ejecutar otras funciones.

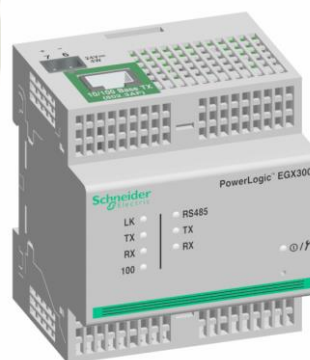


Figura 4.34. Pasarela PowerLogic EGX300 – Schneider-Electric

Fuente: <http://hexeis.com>

La EGX300 permite generar informes de datos en tiempo real para muchos tipos de dispositivos corrientes y proporciona varias funciones específicas de dispositivos tales como dispositivo incorporado y páginas de resumen de circuitos, así como registro de datos incorporado.

También ofrece un servidor web embebido donde el usuario ingresa con un nombre de usuario y contraseña, por defecto son: Administrator y Gateway, aquí es donde se configura la EGX300: la dirección IP del equipo, los parámetros de comunicación serial, la lista de dispositivos conectados por serial, las tablas de dispositivos remotos para conectar con dispositivos por Modbus TCP/IP, el registro de datos (la EGX300 permite guardar datos en intervalos de tiempo mínimos de 5 minutos), el envío de datos por HTTP o FTP (en el proyecto se hace uso del servicio FTP en modo pasivo). Todo esto convierte al EGX300 en un dispositivo simple y práctico para nuestra aplicación.

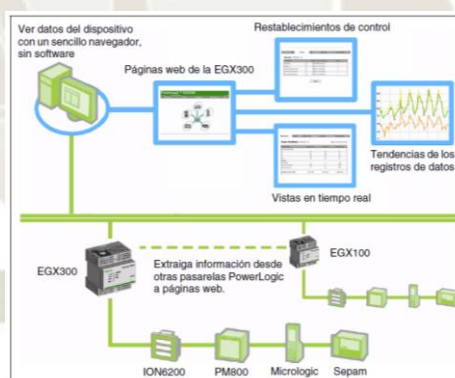


Figura 4.35. Descripción general de la EGX300

Fuente: Manual de usuario de la pasarela EGX300

También posee un editor de dispositivos personalizables que permite crear tablas de direccionamiento de dispositivos que la EGX300 no posee en su lista predeterminada de dispositivos a la hora de integrar un equipo en su lista de dispositivos, el editor permite crear, exportar, importar y eliminar las plantillas personalizadas.

El único inconveniente que presenta la EGX300 es que cuando se definen variables de tipo coma flotante (FLOAT), al momento de realizar el almacenamiento de la variable, la EGX300 guarda valores erróneos de forma aleatoria, es decir, a veces almacena correctamente los valores de la variable, y a veces lo almacena incorrectamente, es por ello que todas las variables de dispositivos integrados a través de una plantilla personalizable, deben ser de tipo entero y los dispositivos que usen este tipo de datos y estén definidos en su lista de plantillas personalizables, deberán integrarse por medio de esa plantilla predeterminada. La desventaja de esto es que algunas plantillas predeterminadas no ofrecen algunas variables que son interesantes de almacenar, por ejemplo: el medidor de energía PM710, es un equipo que posee una tabla de parámetros con tipo de datos FLOAT, en la EGX300 se debe utilizar la plantilla predeterminada, pero esta no ofrece los parámetros de factor de potencia, ni frecuencia.

#### 4.6.2. Pasarela de comunicación Com'X 510

La pasarela de comunicación Com'X 510 es la evolución de la EGX300, ya que Schneider-Electric está renovando este equipo para ofrecer mayores funcionalidades, gracias a nuevas características que trae esta nueva pasarela.

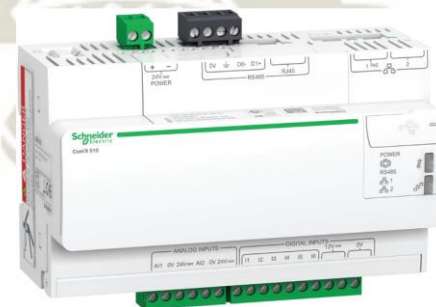


Figura 4.36. Pasarela Com'X 510 – Schneider-Electric

Fuente: Manual de usuario de la pasarela Com'X 510 - DOCA0098EN-02 - 2015

### Características principales

- **Recolector de datos:** Recolecta y almacena data energética de hasta 64 dispositivos de campo, conectados a través de la red Ethernet TCP/IP, conexión hasta 32 dispositivos Modbus Serial, entradas digitales y analógicas embebidas. La capacidad de la memoria permite almacenar hasta 2 años de información.

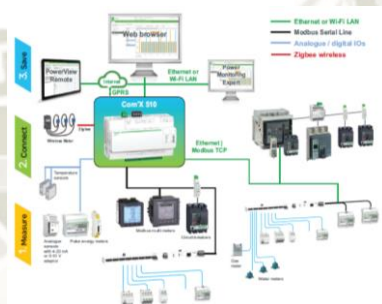


Figura 4.37. Infraestructura de comunicación del Com'X 510

Fuente: Manual de usuario de la pasarela Com'X 510 - DOCA0098EN-02 - 2015

- **Software de administrador de energía embebido:** El Com'X proporciona al usuario final una visibilidad inmediata del consumo energético en todo el sitio.



Figura 4.38. Cuadro comparativo de valores de energía acumulados en el tiempo

Fuente: Hoja técnica de interfaces de comunicación Com'X 200/Com'X 210/Com'X 510 - PLS310098EN - 2016

- **Publicación de datos:** Los datos recopilados también se pueden transmitir periódicamente a un servidor de internet como archivos en

formato CSV para ser visualizados en Excel, ser transformados o ser subidos a programas como StruxureWare Power Monitoring Expert u otro software compatible, como es el caso de Mentor Monitor.

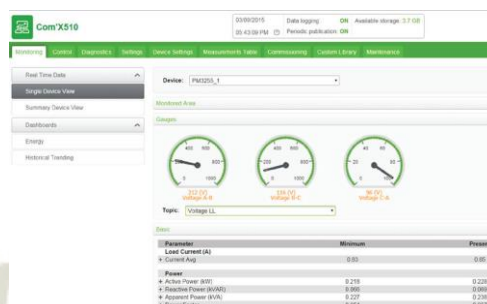


Figura 4.39. Datos y mediciones en bruto de uno de los dispositivos de campo

Fuente: Hoja técnica de interfaces de comunicación Com'X 200/Com'X 210/Com'X 510 - PLSED310098EN - 2016

- **Puerta de enlace:** Puede hacer que los datos de los dispositivos conectados estén disponibles en tiempo real: en formato Modbus TCP/IP sobre Ethernet o Wi-Fi, para solicitudes de softwares de administración de energía y puede servir como puerta de enlace a datos del dispositivo Zigbee por clientes Modbus TCP/IP externos.

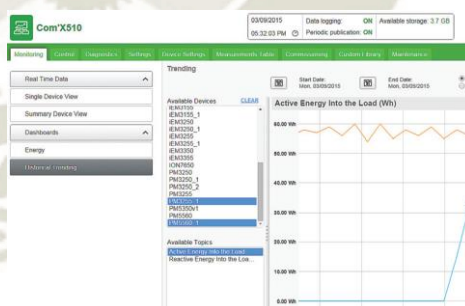


Figura 4.40. Tendencia histórica comparando múltiples dispositivos y variables

Fuente: Hoja técnica de interfaces de comunicación Com'X 200/Com'X 210/Com'X 510 - PLSED310098EN - 2016

El Com'X 510 es utilizado en paralelo al sistema electrónico de Mentor Monitor, y sirve como sistema de redundancia para registrar los datos de todos los medidores y contadores de energía de la planta de ISM Arequipa.

No se utilizó la pasarela Com'X 510 en la arquitectura debido a que el intervalo mínimo de tiempo para transmitir los datos al servidor era de 1 hora, este pequeño detalle será solucionado en futuras versiones de firmware.

#### 4.6.3. Pasarela de comunicación VMU-C EM

La pasarela de comunicación VMU-CE es un poderoso concentrador de información que por su reducido tamaño, permite ser instalado en cualquier tablero fácilmente y solo basta con conectarlo, además que ofrece módulos de expansión de entradas digitales y analógicas y módulos de comunicación que le permiten adaptarse a cualquier necesidad de la aplicación.



Figura 4.41. Servidor Web de Energía VMU-C – Carlo Gavazzi

Fuente: [www.metermarket.co.uk](http://www.metermarket.co.uk)

El VMU-C EM es un sistema modular que graba, monitorea y transmite señales analógicas y digitales de una instalación industrial, comercial o residencial con un enfoque específico en la eficiencia energética.

El sistema incluye un servidor web con una potente e intuitiva interface de usuario para monitorear datos y configurar el sistema. Los datos pueden ser transferidos utilizando varios protocolos (FTP, HTTP, Modbus TCP/IP) y vía cableado o conexión inalámbrica.

### Principales características

- **Sistema integrado:** El sistema es un paquete de módulos integrados. El módulo principal incluye el servidor web con una interfaz web para monitorear y configurar el sistema.
- **Rápido, fácil y actualizaciones libres:** Actualizaciones de software integradas pueden ser fácilmente descargadas e instaladas vía la interfaz web, sin pérdida de datos y sin registros adicionales.
- **Flexibilidad en la comunicación:** El sistema transmite los datos a través de varios protocolos de comunicación (FTP, HTTP, Modbus TCP/IP).
- **Escalabilidad:** El sistema puede ser progresivamente integrado con nuevos módulos de acuerdo a las necesidades de la aplicación.
- **Confiabilidad:** El sistema es seguro en contra de ataques cibernéticos y virus de computadora. Herramientas de redundancia de datos y respaldo previenen la pérdida de información.
- **Alta capacidad de monitoreo:** El sistema administra hasta 32 medidores trifásicos, entradas analógicas y digitales.
- **Alta capacidad de almacenamiento:** El sistema graba datos y eventos hasta por 30 años.
- **Tamaño compacto:** La dimensión máxima del paquete del módulo es 8-DIN. El número máximo de medidores de energía depende del tipo de medidor.

El módulo principal del sistema es el VMU-C EM, es un micro PC preinstalado con un servidor web con páginas visualizables vía navegador de internet. Este monitorea el sistema, graba y transmite los datos de los medidores de energía.

Si se le conecta un módulo modem (módulo VMU-D) este puede comunicarse inalámbricamente a través de la red móvil 3G y si se configura en el sistema, este controla módulos que administran variables analógicas (VMU-P) y entradas y salidas digitales (VMU-O). El control puede ser directo vía el bus local o indirecto vía comunicación serial Modbus RTU con el módulo VMU-M EM.

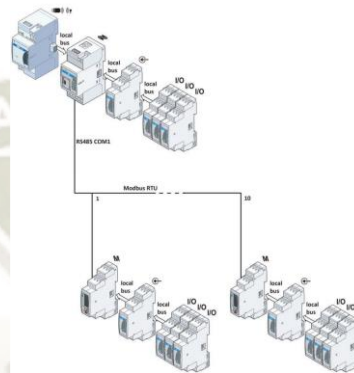


Figura 4.42. Arquitectura VMU-C EM con el número máximo de dispositivos

Fuente: Carlo Gavazzi Controls S.p.A. – VMUCEM DS ENG – 2015

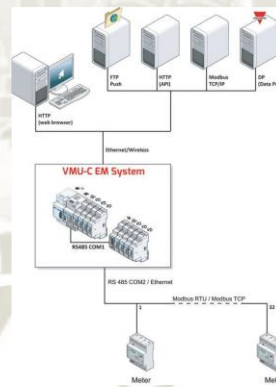


Figura 4.43. Arquitectura de comunicación del sistema VMU-C EM

Fuente: Carlo Gavazzi Controls S.p.A. – VMUCEM DS ENG – 2015

La pasarela VMU-C EM ofrece características interesantes, sin embargo, uno de los problemas que presentó a la hora de almacenar los datos era que lo hacía con un ligero desfase del tiempo, es decir almacenaba datos antes o después de cumplirse el intervalo de 5 minutos, lo que generaba incongruencias cuando el software calculaba los parámetros de eficiencia para el OEE.

#### 4.7. Router Industrial

Es un dispositivo que permite acceder a los dispositivos de campo: PLC's, HMI's, pasarelas de comunicación, etc. remotamente, por medio de una Red Privada Virtual (VPN), útil para programar y configurar todos los equipos que estén conectados en la red, mediante el acceso a los servidores web embebidos, mediante servicio FTP, o mediante los softwares de programación de cada equipo.

Existen varios modelos de routers industriales que incluso permiten programarlos para leer registros, generar alarmas y almacenar datos en su memoria interna. Dichas características son interesantes y pueden ser aplicadas en el sistema de envío de datos para el software Mentor Monitor.

##### **Servicio Talk2M**

Talk2M es el primer servicio de conectividad industrial segura en la nube. Con servidores distribuidos por todo el mundo, Talk2M ofrece una solución segura, eficiente y totalmente fiable para conectarse a las máquinas de forma remota. Talk2M engloba miles de cuentas y gestiona miles de conexiones al día, incluido el seguimiento completo de conexiones de auditorías.

A continuación, se muestra un cuadro comparativo de los routers VPN utilizados en el proyecto.

Características	Ewon Cosy 141	Ewon Flexy 201
Alimentación	12-24 VDC	12-24 VDC
Consumo de Potencia	26 W	30 W
Memoria Interna	-	30 MB
Tarjeta SD	No	Si
Protocolos Ethernet	Modbus TCP, EtherNet/IP, FTP, HTTP, SMTP	Modbus TCP, EtherNet/IP, FTP, HTTP, SMTP
Protocolos Seriales	Modbus RTU/ASCII, PPI	Modbus RTU/ASCII, PPI
Webserver Integrado	Si	Si
Servicio Push FTP	No	Si
Intervalo de Tiempo Mínimo de Envío de Datos	-	Programable hasta en milisegundos
Wi-Fí	No	Opcional
Alarmas	No	Si
Temperatura de operación	-25~+70°C	-25~+70°C
Precio de lista	S/. 4,500.00	S/. 6,500.00

*Tabla 4.5. Comparación entre routers industriales VPN eWON*

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.7.1. Router industrial eWON Cosy

El eWON Cosy es un router VPN industrial sencillo diseñado para ofrecer fácil acceso remoto, a través de internet, a máquinas e instalaciones en los clientes o en el campo.



Figura 4.44. Router VPN industrial eWON Cosy 141

Fuente: [www.safecon.co.in](http://www.safecon.co.in)

Con eWON Cosy, los OEMs y los integradores de sistemas pueden solucionar problemas de máquinas, depurar el programa PLC, cargar proyectos, obtener el uso remoto de un HMI o una cámara IP, sin tener que ir al sitio, reduciendo drásticamente los costos de soporte.

El eWON Cosy es totalmente compatible con Talk2M, el servicio de conectividad remota basado en la nube de eWON. Talk2M proporciona una ruta de comunicación VPN segura entre el usuario y la máquina remota. eWON Cosy y Talk2M facilitan el trabajo en internet, por lo que el usuario no necesita ser un experto en TI para aprovecharlo.

### Características principales

- Fácil de configurar usando la red local del cliente.
- Cortafuego amigable.
- Utiliza puertos estándar: 443 (HTTPS), 1194 (UDP).
- Posibilidad de controlar el acceso VPN con un switch de llave externo.
- Conexión en la red LAN: fácil conectividad con dispositivos Ethernet sin necesidad de configurar una pasarela.
- Diseño industrial (alimentación de 24 VDC, montaje en riel DIN)

## Aplicaciones

- Acceso remoto a los PLC/HMI/IPC/Cámara IP, etc.
- Mantenimiento remoto de PLC.



Figura 4.45. Principio de funcionamiento eWON Cosy

Fuente: Hoja técnica de eWON Cosy

En el proyecto se utilizó el eWON Cosy para dar soporte remoto a los equipos y solucionar problemas de programación de los PLC, también para corregir errores en las pantallas HMI de las líneas, es un equipo bastante útil que ahorra tiempo y dinero.

### 4.7.2. Router industrial eWON Flexy

El eWON Flexy es el primer Router M2M industrial modular disponible en el mercado. Ha sido diseñado para satisfacer los siguientes requisitos clave:

- WAN flexible, que permite a un único producto responder a diferentes necesidades de conectividad a Internet (Ethernet, Wi-Fi, 3G, LTE, etc.) y asegurar la inversión en caso de cambio de tecnología (por ejemplo, pasar de 2G a 3G).
- Bus de campo flexible, que proporciona una fácil conexión a una amplia gama de dispositivos externos, incluyendo varios protocolos de campo.

- Aplicaciones flexibles, incorporación de alarmas, registro de datos, acceso remoto, enrutamiento y aplicaciones HMI web con fácil configuración basada en web y herramientas de programación para personalización.
- Precio flexible, desde una pasarela M2M de gama baja para direccionar a instalaciones/sitios muy simples, hasta un enrutador M2M de gama alta para acceso remoto a máquinas complejas.



*Figura 4.46. Router VPN Industrial Flexy 201 – eWON*

*Fuente: [www.wernermn.com](http://www.wernermn.com)*

El eWON Flexy es totalmente compatible con Talk2M, el primer servicio de conectividad de nube industrial alojado por eWON en múltiples servidores en todo el mundo, y con eFive, un dispositivo de servidor VPN, para aplicaciones de control en tiempo real.

Su estructura es flexible, ya que permite agregar tarjetas de comunicación según la aplicación, por ejemplo: Ethernet, Wi-Fi, módulo GSM, Serial RS-232, RS-485, etc.



Figura 4.47. Módulos de expansión de eWON Flexy

Fuente: Hoja técnica de eWON Flexy

### Características principales

- Interfaz WAN flexible: LAN, 2G, 3G, Wi-Fi, ADSL, PSTN, etc.
- Interfaz de campo flexible soportando numerosos protocolos de PLC.
- Fácil de configurar y usar a través de las páginas web embebidas.
- Alto rendimiento de procesamiento de datos.
- Administrador de alarmas con notificaciones (SMS, e-mail, FTP put o SNMP trap).
- Almacenamiento de hasta 1,000,000 variables.
- Diseño industrial robusto (24VDC, montaje en riel DIN).

### Aplicaciones

- Acceso remoto.
- Medición y monitoreo remoto.
- Administración remota.

Para el proyecto se cuenta con este modelo que posee 4 puertos Ethernet para comunicar mediante el protocolo Modbus TCP/IP y una tarjeta adicional con puerto Ethernet WAN exclusivo para comunicarse con el servidor Talk2M por medio de un punto de acceso a internet.

#### 4.8. Router Inalámbrico

En un inicio, se emplearon varios routers inalámbricos que servían para enlazar las pasarelas de comunicación de las subestaciones eléctricas. Para ello, se tenía un router principal instalado en el tablero donde está la pasarela de comunicación maestra, luego en las subestaciones se tenía un router que estaba conectado a las pasarelas secundarias; este se configuraba para crear un puente inalámbrico con el router principal. Esto fue provisional hasta que se pudo realizar el cableado del punto de red hacía las subestaciones y así utilizar la red cableada de ISM.

Luego se utilizaron para integrar las pantallas HMI de las líneas de producción 4 y 5, pero no resultó, debido a las gruesas paredes de la planta que interferían con la señal Wi-Fi, haciendo que se pierdan datos al momento de ingresar parámetros en la HMI, es por ello que se optó por realizar el cableado de todos los puntos de red.

Actualmente se cuenta con cuatro routers inalámbricos instalados, para que el usuario se pueda conectar a la red y realizar tareas de mantenimiento desde un teléfono o tablet, esto simplificó bastante la labor de validación de datos, ya que se puede visualizar los conteos de los sensores desde el teléfono, sin necesidad de estar conectado a los PLC's por cable y desde una PC.

Para el proyecto se emplearon los routers TP-LINK TL-WR840N y TL-WR841N, que poseen características similares.



*Figura 4.48. Router TL-WR840N – TP-LINK*

*Fuente: [www.tp-link.com](http://www.tp-link.com)*

### Características principales

- Cumple con la normativa IEEE 802.11n para proporcionar una velocidad de datos inalámbrica de hasta 300Mbps.
- Posee un puerto WAN RJ45 de Auto-Negociación 10/100M, cuatro puertos LAN RJ45 de Auto-Negociación 10/100M, compatibles con Auto MDI/MDIX.
- Proporciona seguridad WPA/WPA2, autenticación WPA-PSK/WPA2-PSK, seguridad de cifrado TKIP/AES.
- Servidor NAT y DHCP incorporado que admite la distribución de direcciones IP estáticas.



*Figura 4.49. Router TL-WR841N – TP-LINK*

*Fuente: [www.tp-link.com](http://www.tp-link.com)*

Finalmente, una de las aplicaciones del router es para crear una subred independiente a partir de la red interna de ISM, ya que el router industrial VPN eWON (Cosy o Flexy), requiere de 2 subredes diferentes para su funcionamiento.

## CAPÍTULO V: PROGRAMACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

En el presente capítulo se explicará detalladamente el trabajo de programación y configuración de cada uno de los equipos que conforman la arquitectura electrónica, los diseños y el funcionamiento de las interfaces de visualización, la conectividad remota, así como también las normativas y criterios que se tomaron en consideración a la hora de realizar la instalación en la planta de Embotelladora San Miguel del Sur.

### 5.1. M221 – LP01, LP02 y LP03

El PLC M221 está programado para controlar y supervisar las líneas de producción 1, 2 y 3, su programación ha sido distribuida de acuerdo a la función que realiza, a continuación, se describe la configuración del controlador y el principio de funcionamiento de la programación

**Modelo de controlador:** TM221CE40T

**Configuración del puerto Ethernet:**

- Dirección IP: 10.45.0.39
- Máscara de Subred: 255.255.254.0
- Pasarela Predeterminada: 10.45.0.1

**Software de programación:** SoMachine Basic V1.3.

**Lenguaje de programación:** Ladder.

## Descripción general

El PLC contiene la programación para la adquisición de datos de las líneas de producción 1, 2 y 3.

La tarea que maneja los POU's es la Tarea Maestra que está configurada con el Nivel de Exploración Normal o "Free Wheeling", y no depende de un tiempo de ciclo para su ejecución, sino que el PLC continúa haciendo la siguiente tarea cuando terminó la tarea actual.

La Programación esta ordenada en POU's (Unidad de Organización del Programa): OEE, Parámetros, Paradas, RTC. Luego cada línea de programación está dentro de un escalón o Rung, al cual se le asigna un nombre para que el programador pueda ubicar el escalón requerido fácilmente.

Para el manejo de variables, se utilizan las memorias internas del PLC, estas memorias son agrupables de acuerdo al tipo de datos que se maneje, ya sea de tipo BOOL, INT, UINT, FLOAT, etc. Estos registros ocupan un espacio de memoria en el PLC y están limitadas, por lo que cada variable creada tiene una dirección fija que ya está publicada y lista para que sean "leídas o escritas" por la pasarela de comunicación o el HMI mediante el protocolo de comunicación Modbus.

La secuencia de funcionamiento es la siguiente:

1. Activar o desactivar el conteo de producto y de tiempos.
2. Iniciar conteo de Tiempo Disponible.
3. Iniciar conteo de Tiempo de Parada Obligatoria por Refrigerio.
4. Iniciar conteo de Tiempo de Parada Obligatoria por Capacitación.
5. Iniciar conteo de Tiempo de Parada Obligatoria por Mantenimiento.
6. Iniciar conteo de Tiempo de Espera.
7. Iniciar conteo de Tiempo de Parada Programada.
8. Iniciar conteo de Tiempo de Parada No Programada.

9. Iniciar conteo de Tiempo de Parada No Asignada.
10. Iniciar conteo de Tiempo de Micro-paradas.
11. Iniciar conteo de Productos en botellas para la línea 1 y en paquetes para las demás líneas.
12. Reseteo de Parámetros de Tiempo por Lote o SKU.
13. Configuración de Parámetros de Producción como: Marca, Destino, Material, Tamaño, Sabor y Número de Botellas por Paquete.
14. Reseteo de Parámetros de Producción por Lote o SKU.
15. Asignación del Tipo de Parada Programada o No Programada.
16. Reseteo del Tipo de Parada Programada o No Programada.

Dentro de todas estas tareas, se tiene la programación de la lógica de funcionamiento para la interacción con la Pantalla HMI, además de las restricciones para el funcionamiento de la HMI y los sensores instalados en las líneas de producción.

Por ejemplo, Si se tiene un conteo de productos continuo, y de pronto la línea de producción se detiene por un lapso mayor de 10 segundos y menor de 3.5 minutos, el tiempo almacenado en la variable “Tiempo de Espera” es asignado al “Tiempo de Micro-parada de Lote” y “Total”, luego de 10ms la variable “Tiempo de Espera” se reinicia a 0.

La variable “Tiempo de Espera” es reiniciada cada vez que el sensor detecta una botella o paquete, a penas exista una parada de línea, su valor se va incrementando segundo a segundo hasta que se asigne un tipo de parada, ya sea por Refrigerio, Capacitación, Mantenimiento, Programada, No Programada o se asigne automáticamente una Micro-parada o una Parada No Asignada.

Estos son algunos de los casos que se han tenido en cuenta al momento de realizar la lógica de programación del PLC. Para un mayor entendimiento del programa, se ha comentado cada línea de programación de los POU's en el anexo adjunto.

### 5.1.1. OEE

El POU OEE permite que el controlador active o desactive el funcionamiento del conteo de tiempo y de producto, para que el sistema pueda calcular el OEE todos los parámetros necesarios están basados en tiempo, en este caso en segundos. Sin embargo, pueden ser convertidos a minutos u horas.

Estas variables de conteo están divididas en Lotes y Totales, debido a que un producto se fabrica en lotes o SKU's el sistema mide todas las variables que se generan dentro de este SKU (tiempos de producción, tiempos de paradas, etc.), reiniciándose cada inicio de un nuevo lote de producción. Los contadores totalizadores son utilizados por el software Mentor Monitor para gestionar el OEE por Turnos de Producción.

### 5.1.2. Paradas

El POU Paradas permite que el controlador registre el tipo de parada que se genera cuando la línea de producción se detiene por un lapso mayor a 3.5 minutos (dicho tiempo ha sido definido por el personal de producción). En ese momento, el operador de la línea ha ingresado en la pantalla HMI el tipo de parada, la cual puede ser Parada Programada o Parada No Programada. También puede suceder el caso donde el operador no ingresa la información de la parada a tiempo, el tiempo acumulado se asigna en un registro denominado Parada No Asignada.

### 5.1.3. Parámetros

Este POU contiene los datos de los que se va a producir, parámetros como sabor, tamaño, marca, número de botellas, etc. Dichos parámetros son útiles al sistema para reconocer el producto que está corriendo en la línea de producción y así se asigne la velocidad nominal de línea para el cálculo del rendimiento.

Además, permite conocer el número de botellas en un paquete contado en caso que el sensor cuenta paquetes y no botellas.

### 5.1.4. RTC

El POU RTC contiene los registros que permiten presentar en las pantallas HMI la fecha y hora con la que el controlador se ha configurado.

En el PLC M221 se dispone de las siguientes palabras del sistema que contienen los datos de fecha y hora:

%SW49 %SW50 %SW51 %SW52 %SW53	Reloj en tiempo real (RTC)	Funciones de RTC: palabras que contienen los valores de fecha y hora actuales (en BCD):		S y U, SIM
		%SW49	xN día de la semana (N = 1 para los lunes)	
		%SW50	00SS Segundos	
		%SW51	HHMM: hora y minutos	
		%SW52	MMDD: mes y día	
		%SW53	CCYY: siglo y año	
El sistema controla estas palabras cuando el bit %S50 está establecido en 0. El programa de usuario o el terminal pueden escribir estas palabras cuando el bit %S50 está establecido en 1. En un flanco descendente de %S50, se actualiza el RTC interno del controlador con los valores escritos en las palabras.				

Figura 5.1. Palabras del sistema que contienen la fecha y hora del PLC M221

Fuente: Guía de programación PLC M221 – EIO0000001363 – 2014

Se copia los registros del sistema del PLC (%SW) que contienen los datos de fecha y hora en registros internos (%MW) para ser publicados en la tabla de diálogo del PLC.

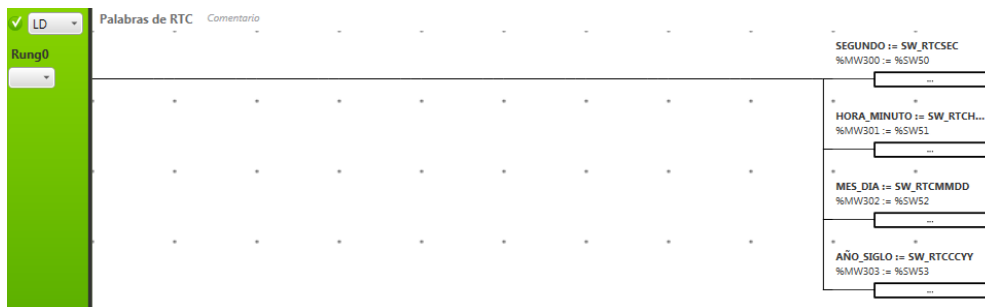


Figura 5.2. Rung 0 – POU RTC – Programa PLC M221

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.5. Asignación de Entradas Digitales

El PLC M221 recibe las señales de 6 sensores conectados a sus entradas digitales, las direcciones de las entradas digitales utilizadas son:

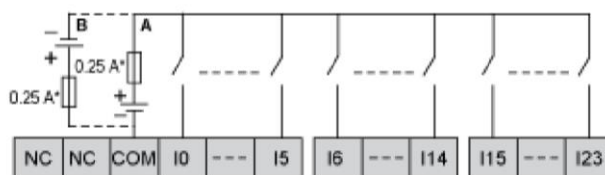
Dirección	Etiqueta	Descripción
%I0.0	L1_S1	Línea 1 – Sensor 1
%I0.1	L1_S2	Línea 1 – Sensor 2
%I0.2	L2_S1	Línea 2 – Sensor 1
%I0.3	L2_S2	Línea 2 – Sensor 2
%I0.4	L3_S1	Línea 3 – Sensor 1

Tabla 5.1. Tabla de direcciones de entradas digitales

Fuente: Elaboración propia

### Conexión eléctrica

Los sensores son de polaridad NPN, por lo que en el PLC el positivo de la fuente se conecta al COM (común), luego se alimenta el sensor con fuente de 24VDC.



- (\*) Type T fuse
- (A) Sink wiring (positive logic).
- (B) Source wiring (negative logic).

Figura 5.3. Diagrama eléctrico de conexión de entradas digitales

Fuente: Hoja técnica de PLC M221

Para este caso se utiliza la configuración (B) de la figura.

## 5.2. M251 – LP04 y LP05

El PLC M251 está programado para controlar y supervisar las líneas de producción 4 y 5, su programación, al igual que el PLC M221, ha sido distribuida de acuerdo a la función que realiza, a continuación, se describe la configuración del controlador y el principio de funcionamiento de la programación.

**Modelo de controlador:** TM251MESE

**Configuración del puerto Ethernet:**

- Dirección IP: 10.45.0.40
- Máscara de Subred: 255.255.254.0
- Pasarela Predeterminada: 10.45.0.1

**Software de programación:** SoMachine V4.1 SP1.2.

**Lenguaje de programación:** Ladder, Bloques de Funciones Continuas, Texto Estructurado.

**Descripción general**

El PLC contiene la programación para la recopilación de datos de las líneas de producción 4 y 5, además la programación para la integración del medidor de energía del tablero de distribución general de la línea 4 y redundancia en almacenamiento de datos de los medidores de los suministros eléctricos.

La Programación esta ordenada en POU's (Unidad de Organización del Programa). Cada POU tiene un lenguaje de programación distinto de acuerdo a la tarea que se quiere programar.

En el PLC funcionan 3 tareas principales: MAST, TASK LOG y VISU TASK. La tarea MAST contiene los POU's que controlan el funcionamiento de las HMI's de las líneas 4 y 5, además de realizar los cálculos y conversiones de datos que se enviarán al servidor de Mentor Monitor, la tarea TASK LOG contiene la programación de la comunicación Modbus para obtener los datos del medidor de energía de la línea 4 enlazado por protocolo serial. Finalmente, la tarea VISU TASK realiza la ejecución de la página web personalizable para la visualización de algunos de los parámetros más importantes de las líneas de producción 4 y 5.

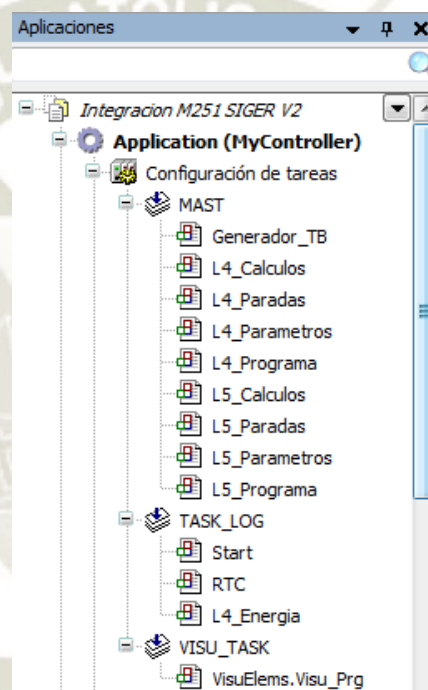


Figura 5.4. Árbol de aplicación del proyecto

Fuente: Elaboración propia

### Configuración de las tareas

La tarea MAST está configurada como tarea Cíclica con un tiempo de ciclo de 2 ms, con 1 de prioridad (Se puede configurar la prioridad de cada tarea entre 0 y 31, donde 0 es la prioridad más alta y 31 la más baja) y el Watchdog está desactivado.

La tarea TASK LOG está configurada como tarea Cíclica, con un tiempo de ciclo de 30 ms (se le coloca un tiempo de ciclo mayor debido a las funciones de registro de

datos y comunicación, dichos procesos a veces pueden tardar y si el tiempo es menor, el controlador puede pasar al estado de HALT), con 15 de prioridad y el Watchdog está desactivado.

Para el manejo de variables, se utilizan variables locales de POU y variables globales, las variables locales pertenecen a cada POU y las variables globales van en una lista Global de Variables, las cuales son compartidas por todos los POU's y posteriormente con la Tabla de Reubicación creada, permite que el PLC publique los registros Modbus que serán "leídos" por la pasarela de comunicación.

El PLC M251 no posee entradas, ni salidas digitales, ni analógicas, por lo que para que pueda realizar los conteos de producción, se le ha añadido un módulo de ampliación de entradas digitales TM3 de 16 entradas. Este módulo se conecta directamente al PLC por el lado derecho y se alimenta con una fuente de alimentación externa de 24VDC. La configuración eléctrica del módulo es con positivo común ya que los sensores son de polaridad NPN.

De igual manera que el PLC M221, la programación ha sido descrita línea por línea en el anexo respectivo.

### **5.2.1. Generador de Tiempo Base**

Este POU se ejecuta dentro de la tarea MAST, contiene el generador de base de tiempo (Time Base) de 1 segundo, se debe programar el generador de pulsos ya que los controladores Modicon M241 y M251 no poseen un bit del sistema que permita generar pulsos de 1 segundo de periodo como en el PLC M221. La programación de este POU está en lenguaje Ladder.

La base de tiempo es generada por un bloque de función "Blink" que permite generar un tren de pulsos con tiempos de alta y baja modificables, en este caso el pulso que se requiere es de 500 ms en bajo y 500 ms en alto, la salida TB1S es la que utilizamos en la programación más adelante.



Figura 5.5. Rung 1 – POU Generador TB – Programa PLC M251

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.2. Programa

Este POU se ejecuta dentro de la tarea MAST, existe un POU para la línea 4 y para la línea 5, ambos contienen la programación de dichas líneas en lenguaje Ladder. Se tiene la programación necesaria para la activación y desactivación del sistema, los temporizadores y contadores del producto, todo esto manejado a nivel de bits, debido a que este PLC no permite combinar operaciones de bits con operaciones de palabras dentro de un POU con programación Ladder, es por ello que se tienen dos POU (uno para cada línea) programados específicamente con las operaciones entre variables.

### 5.2.3. Paradas

Este POU se ejecuta dentro de la tarea MAST, contiene la programación de todas las paradas tanto Programadas y No Programadas. Cuando en el HMI se selecciona la parada, la selección es guardada en los registros del PLC.

También aquí se ha programado un retardo al momento de resetear un tipo de parada, ya que el PLC debe mantener la selección del tipo de evento por al menos un tiempo mayor a 5 minutos, para que así el EGX300 pueda registrar el tipo de parada, por más pequeña que haya sido.

Existen dos POU de este tipo, uno para la línea 4 y otro para la línea 5, la cantidad y los tipos de paradas en cada línea de producción varían.

#### 5.2.4. Parámetros

Este POU se ejecuta dentro de la tarea MAST, contiene la programación requerida para que los parámetros ingresados desde la pantalla HMI sean configurados en el PLC. Los parámetros de producción son: Marca, Destino, Material, Tamaño, Sabor y Número. Dichos parámetros serán útiles para que el sistema identifique las características del producto que corre en la línea.

#### 5.2.5. Cálculos

Este POU se ejecuta dentro de la tarea MAST, contiene la programación para que el PLC M251 realice los cálculos y asignaciones de las variables. Por ejemplo, las asignaciones de los acumuladores de los tiempos de parada, los conteos de producto, el arreglo para contabilizar unidades mayores a las admitidas por registros de 16 bits (WORD), utilizando registros de 32 bits (DWORD). Las asignaciones del tipo de paradas, la asignación del valor codificado al registro del parámetro de acuerdo a la marca, sabor, tamaño de botella, etc.

Todos estos cálculos se realizan en el lenguaje de programación Texto Estructurado, es un lenguaje de alto nivel muy parecido al lenguaje C, que permite operar variables, realizar condicionales y bucles, además de conversiones de tipos de datos y escalamiento de variables. Sin embargo, no tiene una organización de la programación por Rungs como en la programación Ladder, pero posee una enumeración de líneas de código. Es muy útil al momento de replicar la programación para otras líneas, ya que el cambio de variables se hace rápidamente.

#### **Acumulador de Tiempo Disponible**

Cuando se activa el sistema en el POU Programa, se habilita la condición de RUN y el pulso generado por la base de tiempo hace que se sume uno a la

variable de Tiempo Disponible Lote y Total cada segundo transcurrido. Luego el resultado se guarda en la misma variable.

```
//DISPONIBLE - Acumulador de Tiempo Total
IF L4_OUT_TONO = TRUE THEN
    L4_T_DISPONIBLE_LOTE:=L4_T_DISPONIBLE_LOTE+VALOR1;
    L4_T_DISPONIBLE_TOTAL:=L4_T_DISPONIBLE_TOTAL+VALOR1;
END_IF
```

Figura 5.6. Acumulador de tiempo total – POU Cálculos LP04

Fuente: Elaboración propia

### Asignación de Tiempo de Espera a Tiempo de Parada Obligatorio

Se utiliza el flanco de subida del pulso proveniente del botón en la pantalla HMI, de acuerdo al tipo de parada seleccionada para sumar el tiempo transcurrido de la parada actual, al Tiempo de Parada por Refrigerio, Capacitación, Mantenimiento, Programada o No Programada. Por ejemplo, se muestra la asignación para la Parada por Refrigerio.

```
//REFRIGERIO - Asignación de Tiempo de Espera a Tiempo de Parada por Refrigerio
R_TRIG_0(CLK:=L4_REFRIGERIO_IN);
IF R_TRIG_0.Q AND L4_RUN = TRUE THEN
    L4_TP_REFRIGERIO_LOTE:=L4_TP_REFRIGERIO_LOTE+L4_T_ESPERA;
    L4_TP_REFRIGERIO_TOTAL:=L4_TP_REFRIGERIO_TOTAL+L4_T_ESPERA;
END_IF
```

Figura 5.7. Asignación de refrigerio – POU Cálculos LP04

Fuente: Elaboración propia

### Acumulador de Tiempo de Parada

Cada vez que el bit de salida del enclavamiento de la parada seleccionada se enciende, se suma uno a la variable de Tiempo de Parada por Refrigerio, Capacitación, Mantenimiento, Programada o No Programada según sea el caso y se hace tanto para la variable de Lote y Total. Luego se guarda en la misma variable. Por ejemplo, se tiene el caso del Acumulador de Tiempo de Parada por Refrigerio de la línea 4.

```
//REFRIGERIO - Acumulador de Tiempo de Parada por Refrigerio
IF L4_OUT_TON1 = TRUE THEN
    L4_TP_REFRIGERIO_LOTE:=L4_TP_REFRIGERIO_LOTE+VALOR1;
    L4_TP_REFRIGERIO_TOTAL:=L4_TP_REFRIGERIO_TOTAL+VALOR1;
END_IF
```

Figura 5.8. Acumulador de tiempo de refrigerio – POU Cálculos LP04

Fuente: Elaboración propia

El mismo principio de asignación y acumulación se aplica para el Tiempo de Micro-parada, el Tiempo de Espera y el Tiempo de Parada No Asignada.

### Operación de conversión de Tipo de Datos y Conteo de Producto

Se realiza la conversión de tipos de datos de WORD a DWORD, para el acumulador del contador LSB, el contador MSB, el preset del contador LSB y así realizar la operación de multiplicación del acumulador MSB con el preset del contador LSB y la suma del acumulador LSB, para así obtener el conteo del producto del Sensor 1 y del Sensor 2.

```
//Conversión de Tipo de Datos
L4_CONTEO_CTU_0:=WORD_TO_DWORD(L4_CONTEOCTU0);
L4_CONTEO_CTU_1:=WORD_TO_DWORD(L4_CONTEOCTU1);
L4_PRESET_CTU_0:=WORD_TO_DWORD(L4_PRESETCTU0);
L4_CONTEO_S1:=(L4_CONTEO_CTU_1*L4_PRESET_CTU_0)+L4_CONTEO_CTU_0;

L4_CONTEO_CTU_2:=WORD_TO_DWORD(L4_CONTEOCTU2);
L4_CONTEO_CTU_3:=WORD_TO_DWORD(L4_CONTEOCTU3);
L4_PRESET_CTU_2:=WORD_TO_DWORD(L4_PRESETCTU2);
L4_CONTEO_S2:=(L4_CONTEO_CTU_3*L4_PRESET_CTU_2)+L4_CONTEO_CTU_2;
```

Figura 5.9. Conversión de tipo de datos – POU Cálculos LP04

Fuente: Elaboración propia

### Almacenamiento Auxiliar del Conteo Total

Cuando se produce un cambio de lote o se desactiva el sistema, se almacena el acumulador de Conteo Total en una variable auxiliar de conteo la cual será la base para el Conteo Total en el siguiente lote.

```
//Almacenamiento Auxiliar de Conteo Total
IF L4_CAMBIO_LOTE_OUT OR L4_STOP = TRUE THEN
  L4_CONTEO_TOTAL_AUX:=L4_CONTEO_TOTAL;
  L4_S2_CONTEO_TOTAL_AUX:=L4_S2_CONTEO_TOTAL;
END_IF
```

Figura 5.10. Almacenamiento auxiliar de conteo – POU Cálculos LP04

Fuente: Elaboración propia

### Acumulador del Conteo del Producto

Siempre y cuando el sistema este encendido y no exista un cambio de lote o desactivación del sistema, se procede a realizar el cálculo del conteo de producto, para el Conteo por Lote se asigna el valor del conteo actual del sensor y para el Conteo Total se suma el conteo del sensor con la variable auxiliar de conteo. Se realiza el cálculo para los dos sensores.

```
//Acumulador del Conteo de Paquetes
IF L4_RUN AND NOT (L4_CAMBIO_LOTE_OUT OR L4_STOP) = TRUE THEN
  L4_CONTEO_LOTE:=L4_CONTEO_S1;
  L4_CONTEO_TOTAL:=L4_CONTEO_S1+L4_CONTEO_TOTAL_AUX;
  L4_S2_CONTEO_LOTE:=L4_CONTEO_S2;
  L4_S2_CONTEO_TOTAL:=L4_CONTEO_S2+L4_S2_CONTEO_TOTAL_AUX;
END_IF
```

Figura 5.11. Acumulador de conteo – POU Cálculos LP04

Fuente: Elaboración propia

### Reset del Conteo por Lote

Cuando se desactiva el sistema o existe un cambio de lote, el Conteo por Lote se reinicializa a 0.

```
//Reset del Conteo de Paquetes
IF L4_STOP = TRUE THEN
  L4_CONTEO_LOTE:=0;
  L4_S2_CONTEO_LOTE:=0;
END_IF
```

Figura 5.12. Reset del conteo – POU Cálculos LP04

Fuente: Elaboración propia

## Cálculo del Umbral de Diferencia de Conteo

El umbral de diferencia de conteo sirve para diagnosticar y medir la fiabilidad del sistema respecto al conteo del producto, gracias a los dos sensores que existen en cada línea de producción. Con esto también podemos identificar si alguno de los sensores está contando de forma errónea. Primero se realiza una conversión del tipo de datos de DWORD a FLOAT para hacer operaciones con punto decimal.

```
//Umbral - Conversión de DINT a REAL  
L4_S1_CONTEO_TOTAL_REAL:=DWORD_TO_REAL(L4_CONTEO_TOTAL);  
L4_S2_CONTEO_TOTAL_REAL:=DWORD_TO_REAL(L4_S2_CONTEO_TOTAL);
```

Figura 5.13. Conversión de tipo de datos – POU Cálculos LP04

Fuente: Elaboración propia

Luego se realiza una regla de tres simple a partir de las variables anteriores, se restan los conteos de ambos sensores y se divide respecto al conteo del sensor de entrada. Cabe mencionar que para evitar que el PLC entre en un estado de error de ejecución, se debe condicionar que el divisor sea mayor a uno.

```
//Umbral - Cálculo de Umbral de Diferencia  
IF L4_S1_CONTEO_TOTAL_REAL>1 AND L4_S2_CONTEO_TOTAL_REAL>1 = TRUE THEN  
L4_UMBRAL:=((L4_S1_CONTEO_TOTAL_REAL-L4_S2_CONTEO_TOTAL_REAL)*100)/L4_S1_CONTEO_TOTAL_REAL;  
END_IF
```

Figura 5.14. Cálculo del umbral de diferencia – POU Cálculos LP04

Fuente: Elaboración propia

## Paradas

En el mismo POU también se tiene las asignaciones del Tipo de Parada ya sea Programada o No Programada, de acuerdo a la selección del usuario desde la pantalla HMI.

```

//Asignación de Paradas Programadas
IF L4_PP_1 = TRUE THEN
    L4_TIPO_PP:=1;
END_IF

IF L4_PP_2 = TRUE THEN
    L4_TIPO_PP:=2;
END_IF

IF L4_PP_3 = TRUE THEN
    L4_TIPO_PP:=3;
END_IF

//Asignación de Paradas No Programadas
IF L4_PNP_1 = TRUE THEN
    L4_TIPO_PNP:=1;
END_IF

IF L4_PNP_2 = TRUE THEN
    L4_TIPO_PNP:=2;
END_IF

IF L4_PNP_3 = TRUE THEN
    L4_TIPO_PNP:=3;
END_IF
    
```

Figura 5.15. Asignación del tipo de parada – POU Cálculos LP04

Fuente: Elaboración propia

Luego se tiene la condición para resetear el Tipo de Parada en función a la programación realizada en el POU Paradas. Esta condición se cumple cuando existe un pulso del sensor, cuando se termina el tiempo de retardo para resetear el tipo de parada o cuando se desactiva el sistema.

```

//Reseteo de Tipos de Paradas
IF (L4_S1 OR L4_RESET_PARADA OR L4_STOP) AND NOT L4_OUT_TP2 = TRUE THEN
    L4_TIPO_PP:=0;
    L4_TIPO_PNP:=0;
END_IF
    
```

Figura 5.16. Reset del tipo de parada – POU Cálculos LP04

Fuente: Elaboración propia

## Parámetros

De la misma forma se tiene la programación de la selección de cada parámetro, ya sea Sabor, Tamaño, Destino, Material, Cantidad, etc. La condición se hace verdadera cuando la salida del arreglo en el POU Parámetros es activada.

```
//Selección de Parámetros

//Sabores
IF L4_PINA_OUT = TRUE THEN
    L4_SABOR:=1;
END_IF

IF L4_NEGRA_OUT = TRUE THEN
    L4_SABOR:=2;
END_IF

IF L4_PAPAYA_OUT = TRUE THEN
    L4_SABOR:=3;
END_IF

IF L4_NARANJA_OUT = TRUE THEN
    L4_SABOR:=4;
END_IF
```

Figura 5.17. Asignación de los parámetros – POU Cálculos LP04

Fuente: Elaboración propia

El reseteo de los parámetros también se realiza en el mismo POU y se cumple cuando se da un cambio de lote o cuando en el HMI se selecciona el botón de desactivación del sistema que a la vez hace verdadero el estado de la variable Reset Parámetros.

```
//Reseteo de Parámetros
IF L4_RESET_PARAMETROS OR L4_CAMBIO_LOTE_OUT = TRUE THEN
    L4_SABOR:=0;
    L4_MARCA:=0;
    L4_MATERIAL:=0;
    L4_TAMANO:=0;
    L4_NUMERO:=0;
    L4_DESTINO:=0;
END_IF
```

Figura 5.18. Reset de parámetros – POU Cálculos LP04

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.6. Medición de energía LP04

Este POU se ejecuta dentro de la tarea TASK\_LOG, contiene la programación de la comunicación Modbus RTU para realizar la adquisición de datos del medidor de energía de la línea de producción 4.

El editor de programación de este POU usa el lenguaje de programación de Diagrama de Funciones Continuas, el cual utiliza tanto lógica booleana y manejo de palabras para la construcción de variables de 32 bits (DWORD), además de ser el lenguaje de programación ideal para manejar los bloques de comunicación en SoMachine.

La activación del funcionamiento de este POU está ligada al POU “START”, que contiene una serie de temporizadores en cascada para activar una a una las tareas de lectura Modbus de varios POU.

Anteriormente este PLC realizaba lectura de varios medidores de energía, dicha tarea ha sido deshabilitada, ya que la realiza el PLC M251 principal.



*Figura 5.19. POU START*

*Fuente: Elaboración propia*

La salida M4 es la que inicia la lectura Modbus del medidor de energía de la línea 4. Esto lo hace a través de un enclavamiento que se reiniciará si existe algún error en los bloques READ\_VAR (lectura del medidor), reiniciando el bucle de comunicación.

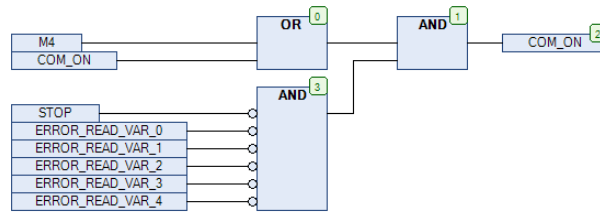


Figura 5.20. Bloques de lógica booleana para iniciar la comunicación Modbus

Fuente: Elaboración propia

Luego se debe hacer una conversión de tipo de datos de cadena de caracteres a un tipo de dato ADDRESS, para ingresar la dirección del medidor a los bloques de comunicación.

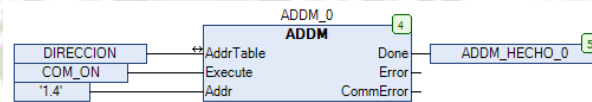


Figura 5.21. Conversión de tipo de datos de la dirección Modbus del medidor

Fuente: Elaboración propia

Luego están programados los bloques de comunicación “READ\_VAR”, que se ejecutan uno por uno cíclicamente en un barrido circular, debido a que no pueden ejecutarse 2 o más bloques de comunicación al mismo tiempo, sino que debe ser uno después de otro. Cuando un bloque de comunicación acaba la tarea de lectura exitosamente, su salida activa al siguiente bloque de comunicación, en caso de ocurrir un error en la comunicación, se reinicia todo el ciclo.

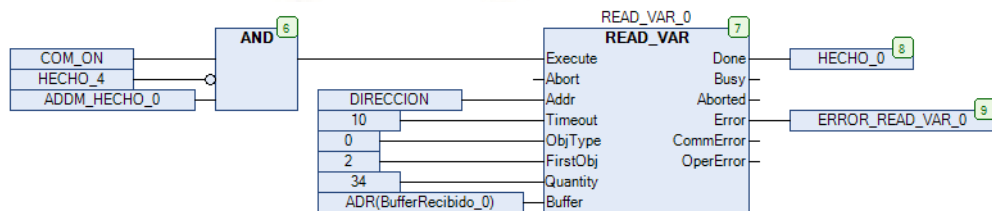


Figura 5.22. Bloque de comunicación para lectura de corrientes

Fuente: Elaboración propia

Para almacenar los datos que los bloques de comunicación obtienen, se han definido en la lista de variables locales del POU unos Búferes de datos que son “Arrays” de registros simples.

```
//BUFFERS DE DATOS

BufferRecibido_0: ARRAY[0..33]OF WORD; //Registros de Corriente DWORD
BufferRecibido_1: ARRAY[0..5]OF WORD; //Registros de Voltaje DWORD
BufferRecibido_2: ARRAY[0..13]OF WORD; //Registros de Potencia, PF y Frecuencia DWORD
BufferRecibido_3: ARRAY[0..13]OF WORD; //Registros de Energía DWORD
BufferRecibido_4: ARRAY[0..5]OF WORD; //Registros de THDi DWORD
```

Figura 5.23. Búferes de datos de los bloques de lectura Modbus

Fuente: Elaboración propia

Para volcar la información de los “Arrays” se utiliza el bloque de función “MOVE”, así los registros de los búferes de datos son “movidos” a palabras simples (WORD).

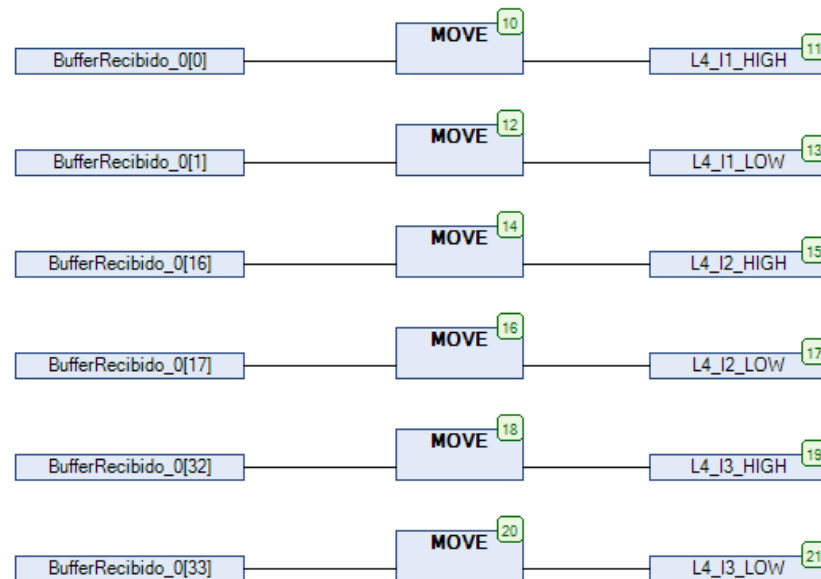


Figura 5.24. Programación para “mover” los datos del búfer de datos.

Fuente: Elaboración propia

Algunos datos son de tipo “DWORD”, por lo que se les aplica la función “WORD\_AS\_DWORD” que une dos palabras simples para formar una palabra doble.

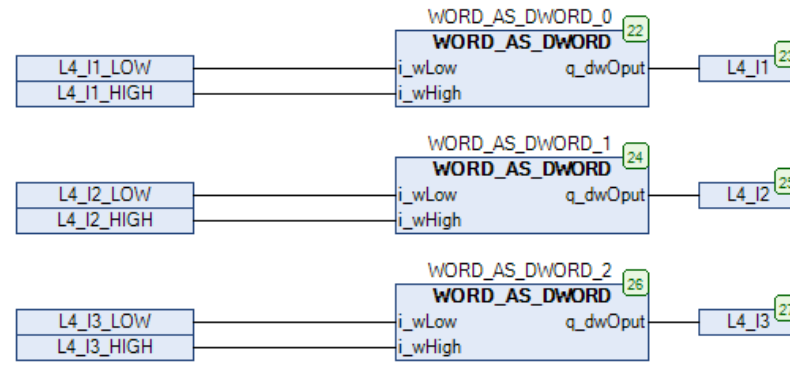


Figura 5.25. Bloques de función para unir los datos tipo WORD y formar DWORD

Fuente: Elaboración propia

Las palabras simples están definidas en la lista local de variables y las palabras dobles obtenidas están definidas como variables globales. El proceso para obtener los demás parámetros de energía es similar.

### 5.2.7. Lista de variables globales (GVL)

La lista de variables globales (Global Variable List) es una lista donde se declaran los nombres, el tipo de datos y algunas veces, los valores iniciales de todas las variables que serán compartidas entre los POU's de todas las Tareas.

Estas variables pueden ser de todo tipo de datos, pueden ser exportadas y compartidas para el uso en pantalla HMI. Sin embargo, se debe tener en cuenta que, al momento de un corte de energía en el PLC o cuando se descarga una nueva versión del programa al controlador, todas las variables definidas en esta lista pierden el valor que poseen y son reinicializadas a cero o al valor inicial definido. Es por ello que generalmente las variables de esta lista son el resultado de operaciones entre variables remanentes o de tipo persistente, por ejemplo, la conversión de un tipo de datos de alguna variable de conteo.

```

GVL x
VAR_GLOBAL
298
299
300 L4_OUT_IGN0: BOOL; //Salida del Generador de Pulsos de Tiempo Disponible
301 L4_OUT_IGN1: BOOL; //Salida del Generador de Pulsos de Tiempo de Parada por Refrigerio
302 L4_OUT_IGN2: BOOL; //Salida del Generador de Pulsos de Tiempo de Parada por Capacitación
303 L4_OUT_IGN3: BOOL; //Salida del Generador de Pulsos de Tiempo de Parada por Mantenimiento
304 L4_OUT_IGN4: BOOL; //Salida del Generador de Pulsos de Tiempo de Espera
305 L4_OUT_IGN5: BOOL; //Salida del Generador de Pulsos de Tiempo de Parada Programada
306 L4_OUT_IGN6: BOOL; //Salida del Generador de Pulsos de Tiempo de Parada No Programada
307 L4_OUT_IGN7: BOOL; //Salida del Generador de Pulsos de Tiempo de Parada No Asignada
308 L4_OUT_IGN8: BOOL; //Salida del Retardo para Borrar Tiempo de Espera
309 L4_OUT_IGN9: BOOL; //Salida de Temporizador de Obstrucción de Sensor
310 L4_SENSOR_ERROR: BOOL; //Salida de Temporizador de Alarma de Mal Funcionamiento de Sensor
311 L4_OUT_TPO: BOOL; //Salida de Comparador para Asignar Tiempo de Espera a Microparada
312 L4_OUT_TP2: BOOL; //Salida del Temporizador para Retardo de Reset de Tipo de Parada
313 L4_OUT_CTU0: BOOL; //Salida del Contador de Producto - LSB
314 L4_OUT_CTU1: BOOL; //Salida del Contador de Producto - MSB
315 L4_OUT_CTU2: BOOL; //Salida del Contador de Redundancia - LSB
316 L4_OUT_CTU3: BOOL; //Salida del Contador de Redundancia - LSB
317
318 L4_REFRIGERIO_IN: BOOL; //Pulso de Activación de Tiempo de Parada por Refrigerio
319 L4_CAPACITACION_IN: BOOL; //Pulso de Activación de Tiempo de Parada por Capacitación
320 L4_MANTTO_IN: BOOL;
321 L4_PP_IN: BOOL;
322 L4_PNP_IN: BOOL;
323 L4_PNA_IN: BOOL;
324 L4_VEMERGENTE_IN: BOOL;
325 L4_RESET_T_ESPERA: BOOL;
326 L4_CAMBIO_LOTE_IN: BOOL;
327 L4_CAMBIO_LOTE_OUT: BOOL;
    
```

Figura 5.26. Variables declaradas en la lista de variables globales

Fuente: Elaboración propia

Dentro de esta GVL se ha definido una lista de variables remanentes (Retain) que no pierden el valor que tenían antes de un corte de energía en el PLC o cuando se ejecuta el comando “En Línea Reset caliente” que, al reiniciar el programa, los valores conservados se seguirán procesando.

Por ejemplo, puede utilizar un valor conservado cuando una operación (por ejemplo, el estado de la configuración de las pantallas HMI en las líneas de producción) debe continuar tras un corte en el suministro eléctrico.

```

GVL x
VAR_GLOBAL RETAIN
100
101
102 L4_RUN: BOOL; //Habilitador del Sistema
103 L4_REFRIGERIO_OUT: BOOL; //Habilitador de Contador de Tiempo de Parada por Refrigerio
104 L4_CAPACITACION_OUT: BOOL;
105 L4_MANTTO_OUT: BOOL;
106 L4_PP_OUT: BOOL;
107 L4_PNP_OUT: BOOL;
108 L4_PNA_OUT: BOOL;
109
110 L4_PP_1: BOOL;
111 L4_PP_2: BOOL;
112 L4_PP_3: BOOL;
113 L4_PP_4: BOOL;
114 L4_PP_5: BOOL;
115 L4_PP_6: BOOL;
116 L4_PP_7: BOOL;
117 L4_PP_8: BOOL;
118 L4_PP_9: BOOL;
119 L4_PP_10: BOOL;
120 L4_PP_11: BOOL;
121 L4_PP_12: BOOL;
122 L4_PP_13: BOOL;
123 L4_PP_14: BOOL;
124 L4_PP_15: BOOL;
125 L4_PP_16: BOOL;
126 L4_PP_17: BOOL;
127 L4_PNP_1: BOOL;
128 L4_PNP_2: BOOL;
129 L4_PNP_3: BOOL;
    
```

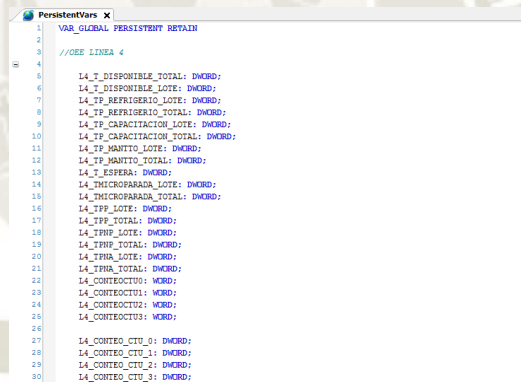
Figura 5.27. Lista de variables globales con atributo Retain

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.8. Lista de variables persistentes (PersistentVars)

Las variables persistentes se identifican mediante la palabra clave PERSISTENT (VAR\_GLOBAL PERSISTENT). Solamente se reinician al ejecutar el comando “En línea Reset origen”. A diferencia de las variables Retain, conservan sus valores después de una descarga, por ejemplo, el contador de tiempo de paradas, el contador de paquetes de una línea de producción, contadores que deben continuar contando incluso después de un corte en el suministro eléctrico o una descarga.

Las variables persistentes solamente se pueden declarar en una lista de variables globales especial de variables persistentes llamada “PersistentVars”, que se asigna en la aplicación y solamente se puede añadir una única lista de este tipo a una aplicación.



```

1 VAR_GLOBAL PERSISTENT RETAIN
2
3 //OEE LINEA 4
4
5 L4_P_DISPONIBLE_TOTAL: DWORD;
6 L4_T_DISPONIBLE_LOTE: DWORD;
7 L4_TF_REFRIGERIO_LOTE: DWORD;
8 L4_TF_REFRIGERIO_TOTAL: DWORD;
9 L4_TF_CAPACITACION_LOTE: DWORD;
10 L4_TF_CAPACITACION_TOTAL: DWORD;
11 L4_TF_MANTTO_LOTE: DWORD;
12 L4_TF_MANTTO_TOTAL: DWORD;
13 L4_T_ESPERA: DWORD;
14 L4_TMICROPARADA_LOTE: DWORD;
15 L4_TMICROPARADA_TOTAL: DWORD;
16 L4_TFP_LOTE: DWORD;
17 L4_TFP_TOTAL: DWORD;
18 L4_TFPP_LOTE: DWORD;
19 L4_TFPP_TOTAL: DWORD;
20 L4_TFPA_LOTE: DWORD;
21 L4_TFPA_TOTAL: DWORD;
22 L4_CONTECTO1: WORD;
23 L4_CONTECTO1: WORD;
24 L4_CONTECTO2: WORD;
25 L4_CONTECTO2: WORD;
26
27 L4_CONTEO_CTO_0: DWORD;
28 L4_CONTEO_CTO_1: DWORD;
29 L4_CONTEO_CTO_2: DWORD;
30 L4_CONTEO_CTO_3: DWORD;
    
```

Figura 5.28. Lista de variables persistentes

Fuente: Elaboración propia

Cada vez que la aplicación se vuelva a cargar, la lista de variables persistentes del controlador se comparará con la del proyecto. La lista del controlador se identifica mediante el nombre de la aplicación. En caso de discrepancia, se pedirá reinicializar todas las variables persistentes de la aplicación. La discrepancia puede ser el resultado de cambiar el nombre de las declaraciones existentes en la lista, de eliminar dichas declaraciones o de realizar otro tipo de modificaciones en ellas.

### 5.2.9. Asignación de entradas digitales

El PLC M251 no posee entradas digitales, por lo que se instaló un módulo de entradas digitales de 16 canales, este módulo recibe las señales de 4 sensores, las direcciones de las entradas digitales utilizadas son:

Dirección	Etiqueta	Descripción
%IX0.0	L4_S1	Línea 4 – Sensor 1
%IX0.1	L4_S2	Línea 4 – Sensor 2
%IX0.2	L5_S1	Línea 5 – Sensor 1
%IX0.3	L5_S2	Línea 5 – Sensor 2

Tabla 5.2. Tabla de direcciones de entradas digitales

Fuente: Elaboración propia

### Conexión eléctrica

Los sensores son de polaridad NPN, por lo que en el módulo de expansión el positivo de la fuente externa se conecta al terminal COM (común), luego se alimenta el sensor con fuente de 24VDC.

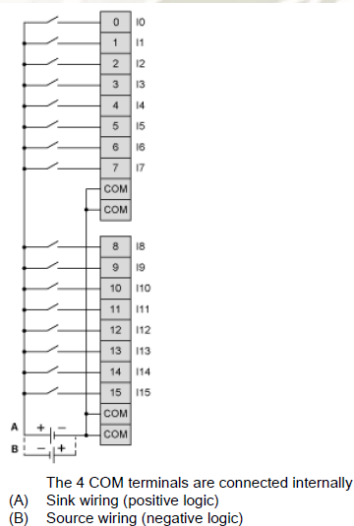


Figura 5.29. Diagrama eléctrico de conexión de entradas digitales

Fuente: Hoja técnica del módulo de expansión

### 5.2.10. Pantalla de visualización web

Adicionalmente el PLC M251 ofrece al usuario la posibilidad de crear una pantalla de visualización web dentro del mismo entorno de programación, donde se pueden diseñar botones, visualizadores numéricos, gráficos de barras, figuras animadas de potenciómetros, termómetros, etc. El cual permite un control y/o visualización de los parámetros más importantes del sistema.

Es por ello que se ha creado una pantalla de visualización donde basta con estar conectado desde una PC o un teléfono a la red del PLC para acceder a esta página web.

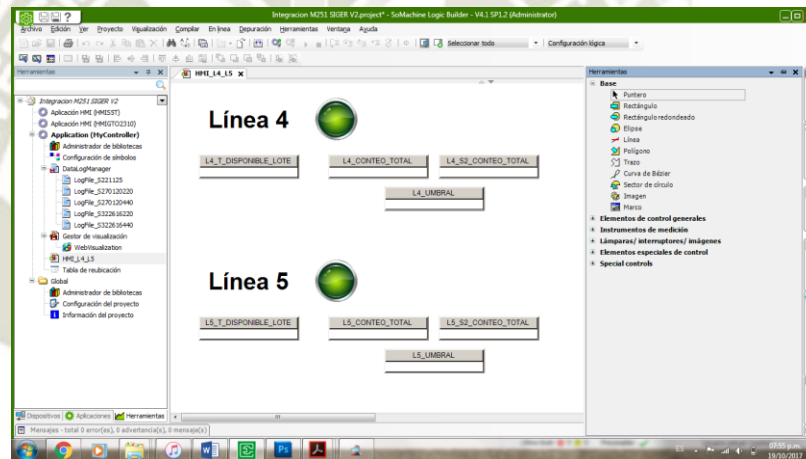


Figura 5.30. Página de diseño de la página web de visualización

Fuente: Elaboración propia

Para el proyecto se ha elaborado un pequeño sistema de visualización de las líneas de producción 4 y 5, donde se incluyen las variables de Tiempo Disponible por Lote, Conteo Total de los sensores 1 y 2, además del umbral de diferencia y el estado de la línea.

Los valores de las variables que se muestran en la página de visualización web son en tiempo real, lo que permite tener la información actual de las líneas de producción y para acceder a esta página basta con abrir un navegador web y digitar la dirección: “10.45.0.40:8080/webvisu.htm” y presionar la tecla Enter.

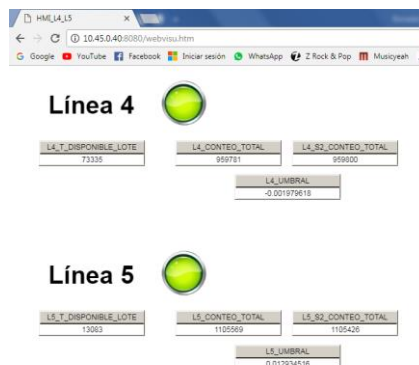


Figura 5.31. Página de visualización web en funcionamiento

Fuente: Elaboración propia

Es importante resaltar que se puede agregar seguridad y niveles de acceso a estas páginas de visualización, desde el gestor de visualización. De esta manera, la información presentada es protegida para evitar filtración de la información, pero para efectos prácticos no se ha aplicado la seguridad a la página de visualización web.

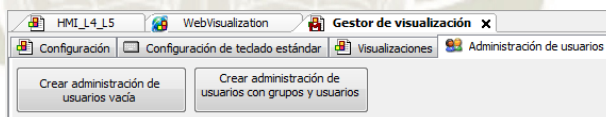


Figura 5.32. Pantalla para la creación de administración de usuarios

Fuente: Elaboración propia

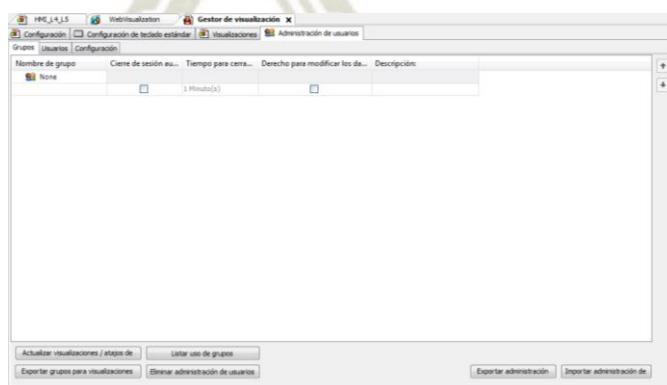


Figura 5.33. Pantalla de configuración de grupos de usuarios

Fuente: Elaboración propia

### 5.3. HMI STU855 y HMI GTO2310

La configuración y creación de las pantallas de visualización de las HMI, se realizaron en el software Vijeo Designer. La configuración y diseño es similar para ambos modelos de pantallas.

#### 5.3.1. Configuración de variables

Antes de comenzar a diseñar los paneles, se deben importar las variables necesarias para el funcionamiento de la pantalla HMI. Para el caso del PLC M221 que controla las líneas de producción 1, 2 y 3, se guarda el proyecto en SoMachine Basic y luego desde Vijeo Designer se selecciona la opción de vincular variables, luego se cambia el tipo de archivo por el “\*smbp” y se localiza el archivo del proyecto SoMachine Basic.

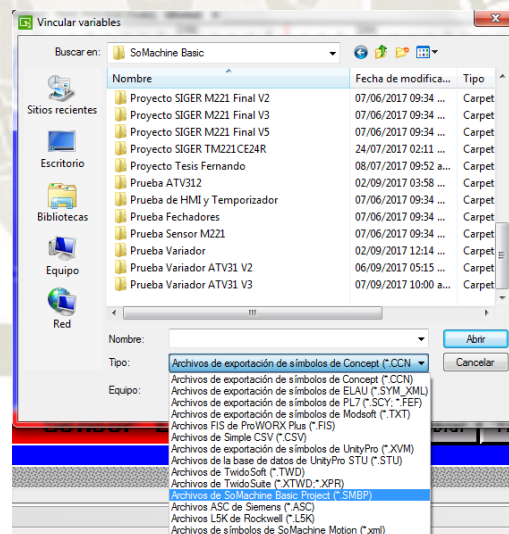


Figura 5.34. Selección del archivo del proyecto SoMachine Basic

Fuente: Elaboración propia

Es posible vincular variables de otro tipo de proyectos, de otras plataformas de programación e incluso de otras marcas de PLC, ya que la pantalla utilizada posee protocolos de comunicación compatibles.

Para el caso del PLC M251 que controla las líneas de producción 4 y 5, se debe “publicar” las variables que se quieren vincular a Vijeo Designer embebido en SoMachine, luego se genera el proyecto y al abrir Vijeo Designer, automáticamente se actualiza la lista de símbolos y está listo para seleccionar las variables provenientes de SoMachine.

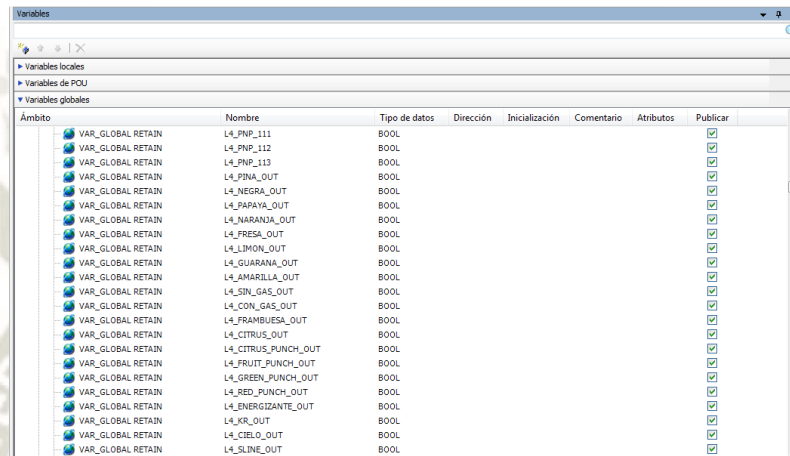


Figura 5.35. Publicación de variables desde SoMachine

Fuente: Elaboración propia

Se pueden ver las variables importadas a Vijeo Designer desde el Editor de variables.

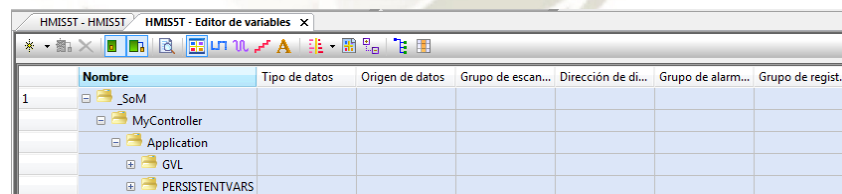


Figura 5.36. Lista de variables en Vijeo Designer

Fuente: Elaboración propia

Luego se seleccionan las variables que son necesarias para el proyecto de Vijeo Designer, por ejemplo, las variables de los botones de START, STOP, Paradas, parámetros de los productos, etc. Se acepta y se tiene la lista de variables.

Nombre	Tipo de datos	Origen de datos	Grupo de escan...	Dirección de di...	Grupo de alarm...	Grupo de regist...
Alarma	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M224	Desactivado	Ninguno
L3_12_in	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M211	Desactivado	Ninguno
L3_12_out	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M212	Desactivado	Ninguno
L3_15_in	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M213	Desactivado	Ninguno
L3_15_out	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M214	Desactivado	Ninguno
L3_15l_in	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M183	Desactivado	Ninguno
L3_15l_out	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M184	Desactivado	Ninguno
L3_15l_reset	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M185	Desactivado	Ninguno
L3_11_in	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M177	Desactivado	Ninguno
L3_11_out	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M178	Desactivado	Ninguno
L3_11_reset	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M179	Desactivado	Ninguno
L3_200ml_in	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M159	Desactivado	Ninguno
L3_200ml_out	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M160	Desactivado	Ninguno
L3_200ml_reset	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M161	Desactivado	Ninguno
L3_20l_in	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M201	Desactivado	Ninguno
L3_20l_out	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M202	Desactivado	Ninguno
L3_20l_reset	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M203	Desactivado	Ninguno
L3_220ml_in	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M174	Desactivado	Ninguno
L3_220ml_out	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M175	Desactivado	Ninguno
L3_220ml_reset	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M176	Desactivado	Ninguno
L3_24_in	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M175	Desactivado	Ninguno

Figura 5.37. Lista de variables vinculadas al proyecto de Vijeo Designer

Fuente: Elaboración propia

Algunas variables se configuran para realizar funciones especiales como abrir una ventana emergente para seleccionar el tipo de parada (L3\_ventana), una segunda variable para cerrar la ventana emergente en caso de que la producción se reanude (L3\_start\_no\_asignada) y una tercera variable para indicar alarma de que existe un umbral de diferencia de conteo superior al límite definido (L3\_alarma\_umbral).

Nombre	Tipo de datos	Origen de datos	Grupo de escan...	Dirección de di...	Grupo de alarmas	Grupo de regist...
PLC_EquipoModbus01.L3_alarma_umbral	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M002	GrupoDeAlarmas2	Ninguno
PLC_EquipoModbus01.L3_ventana	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M17	GrupoDeAlarmas1	Ninguno
PLC_EquipoModbus01.L3_start_no_asignada	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M14	GrupoDeAlarmas1	Ninguno
PLC_EquipoModbus01.Out_reset_1s	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M88	Desactivado	Ninguno
PLC_EquipoModbus01.Out_refrigerio	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M8	Desactivado	Ninguno
PLC_EquipoModbus01.Out_programada	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M18	Desactivado	Ninguno
PLC_EquipoModbus01.Out_no_programada	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M19	Desactivado	Ninguno
PLC_EquipoModbus01.Out_no_asignada	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M20	Desactivado	Ninguno
PLC_EquipoModbus01.Out_mitto	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M10	Desactivado	Ninguno
PLC_EquipoModbus01.Out_capacitacion	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M9	Desactivado	Ninguno
PLC_EquipoModbus01.L3_vidrio_out	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M155	Desactivado	Ninguno
PLC_EquipoModbus01.L3_vidrio_in	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M154	Desactivado	Ninguno
PLC_EquipoModbus01.L3_yent_emergente	DINT	Externo	EquipoModbus01	%MD14	Desactivado	Ninguno
PLC_EquipoModbus01.L3_valor_actual_c1	INT	Externo	EquipoModbus01	%MW59	Desactivado	Ninguno
PLC_EquipoModbus01.L3_valor_actual_c0	INT	Externo	EquipoModbus01	%MW56	Desactivado	Ninguno
PLC_EquipoModbus01.L3_umbral_diferencia_con	REAL	Externo	EquipoModbus01	%MW428	Desactivado	Ninguno
PLC_EquipoModbus01.L3_tiempo_disponible_lot	DINT	Externo	EquipoModbus01	%MD46	Desactivado	Ninguno
PLC_EquipoModbus01.L3_tiempo_disponible	DINT	Externo	EquipoModbus01	%MD0	Desactivado	Ninguno
PLC_EquipoModbus01.L3_tamaño	INT	Externo	EquipoModbus01	%MW53	Desactivado	Ninguno
PLC_EquipoModbus01.L3_stop	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M26	Desactivado	Ninguno
PLC_EquipoModbus01.L3_start_refrigerio	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M2	Desactivado	Ninguno

Figura 5.38. Variables especiales que pertenecen a Grupo de Alarmas

Fuente: Elaboración propia

Dentro de las opciones de la configuración de variable, hay una pestaña denominada Alarma, aquí la variable es asignada a un grupo de alarmas, para este caso el Grupo 1.

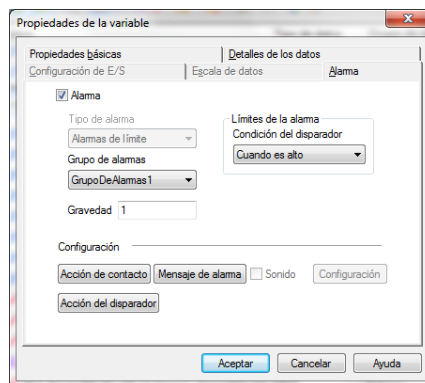


Figura 5.39. Ventana de propiedades de la variable

Fuente: Elaboración propia

Cuando la variable booleana “L3\_ventana” tenga el valor de 1, en la pantalla HMI se debe mostrar el panel de selección de parada, entonces para ello se configura la acción del disparador para mostrar dicho panel.

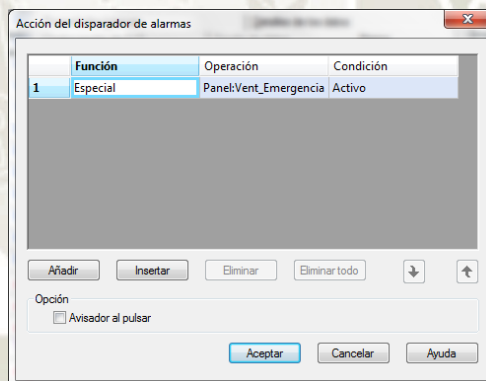


Figura 5.40. Ventana de configuración de la acción del disparador de alarmas

Fuente: Elaboración propia

Se le asigna la función especial de cambiar panel a “Vent\_Emergencia”.

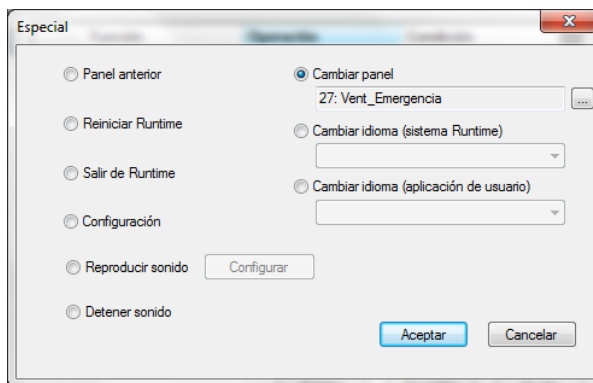


Figura 5.41. Ventana de configuración de la operación de la función especial

Fuente: Elaboración propia

También pueden aparecer mensajes en la pantalla HMI que indiquen el estado de la alarma, es el caso para la alarma por límite de diferencia de umbral superado, donde la variable “L3\_alarma\_umbral” está asignada al grupo de alarmas 2.

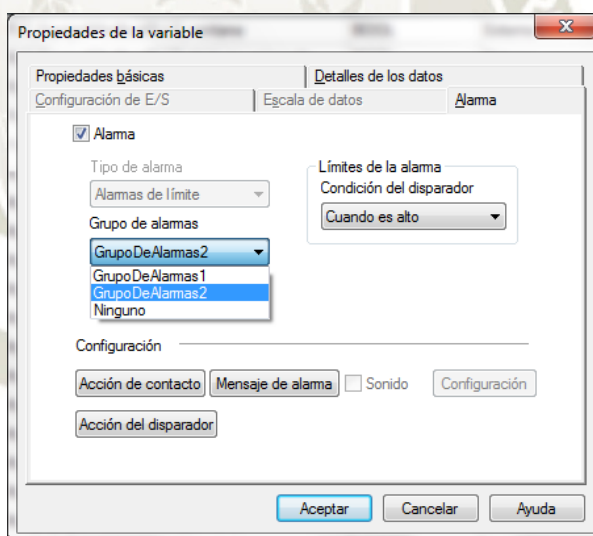
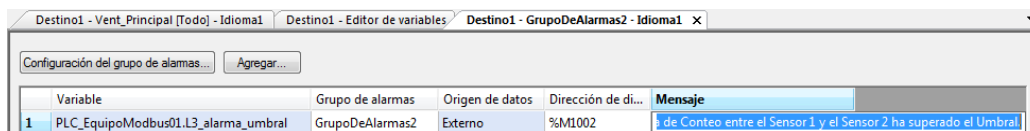


Figura 5.42. Ventana de configuración de variable “L3\_alarma\_umbral”

Fuente: Elaboración propia

Luego en el grupo de alarmas se le asigna el mensaje que aparecerá en la pantalla.



Variable	Grupo de alarmas	Origen de datos	Dirección de di...	Mensaje
1 PLC_EquipoModbus01.L3_alarma_umbral	GrupoDeAlarmas2	Externo	%M1002	de Conteo entre el Sensor 1 y el Sensor 2 ha superado el Umbral

Figura 5.43. Configuración del Grupo de Alarmas 2

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en la configuración de la pantalla HMI, se define el grupo de alarmas que se mostrará en la pantalla, la posición del mensaje, el color de fondo, el color del texto del mensaje, etc.

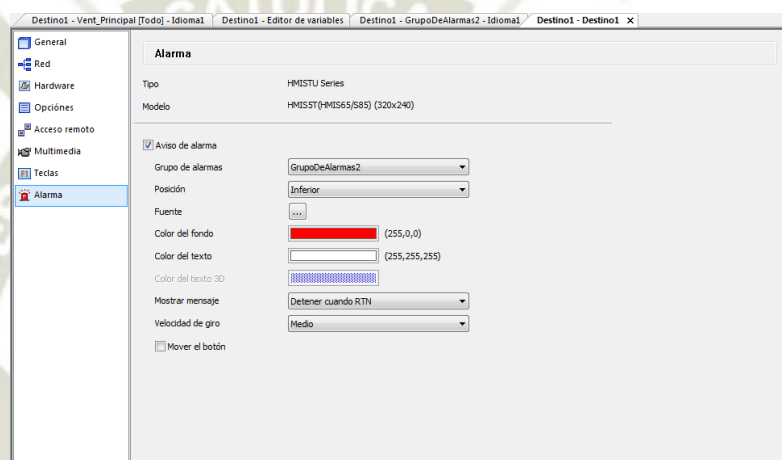


Figura 5.44. Ventana de configuración del destino (Pantalla HMI)

Fuente: Elaboración propia

Estos son alguno de los ajustes que se hacen dentro del entorno de programación Vijeo Designer para hacer que la pantalla HMI funcione de la mejor manera posible y sea amigable al usuario. Existen otras funciones y configuraciones adicionales, por ejemplo: sincronizar automáticamente la hora y fecha de la pantalla HMI con el PLC desde la tabla de diálogo del PLC, almacenamiento de datos dentro de la pantalla HMI, configuración y creación de recetas para selección de parámetros preestablecidos, configuración para la simulación de la pantalla HMI, habilitación del uso compartido de variables y servidor web para el acceso remoto desde Vijeo Designer 'Air'.

### 5.3.2. Diseño de pantallas

El diseño de los paneles es el mismo para las 5 pantallas HMI, ya que cuentan con un panel principal, un panel de control de tiempos, un panel de activación y desactivación del sistema, un panel de visualización del umbral de diferencia de conteo, las pantallas de selección de parámetros de acuerdo a la marca del producto seleccionado y las ventanas de navegación para la selección del tipo de parada, además de tener paneles emergentes de confirmación de la selección.

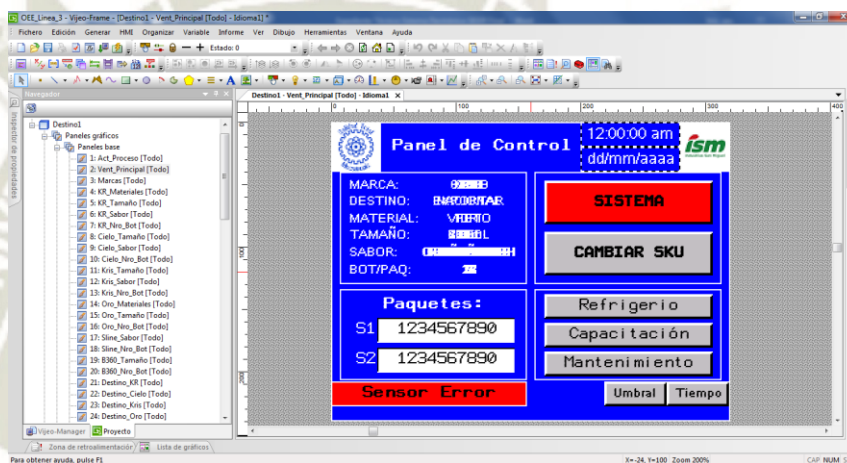


Figura 5.45. Diseño del panel principal

Fuente: Elaboración propia

La mayoría de paneles poseen botones, los cuales poseen una lista de acciones que se ejecutan al pulsar, al liberar, durante la pulsación, que permite al usuario setear o resetear bits, cambiar de paneles, abrir ventanas de confirmación, etc.

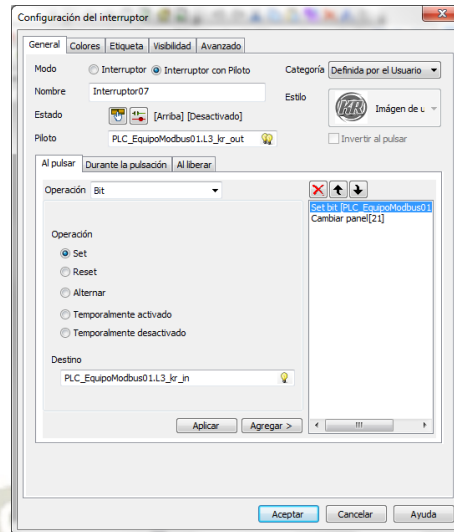


Figura 5.46. Ventana de configuración de un botón

Fuente: Elaboración propia

Los botones son personalizables ya que se les puede agregar colores de acuerdo al estado de activado o desactivado, botones de animación simple o de mapa de bits, con etiqueta de texto, con efecto de visibilidad.

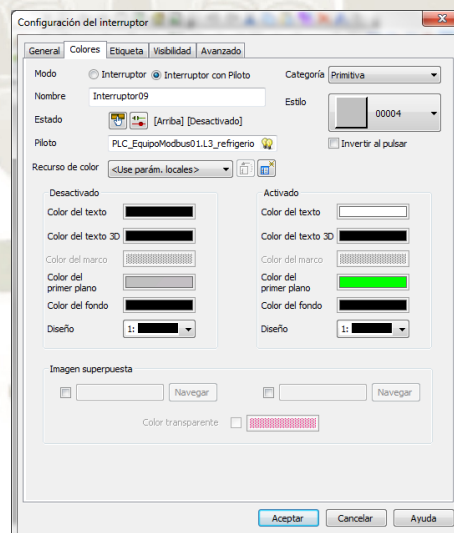


Figura 5.47. Ventana de configuración de color

Fuente: Elaboración propia

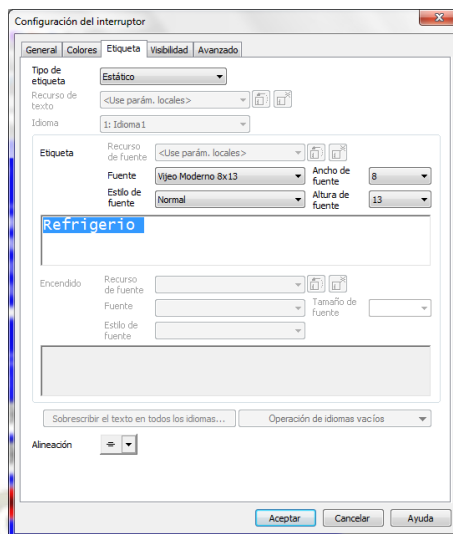


Figura 5.48. Ventana de configuración de etiqueta

Fuente: Elaboración propia

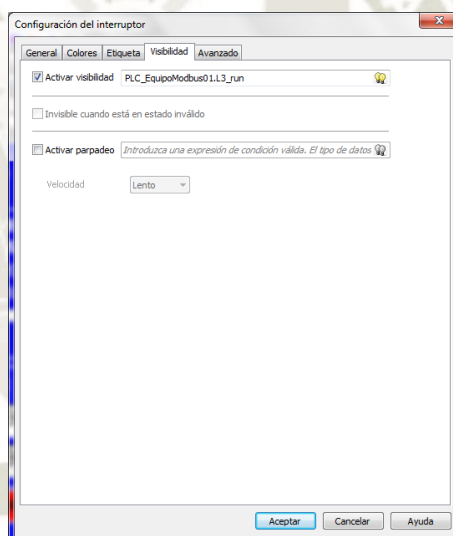


Figura 5.49. Ventana de configuración de visibilidad

Fuente: Elaboración propia

Para el diseño de los paneles, se debe tener en cuenta cómo el usuario navegará a través del HMI, es por ello que se implementan botones de navegación, cuadros de texto, cambio de color de botones y pilotos de acuerdo a la selección y las ventanas emergentes de confirmación antes de setear o resetear una variable, todo el resultado de esta programación se verá en la navegación de la pantalla HMI.

### 5.3.3. Navegación y funcionamiento

El funcionamiento y navegación de la pantalla HMI es intuitivo al usuario, lo que la hace ser de fácil uso. A continuación, se detalla el funcionamiento de la pantalla de la línea de producción 3:

#### Ingreso de los Parámetros de Producción

Lo primero que se debe hacer es activar el sistema, por ello se debe pulsar el botón de Sistema.



Figura 5.50. Panel de control con sistema desactivado

Fuente: Elaboración propia

Luego pulsamos el botón Activar Sistema.

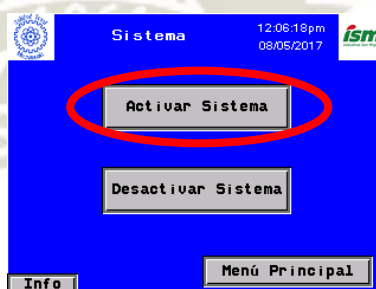


Figura 5.51. Panel de activación/desactivación del sistema

Fuente: Elaboración propia

Aparecerá una primera ventana de confirmación, pulsamos el botón Sí.

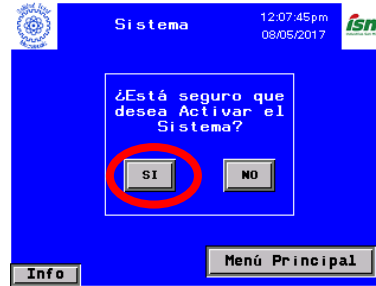


Figura 5.52. Ventana de confirmación de activación del sistema

Fuente: Elaboración propia

A continuación, aparecerá una segunda ventana de confirmación, pulsamos el botón Sí.

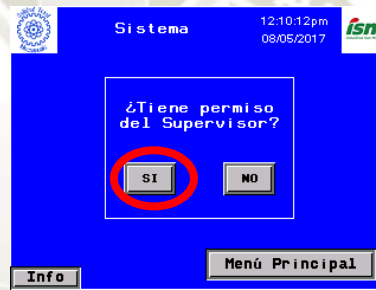


Figura 5.53. Ventana de reconfirmación de activación del sistema

Fuente: Elaboración propia

Luego se define un tipo de parada programada, como es el inicio de un nuevo SKU se puede iniciar con una parada programada o no iniciar una parada. Seleccionamos la parada por Cambio de Formato.

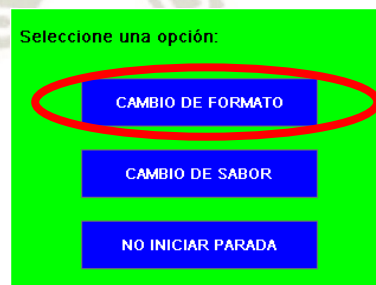


Figura 5.54. Ventana inicial de puesta en marcha

Fuente: Elaboración propia

Finalmente podemos ingresar los parámetros de producción, empezamos con la selección de la marca, seleccionamos la marca KR.



Figura 5.55. Panel de selección de la marca del producto

Fuente: Elaboración propia

Luego aparece la ventana de selección de Destino. Existe la opción de regresar a la pantalla anterior, en caso de existir un error en la selección.



Figura 5.56. Flecha de navegación hacia el panel anterior

Fuente: Elaboración propia

Volvemos a seleccionar KR.



Figura 5.57. Panel de selección de la marca del producto (marca ya seleccionada)

Fuente: Elaboración propia

Seleccionamos Nacional.



Figura 5.58. Panel de selección del destino del producto

Fuente: Elaboración propia

Luego seleccionamos el Material de la botella. Seleccionamos PET.



Figura 5.59. Panel de selección del material del producto

Fuente: Elaboración propia

Seleccionar el Tamaño. Seleccionamos 450ml.

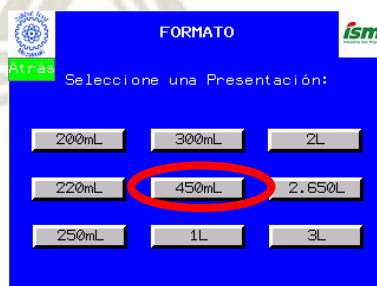


Figura 5.60. Panel de selección del formato del producto

Fuente: Elaboración propia

Seleccionar el Sabor. Seleccionamos Negra.



Figura 5.61. Panel de selección del sabor del producto

Fuente: Elaboración propia

Seleccionar el Número de Botellas por Paquetes. Seleccionamos 12 Botellas.



Figura 5.62. Panel de selección del número de botellas por paquete

Fuente: Elaboración propia

Aparecerá una ventana de confirmación para confirmar las opciones seleccionadas. Presionamos el botón Sí.



Figura 5.63. Ventana de confirmación de los parámetros de producción

Fuente: Elaboración propia

El Sistema queda activado y comienza a contar los productos y los tiempos



Figura 5.64. Panel de control con el sistema activado

Fuente: Elaboración propia

### Verificación de los Tiempos de Producción y Paradas

Se tiene un botón en la parte inferior derecha, el cual nos direcciona a una ventana de control de tiempos.



Figura 5.65. Botón de enlace al panel de supervisión de tiempos

Fuente: Elaboración propia

Aquí se puede monitorizar los tiempos medidos por el PLC, estos parámetros se reinician cuando se hace un Cambio de SKU o se Desactiva el Sistema.

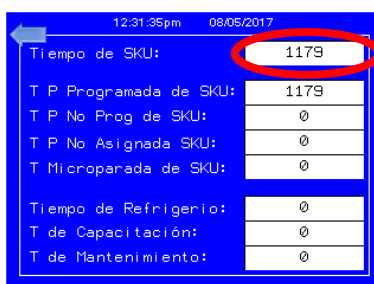


Figura 5.66. Panel de supervisión de tiempos

Fuente: Elaboración propia

En el caso de este ejemplo, como el SKU se inició en Parada Programada, el Tiempo Disponible del SKU es igual al Tiempo de Parada Programada, el tiempo de Parada Programada se seguirá contando hasta que pase la primera botella o paquete por el sensor.

### Conteo de Producción

En la pantalla principal del HMI se tiene un contador de la producción, ya sea en botellas o en paquetes.



Figura 5.67. Contador de producto en el panel de control

Fuente: Elaboración propia

Cuando se tiene un flujo de producto, el sistema sale del estado de cualquier parada, en este ejemplo, se ve en la ventana de tiempos que cuando pasó el primer paquete por el sensor, el Tiempo de Parada Programada se detiene y eventualmente el Tiempo Disponible se hace mayor.

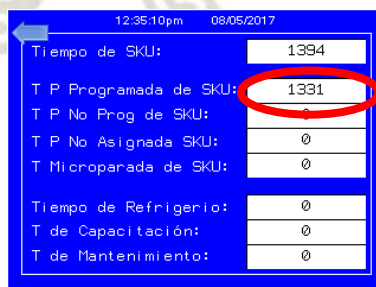
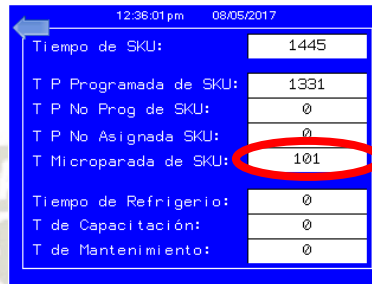


Figura 5.68. Contador de tiempo de parada programada detenido

Fuente: Elaboración propia

### Conteo de Micro-paradas

Cuando el sensor no detecta un objeto en un lapso menor a 3.5 minutos, acumula este tiempo en la variable Tiempo de Espera, cuando detecta un objeto, este tiempo es asignado a Tiempo de Micro-parada.



12:36:01 pm 08/05/2017	
Tiempo de SKU:	1445
T P Programada de SKU:	1331
T P No Prog de SKU:	0
T P No Asignada SKU:	0
T Microparada de SKU:	101
Tiempo de Refrigerio:	0
T de Capacitación:	0
T de Mantenimiento:	0

Figura 5.69. Contador de tiempo de micro-paradas

Fuente: Elaboración propia

Existen comparadores de tiempo para determinar si el tiempo acumulado en Tiempo de Espera será asignado a Micro-Parada o simplemente se desprecia el acumulado.

### Ventana Emergente

Cuando el sensor no detecta un objeto en un lapso mayor a 3.5 minutos, aparece la ventana emergente de selección de tipo de parada. Para el ejemplo seleccionamos Parada No Programada.



Figura 5.70. Ventana emergente de paradas

Fuente: Elaboración propia

Luego aparece el menú de las Paradas No Programadas, este tipo de paradas están organizadas en grupos de acuerdo al origen. Seleccionamos Mantenimiento.



Figura 5.71. Menú de navegación de paradas no programadas

Fuente: Elaboración propia

Luego se tiene la clasificación de las Paradas No Programadas por Mantenimiento. Seleccionamos Máquinas.

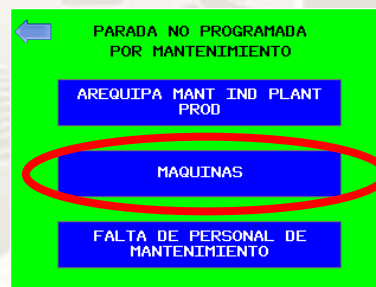


Figura 5.72. Menú de selección de paradas no programadas por mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Aparecerá la lista de máquinas, esta lista de paradas varía de acuerdo a la línea de producción. Seleccionamos la flecha Siguiete, ya que no encontramos la máquina requerida.



Figura 5.73. Flecha de navegación de paradas no programadas

Fuente: Elaboración propia

Seleccionamos el botón Llenadora LP04.

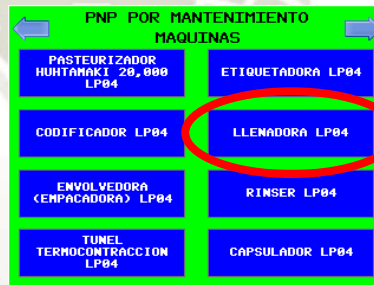


Figura 5.74. Selección de parada no programada por llenadora LP04

Fuente: Elaboración propia

Aparecerá una ventana de confirmación del tipo de parada. Presionamos el botón Sí.



Figura 5.75. Ventana de confirmación del tipo de parada

Fuente: Elaboración propia

Se cambia a la Pantalla Principal y se asigna el Tiempo de Espera a la variable Tiempo de Parada No Programada. Se comprueba en la Ventana de Tiempos.



Figura 5.76. Panel de control después de seleccionar el tipo de parada

Fuente: Elaboración propia

Vamos a la Ventana de Tiempos y comprobamos que el Tiempo de Parada No Programada ha sido asignado y se incrementa cada segundo.

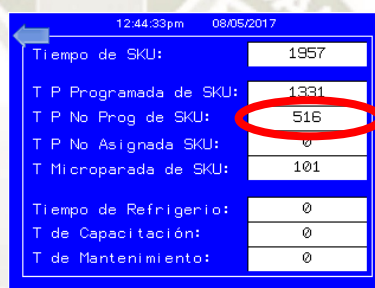


Figura 5.77. Contador de tiempo de parada no programada incrementándose

Fuente: Elaboración propia

### Cambio de SKU

Desde el Panel Principal, presionamos el botón Cambiar SKU, este botón permitirá reiniciar el conteo de tiempos y productos y, volver a ingresar los parámetros de producción, empezando así un nuevo Lote de Producción.



Figura 5.78. Botón para cambio de SKU o producto

Fuente: Elaboración propia

Aparecerá una ventana de confirmación, presionamos el botón Sí.

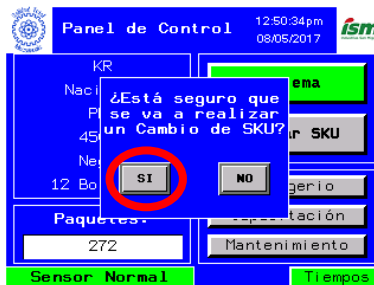


Figura 5.79. Ventana de confirmación de cambio de SKU

Fuente: Elaboración propia

Luego aparecerá una segunda ventana de confirmación, presionamos el botón Sí.



Figura 5.80. Ventana de reconfirmación de cambio de SKU

Fuente: Elaboración propia

Una vez que confirmemos el Cambio de SKU, todos los parámetros se reinician y empieza a correr el Tiempo Disponible del nuevo SKU, además del conteo de producto y el conteo de Tiempo de Espera, este último es importante, ya que la configuración de parámetros de producción debe hacerse en un lapso de tiempo menor a 3.5 minutos, sino la ventana emergente no permitirá volver a la ventana de selección de parámetros y se tendría que volver a presionar el botón de Cambio de SKU. El ciclo se repite.

## Paradas Obligatorias

En el Panel Principal, se tienen las 3 Paradas Obligatorias, que siempre se tienen que dar en algún momento de la producción, el operario puede iniciar cualquiera de estas paradas cuando la línea está parada y no tenga que esperar a que aparezca la Ventana Emergente a los 3.5 minutos.

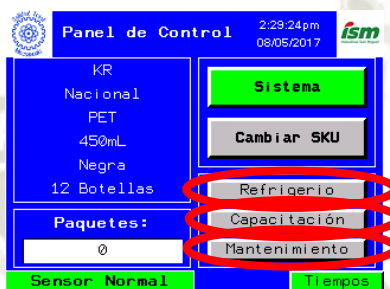


Figura 5.81. Botones de paradas obligatorias en el panel de control

Fuente: Elaboración propia

Si presionamos cualquiera de estas paradas, se abre una ventana de confirmación.



Figura 5.82. Ventana de confirmación de parada por refrigerio

Fuente: Elaboración propia

Confirmamos la selección presionando el botón Sí.

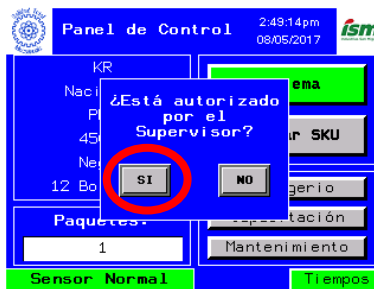


Figura 5.83. Ventana de reconfirmación de parada por refrigerio

Fuente: Elaboración propia

El botón de Refrigerio se encenderá de color verde cuando esté activa la parada por Refrigerio.



Figura 5.84. Botón de parada por refrigerio encendido

Fuente: Elaboración propia

Luego podemos comprobar el conteo de tiempo en la Ventana de Tiempos.

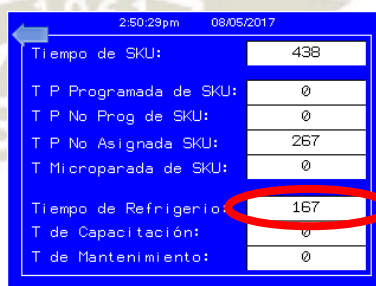


Figura 5.85. Contador de tiempo de parada por refrigerio incrementándose

Fuente: Elaboración propia

También se tienen estas paradas en la Ventana Emergente para que puedan ser seleccionadas en cualquier momento.



Figura 5.86. Botones de parada obligatoria en la ventana emergente

Fuente: Elaboración propia

### Paradas No Asignadas

Cuando el sensor detecta un objeto luego de que se abrió la Ventana Emergente y no se llega a seleccionar un Tipo de Parada en dicha ventana, ésta se cierra automáticamente y se asigna el valor de la variable Tiempo de Espera a la variable Tiempo de Parada No Asignada, podemos comprobarlo en la Ventana de Tiempos.

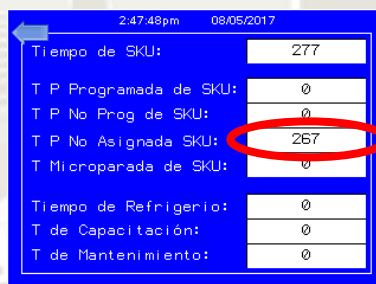


Figura 5.87. Contador de tiempo de parada no asignada

Fuente: Elaboración propia

Cuando el Tiempo de Espera supera los 3600 segundos o 1 hora, automáticamente se cierra la Ventana Emergente, se asigna el valor de la variable Tiempo de Espera a Tiempo de Parada No Asignada y empieza a incrementarse cada segundo.

## Estado del Sensor

El sistema puede dar aviso si existe una falla en el sensor cuando éste se queda detectando un objeto por un tiempo determinado.



Figura 5.88. Piloto que muestra el estado del sensor: normal

Fuente: Elaboración propia

Cuando el sensor está obstruido por un lapso de tiempo de 10 segundos, en el Panel Principal el icono del sensor empieza a parpadear de color amarillo.



Figura 5.89. Advertencia de obstrucción del sensor

Fuente: Elaboración propia

Cuando el sensor está obstruido por un lapso de tiempo mayor a los 10 minutos, en el Panel Principal del HMI el icono del sensor y el fondo del panel empiezan a parpadear de color rojo y negro, lo que sugiere al operario revisar el sensor de la línea o informar al supervisor sobre el problema.



Figura 5.90. Mensaje de alarma del estado del sensor

Fuente: Elaboración propia

### Desactivar el Sistema

Cuando el sistema es desactivado, todos los parámetros de producción configurados son eliminados y los tiempos acumulados se reinician a 0, esto sólo se debe hacer cuando la línea de producción no va a funcionar por un periodo bastante largo. Presionar el botón Sistema en el Panel Principal.

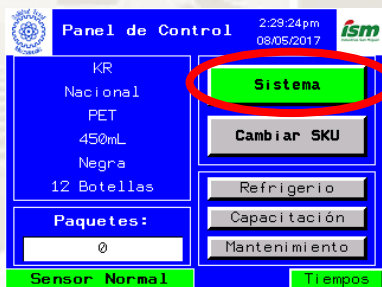


Figura 5.91. Botón de acceso al menú de activación/desactivación del sistema

Fuente: Elaboración propia

Luego presionar el botón Desactivar Sistema.

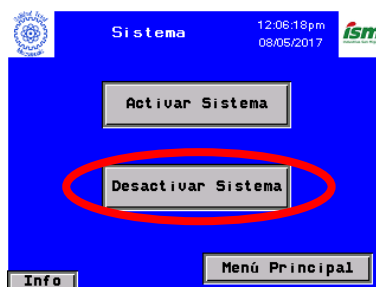


Figura 5.92. Botón para desactivar el sistema

Fuente: Elaboración propia

Aparecerá una ventana de confirmación, presionar el botón Sí.

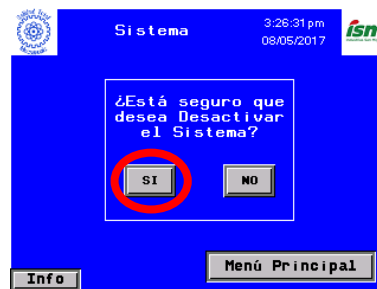


Figura 5.93. Ventana de confirmación para desactivar el sistema

Fuente: Elaboración propia

Aparecerá una segunda ventana de confirmación, presionar el botón Sí.



Figura 5.94. Ventana de reconfirmación para desactivar el sistema

Fuente: Elaboración propia

Cuando volvemos al Panel Principal, vemos que el sistema está desactivado cuando el botón de Sistema está de color rojo.



Figura 5.95. Panel de control con el sistema desactivado

Fuente: Elaboración propia

También se puede Desactivar el Sistema desde la Ventana Emergente.



Figura 5.96. Botón de desactivación del sistema en la ventana emergente

Fuente: Elaboración propia

Aparecerá una ventana de confirmación, presionamos el botón Sí.

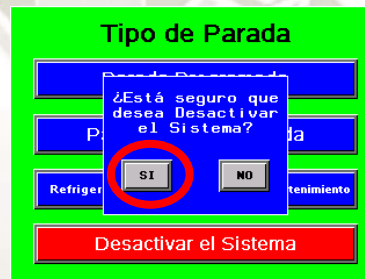


Figura 5.97. Ventana de confirmación para desactivar el sistema

Fuente: Elaboración propia

Una segunda ventana de confirmación aparece y presionamos el botón Sí.



Figura 5.98. Ventana de reconfirmación para desactivar el sistema

Fuente: Elaboración propia

De igual forma, vemos en el Panel Principal que el botón de Sistema está de color rojo.

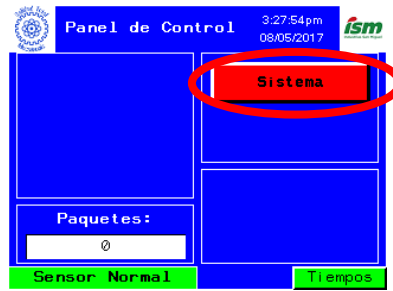


Figura 5.99. Panel de control con el sistema desactivado

Fuente: Elaboración propia



#### 5.4. PLC M251 – Principal

El PLC M251 principal es donde se ejecutarán los cálculos y la visualización de los resultados que serán útiles para la gestión energética de la planta, a continuación, se describe la configuración del controlador y el principio de funcionamiento de la programación.

**Modelo de controlador:** TM251MESE

**Configuración del puerto Ethernet:**

- Dirección IP: 10.45.0.44
- Máscara de Subred: 255.255.254.0
- Pasarela Predeterminada: 10.45.0.1

**Software de programación:** SoMachine V4.1 SP1.2.

**Lenguaje de programación:** Ladder, Bloques de Funciones Continuas, Texto Estructurado.

**Descripción general**

El PLC contiene la programación para la integración de los medidores de energía de los suministros eléctricos, además la programación para el cálculo del factor de calificación y el almacenamiento de históricos de los parámetros recopilados.

La Programación esta ordenada en POU's (Unidad de Organización del Programa). Cada POU tiene un lenguaje de programación distinto de acuerdo a la tarea que se quiere programar.

En el PLC funcionan 3 tareas principales: MAST, TASK LOG y VISU TASK. La tarea MAST contiene los POU's que calculan los parámetros necesarios para el factor de calificación diario de los tres suministros eléctricos que posee la planta de ISM

Arequipa, la tarea TASK LOG contiene la programación de la comunicación Modbus para obtener los datos de los medidores de energía de las dos subestaciones enlazados por protocolo serial. Finalmente, la tarea VISU TASK realiza la ejecución de la página web personalizable para la visualización de los parámetros calculados más importantes para la gestión de la energía.

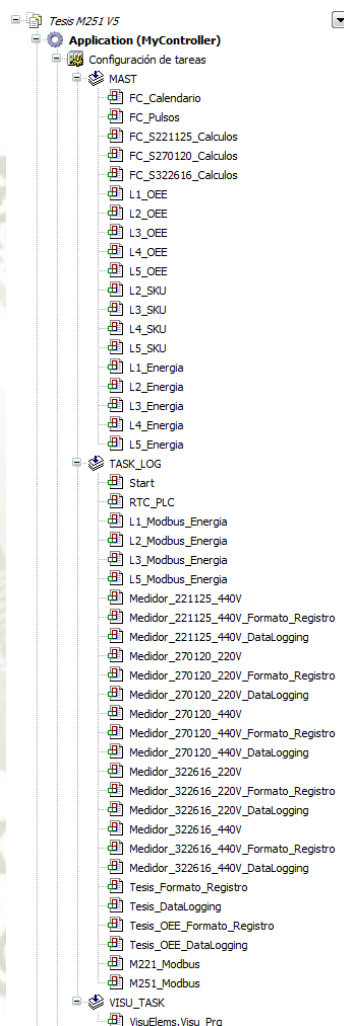


Figura 5.100. Árbol de aplicación del proyecto

Fuente: Elaboración propia

### Configuración de las tareas

La tarea MAST está configurada como tarea Cíclica con un tiempo de ciclo de 2 ms, con 1 de prioridad y Watchdog desactivado.

La tarea TASK LOG está configurada como tarea Cíclica, con un tiempo de ciclo de 750 ms, con 15 de prioridad y Watchdog desactivado.

La tarea VISU\_TASK está configurada como tarea Cíclica, con un tiempo de ciclo de 100 ms, con 30 de prioridad y Watchdog desactivado. (Esta configuración es por defecto cuando se crea una pantalla de visualización web).

AL igual que el PLC M251 de la línea 4 y 5, se utilizan variables locales de POU, variables globales y variables persistentes. Las variables locales pertenecen a cada POU y las variables globales y persistentes van en una lista Global de Variables y Lista de Variables Persistentes respectivamente, las cuales son compartidas por todos los POU's. Como este PLC no será leído por otro dispositivo y actuará como maestro paralelo al EGX300, no se ha creado una Tabla de Reubicación.

Este PLC M251 no posee entradas ni salidas digitales ni analógicas debido a que la obtención de datos lo hace a través de la comunicación Modbus TCP sobre los otros PLC's y medidores de energía.

#### **5.4.1. Reloj en tiempo real (RTC)**

Este POU se ejecuta dentro de la tarea TASK\_LOG, contiene una serie de funciones especiales de la biblioteca SysTime, que permiten obtener parámetros como el año, el mes, el día, la hora, los minutos, etc. del reloj en tiempo de real del PLC, útiles para crear pulsos sincronizados necesarios para el cálculo del factor de calificación, la calendarización y el almacenamiento de datos. La programación del POU está en lenguaje de Diagrama de Funciones Continuas.

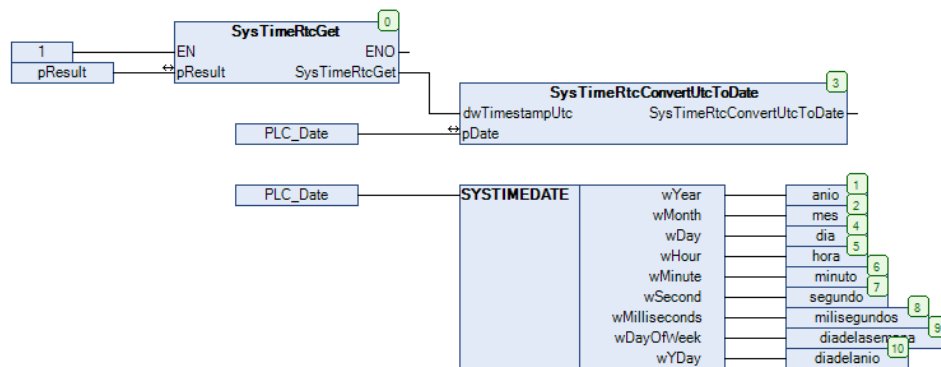


Figura 5.101. Diagrama de bloques de funciones para obtener el RTC del PLC

Fuente: Elaboración propia

El bloque de función “SysTimeRtcGet”, extrae los datos del reloj de tiempo real del PLC, luego esos datos deben ser convertidos de un formato UTC a fecha y hora, es por ello que su salida es la entrada del bloque de función “SysTimeRtcConvertUtcToDate”, la salida de este bloque genera un parámetro en forma de estructura que se descompone con bloque SYSTIMEDATE en cada parámetro independiente para su posterior uso.

#### 5.4.2. Secuencia de inicio (START)

Este POU se ejecuta dentro de la tarea TASK\_LOG y está programado en lenguaje Ladder. Este POU es importante porque genera la secuencia de inicio de la comunicación Modbus para realizar la lectura de los medidores de energía de las líneas de producción, de los suministros y de los PLC's que contienen la información del OEE.

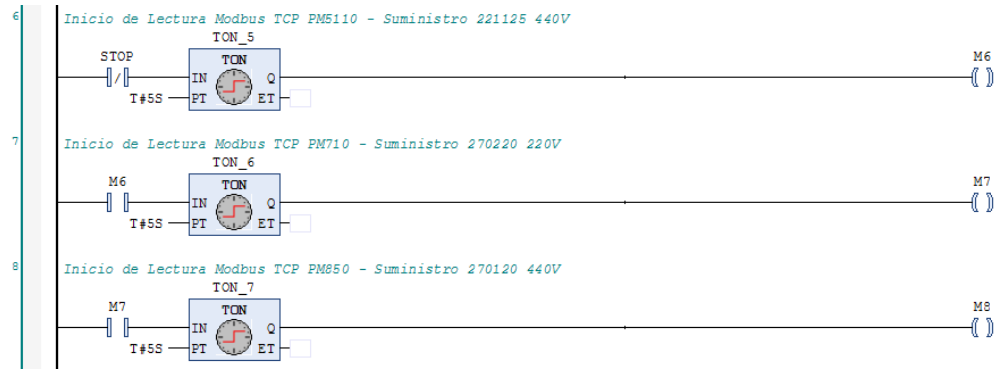


Figura 5.102. Secuencia de inicio de la comunicación Modbus

Fuente: Elaboración propia

Dentro de esta secuencia, se inicia la generación de pulsos sincronizados cada 5 minutos utilizando el parámetro “MINUTO” del POU “RTC”, luego la salida M12 se utiliza para la lógica en los POU del cálculo de factor de calificación.

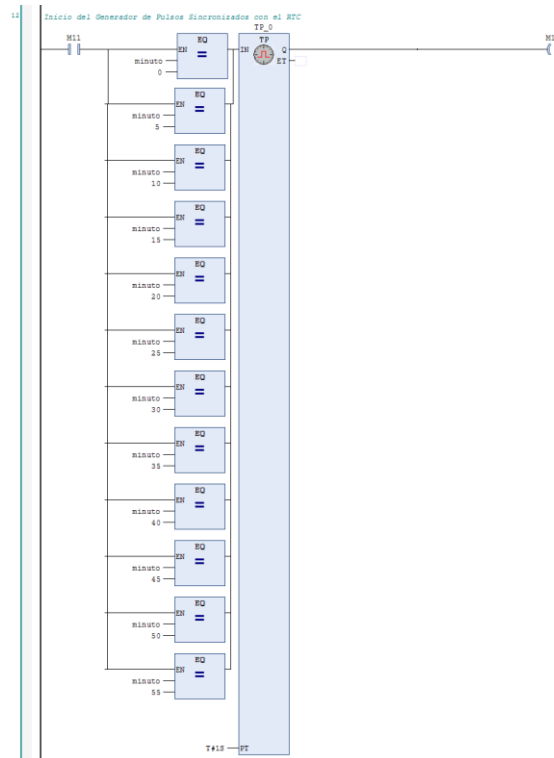


Figura 5.103. Generador del pulso sincronizado

Fuente: Elaboración propia

Además de generar un pulso sincronizado cada 5 minutos, se tiene un pulso distinto por cada intervalo de 5 minutos, que sirven para el cálculo del factor de calificación y la máxima demanda cuarta horaria.

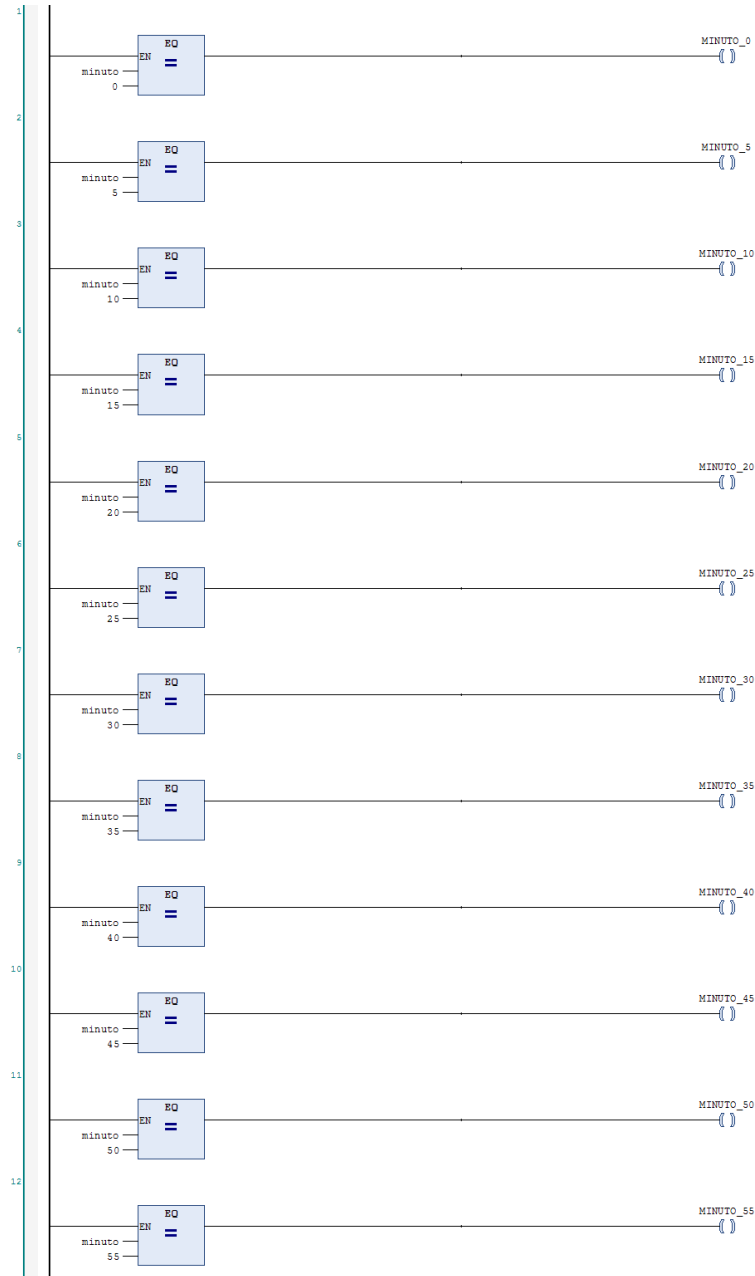


Figura 5.104. Pulsos únicos sincronizados cada 5 minutos

Fuente: Elaboración propia

### 5.4.3. Calendarización

Este POU se ejecuta dentro de la tarea MAST y está programado en lenguaje texto estructurado. Contiene la programación del calendario de días feriados del año, cuando alguna de sus condiciones es verdadera, una variable inhabilita que el controlador calcule el factor de calificación ese día.

```
FC_Calendario x
1  CALCULAR_FC:= TRUE;
2
3  //FERIADO: 1 DE ENERO: AÑO NUEVO
4
5  IF dia = 1 AND mes = 1 THEN
6      CALCULAR_FC:= FALSE;
7  END_IF
8
9  //FERIADO VARIABLE: SEMANA SANTA
10
11 //JUEVES SANTO
12 IF dia = JUEVES_SANTO_DIA AND mes = JUEVES_SANTO_MES THEN
13     CALCULAR_FC:= FALSE;
14 END_IF
15
16 //VIERNES SANTO
17 IF dia = VIERNES_SANTO_DIA AND mes = VIERNES_SANTO_MES THEN
18     CALCULAR_FC:= FALSE;
19 END_IF
20
21 //FERIADO: 1 DE MAYO: DIA DEL TRABAJO
22
23 IF dia = 1 AND mes = 5 THEN
24     CALCULAR_FC:= FALSE;
25 END_IF
26
27 //FERIADO: 29 DE JUNIO: DIA DE SAN PEDRO Y SAN PABLO
28
29 IF dia = 29 AND mes = 6 THEN
30     CALCULAR_FC:= FALSE;
31 END_IF
32
```

Figura 5.105. Programación de los días feriados según el calendario nacional

Fuente: Elaboración propia

Los días feriados que corresponden a Semana Santa son variados, por lo que existen variables que permiten al usuario definir los días que será jueves y viernes Santo del presente año.

#### 5.4.4. Factor de calificación

Se han creado tres POU's, uno para cada suministro, que contienen los cálculos de máxima demanda, energía activa en hora punta y cantidad de horas punta de cada día, los cuales son necesarios para el cálculo del factor de calificación. Estos POU se ejecutan dentro de la tarea MAST y están en lenguaje de programación texto estructurado.

Se sabe que el suministro 221125 posee un transformador de tensión de 1000V a 440V y los suministros 270120 y 322616 poseen transformadores de tensión de 1000V a 220V y 440V. Por lo que el PLC hace la lectura de 5 medidores de energía. Las tareas de comunicación Modbus están programadas en otros POU que siguen la misma estructura que el caso del PLC M251 Maestro.

Para explicar el algoritmo de programación del PLC, se tomará como ejemplo el suministro 270120, ya que el proceso de cálculo de los otros dos suministros es muy similar.

##### **Pulsos sincronizados**

Gracias a los registros del reloj del PLC y al POU "RTC", se han generado pulsos sincronizados con la hora cada 5 minutos, es decir pulsos en el minuto 0, minuto 5, minuto 10 y así sucesivamente.

```
R_TRIG_0 (CLK:=MINUTO_0);  
R_TRIG_5 (CLK:=MINUTO_5);  
R_TRIG_10 (CLK:=MINUTO_10);  
R_TRIG_15 (CLK:=MINUTO_15);  
R_TRIG_20 (CLK:=MINUTO_20);  
R_TRIG_25 (CLK:=MINUTO_25);  
R_TRIG_30 (CLK:=MINUTO_30);  
R_TRIG_35 (CLK:=MINUTO_35);  
R_TRIG_40 (CLK:=MINUTO_40);  
R_TRIG_45 (CLK:=MINUTO_45);  
R_TRIG_50 (CLK:=MINUTO_50);  
R_TRIG_55 (CLK:=MINUTO_55);
```

*Figura 5.106. Declaración de pulsos sincronizados*

*Fuente: Elaboración propia*

También se tiene un pulso sincronizado generado cada 5 minutos, sincronizado con el reloj del PLC.

```
//PULSO SINCRONIZADO CADA 5 MINUTOS  
R_TRIG_M12(CLK:=M12);
```

*Figura 5.107. Declaración de pulso sincronizado cada 5 minutos*

*Fuente: Elaboración propia*

### **Cálculo de la demanda máxima**

En la primera parte del programa, se calcula el Máximo o Demanda Máxima cuarto horario, para ello se hace empleo de 3 condiciones que permiten “engancharse” el cálculo de este primer parámetro.

En el caso que se dé el pulso de Minuto 0, Minuto 15, Minuto 30 o Minuto 45 y el día actual no sea domingo, el PLC copiará el valor leído del registro de Energía Activa a una variable temporal llamada E\_ACTIVA\_1, tanto en voltaje de 220V y 440V. Luego se tiene una segunda condición que compara el valor de otra variable temporal llamada E\_ACTIVA\_3 con el valor de 0, si es cierta, significa que no existe un valor de Energía Activa anterior al que se pueda restar y por lo tanto la resta se hace cero para evitar que se tenga un valor elevado de Energía Activa. Finalmente se tiene una tercera condición que se cumple cuando el valor de E\_ACTIVA\_3 es mayor a 0, lo cual indica que existe un valor anterior de Energía y se puede realizar la resta, el resultado se almacena en una variable denominada E\_ACTIVA\_RESTA\_1 y en ambos voltajes, luego estas restas se suman y se almacenan en una variable llamada E\_ACTIVA\_SUMA\_V1.

```
//CALCULO DE LA DEMANDA MAXIMA O MAXIMETRO CUARTO HORARIO

IF (R_TRIG_0.Q OR R_TRIG_15.Q OR R_TRIG_30.Q OR R_TRIG_45.Q) AND (diadelasemana <> 7) = TRUE THEN
  S270120220_E_ACTIVA_1:=S270120220_E_ACTIVA; //Copia el valor de la Energía Activa - 220V
  S270120440_E_ACTIVA_1:=S270120440_E_ACTIVA; //Copia el valor de la Energía Activa - 440V
  IF S270120220_E_ACTIVA_3 = 0 AND S270120440_E_ACTIVA_3 = 0 THEN
    S270120220_E_ACTIVA_RESTA_1:=0;
    S270120440_E_ACTIVA_RESTA_1:=0;
  END_IF
  IF S270120220_E_ACTIVA_3 > 0 AND S270120440_E_ACTIVA_3 > 0 THEN
    S270120220_E_ACTIVA_RESTA_1:=S270120220_E_ACTIVA_1-S270120220_E_ACTIVA_3;
    S270120440_E_ACTIVA_RESTA_1:=S270120440_E_ACTIVA_1-S270120440_E_ACTIVA_3;
  END_IF
  S270120_E_ACTIVA_SUMA_V1:=S270120220_E_ACTIVA_RESTA_1+S270120440_E_ACTIVA_RESTA_1;
END_IF
```

Figura 5.108. Cálculo de la energía activa en el primer intervalo de tiempo

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se tiene el caso en que se dé el pulso de Minuto 5, Minuto 20, Minuto 35 o Minuto 50 y el día actual no sea domingo, nuevamente el PLC copiará el valor leído del registro de Energía Activa a una variable temporal llamada E\_ACTIVA\_2, tanto en voltaje de 220V y 440V. Luego se tiene una segunda condición que compara el valor de otra variable temporal llamada E\_ACTIVA\_1 con el valor de 0, si es cierta, significa que no existe un valor de Energía Activa anterior al que se pueda restar y por lo tanto la resta se hace cero para evitar que se tenga un valor elevado de Energía Activa. Finalmente se tiene una tercera condición que se cumple cuando el valor de E\_ACTIVA\_1 es mayor a 0, lo cual indica que existe un valor anterior de Energía y se puede realizar la resta, el resultado se almacena en una variable denominada E\_ACTIVA\_RESTA\_2 y en ambos voltajes, luego estas restas se suman y se almacenan en una variable llamada E\_ACTIVA\_SUMA\_V2.

```
IF (R_TRIG_5.Q OR R_TRIG_20.Q OR R_TRIG_35.Q OR R_TRIG_50.Q) AND (diadelasemana <> 7) = TRUE THEN
  S270120220_E_ACTIVA_2:=S270120220_E_ACTIVA; //Copia el valor de la Energía Activa - 220V
  S270120440_E_ACTIVA_2:=S270120440_E_ACTIVA; //Copia el valor de la Energía Activa - 440V
  IF S270120220_E_ACTIVA_1 = 0 AND S270120440_E_ACTIVA_1 = 0 THEN
    S270120220_E_ACTIVA_RESTA_2:=0;
    S270120440_E_ACTIVA_RESTA_2:=0;
  END_IF
  IF S270120220_E_ACTIVA_1 > 0 AND S270120440_E_ACTIVA_1 > 0 THEN
    S270120220_E_ACTIVA_RESTA_2:=S270120220_E_ACTIVA_2-S270120220_E_ACTIVA_1;
    S270120440_E_ACTIVA_RESTA_2:=S270120440_E_ACTIVA_2-S270120440_E_ACTIVA_1;
  END_IF
  S270120_E_ACTIVA_SUMA_V2:=S270120220_E_ACTIVA_RESTA_2+S270120440_E_ACTIVA_RESTA_2;
END_IF
```

Figura 5.109. Cálculo de la energía activa en el segundo intervalo de tiempo

Fuente: Elaboración propia

Como última condición para el cálculo de la Máxima Demanda, se tiene el caso en que se cumpla el pulso de Minuto 10, Minuto 25, Minuto 40 o Minuto 55 y el día actual no sea domingo, nuevamente el PLC copiará el valor leído del registro de Energía Activa a una variable temporal llamada E\_ACTIVA\_3, tanto en voltaje de 220V y 440V. Luego se tiene una segunda condición que compara el valor de otra variable temporal llamada E\_ACTIVA\_2 con el valor de 0, si es cierta, significa que no existe un valor de Energía Activa anterior al que se pueda restar y por lo tanto la resta se hace cero para evitar que se tenga un valor elevado de Energía Activa. Finalmente se tiene una tercera condición que se cumple cuando el valor de E\_ACTIVA\_2 es mayor a 0, lo cual indica que existe un valor anterior de Energía y se puede realizar la resta, el resultado se almacena en una variable denominada E\_ACTIVA\_RESTA\_3 y en ambos voltajes, luego estas restas se suman y se almacenan en una variable llamada E\_ACTIVA\_SUMA\_V3.

```
IF (R_TRIG_10.Q OR R_TRIG_25.Q OR R_TRIG_40.Q OR R_TRIG_55.Q) AND (diadelasemana <> 7) = TRUE THEN
  S270120220_E_ACTIVA_3:=S270120220_E_ACTIVA; //Copia el valor de la Energía Activa - 220V
  S270120440_E_ACTIVA_3:=S270120440_E_ACTIVA; //Copia el valor de la Energía Activa - 440V
  IF S270120220_E_ACTIVA_2 = 0 AND S270120440_E_ACTIVA_2 = 0 THEN
    S270120220_E_ACTIVA_RESTA_3:=0;
    S270120440_E_ACTIVA_RESTA_3:=0;
  END_IF
  IF S270120220_E_ACTIVA_2 > 0 AND S270120440_E_ACTIVA_2 > 0 THEN
    S270120220_E_ACTIVA_RESTA_3:=S270120220_E_ACTIVA_3-S270120220_E_ACTIVA_2;
    S270120440_E_ACTIVA_RESTA_3:=S270120440_E_ACTIVA_3-S270120440_E_ACTIVA_2;
  END_IF
  S270120_E_ACTIVA_SUMA_V3:=S270120220_E_ACTIVA_RESTA_3+S270120440_E_ACTIVA_RESTA_3;
```

Figura 5.110. Cálculo de la energía activa en el tercer intervalo de tiempo

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se procede a sumar las 3 sumas obtenidas anteriormente y a multiplicar el resultado por 4, este último se almacena en la variable RESULTADO. Luego, esta variable es comparada con el valor de la Máxima Demanda anterior, si es mayor, el valor de la variable MAX\_DEM toma el valor de la variable RESULTADO, obteniéndose así un nuevo valor de Maxímetro, en el caso que sea menor o igual, el valor de la variable MAX\_DEM se mantiene igual y el proceso se repite nuevamente.

```
//CALCULO DE LA MAXIMA DEMANDA EN LOS 15 MINUTOS PASADOS
S270120_RESULTADO:=(S270120_E_ACTIVA_SUMA_V1+S270120_E_ACTIVA_SUMA_V2+S270120_E_ACTIVA_SUMA_V3)*4;
IF S270120_RESULTADO > S270120_MAX_DEM AND S270120_RESULTADO < 1000 THEN
    S270120_MAX_DEM:=S270120_RESULTADO;
END_IF
END_IF
```

Figura 5.111. Cálculo de la demanda máxima cuarta-horaria

Fuente: Elaboración propia

## Energía activa en hora punta

Para el cálculo de la Energía Activa en Hora Punta, se tiene una condicional global que se cumple cuando el valor de la hora es mayor o igual a 18 horas y menor o igual a 22 horas, además que se debe cumplir que es un día diferente de domingo y que no es un día feriado, al cumplirse esta condición, se ejecuta la primera condición anidada que es verdadera cuando se tiene un pulso sincronizado en cualquier intervalo de 5 minutos y una variable “A” debe ser igual a 0, luego se copia el valor actual de la Energía Activa a una variable E\_ACTIVA\_HP\_V0 tanto para voltaje a 220V y 440V, luego se suma 5 a la variable contador de horas punta: HP\_MES y finalmente asigna 1 a la variable “A” para que esta condición no se vuelva a repetir hasta el día hábil siguiente.

```
//CALCULO DE LA ENERGIA ACTIVA, CAPTURA DE LA MAXIMA DEMANDA EN HORA PUNTA Y CONTADOR DE HORAS PUNTA
IF hora >= 18 AND hora <= 22 AND diadelasemana <> 7 AND CALCULAR_FC = TRUE THEN
    IF R_TRIG_M12.Q = TRUE AND S270120_A = 0 THEN
        S270120220_E_ACTIVA_HP_V0:=S270120220_E_ACTIVA;
        S270120440_E_ACTIVA_HP_V0:=S270120440_E_ACTIVA;
        S270120_HP_MES:=S270120_HP_MES+S270120_HP_DIA;
        S270120_A:=1;
    END_IF
```

Figura 5.112. Primera condición del cálculo de energía activa en hora punta

Fuente: Elaboración propia

La segunda condición anidada se cumple cuando se tiene el pulso sincronizado y la variable “A” es igual a 1, aquí se empieza a hacer el proceso de acumulación de la Energía Activa de ese día, ya que se copia el valor actual de la Energía Activa en una variable llamada E\_ACTIVA\_VX, una variable de acumulación E\_ACTIVA\_HP\_DIA es el resultado de la resta de E\_ACTIVA\_VX y E\_ACTIVA\_V0, el procedimiento se hace tanto para voltaje a 220V y 440V y se hace la suma de ambos resultados, luego se copia

el valor del Máxímetro actual a una variable llamada MAX\_DEM\_HP, para mantener dicho valor máximo al momento del cálculo del Factor de Calificación. El proceso se repite cada 5 minutos.

```

IF R_TRIG_M12.Q = TRUE AND S270120_A = 1 THEN
  S270120220_E_ACTIVA_HP_VX:=S270120220_E_ACTIVA;
  S270120440_E_ACTIVA_HP_VX:=S270120440_E_ACTIVA;
  S270120220_E_ACTIVA_HP_DIA:=S270120220_E_ACTIVA_HP_VX-S270120220_E_ACTIVA_HP_V0;
  S270120440_E_ACTIVA_HP_DIA:=S270120440_E_ACTIVA_HP_VX-S270120440_E_ACTIVA_HP_V0;
  S270120_E_ACTIVA_HP_DIA:=S270120220_E_ACTIVA_HP_DIA+S270120440_E_ACTIVA_HP_DIA;
  S270120_MAX_DEM_HP:=S270120_MAX_DEM;
END_IF
END_IF

```

Figura 5.113. Segunda condición del cálculo de energía activa en hora punta

Fuente: Elaboración propia

### Cálculo del factor de calificación

El cálculo del Factor de Calificación se realiza cuando la hora es igual a 23, el minuto es igual a 0, el segundo es igual a 0, sea un día diferente a Domingo, no sea un día feriado y la variable “A” sea igual a 1, estas son las condiciones para que el PLC ejecute la subrutina de cálculo. En ese momento, se copian los valores actuales de Energía Activa de ambos voltajes a la variable E\_ACTIVA\_HP\_VX y se calcula la variable E\_ACTIVA\_HP\_DIA restando las variables E\_ACTIVA\_HP\_VX con E\_ACTIVA\_HP\_V0, se suman los resultados anteriores y se suma con la Energía acumulada del Mes: E\_ACTIVA\_HP\_MES. Finalmente, con todas estas variables se calcula el Factor de Calificación para ese día: Se divide E\_ACTIVA\_HP\_MES entre la multiplicación de MAX\_DEM\_HP y HP\_MES. A la variable “A” se le asigna nuevamente el valor de 0.

```

//CALCULO DEL FACTOR DE CALIFICACION DIARIO
IF hora = 23 AND R_TRIG_0.Q = TRUE AND segundo = 0 AND diadelasemana <> 7 AND CALCULAR_FC = TRUE AND S270120_A = 1 THEN
  S270120220_E_ACTIVA_HP_VX:=S270120220_E_ACTIVA;
  S270120440_E_ACTIVA_HP_VX:=S270120440_E_ACTIVA;
  S270120220_E_ACTIVA_HP_DIA:=S270120220_E_ACTIVA_HP_VX-S270120220_E_ACTIVA_HP_V0;
  S270120440_E_ACTIVA_HP_DIA:=S270120440_E_ACTIVA_HP_VX-S270120440_E_ACTIVA_HP_V0;
  S270120_E_ACTIVA_HP_DIA:=S270120220_E_ACTIVA_HP_DIA+S270120440_E_ACTIVA_HP_DIA;
  S270120_E_ACTIVA_HP_MES:=S270120_E_ACTIVA_HP_MES+S270120_E_ACTIVA_HP_DIA;
  S270120_FC:=S270120_E_ACTIVA_HP_MES/(S270120_MAX_DEM_HP*S270120_HP_MES);
  S270120_A:=0;
END_IF

```

Figura 5.114. Cálculo del factor de calificación diario

Fuente: Elaboración propia

### Cálculo del coste de energía activa en hora punta

Para que el usuario pueda estimar un coste de la energía activa consumida durante la hora punta, se visualiza el valor del costo de la energía activa acumulada a lo largo del mes. Para ello, se toma el valor acumulado de energía activa de cada suministro y se le multiplica por la tarifa eléctrica para la energía activa en hora punta.

```
S270120_COSTE_E_ACTIVA_HP:=S270120_E_ACTIVA_HP_MES*TARIFA_E_ACTIVA_HP;
```

*Figura 5.115. Cálculo del coste de energía activa en hora punta*

*Fuente: Elaboración propia*

Este cálculo se realiza al momento de calcular el factor de calificación diario, es decir, a las 23.00 horas. Y no requiere de una reinicialización diaria ni mensual, ya que el valor del coste se sobrepone al valor anterior.

### Cálculo de la máxima demanda diaria

Se realiza el cálculo de la demanda máxima por día, para que el usuario pueda conocer que día obtuvo la demanda máxima actual y su valor, de esta forma le permite relacionarlo con la programación de la producción y replicar dicha programación cuando requiera alcanzar el valor de la demanda máxima necesario para que el factor de calificación sea menor a 0.5.

```
IF S270120_RESULTADO > S270120_MAX_DEM_DIA AND S270120_RESULTADO < 1000 THEN  
S270120_MAX_DEM_DIA:=S270120_RESULTADO;  
END_IF
```

*Figura 5.116. Cálculo de la demanda máxima diaria*

*Fuente: Elaboración propia*

Se realiza el cálculo inmediatamente después de realizar el cálculo de la demanda máxima mensual. Luego el valor máximo hallado durante el día, es almacenado en un arreglo de datos para ser mostrado en un histograma en la visualización web.

```
//ARRAY DE LA MAXIMA DEMANDA DIARIA

IF hora = 23 AND R_TRIG_59.Q = TRUE AND segundo = 0 THEN
    S270120_MAX_DEM_DIA_ARRAY[i]:=S270120_MAX_DEM_DIA;
    S270120_MAX_DEM_DIA:=0;
END_IF
```

Figura 5.117. Asignación de la demanda máxima diaria al array de datos

Fuente: Elaboración propia

Esta asignación se realiza todos los días a las 23:59:00 horas., luego se reinicia el valor de la demanda máxima diaria.

### Cálculo del valor de la demanda máxima necesaria

El usuario también requiere saber cuánto debe ser el pico de energía necesario para lograr hacer que el factor de calificación sea inferior a 0.5, por lo que se ha calculado dicho valor a partir de la ecuación del factor de calificación e igualando el resultado a 0.49.

```
//CALCULO DE LA MAXIMA DEMANDA NECESARIA PARA CORREGIR EL FC

IF S270120_FC >= 0.5 AND S270120_HP_MES > 0 THEN
    S270120_MAX_DEM_OK:=(S270120_E_ACTIVIA_HP_MES/0.49)/S270120_HP_MES;
END_IF

IF S270120_FC < 0.5 THEN
    S270120_MAX_DEM_OK:=0;
END_IF
```

Figura 5.118. Cálculo de la demanda máxima necesaria

Fuente: Elaboración propia

### Reinicialización de Parámetros

La siguiente condición es para resetear las variables de conteo de Energía Activa en Hora Punta del Mes, el contador de Horas Punta del Mes, la variable de Máxima Demanda y Máxima Demanda en Hora Punta, todo eso cuando es el primer día del mes, a las 0:00:00 horas.

```
//RESETEO DE PARAMETROS  
  
IF dia = 1 AND hora = 0 AND R_TRIG_0.Q = TRUE AND segundo = 0 THEN  
    S270120_MAX_DEM:=0;  
    S270120_MAX_DEM_HP:=0;  
    S270120_HP_MES:=0;  
    S270120_E_ACTIVA_HP_MES:=0;  
END_IF
```

Figura 5.119. Condición para el reseteo de parámetros

Fuente: Elaboración propia

### Arreglo de datos para generar histórico del mes

Adicionalmente se ha programado un arreglo de datos de tipo coma flotante (FLOAT32) que permite tener un histórico del factor de calificación diario para luego visualizarlo en un gráfico de barras.

Esto se logra decrementando en uno el número de día del mes, ya que “i” es el índice que permite navegar dentro del arreglo y el arreglo inicia en la posición “0”, es por ello que el dato calculado el primero de cada mes se almacena en la posición “0” del arreglo y así sucesivamente.

```
//ARRAY HISTOGRAMA  
  
i:= dia-1; //Asignación del día al orden del ARRAY
```

Figura 5.120. Asignación del índice del arreglo

Fuente: Elaboración propia

Luego con este índice, agregamos la línea de programación en el condicional del cálculo del factor de calificación, con esto cada vez que se calcule el factor de calificación, se guardará el valor en el arreglo.

```
S270120_FC_ARRAY[i]:=S270120_FC;
```

Figura 5.121. Arreglo de datos para almacenar el factor de calificación

Fuente: Elaboración propia

También se tiene la programación para reiniciar los valores del arreglo cada inicio de mes, para que el arreglo pueda recibir los siguientes datos a lo largo

del mes y el gráfico esté en blanco nuevamente. El algoritmo contiene la reinicialización de los tres arreglos para cada suministro.

```
//RESET ARRAYS  
  
IF dia = 1 AND hora = 22 AND R_TRIG_0.Q = TRUE AND segundo = 0 THEN  
  FOR j:=0 TO 30 BY 1 DO  
    S221125_FC_ARRAY[j]:=0;  
    S270120_FC_ARRAY[j]:=0;  
    S322616_FC_ARRAY[j]:=0;  
  END_FOR  
END_IF
```

Figura 5.122. Condición para reiniciar los arreglos de datos

Fuente: Elaboración propia

#### 5.4.5. OEE

El cálculo de OEE se realiza en base a los datos obtenidos y generados en los PLC's M221 y M251 que controlan a las líneas de producción 1, 2, 3, 4 y 5. Este cálculo se realiza enfocado a la gestión de los lotes de producción o SKU, para comparar la eficiencia entre formatos de producción en cada línea. Se han creado 5 POU's, uno para cada línea, además de 4 POU's adicionales que contienen la base de datos de cada SKU y permiten la habilitación del cálculo de OEE.

El cálculo del rendimiento depende de la velocidad nominal de la línea de producción, dicha velocidad es asignada de acuerdo a los parámetros de producción ingresados por el operador en la pantalla HMI. Como se mencionó anteriormente, se han creado POU's llamados "SKU" para cada línea (excepto para la línea 1, porque la línea corre a una sola velocidad), los cuales contienen una base de datos que, en base a las combinaciones de los parámetros de producción, asigna una velocidad dada a cada SKU. Además, con esta base de datos, el PLC identifica si la combinación de parámetros es correcta, en caso de no serlo, deshabilita el cálculo del OEE.

```
//COMPROBACION DE SKU EXISTENTE

//1282 - KR - NACIONAL - 200ML - NEGRA - 24
IF L2_MARCA = 1 AND L2_DESTINO = 1 AND L2_TAMANO = 1 AND L2_SABOR = 2 AND L2_NUMERO = 24 THEN
    L2_VELOCIDAD:=300;
    L2_CALCULAR_OEE:=TRUE;
END_IF

//1283 - KR - NACIONAL - 200ML - NARANJA - 24
IF L2_MARCA = 1 AND L2_DESTINO = 1 AND L2_TAMANO = 1 AND L2_SABOR = 4 AND L2_NUMERO = 24 THEN
    L2_VELOCIDAD:=300;
    L2_CALCULAR_OEE:=TRUE;
END_IF

//1284 - KR - NACIONAL - 200ML - FRESA - 24
IF L2_MARCA = 1 AND L2_DESTINO = 1 AND L2_TAMANO = 1 AND L2_SABOR = 5 AND L2_NUMERO = 24 THEN
    L2_VELOCIDAD:=300;
    L2_CALCULAR_OEE:=TRUE;
END_IF

//1285 - KR - NACIONAL - 200ML - PIÑA - 24
IF L2_MARCA = 1 AND L2_DESTINO = 1 AND L2_TAMANO = 1 AND L2_SABOR = 1 AND L2_NUMERO = 24 THEN
    L2_VELOCIDAD:=300;
    L2_CALCULAR_OEE:=TRUE;
END_IF

//1653 - KR - NACIONAL - 200ML - GUARANA - 24
IF L2_MARCA = 1 AND L2_DESTINO = 1 AND L2_TAMANO = 1 AND L2_SABOR = 7 AND L2_NUMERO = 24 THEN
    L2_VELOCIDAD:=300;
    L2_CALCULAR_OEE:=TRUE;
END_IF
```

Figura 5.123. Comprobación de SKU existente de la línea 02

Fuente: Elaboración propia

Luego en el POU OEE, la primera parte del algoritmo trata en dar un valor inicial a los parámetros del OEE, que en caso de que el sistema desactivado y el cálculo de OEE deshabilitado, estos parámetros tienen el valor de cero.

```
//VALORES INICIALES O DE REINICIALIZACION

IF L2_MARCA = 0 AND L2_DESTINO = 0 AND L2_TAMANO = 0 AND L2_SABOR = 0 THEN
    L2_VELOCIDAD:=0;
    L2_CALCULAR_OEE:=FALSE;
    L2_DISPONIBILIDAD:=0;
    L2_RENDIMIENTO:=0;
    L2_CALIDAD:=0;
    L2_O_E_E:=0;
END_IF
```

Figura 5.124. Inicialización de parámetros

Fuente: Elaboración propia

Luego se tienen conversiones de tipos de datos de las variables necesarias para realizar los cálculos con datos del tipo punto flotante.

```
//CONVERSIONES DE TIPOS DE DATOS

L2_T_DISPONIBLE_LOTE_REAL:=DWORD_TO_REAL(L2_T_DISPONIBLE_LOTE);
L2_T_REFRIGERIO_LOTE_REAL:=DWORD_TO_REAL(L2_T_REFRIGERIO_LOTE);
L2_T_CAPACITACION_LOTE_REAL:=DWORD_TO_REAL(L2_T_CAPACITACION_LOTE);
L2_T_MANTTO_LOTE_REAL:=DWORD_TO_REAL(L2_T_MANTTO_LOTE);
L2_T_PP_LOTE_REAL:=DWORD_TO_REAL(L2_T_PP_LOTE);
L2_T_PNP_LOTE_REAL:=DWORD_TO_REAL(L2_T_PNP_LOTE);
L2_T_PNA_LOTE_REAL:=DWORD_TO_REAL(L2_T_PNA_LOTE);
L2_T_MICROPARADA:=DWORD_TO_REAL(L2_T_MICROPARADA_LOTE);
L2_S1_CONTEO_LOTE_REAL:=DWORD_TO_REAL(L2_S1_CONTEO_LOTE);
L2_S2_CONTEO_LOTE_REAL:=DWORD_TO_REAL(L2_S2_CONTEO_LOTE);
```

Figura 5.125. Conversión de tipo de datos

Fuente: Elaboración propia

Luego se empieza por el cálculo de la disponibilidad, el cual requiere de las variables de tiempo total de producción, tiempo de paradas obligatorias (refrigerio, capacitación y mantenimiento), tiempo de paradas programadas, no programadas y no asignadas, para obtener el tiempo operativo y el tiempo disponible.

```
//CALCULO DE DISPONIBILIDAD

IF L2_CALCULAR_OEE = TRUE THEN
  L2_T_DISPONIBLE:=L2_T_DISPONIBLE_LOTE_REAL-L2_T_REFRIGERIO_LOTE_REAL-L2_T_CAPACITACION_LOTE_REAL-L2_T_MANTTO_LOTE_REAL;
  L2_T_OPERATIVO:=L2_T_DISPONIBLE-L2_T_PP_LOTE_REAL-L2_T_PNP_LOTE_REAL-L2_T_PNA_LOTE_REAL;
  IF L2_T_DISPONIBLE > 0 THEN
    L2_DISPONIBILIDAD:=(L2_T_OPERATIVO/L2_T_DISPONIBLE)*100;
  END_IF
END_IF
```

Figura 5.126. Cálculo de la disponibilidad

Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar que para cualquier operación que involucre una división, se debe condicionar que el divisor sea mayor que cero, si no se realiza esta condición, el PLC calculará un valor infinito y esto conlleva a un error de ejecución, pasando el PLC del estado “RUN” al estado “HALT”.

Luego se realiza el cálculo del rendimiento, para el cual se emplea el tiempo operativo calculado anteriormente, la velocidad nominal de la línea y las unidades producidas en botellas, que en el caso de las líneas 2, 3, 4 y 5, se calcula utilizando el parámetro de número de botellas por paquete, porque el sensor cuenta paquetes, además en la línea 5, en algunos formatos pasan 2

paquetes, por lo que se asigna una variable más que permita obtener el conteo exacto de botellas.

```
//CALCULO DE RENDIMIENTO

IF L2_CALCULAR_OEE = TRUE THEN
  L2_T_N_P:=L2_T_OPERATIVO-L2_T_MICROPARADA;
  L2_UNIDADES_PRODUCIDAS:=L2_S1_CONTEO_LOTE_REAL*L2_NUMERO;
  L2_T_B_V:=L2_T_N_P-(L2_UNIDADES_PRODUCIDAS/(L2_VELOCIDAD/60));
  IF L2_T_OPERATIVO > 0 THEN
    L2_RENDIMIENTO:=(L2_T_OPERATIVO-(L2_T_MICROPARADA+L2_T_B_V))/L2_T_OPERATIVO*100;
  END_IF
END_IF
```

Figura 5.127. Cálculo del rendimiento

Fuente: Elaboración propia

Luego se calcula la calidad en base al conteo del segundo sensor instalado en la línea. Este conteo es referencial, ya que se utiliza principalmente para medir la fiabilidad del conteo del primer sensor, el cual es enviado al servidor de Mentor Monitor, pero que en este caso se utiliza para calcular la calidad de la producción.

```
//CALCULO DE CALIDAD

IF L2_CALCULAR_OEE = TRUE THEN
  L2_UNIDADES_ACEPTADAS:=L2_S2_CONTEO_LOTE_REAL*L2_NUMERO;
  L2_MERMA:=L2_UNIDADES_PRODUCIDAS-L2_UNIDADES_ACEPTADAS;
  IF L2_UNIDADES_PRODUCIDAS > 0 THEN
    L2_MERMA_PORCENTAJE:=(L2_MERMA*100)/L2_UNIDADES_PRODUCIDAS;
    L2_CALIDAD:=100-L2_MERMA_PORCENTAJE;
  END_IF
END_IF
```

Figura 5.128. Cálculo de la calidad

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se calcula el OEE a partir de los parámetros anteriormente calculados. Como estos parámetros están en porcentaje, luego de multiplicarlos, el resultado es dividido por 10000, así el OEE también está en porcentaje.

```
//CALCULO DE OEE

IF L2_CALCULAR_OEE = TRUE THEN
  L2_O_E_E:=(L2_DISPONIBILIDAD*L2_RENDIMIENTO*L2_CALIDAD)/10000;
END_IF
```

Figura 5.129. Cálculo del OEE

Fuente: Elaboración propia

#### 5.4.6. Indicador de kWh/l

Como parte del interés en conocer indicadores de eficiencia energética, el sistema calcula el indicador kWh/l (kilowatt hora por litro), el cual relaciona la cantidad de litros producidos con la cantidad de kWh consumidos por la línea de producción.

Para este caso se ha considerado contabilizar los kWh de cada SKU producido y los litros producidos por SKU, para luego dividir los resultados y conocer cuántos kWh son requeridos para producir un litro de producto. Este cálculo está enfocado al SKU o lote de un determinado producto, que permitirá dar a conocer de manera indirecta (con el análisis de los registros históricos que el sistema genera) cuales SKU's son los más eficientes energéticamente hablando. Lo cual conlleva al usuario a planificar su producción con el objetivo de obtener la mayor producción al menor costo energético. Por ejemplo, si se conocen que SKU's demandan menos energía para producir, estos SKU's pueden ser planificados para producirse en las horas punta, consiguiendo así un ahorro en el coste de facturación de energía activa en hora punta.

El cálculo se realiza gracias a los datos obtenidos de los medidores de energía instalados en el tablero de distribución de cada línea, lamentablemente solo se contabiliza la energía de los tableros que trabajan con una tensión de 440VAC. Sin embargo, esta medición representa el 90% del consumo total de cada línea de producción, lo que significa que este cálculo realizado es bastante cercano al real. El algoritmo de cálculo se explica a continuación:

Se realizan conversiones de tipo de datos para poder realizar operaciones con resultados con punto decimal. Vemos que se convierte la energía activa del medidor de energía de la línea 2 de un tipo entero DWORD a un tipo flotante REAL. Esto varía de acuerdo al tipo de registro que maneje cada medidor instalado.

```
//CONVERSIONES DE TIPOS DE DATOS
```

```
L2_E_ACTIVA:=DWORD_TO_REAL(L2_E_ACTIVA_DWORD);
```

Figura 5.130. Conversión de tipo de datos

Fuente: Elaboración propia

Luego, para contabilizar la energía activa consumida por la línea, se realiza una captura del valor inicial del contador de energía del medidor, para luego obtener capturas del contador y ser restado al valor inicial consecutivamente en intervalos de 5 minutos. Toda esta operación se realiza cuando se habilita el cálculo de OEE.

```
//CALCULO DE ENERGIA ACTIVA CONSUMIDA POR SKU
IF L2_CALCULAR_OEE = TRUE THEN
  IF L2_A = 0 THEN
    L2_E_ACTIVA_V0:=L2_E_ACTIVA; //Permite obtene
    L2_A:=1; //Copia el valor
    //Al ser A = 1 i
  END_IF
  IF L2_A = 1 THEN
    L2_E_ACTIVA_VX:=L2_E_ACTIVA; //Permite obtene
    L2_E_ACTIVA_SKU:=L2_E_ACTIVA_VX-L2_E_ACTIVA_V0; //Copia el valor
  END_IF
END_IF
```

Figura 5.131. Cálculo de la energía activa por SKU

Fuente: Elaboración propia

Cuando se deshabilita el cálculo de OEE, los valores de las variables deben ser reiniciados a cero, por lo que se implementa el siguiente algoritmo:

```
//REINICIALIZACION DE PARAMETROS
IF L2_CALCULAR_OEE = FALSE THEN
  L2_A:=0;
  L2_LITROS:=0;
  L2_KWHL:=0;
END_IF
```

Figura 5.132. Reinicialización de parámetros de kWhl

Fuente: Elaboración propia

Se calculan los litros, para ello se multiplican las unidades producidas en botellas por el formato de acuerdo al parámetro de tamaño seleccionado por el operador.

```
//CALCULO DE LITROS POR UNIDAD PRODUCIDA

IF L2_TAMANO = 1 AND L2_CALCULAR_OEE = TRUE THEN
    L2_LITROS:=L2_UNIDADES_PRODUCIDAS*0.2;
END_IF

IF L2_TAMANO = 2 AND L2_CALCULAR_OEE = TRUE THEN
    L2_LITROS:=L2_UNIDADES_PRODUCIDAS*0.22;
END_IF

IF L2_TAMANO = 3 AND L2_CALCULAR_OEE = TRUE THEN
    L2_LITROS:=L2_UNIDADES_PRODUCIDAS*0.25;
END_IF

IF L2_TAMANO = 4 AND L2_CALCULAR_OEE = TRUE THEN
    L2_LITROS:=L2_UNIDADES_PRODUCIDAS*0.3;
END_IF

IF L2_TAMANO = 5 AND L2_CALCULAR_OEE = TRUE THEN
    L2_LITROS:=L2_UNIDADES_PRODUCIDAS*0.45;
END_IF

IF L2_TAMANO = 6 AND L2_CALCULAR_OEE = TRUE THEN
    L2_LITROS:=L2_UNIDADES_PRODUCIDAS*0.5;
END_IF

IF L2_TAMANO = 7 AND L2_CALCULAR_OEE = TRUE THEN
    L2_LITROS:=L2_UNIDADES_PRODUCIDAS*0.625;
END_IF
```

Figura 5.133. Cálculo de los litros producidos por SKU

Fuente: Elaboración propia

Finalmente. Se calcula el indicador kWh/l dividiendo la cantidad de kWh acumulados entre la cantidad de litros producidos. Se debe mencionar que como la operación incluye una división, se condiciona que el divisor sea mayor a cero.

```
//CALCULO DEL KWH/L

IF L2_LITROS > 0 AND L2_CALCULAR_OEE = TRUE THEN
    L2_KWHL:=L2_E_ACTIVIA_SKU/L2_LITROS;
END_IF
```

Figura 5.134. Cálculo de los litros producidos por SKU

Fuente: Elaboración propia

#### 5.4.7. Costo de Energía del Producto Fabricado

El algoritmo es desarrollado dentro del mismo POU “Energía” de cada una de las líneas de producción. La primera variable calculada es para mostrar el valor instantáneo del costo que genera el KWh/l producido y la segunda variable que se calcula contiene el costo acumulado de la primera variable por el periodo que tenga un SKU (lote de producción de un formato único) de un determinado producto. Se aplica una tarifa única de energía para así poder determinar el costo energético de cada producto fabricado por una determinada línea de producción. Indicador importante para determinar que productos son más costosos de producir en determinadas líneas.

```
//CALCULO DEL COSTO DE ENERGIA POR LITRO FABRICADO  
  
IF L5_LITROS > 0 AND L5_CALCULAR_OEE = TRUE THEN  
    L5_COSTO_LITRO:=L5_KWHL*TARIFA_E_ACTIVA;  
END_IF  
  
//CALCULO DEL COSTO DE ENERGIA POR LOTE FABRICADO  
  
IF L5_LITROS > 0 AND L5_CALCULAR_OEE = TRUE THEN  
    L5_COSTO_SKU:=L5_E_ACTIVA_SKU*TARIFA_E_ACTIVA;  
END_IF
```

Figura 5.135. Cálculo del costo energético de un producto por SKU

Fuente: Elaboración propia

#### 5.4.8. Comunicación Modbus

Todos los parámetros de energía y producción, el PLC los obtiene a través de la comunicación Modbus TCP con los dispositivos de medición: medidores de energía y otros PLC's. El desarrollo del algoritmo que permite la comunicación, parte del POU START, ya que brinda la secuencia de inicialización de las lecturas Modbus a cada dispositivo.

Se han creado 11 POU's que contienen los bloques de comunicación, las variables y arreglos que permiten que el PLC M251 principal pueda comunicarse con los siguientes equipos: Medidores de energía de las líneas 1, 2, 3, 4 y 5, medidores de energía de los suministros eléctricos 221125, 270120

y 322616 y los PLC's M221 y M251 que generan los datos de producción. Se explicará a continuación el funcionamiento del algoritmo.

Todos los POU que permiten la comunicación, han sido programados en el lenguaje de programación de bloques de funciones secuenciales y estos se ejecutan dentro de la tarea TASK\_LOG, ya que estas funciones de comunicación requieren de un tiempo de ejecución bastante mayor.

La entrada M11 inicia la lectura Modbus del PLC M221, el cual posee los datos de producción de las líneas 1, 2 y 3. La entrada enclava el encendido de la comunicación, dicho enclavamiento es reiniciado por las salidas de error de los bloques READ\_VAR en caso de existir algún error en la comunicación con el dispositivo, reiniciando el bucle.

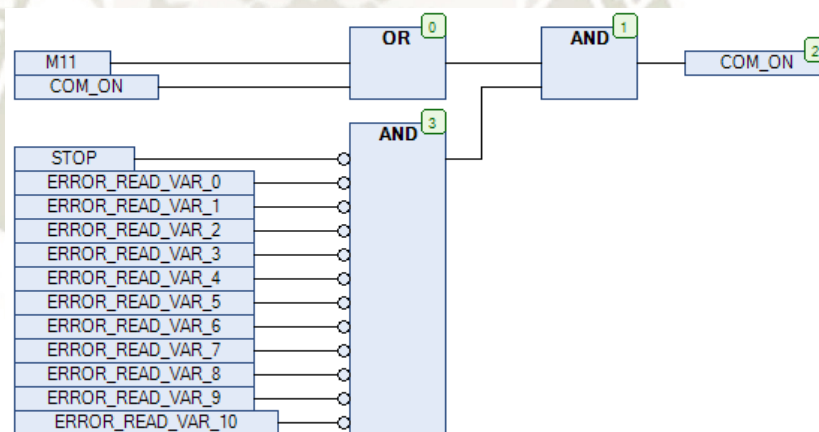


Figura 5.136. Bloques de lógica booleana para iniciar la comunicación Modbus

Fuente: Elaboración propia

Luego se debe hacer un acondicionamiento de la dirección del PLC, lo cual vendría a ser una conversión de tipo de datos de cadena de caracteres (conteniendo la dirección IP del PLC) a un tipo de dato ADDRESS (variable DIRECCION). El bloque de función ADDM se ejecuta cuando la comunicación se inicia.

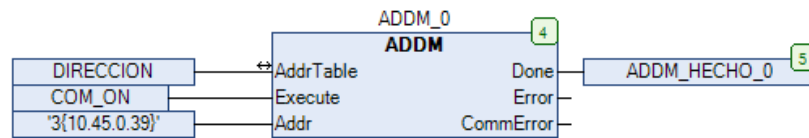


Figura 5.137. Conversión de tipo de datos de la dirección Modbus del medidor

Fuente: Elaboración propia

Luego están programados los bloques de comunicación READ\_VAR, que se ejecutan en un barrido circular, es decir, se ejecutan uno por uno, ya que no pueden ejecutarse 2 o más bloques de comunicación al mismo tiempo porque se provocaría una pérdida de datos en la lectura. Cuando un bloque de comunicación acaba la tarea de lectura exitosamente, su salida activa al siguiente bloque de lectura, en caso de ocurrir un error en la comunicación, se reinicia todo el ciclo.

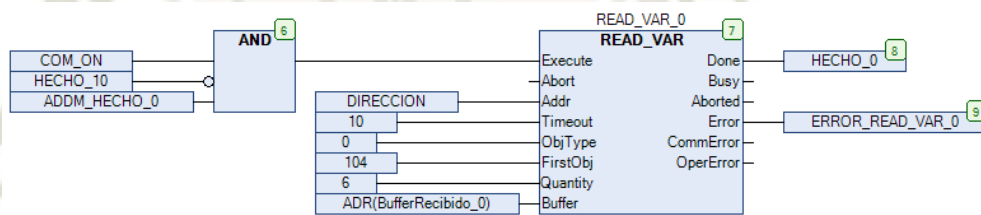


Figura 5.138. Bloque de comunicación para lectura de corrientes

Fuente: Elaboración propia

Para almacenar los datos que los bloques de comunicación obtienen a través de la comunicación Modbus, se han definido en la lista de variables locales del POU, unos Búferes de datos que son “Arrays” de registros simples.

```
//BUFFERS DE DATOS

BufferRecibido_0: ARRAY[0..5]OF WORD; //Registros de Parámetros de Producción LP01
BufferRecibido_1: ARRAY[0..41]OF WORD; //Registros de Tiempos y Tipos de Parada
BufferRecibido_2: ARRAY[0..3]OF WORD; //Registros de Conteo S1
BufferRecibido_3: ARRAY[0..3]OF WORD; //Registros de Conteo S2
BufferRecibido_4: ARRAY[0..5]OF WORD; //Registros de Parámetros de Producción LP02
BufferRecibido_5: ARRAY[0..41]OF WORD; //Registros de Tiempos y Tipos de Parada
BufferRecibido_6: ARRAY[0..3]OF WORD; //Registros de Conteo S1
BufferRecibido_7: ARRAY[0..3]OF WORD; //Registros de Conteo S2
BufferRecibido_8: ARRAY[0..5]OF WORD; //Registros de Parámetros de Producción LP03
BufferRecibido_9: ARRAY[0..49]OF WORD; //Registros de Tiempos, Tipos de Parada, Conteo S1
BufferRecibido_10: ARRAY[0..3]OF WORD; //Registros de Conteo S2
```

Figura 5.139. Búferes de datos de los bloques de lectura Modbus

Fuente: Elaboración propia

Para volcar la información de los “Arrays”, se utiliza el bloque de función “MOVE”, así los registros de los búferes de datos son “movidos” a palabras simples (WORD).

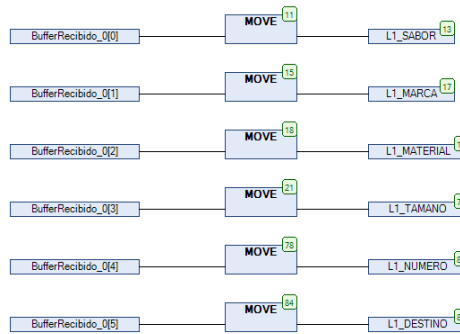


Figura 5.140. Programación para “mover” los datos del búfer de datos.  
Fuente: Elaboración propia

Algunos datos son de tipo “Doble”, por lo que se les aplica la función “WORD\_AS\_DWORD” que une dos palabras simples para formar una palabra doble (DWORD).

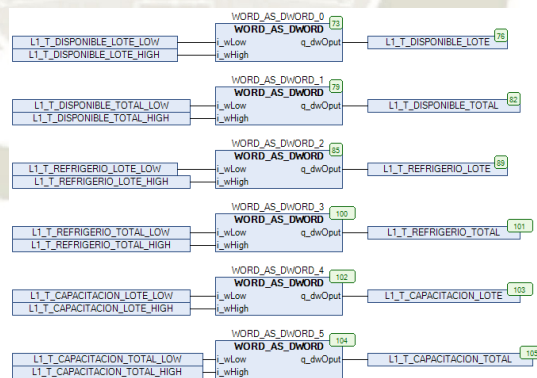


Figura 5.141. Bloques de función para unir los datos tipo WORD y formar DWORD  
Fuente: Elaboración propia

Las palabras simples están definidas en la lista local de variables y las palabras dobles obtenidas, están definidas como variables globales. El proceso para obtener los demás parámetros de energía y producción es similar. Algunas

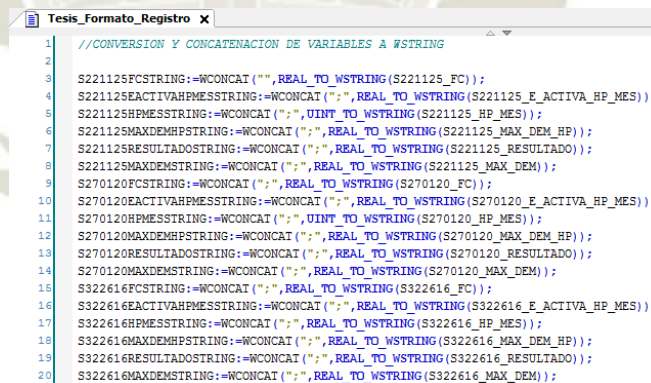
variables son de tipo REAL, por lo también se usan bloques de conversión de tipo de datos.

#### 5.4.9. Formato de registro de datos

Este POU se ejecuta dentro de la tarea TASK\_LOG y está programado con el lenguaje de texto estructurado. Se tiene un POU de formato de registro por cada medidor de energía y uno más para el registro de los parámetros del factor de calificación que el PLC calcula.

Aquí se ha programado las conversiones de tipos de datos y acondicionamiento de algunas variables para almacenar la información recolectada en formato de texto o cadena de caracteres.

El programa está separado en 2 partes: en la primera se convierte los datos de tipo numérico a tipo de cadena de caracteres y se le concatena el separador “;” para que el archivo sea organizable en columnas desde Microsoft Excel.



```

1 //CONVERSION Y CONCATENACION DE VARIABLES A WSTRING
2
3 S221125FCSTRING:=WCONCAT(";",REAL_TO_WSTRING(S221125_FC));
4 S221125EACTIVAHPMESSTRING:=WCONCAT(";",REAL_TO_WSTRING(S221125_E_ACTIVA_HP_MES));
5 S221125HPMESSTRING:=WCONCAT(";",UINT_TO_WSTRING(S221125_HP_MES));
6 S221125MAXDEMHPSTRING:=WCONCAT(";",REAL_TO_WSTRING(S221125_MAX_DEM_HP));
7 S221125RESULTADOSTRING:=WCONCAT(";",REAL_TO_WSTRING(S221125_RESULTADO));
8 S221125MAXDEMSTRING:=WCONCAT(";",REAL_TO_WSTRING(S221125_MAX_DEM));
9 S270120FCSTRING:=WCONCAT(";",REAL_TO_WSTRING(S270120_FC));
10 S270120EACTIVAHPMESSTRING:=WCONCAT(";",REAL_TO_WSTRING(S270120_E_ACTIVA_HP_MES));
11 S270120HPMESSTRING:=WCONCAT(";",UINT_TO_WSTRING(S270120_HP_MES));
12 S270120MAXDEMHPSTRING:=WCONCAT(";",REAL_TO_WSTRING(S270120_MAX_DEM_HP));
13 S270120RESULTADOSTRING:=WCONCAT(";",REAL_TO_WSTRING(S270120_RESULTADO));
14 S270120MAXDEMSTRING:=WCONCAT(";",REAL_TO_WSTRING(S270120_MAX_DEM));
15 S322616FCSTRING:=WCONCAT(";",REAL_TO_WSTRING(S322616_FC));
16 S322616EACTIVAHPMESSTRING:=WCONCAT(";",REAL_TO_WSTRING(S322616_E_ACTIVA_HP_MES));
17 S322616HPMESSTRING:=WCONCAT(";",REAL_TO_WSTRING(S322616_HP_MES));
18 S322616MAXDEMHPSTRING:=WCONCAT(";",REAL_TO_WSTRING(S322616_MAX_DEM_HP));
19 S322616RESULTADOSTRING:=WCONCAT(";",REAL_TO_WSTRING(S322616_RESULTADO));
20 S322616MAXDEMSTRING:=WCONCAT(";",REAL_TO_WSTRING(S322616_MAX_DEM));
    
```

Figura 5.142. Conversión de tipo de datos y concatenación del separador

Fuente: Elaboración propia

En la segunda parte se realiza la concatenación consecutiva de todas las cadenas de caracteres, ya que esta operación permite la concatenación de dos variables a la vez, se debe concatenar consecutivamente todos los datos.

```

22 //CONCATENACION DE #STRING
23
24 TESISOTALSTRING1:=WCONCAT (S221125FCSTRING, S221125EACTIVAHFPMESSTRING);
25 TESISOTALSTRING2:=WCONCAT (TESISOTALSTRING1, S221125HPMESSTRING);
26 TESISOTALSTRING3:=WCONCAT (TESISOTALSTRING2, S221125MAXDEMHPSTRING);
27 TESISOTALSTRING4:=WCONCAT (TESISOTALSTRING3, S221125RESULTADOSTRING);
28 TESISOTALSTRING5:=WCONCAT (TESISOTALSTRING4, S221125MAXDEMSTRING);
29 TESISOTALSTRING6:=WCONCAT (TESISOTALSTRING5, S270120FCSTRING);
30 TESISOTALSTRING7:=WCONCAT (TESISOTALSTRING6, S270120EACTIVAHFPMESSTRING);
31 TESISOTALSTRING8:=WCONCAT (TESISOTALSTRING7, S270120HPMESSTRING);
32 TESISOTALSTRING9:=WCONCAT (TESISOTALSTRING8, S270120MAXDEMHPSTRING);
33 TESISOTALSTRING10:=WCONCAT (TESISOTALSTRING9, S270120RESULTADOSTRING);
34 TESISOTALSTRING11:=WCONCAT (TESISOTALSTRING10, S270120MAXDEMSTRING);
35 TESISOTALSTRING12:=WCONCAT (TESISOTALSTRING11, S322616FCSTRING);
36 TESISOTALSTRING13:=WCONCAT (TESISOTALSTRING12, S322616EACTIVAHFPMESSTRING);
37 TESISOTALSTRING14:=WCONCAT (TESISOTALSTRING13, S322616HPMESSTRING);
38 TESISOTALSTRING15:=WCONCAT (TESISOTALSTRING14, S322616MAXDEMHPSTRING);
39 TESISOTALSTRING16:=WCONCAT (TESISOTALSTRING15, S322616RESULTADOSTRING);
40 TESISOTALSTRING17:=WCONCAT (TESISOTALSTRING16, S322616MAXDEMSTRING);

```

Figura 5.143. Concatenación de cadenas de caracteres

Fuente: Elaboración propia

En algunos casos se realiza el acondicionamiento y escalamiento de datos para el almacenamiento del mismo y el uso de su valor escalado en otros POU.

```

1 //CALCULO Y ESCALAMIENTO EN KWH DE ENERGIA
2
3 S270120440_E_ACTIVA:=(S270120440_E_ACTIVA_HIGHEST*EXPT(10,12)+S270120440_E_ACTIVA_HIGH*EXPT(10,8)+S270120440_E_ACTIVA_LOW*EXPT(10,4)+S270120440_E_ACTIVA_MIN*EXPT(10,0))/S270120440_E_ACTIVA_HIGHEST*EXPT(10,12);
4 S270120440_E_REACTIVA:=(S270120440_E_REACTIVA_HIGHEST*EXPT(10,12)+S270120440_E_REACTIVA_HIGH*EXPT(10,8)+S270120440_E_REACTIVA_LOW*EXPT(10,4)+S270120440_E_REACTIVA_MIN*EXPT(10,0))/S270120440_E_REACTIVA_HIGHEST*EXPT(10,12);
5 S270120440_E_APARENTE:=(S270120440_E_APARENTE_HIGHEST*EXPT(10,12)+S270120440_E_APARENTE_HIGH*EXPT(10,8)+S270120440_E_APARENTE_LOW*EXPT(10,4)+S270120440_E_APARENTE_MIN*EXPT(10,0))/S270120440_E_APARENTE_HIGHEST*EXPT(10,12);
6
7 //ESCALAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA
8
9 S270120440_FF_NE_R:=WORD_TO_REAL(S270120440_FF_NE);
10 S270120440_FF:=S270120440_FF_NE_R/1000;
11
12 //ESCALAMIENTO DE LA FRECUENCIA
13
14 S270120440_F_NE_R:=WORD_TO_REAL(S270120440_F_NE);
15 S270120440_F:=S270120440_F_NE_R/100;
16
17 //ESCALAMIENTO DEL THDI
18
19 S270120440_THDII1_NE_R:=WORD_TO_REAL(S270120440_THDII1_NE);
20 S270120440_THDII2_NE_R:=WORD_TO_REAL(S270120440_THDII2_NE);
21 S270120440_THDII3_NE_R:=WORD_TO_REAL(S270120440_THDII3_NE);
22 S270120440_THDII1:=S270120440_THDII1_NE_R/10;
23 S270120440_THDII2:=S270120440_THDII2_NE_R/10;
24 S270120440_THDII3:=S270120440_THDII3_NE_R/10;

```

Figura 5.144. Escalamiento de datos del medidor PM850 – Suministro 270120 440V

Fuente: Elaboración propia

#### 5.4.10. Datalogging

Este POU se ejecuta dentro de la tarea TASK\_LOG y está programado en el lenguaje de Diagrama de Funciones Continuas.

Sirve para realizar el almacenamiento de los datos convertidos a cadena de caracteres y concatenados en un archivo de bloc de notas dentro de la memoria interna del PLC.

Al igual que el POU Formato de registro, se tiene un POU DataLog por cada medidor de energía, para cada PLC integrado y otros para los datos calculados del PLC. De esta forma se tendrán varios archivos de bloc de notas en la memoria interna del PLC. Los archivos se actualizan cada 5 minutos de acuerdo al pulso “M12” (sincronizado con el reloj interno del PLC). Este pulso activa el bloque de función “LogRecord”, que almacena el dato en un búfer interno que cuando se llena, recién se graban los datos en el archivo, pero para que el grabado sea en el mismo instante del pulso se ha agregado el bloque de función “LogRecord.Dump”, que vuelca la información almacenada en el búfer en el archivo bloc de notas.

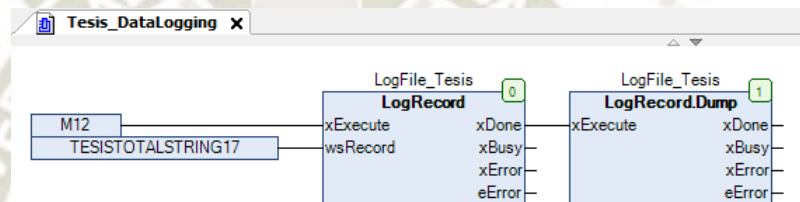


Figura 5.145. Diagrama de funciones continuas de DataLogging

Fuente: Elaboración propia

Para direccionar los bloques de funciones “LogRecord” y “LogRecord.Dump”, se crea y configura el “DataLogManager” en la pestaña de herramientas del proyecto, aquí se crean los archivos datalog que tendrá el PLC, luego en cada uno se configura el tipo de separador que tendrán los datos, el formato estampado de tiempo, el número de entradas de datos, etc.

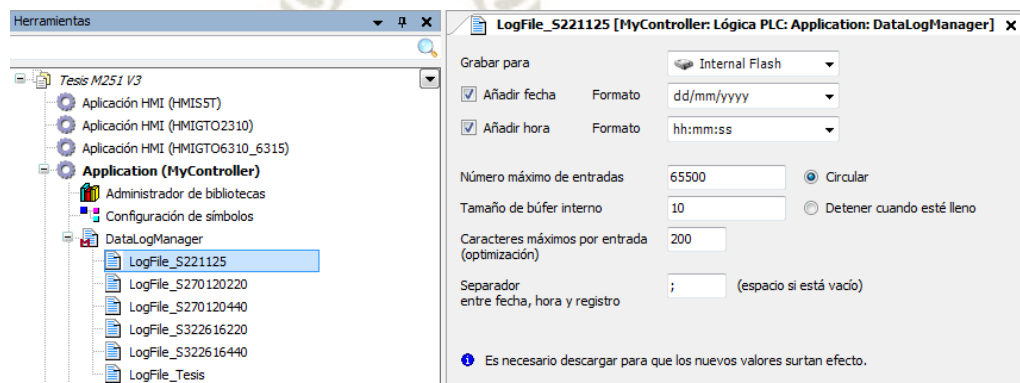


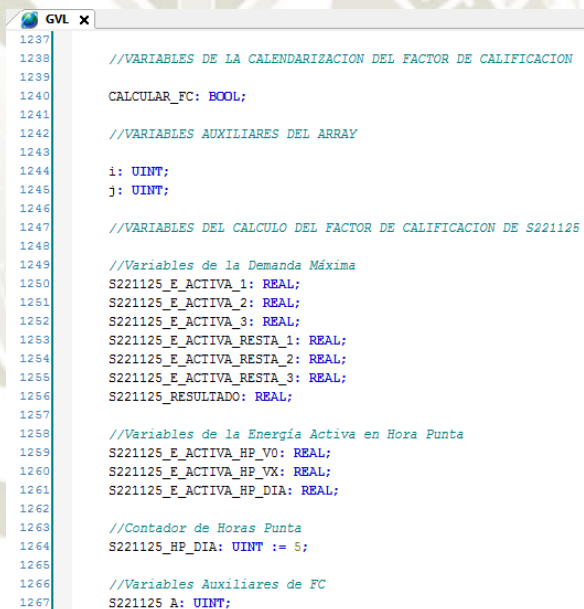
Figura 5.146. Configuración de LogFile de mediciones del suministro 221125

Fuente: Elaboración propia

#### 5.4.11. Lista de variables globales (GVL)

La lista de variables globales contiene las variables compartidas por todos los POU, aquí se declaran variables de cualquier tipo de datos que se utilizarán en el programa.

Las variables que están declaradas en esta lista, poseen una etiqueta (nombre) y se les puede asignar un valor inicial, el valor de todas las variables es volátil, esto quiere decir que, en caso de realizar una descarga en el PLC o un corte de energía en el PLC, el valor que tengan se reinicializa a 0 o a su estado inicial. No existe una sub-lista de variables Retain.



```

1237
1238 //VARIABLES DE LA CALENDARIZACION DEL FACTOR DE CALIFICACION
1239
1240 CALCULAR_FC: BOOL;
1241
1242 //VARIABLES AUXILIARES DEL ARRAY
1243
1244 i: UINT;
1245 j: UINT;
1246
1247 //VARIABLES DEL CALCULO DEL FACTOR DE CALIFICACION DE S221125
1248
1249 //Variables de la Demanda Máxima
1250 S221125_E_ACTIVADA_1: REAL;
1251 S221125_E_ACTIVADA_2: REAL;
1252 S221125_E_ACTIVADA_3: REAL;
1253 S221125_E_ACTIVADA_RESTA_1: REAL;
1254 S221125_E_ACTIVADA_RESTA_2: REAL;
1255 S221125_E_ACTIVADA_RESTA_3: REAL;
1256 S221125_RESULTADO: REAL;
1257
1258 //Variables de la Energía Activa en Hora Punta
1259 S221125_E_ACTIVADA_HP_V0: REAL;
1260 S221125_E_ACTIVADA_HP_VX: REAL;
1261 S221125_E_ACTIVADA_HP_DIA: REAL;
1262
1263 //Contador de Horas Punta
1264 S221125_HP_DIA: UINT := 5;
1265
1266 //Variables Auxiliares de FC
1267 S221125_A: UINT;
    
```

Figura 5.147. Lista de variables globales

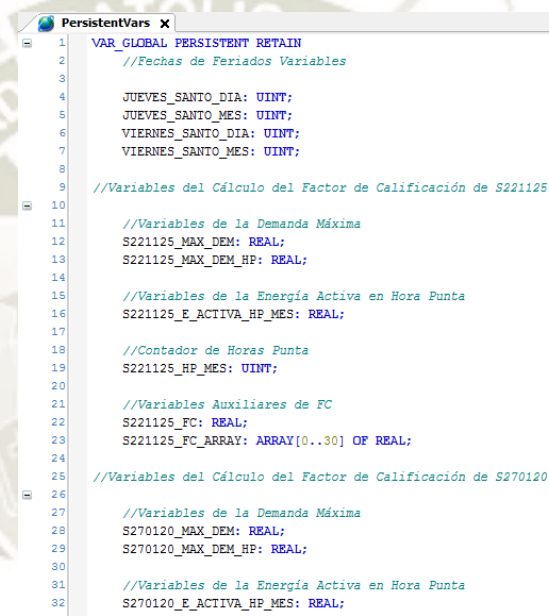
Fuente: Elaboración propia

#### 5.4.12. Lista de variables persistentes (PersistentVars)

Las variables persistentes se identifican mediante la palabra clave PERSISTENT (VAR\_GLOBAL PERSISTENT). Solamente se reinician al ejecutar el comando En línea Reset origen. A diferencia de las variables Retain, conservan sus valores después de una descarga. Ejemplo de aplicación: El

contador de tiempo de paradas, el contador de paquetes de una línea de producción, contadores que deben continuar contando incluso después de un corte en el suministro eléctrico o una descarga.

Las variables persistentes solamente se pueden declarar en una lista de variables globales especial de variables persistentes llamada “PersistentVars”, que se asigna a una aplicación. Solamente se puede añadir una única lista de este tipo a una aplicación.



```

1  VAR_GLOBAL PERSISTENT RETAIN
2  //Fechas de Feriados Variables
3
4  JUEVES_SANTO_DIA: UINT;
5  JUEVES_SANTO_MES: UINT;
6  VIERNES_SANTO_DIA: UINT;
7  VIERNES_SANTO_MES: UINT;
8
9  //Variables del Cálculo del Factor de Calificación de S221125
10
11  //Variables de la Demanda Máxima
12  S221125_MAX_DEM: REAL;
13  S221125_MAX_DEM_HP: REAL;
14
15  //Variables de la Energía Activa en Hora Punta
16  S221125_E_ACTIVA_HP_MES: REAL;
17
18  //Contador de Horas Punta
19  S221125_HP_MES: UINT;
20
21  //Variables Auxiliares de FC
22  S221125_FC: REAL;
23  S221125_FC_ARRAY: ARRAY[0..30] OF REAL;
24
25  //Variables del Cálculo del Factor de Calificación de S270120
26
27  //Variables de la Demanda Máxima
28  S270120_MAX_DEM: REAL;
29  S270120_MAX_DEM_HP: REAL;
30
31  //Variables de la Energía Activa en Hora Punta
32  S270120_E_ACTIVA_HP_MES: REAL;
33  ..
    
```

Figura 5.148. Lista de variables persistentes del PLC M251 Principal

Fuente: Elaboración propia

Las variables que se han considerado en esta lista, son los días feriados que el usuario programa desde la pantalla HMI, los resultados del cálculo del factor de calificación todos los días, los contadores de horas punta del mes, el acumulador de energía activa en hora punta, etc. Para que se puedan seguir realizando modificaciones a la programación del PLC sin perder los valores de estas variables importantes.

### 5.4.13. Pantalla de visualización web

El PLC M251 permite crear una página web de visualización y control que se almacena en la memoria de aplicación. Aquí se muestran gráfico y numéricamente los resultados de los cálculos efectuados por el PLC, parámetros como: máxima demanda del mes, acumulador de energía activa en hora punta, factor de calificación actual, gráfico histograma del factor de calificación a lo largo del mes, gráfico de tendencia del OEE de cada línea y parámetros de costos energéticos y de producción.

Para ello se crea un “Gestor de visualización” en la pestaña de herramientas, aquí se configura el estilo que tendrá la visualización, la seguridad del control de acceso y otros parámetros. Luego se crea una pantalla de “visualización web”, donde se configura el nombre de la visualización, el tiempo de actualización de la pantalla, la resolución de la pantalla y el área de trabajo.

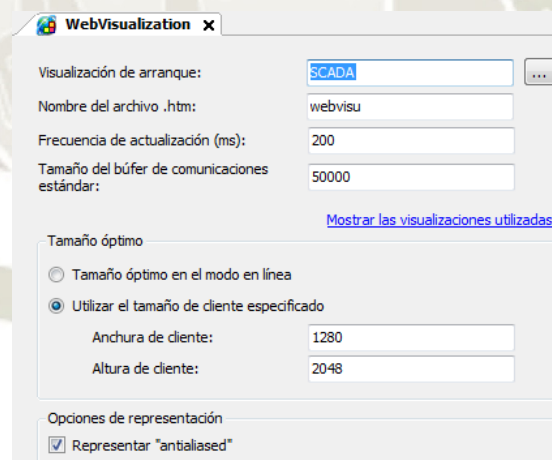


Figura 5.149. Ventana de configuración de la visualización web

Fuente: Elaboración propia

Finalmente diseñamos y creamos los elementos de visualización que irán en la página web, todas las variables mostradas deben ir con su respectiva etiqueta para que al usuario le resulte fácil el entendimiento de los parámetros mostrados.

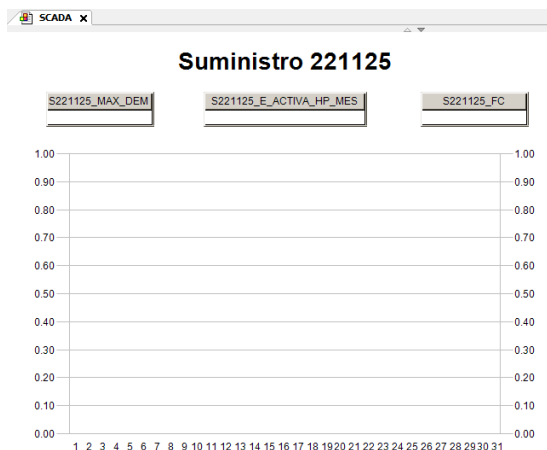


Figura 5.150. Visualización web del factor de calificación del suministro 221125

Fuente: Elaboración propia

Se han creado cuadros de visualización numérica para la máxima demanda, la energía activa en hora punta del mes y el factor de calificación diario. Además, se han creado gráficos de barras que muestra el factor de calificación y la máxima demanda diaria a lo largo del mes actual.

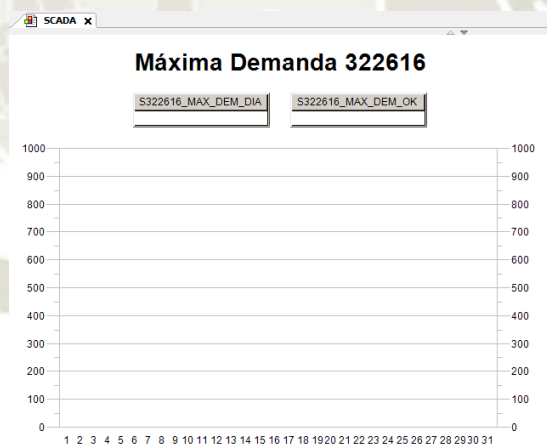


Figura 5.151. Visualización web de la máxima demanda del suministro 221125

Fuente: Elaboración propia

También se tienen gráficos de tendencia del cálculo del OEE en tiempo real y visualización de valores numéricos de parámetros de OEE y de costo energéticos y de producción.

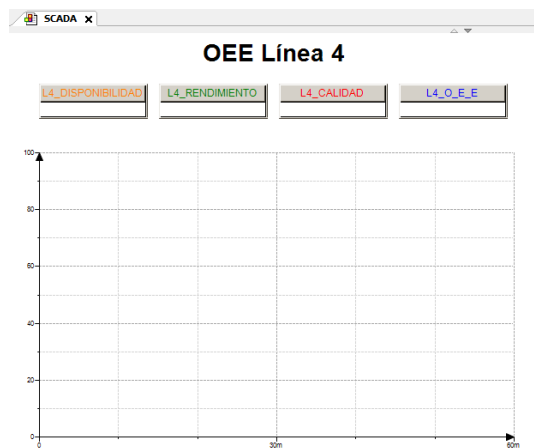


Figura 5.152. Pantalla de visualización web de la línea de producción 1

Fuente: Elaboración propia

### 5.5. HMI Virtual GTO6310

Como parte del control que el usuario puede tener sobre este sistema de monitoreo, se ha implementado una pantalla HMI virtual, donde el usuario configurará los días feriados correspondientes a Semana Santa, puede definir el costo de la tarifa eléctrica, visualizar parámetros productivos y OEE, además que la pantalla le brindará la misma información de la página web de visualización.

Esta pantalla HMI es virtual, lo que significa que no existe físicamente y para acceder a ella se debe simular su funcionamiento en el software Vijeo Designer desde la plataforma integrada de SoMachine.

Se ha escogido el modelo GTO6310 debido a la resolución de 800x600 píxeles que ofrece, siendo una pantalla bastante grande y costosa, pero el software nos da la facilidad de simularla de manera virtual y gratuita. Siendo una ventaja sobre otros fabricantes.

### 5.5.1. Configuración de variables

Como esta pantalla trabajará con el PLC M251 Principal, se debe hacer el enlace de variables desde la plataforma SoMachine, “publicando” las variables que el HMI usará para controlar el PLC.

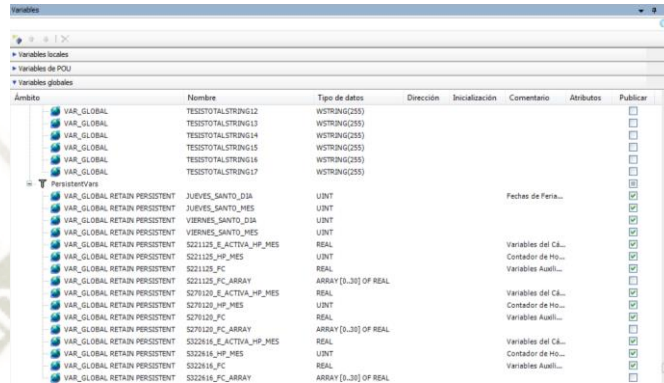
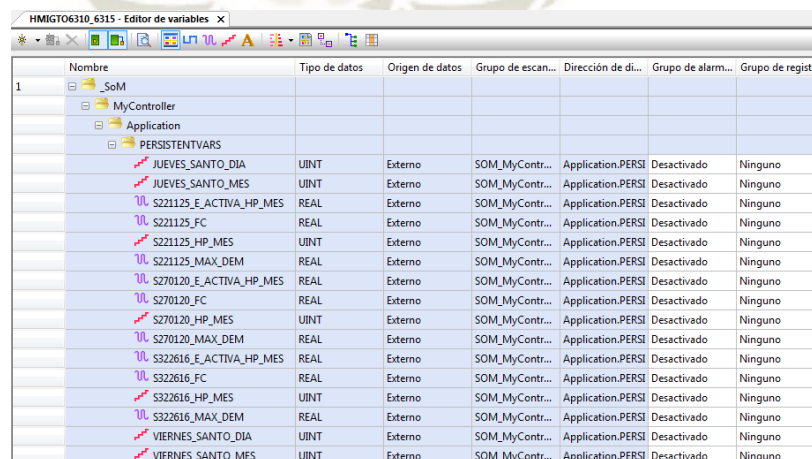


Figura 5.153. Selección de variables para utilizar en la plataforma de Vijeo Designer

Fuente: Elaboración propia

Luego se genera el proyecto y se abre Vijeo Designer, automáticamente actualizará la tabla de símbolos y se tendrán las variables listas para importación. En este caso, casi toda la tabla de variables Persistentes será visualizada desde la pantalla HMI.



Nombre	Tipo de datos	Origen de datos	Grupo de escan...	Dirección de di...	Grupo de alarm...	Grupo de regist...
1						
SoM						
MyController						
Application						
PERSISTENT_VARS						
JUEVES_SANTO_DIA	UINT	Externo	SOM_MyContr...	Application.PERSI	Desactivado	Ninguno
JUEVES_SANTO_MES	UINT	Externo	SOM_MyContr...	Application.PERSI	Desactivado	Ninguno
S221125_E_ACTIVIA_HP_MES	REAL	Externo	SOM_MyContr...	Application.PERSI	Desactivado	Ninguno
S221125_FC	REAL	Externo	SOM_MyContr...	Application.PERSI	Desactivado	Ninguno
S221125_HP_MES	UINT	Externo	SOM_MyContr...	Application.PERSI	Desactivado	Ninguno
S221125_MAX_DEM	REAL	Externo	SOM_MyContr...	Application.PERSI	Desactivado	Ninguno
S270120_E_ACTIVIA_HP_MES	REAL	Externo	SOM_MyContr...	Application.PERSI	Desactivado	Ninguno
S270120_FC	REAL	Externo	SOM_MyContr...	Application.PERSI	Desactivado	Ninguno
S270120_HP_MES	UINT	Externo	SOM_MyContr...	Application.PERSI	Desactivado	Ninguno
S270120_MAX_DEM	REAL	Externo	SOM_MyContr...	Application.PERSI	Desactivado	Ninguno
S322616_E_ACTIVIA_HP_MES	REAL	Externo	SOM_MyContr...	Application.PERSI	Desactivado	Ninguno
S322616_FC	REAL	Externo	SOM_MyContr...	Application.PERSI	Desactivado	Ninguno
S322616_HP_MES	UINT	Externo	SOM_MyContr...	Application.PERSI	Desactivado	Ninguno
S322616_MAX_DEM	REAL	Externo	SOM_MyContr...	Application.PERSI	Desactivado	Ninguno
VIERNES_SANTO_DIA	UINT	Externo	SOM_MyContr...	Application.PERSI	Desactivado	Ninguno
VIERNES_SANTO_MES	UINT	Externo	SOM_MyContr...	Application.PERSI	Desactivado	Ninguno

Figura 5.154. Editor de variables de Vijeo Designer

Fuente: Elaboración propia

Algunas variables están configuradas con funciones especiales como el almacenamiento de datos, la cual sirve para mostrar gráficos de tendencia en la pantalla, aunque realmente no se almacenan los datos en un espacio de memoria, ya que es una pantalla HMI simulada.

### 5.5.2. Diseño de pantallas

El HMI tiene paneles de visualización y control, el primer panel contiene la pantalla principal, donde se muestran de forma numérica los parámetros calculados por el PLC para el cálculo del factor de calificación.

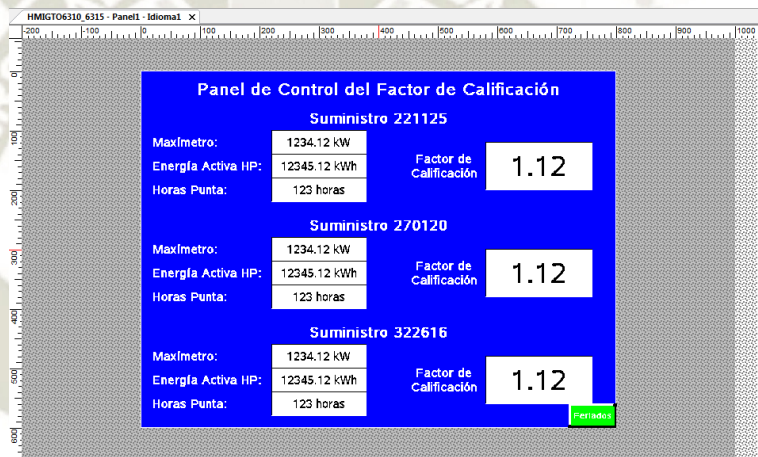


Figura 5.155. Panel 1 de la pantalla HMI virtual

Fuente: Elaboración propia

En el segundo panel se tiene la pantalla de configuración para los días feriados de Semana Santa y la tarifa eléctrica.



Figura 5.156. Panel 2 de la pantalla HMI virtual

Fuente: Elaboración propia

El tercer panel contiene el diseño del menú de selección para ver los parámetros de OEE de cada línea de producción.



Figura 5.157. Panel 3 de la pantalla HMI virtual

Fuente: Elaboración propia

El cuarto panel contiene el diseño de la pantalla de visualización de parámetros OEE de la línea de producción 1. El diseño de este panel se repite para las demás líneas.

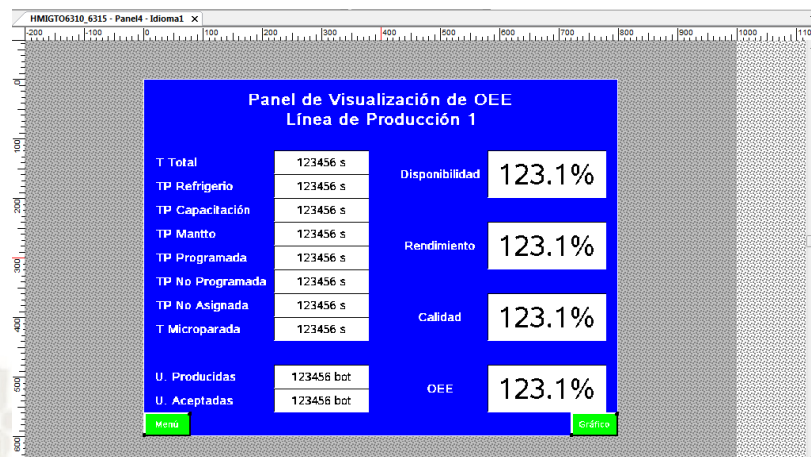


Figura 5.158. Panel 4 de la pantalla HMI virtual

Fuente: Elaboración propia

El quinto panel contiene el diseño del gráfico de tendencia del OEE y sus componentes, además de mostrar los parámetros de producción de la línea. El diseño de este panel se repite para las demás líneas.

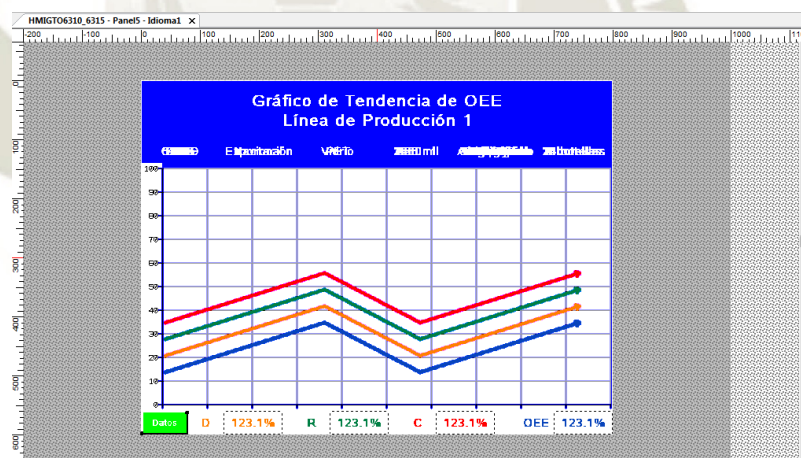


Figura 5.159. Panel 5 de la pantalla HMI virtual

Fuente: Elaboración propia

### 5.5.3. Navegación y funcionamiento

Para acceder a la pantalla HMI virtual, debe conectar la computadora a la red del PLC M251 Principal, colocar en línea la PLC a través de SoMachine y finalmente en Vijeo Designer simular la pantalla HMI.

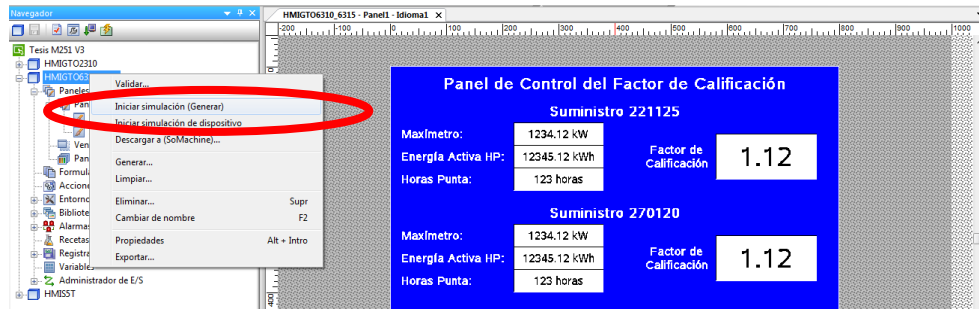


Figura 5.160. Inicio de la simulación en Vijeo Designer

Fuente: Elaboración propia

Vijeo Designer compilará el proyecto en busca de errores, luego iniciará la ventana de Runtime, donde el usuario puede navegar y configurar el PLC.

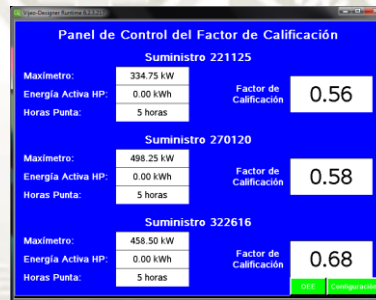


Figura 5.161. Pantalla principal del HMI virtual

Fuente: Elaboración propia

En la parte inferior izquierda se tienen dos botones permiten al usuario acceder al panel de configuración y al menú de visualización de OEE. Con el primer botón denominado “OEE”, el usuario puede acceder al menú de selección de línea de producción.

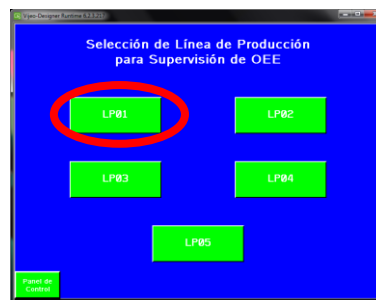


Figura 5.162. Pantalla del menú de selección de línea

Fuente: Elaboración propia

Al seleccionar una línea, la pantalla muestra los valores numéricos de los parámetros del OEE.



Figura 5.163. Pantalla de visualización de parámetros de OEE

Fuente: Elaboración propia

En la parte inferior derecha, existe un botón que permite al usuario observar la tendencia en tiempo real de OEE que el sistema calcula cada segundo.



Figura 5.164. Gráfico de tendencia de OEE

Fuente: Elaboración propia

Luego para regresar a la ventana principal, presionar el botón “Datos” en la parte inferior derecha y luego el botón “Menú”.

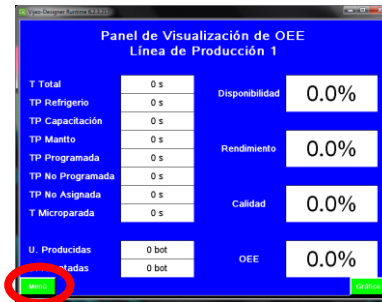


Figura 5.165. Botón para acceder al menú de selección de línea

Fuente: Elaboración propia

Con el segundo botón de la pantalla principal, el usuario puede acceder a la pantalla de configuración, donde podrá colocar los días feriados de Semana Santa e ingresar la tarifa de energía en hora punta.

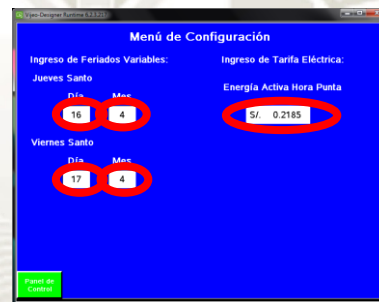


Figura 5.166. Pantalla de configuración del HMI virtual

Fuente: Elaboración propia

Al hacer click en el recuadro de día, mes o tarifa, se despliega un teclado numérico, donde el usuario editará el número del día feriado o el mes, además de la tarifa de energía activa en hora punta correspondiente.



Figura 5.167. Ingreso de fechas de los días feriados

Fuente: Elaboración propia



Figura 5.168. Ingreso de tarifa eléctrica

Fuente: Elaboración propia

De igual forma para volver a la pantalla principal, hacer click en el botón verde de la parte inferior izquierda.

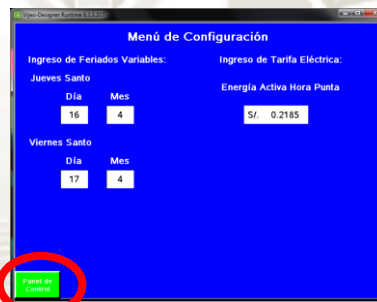


Figura 5.169. Botón para volver al menú principal

Fuente: Elaboración propia

Como se ha podido demostrar, la navegación en la pantalla HMI virtual, es bastante amigable y muestra la información de manera ordenada y clara.

## 5.6. Pasarela de comunicación EGX300

Actualmente se tienen instaladas 4 pasarelas de comunicación EGX300 en la planta de ISM Arequipa. A continuación, se describe la configuración y función de cada una:

### 1. EGX300 Maestro

**Dirección IP:** 10.45.0.33

**Máscara de Subred:** 255.255.254.0

**Pasarela Predeterminada:** 10.45.0.1

**Descripción:** Realiza lectura mediante Modbus TCP de los 5 Medidores de Energía de los 3 Suministros, los 2 PLC's que manejan las 5 Líneas de Producción y también realiza lectura Modbus Serial de los Medidores de Energía de las líneas 1, 2 y 3. Luego toda esta información la envía al servidor del Software Mentor Monitor en intervalos de 5 minutos.

### 2. EGX300 Subestación 1

**Dirección IP:** 10.45.0.31

**Máscara de Subred:** 255.255.254.0

**Pasarela Predeterminada:** 10.45.0.1

**Descripción:** Realiza lectura Modbus serial de los medidores de energía de los suministros 221125 a 440V, 270120 a 220V y 270120 a 440V. Luego la información es enviada al servidor del software Dexcell en intervalos de 5 minutos.

### 3. EGX300 Subestación 2

**Dirección IP:** 10.45.0.32

**Máscara de Subred:** 255.255.254.0

**Pasarela Predeterminada:** 10.45.0.1

**Descripción:** Realiza lectura Modbus serial de los medidores de energía de los suministros 322616 a 220V y 322616 a 440V. Luego la información es enviada al servidor del software Dexcell en intervalos de 5 minutos.

### 4. EGX300 Línea 5

**Dirección IP:** 10.45.0.43

**Máscara de Subred:** 255.255.254.0

**Pasarela Predeterminada:** 10.45.0.1

**Descripción:** Realiza lectura Modbus serial del medidor de energía principal del tablero de distribución de la Línea 5, los módulos de comunicación IFM de los interruptores termomagnéticos que alimentan cada una de las estaciones de trabajo de la línea de producción 5 y también realiza lectura Modbus TCP de los PLC's M221 y M251, para realizar validación de conteo del segundo sensor, ya que ese conteo no se envía a Mentor Monitor sino se revisa de manera interna desde esta EGX300. Luego la información es enviada al servidor del software Dexcell en intervalos de tiempo de 5 minutos.

#### 5.6.1. Acceso y configuración

##### Acceso a la Pasarela de Comunicación

Para acceder a la pasarela, se requiere de un usuario y contraseña, el cual es:

Nombre de Usuario: Administrator

Contraseña: Gateway

Luego nos muestra la ventana principal de la pasarela de comunicación EGX300, a partir de aquí podemos navegar en las opciones de monitorización y configuración.

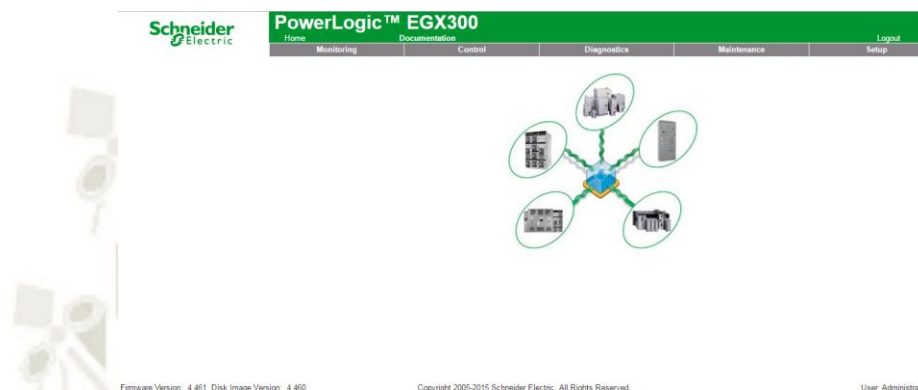


Figura 5.170. Ventana inicial del EGX300

Fuente: Elaboración propia

### Configuración de los Parámetros del Puerto Ethernet

Si entramos a la pestaña de Configuración, verificaremos que los parámetros Ethernet TCP/IP estén configurados correctamente, igualmente si se va a realizar una modificación de la dirección IP, se tiene que acceder a esta ventana.

**Ethernet & TCP/IP**

Ethernet				
MAC Address - 00:80:67:87:64:D8				
Frame Format:	Ethernet II ▼			
Media Type:	10T/100Tx Auto ▼			

IP Parameters				
<input type="checkbox"/> Obtain an IP Address Automatically				
IP Address:	10	168	2	17
Subnet Mask:	255	255	255	128
Default Gateway:	10	168	2	1

Figura 5.171. Configuración de la dirección IP

Fuente: Elaboración propia

## Configuración de los Parámetros del Puerto Serial

Es importante configurar los parámetros de comunicación Modbus Serial, ya que, por ejemplo, si el EGX300 está configurado con otra velocidad de comunicación, no podrá comunicar los dispositivos seriales que tenga conectados, además todos los dispositivos que estén en la red deben tener un número de esclavo diferente y contar con la misma configuración que el Maestro.

**Serial Port**

Physical Interface:	RS485 2-wire	▼
Transmission Mode:	Automatic	▼
Baud Rate:	19200	▼
Parity:	Even	▼
Response Timeout:	3	▼ (Seconds)

*Figura 5.172. Configuración del puerto serial*

*Fuente: Elaboración propia*

## Lista de Dispositivos Remotos

En esta ventana podremos agregar los dispositivos Modbus TCP que queramos que el EGX300 tenga acceso, vemos que contiene las direcciones IP de los demás EGX300 instalados y de los 2 PLC's que manejan las 5 Líneas de Producción.

Remote Device Connections

1.	10	168	2	15
2.	10	168	2	16
3.	10	168	2	27
4.	10	168	2	23
5.	10	168	2	24
6.	0	0	0	0
7.	0	0	0	0
8.	0	0	0	0
9.	0	0	0	0
10.	0	0	0	0
11.	0	0	0	0
12.	0	0	0	0
13.	0	0	0	0
14.	0	0	0	0
15.	0	0	0	0
16.	0	0	0	0

Apply

Figura 5.173. Lista de dispositivos remotos

Fuente: Elaboración propia

### Lista de Dispositivos Asociados

Aquí se pueden añadir nuevos dispositivos y definir el tipo de dispositivo, además de verificar los dispositivos que el EGX300 tenga comunicación, tanto en el protocolo Serial como protocolo TCP.

Device List

Number of Viewable Devices: 16

Connection	Device Type	Device Name	Local ID	Remote ID
10.168.2.15	PM700	S221125440	1	4
10.168.2.15	PM700	S270120220	2	5
10.168.2.15	PM850	S270120440	3	2
10.168.2.16	PM700	S322616220	4	5
10.168.2.16	PM700	S322616440	5	4
10.168.2.27	PM5100/PM5300	MEL5	6	1
10.168.2.23	M221_Diego	M221	7	255
10.168.2.24	M251_Diego	M251	8	255
Serial Port	CVM-C10	MEL1	9	
Serial Port	CVM-C10	MEL2	10	
Serial Port	PM5100/PM5300	MEL3	11	

Figura 5.174. Lista de dispositivos

Fuente: Elaboración propia

### Configuración de Parámetros del Servidor FTP

Aquí se configuran los parámetros necesarios para que el EGX300 envíe la información que recopila al servidor de Mentor Monitor, permite el envío por

diferentes métodos, en este caso trabajamos con el modo FTP (File Transfer Protocol). Es importante configurar la modalidad Pasiva ya que si no está configurada pueden existir problemas de sincronización con el servidor de datos de Mentor Monitor.

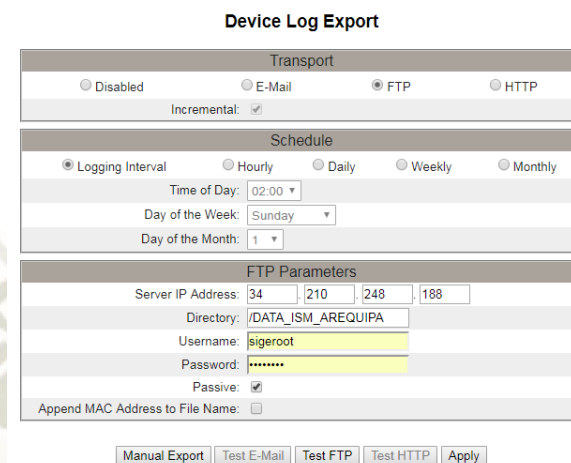


Figura 5.175. Configuración de la exportación de datos

Fuente: Elaboración propia

## 5.6.2. Creación de plantillas personalizadas

### Configuración de Plantillas de Dispositivos Personalizables

Existe un menú secreto que permite la creación de plantillas personalizadas o Custom Devices. Para activar el menú secreto, se debe copiar la dirección [http://<ip address>/device\\_type\\_gen\\_enable.shtml](http://<ip address>/device_type_gen_enable.shtml) en la barra de direcciones, justo después de la dirección IP del EGX300. Luego aparecerá la siguiente ventana:

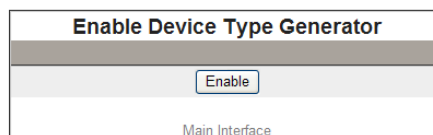


Figura 5.176. Habilitación del editor de plantillas de dispositivos

Fuente: Elaboración propia

Le damos click en activar, luego en volver al panel principal y aparecerá el menú de dispositivos personalizables:

### Custom Device Types

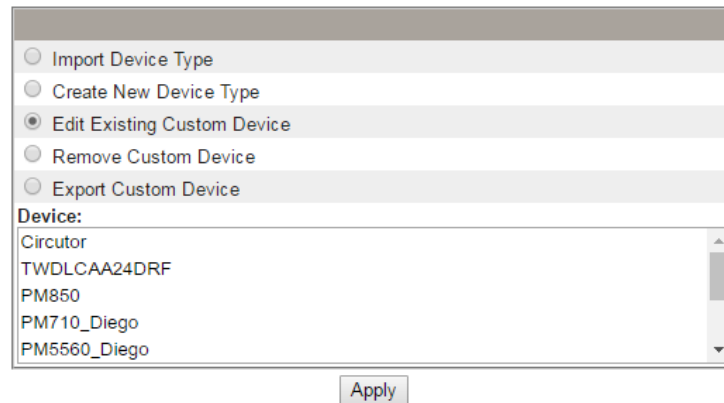


Figura 5.177. Menú de plantillas de dispositivos

Fuente: Elaboración propia

Podemos importar plantillas, lo cual es útil para replicar modelos de dispositivos en otros EGX300, podemos crear nuevas plantillas, editar las plantillas existentes, borrar y exportarlas también.

Cuando creamos un dispositivo debemos asignar las direcciones de los registros y la cantidad de registros que se van a leer, para ello se crea un bloque de lectura, se pueden crear hasta 16 bloques de lectura cada bloque puede leer 125 registros y se pueden crear 16 variables en cada bloque.

### Plantilla del Medidor de Energía PM850

Se muestra la configuración de los bloques para leer los registros del medidor de energía, el EGX300 en la lista de dispositivos posee plantillas propias para sus medidores de energía, pero éstas plantillas están limitadas ya que no nos ofrecen ciertos parámetros como factor de potencia, frecuencia, energía aparente, voltaje promedio, etc. Por ello creamos plantillas propias.

Asignar bloques PM850					
Eliminar	Bloque	Función Modbus	Registro de inicio	Número de registros	
<input type="checkbox"/>	1	Leer los registros de retención 0x03	1100	81	Definir temas Prueba
<input type="checkbox"/>	2	Leer los registros de retención 0x03	1716	12	Definir temas Prueba
<input type="checkbox"/>	3	Leer los registros de retención 0x03	1200	3	Definir temas Prueba

Añadir bloque    Aplicar

Figura 5.178. Bloques de la plantilla PM850

Fuente: Elaboración propia

Bloque 1, configuramos los parámetros de corrientes, voltajes, potencias y frecuencia, todas las variables son registros del tipo entero sin signo (UINT16), sin escalamiento.

Bloque 1: Temas								
Eliminar	Nombre tema	Tipo datos	Número(s) de registro	Multiplicador	Factor de escala	Compatibilidad de registro	Método de registro	Compatibilidad de datos en tiempo real
<input type="checkbox"/>	Intensidad 1	U16	1100	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Intensidad 2	U16	1101	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Intensidad 3	U16	1102	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Media de intensidad	U16	1105	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Tensión 1-2	U16	1120	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Tensión 2-3	U16	1121	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Tensión 3-1	U16	1122	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Tensión media L-L	U16	1123	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Potencia activa total (kW)	S16	1143	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Potencia reactiva total (kVAR)	S16	1147	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Potencia aparente total (kVA)	S16	1151	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* Power Factor Total	U16	1163	1	10e-3	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* Frequency (Hz)	U16	1180	1	10e-2	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>

Añadir tema    Guardar temas

Figura 5.179. Bloque 1 de la plantilla PM850

Fuente: Elaboración propia

Bloque 2, configuramos los parámetros de energía, para este medidor, un valor de energía está compuesto por 4 registros de 16 bits y son del tipo de datos ML4 (concatenación de 4 registros de MSB a LSB), con escalamiento de 0.001 y con tipo de registro incremental ya que la energía es un número acumulativo y al momento de ser visualizado se muestra un gráfico de las restas secuenciales.

Bloque 2: Temas											
Eliminar	Nombre tema	Tipo datos	Número(s) de registro				Multiplicador	Factor de escala	Compatibilidad de registro	Método de registro	Compatibilidad de datos en tiempo real
<input type="checkbox"/>	Energía activa (kWh)	ML4	1716	1717	1716	1	10e-3	<input checked="" type="checkbox"/>	Incremental	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Energía react. (kVARh)	ML4	1723	1722	1721	1720	1	10e-3	<input checked="" type="checkbox"/>	Incremental	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Energía aparente (kVAh)	ML4	1727	1726	1725	1724	1	10e-3	<input checked="" type="checkbox"/>	Incremental	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 5.180. Bloque 2 de la plantilla PM850

Fuente: Elaboración propia

Bloque 3 contiene los valores de distorsión armónica total, variable del tipo UINT16 y con escalamiento de 0.1.

Bloque 3: Temas									
Eliminar	Nombre tema	Tipo datos	Número(s) de registro	Multiplicador	Factor de escala	Compatibilidad de registro	Método de registro	Compatibilidad de datos en tiempo real	
<input type="checkbox"/>	THD de intensidad 1 (%)	U16	1200	1	10e-1	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	THD de intensidad 2 (%)	U16	1201	1	10e-1	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	THD de intensidad 3 (%)	U16	1202	1	10e-1	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 5.181. Bloque 3 de la plantilla PM850

Fuente: Elaboración propia

### Plantilla del PLC M221

Para integrar el PLC M221 se ha creado la siguiente plantilla, las direcciones de los registros son conocidas a partir de la programación.

Asignar bloques M221_Diego							
Eliminar	Bloque	Función Modbus	Registro de inicio	Número de registros			
<input type="checkbox"/>	1	Leer los registros de retención 0x03	105	6	Definir temas	Prueba	
<input type="checkbox"/>	2	Leer los registros de retención 0x03	63	125	Definir temas	Prueba	
<input type="checkbox"/>	3	Leer los registros de retención 0x03	99	14	Definir temas	Prueba	
<input type="checkbox"/>	4	Leer los registros de retención 0x03	167	6	Definir temas	Prueba	
<input type="checkbox"/>	5	Leer los registros de retención 0x03	125	125	Definir temas	Prueba	
<input type="checkbox"/>	6	Leer los registros de retención 0x03	161	14	Definir temas	Prueba	
<input type="checkbox"/>	7	Leer los registros de retención 0x03	51	6	Definir temas	Prueba	
<input type="checkbox"/>	8	Leer los registros de retención 0x03	1	125	Definir temas	Prueba	
<input type="checkbox"/>	9	Leer los registros de retención 0x03	37	14	Definir temas	Prueba	

Figura 5.182. Bloques de la plantilla M221\_Diego

Fuente: Elaboración propia

Bloque 1 contiene los parámetros de producción de la Línea 1: Marca, Destino, Material, Tamaño, Sabor y Número. Todas las variables son del tipo UINT16.

Bloque 1: Temas									
Eliminar	Nombre tema	Tipo datos	Número(s) de registro		Multiplicador	Factor de escala	Compatibilidad de registro	Método de registro	Compatibilidad de datos en tiempo real
<input type="checkbox"/>	* L1_MARCA	U16	106		1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L1_DESTINO	U16	110		1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L1_MATERIAL	U16	107		1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L1_TAMANO	U16	108		1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L1_SABOR	U16	105		1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L1_NUMERO	U16	109		1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 5.183. Bloque 1 de la plantilla M221\_Diego

Fuente: Elaboración propia

Bloque 2 contiene los registros de los tiempos de las diferentes paradas de la Línea 1, en este caso, las variables son de tipo UINT32, lo que significa que cada variable está formada por dos registros de 16 bits y el registro más significativo debe ir primero.

Bloque 2: Temas									
Eliminar	Nombre tema	Tipo datos	Número(s) de registro		Multiplicador	Factor de escala	Compatibilidad de registro	Método de registro	Compatibilidad de datos en tiempo real
<input type="checkbox"/>	* L1_T_DISPONIBLE_LOTE	U32	66	65	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L1_T_DISPONIBLE_TOTAL	U32	64	63	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L1_T_REFRIGERIO_LOTE	U32	68	67	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L1_T_REFRIGERIO_TOTAL	U32	70	69	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L1_T_CAPACITACION_LOTE	U32	72	71	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L1_T_CAPACITACION_TOTAL	U32	74	73	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L1_T_MANTTO_LOTE	U32	76	75	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L1_T_MANTTO_TOTAL	U32	78	77	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L1_T_PP_LOTE	U32	82	81	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L1_T_PP_TOTAL	U32	84	83	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L1_T_PNP_LOTE	U32	86	85	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L1_T_PNP_TOTAL	U32	88	87	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L1_T_PNA_LOTE	U32	90	89	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L1_T_PNA_TOTAL	U32	92	91	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L1_T_MICROPARADA_LOTE	U32	96	95	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L1_T_MICROPARADA_TOTAL	U32	98	97	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 5.184. Bloque 2 de la plantilla M221\_Diego

Fuente: Elaboración propia

Bloque 3 contiene los tipos de paradas y el conteo del producto por lote y total de la Línea 1. Las primeras variables son del tipo UINT16 y los conteos son tipo UINT32.

Bloque 3: Temas								
Eliminar	Nombre tema	Tipo datos	Número(s) de registro	Multiplicador	Factor de escala	Compatibilidad de registro	Método de registro	Compatibilidad de datos en tiempo real
<input type="checkbox"/>	* L1_TIPO_PP	U16	103	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L1_TIPO_PNP	U16	104	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L1_CONTEO_LOTE	U32	100 99	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L1_CONTEO_TOTAL	U32	102 101	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 5.185. Bloque 3 de la plantilla M221\_Diego

Fuente: Elaboración propia

Bloque 4 contiene los parámetros de producción de la Línea 2: Marca, Destino, Material, Tamaño, Sabor y Número. Todas las variables son del tipo U16.

Bloque 4: Temas								
Eliminar	Nombre tema	Tipo datos	Número(s) de registro	Multiplicador	Factor de escala	Compatibilidad de registro	Método de registro	Compatibilidad de datos en tiempo real
<input type="checkbox"/>	* L2_MARCA	U16	168	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L2_DESTINO	U16	172	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L2_MATERIAL	U16	169	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L2_TAMANO	U16	170	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L2_SABOR	U16	167	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L2_NUMERO	U16	171	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 5.186. Bloque 4 de la plantilla M221\_Diego

Fuente: Elaboración propia

Bloque 5 contiene los registros de los tiempos de las diferentes paradas de la Línea 2, en este caso, las variables son de tipo U16, lo que significa que cada variable está formada por dos registros de 16 bits y el registro más significativo debe ir primero.

Bloque 5: Temas									
Eliminar	Nombre tema	Tipo datos	Número(s) de registro		Multiplicador	Factor de escala	Compatibilidad de registro	Método de registro	Compatibilidad de datos en tiempo real
<input type="checkbox"/>	* L2_T_DISPONIBLE_LOTE	U32	128	127	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L2_T_DISPONIBLE_TOTAL	U32	126	125	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L2_T_REFRIGERIO_LOTE	U32	130	129	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L2_T_REFRIGERIO_TOTAL	U32	132	131	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L2_T_CAPACITACION_LOTE	U32	134	133	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L2_T_CAPACITACION_TOTAL	U32	136	135	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L2_T_MANTTO_LOTE	U32	138	137	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L2_T_MANTTO_TOTAL	U32	140	139	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L2_T_PP_LOTE	U32	144	143	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L2_T_PP_TOTAL	U32	146	145	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L2_T_PNP_LOTE	U32	148	147	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L2_T_PNP_TOTAL	U32	150	149	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L2_T_PNA_LOTE	U32	152	151	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L2_T_PNA_TOTAL	U32	154	153	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L2_T_MICROPARADA_LOTE	U32	158	157	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L2_T_MICROPARADA_TOTAL	U32	160	159	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 5.187. Bloque 5 de la plantilla M221\_Diego

Fuente: Elaboración propia

Bloque 6 contiene los tipos de paradas y el conteo del producto por lote y total de la Línea 2. Las primeras variables son del tipo UINT16 y los conteos son tipo UINT32.

Bloque 6: Temas									
Eliminar	Nombre tema	Tipo datos	Número(s) de registro		Multiplicador	Factor de escala	Compatibilidad de registro	Método de registro	Compatibilidad de datos en tiempo real
<input type="checkbox"/>	* L2_TIPO_PP	U16	165		1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L2_TIPO_PNP	U16	166		1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L2_CONTEO_LOTE	U32	162	161	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L2_CONTEO_TOTAL	U32	164	163	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 5.188. Bloque 6 de la plantilla M221\_Diego

Fuente: Elaboración propia

Bloque 7 contiene los parámetros de producción de la Línea 3: Marca, Destino, Material, Tamaño, Sabor y Número. Todas las variables son del tipo UINT16.

Bloque 7: Temas									
Eliminar	Nombre tema	Tipo datos	Número(s) de registro	Multiplicador	Factor de escala	Compatibilidad de registro	Método de registro	Compatibilidad de datos en tiempo real	
<input type="checkbox"/>	* L3_MARCA	U16	52	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L3_DESTINO	U16	56	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L3_MATERIAL	U16	53	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L3_TAMANO	U16	54	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L3_SABOR	U16	51	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L3_NUMERO	U16	55	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 5.189. Bloque 7 de la plantilla M221\_Diego

Fuente: Elaboración propia

Bloque 8 contiene los registros de los tiempos de las diferentes paradas de la Línea 3, en este caso, las variables son de tipo U16, lo que significa que cada variable está formada por dos registros de 16 bits y el registro más significativo debe ir primero.

Bloque 8: Temas									
Eliminar	Nombre tema	Tipo datos	Número(s) de registro	Multiplicador	Factor de escala	Compatibilidad de registro	Método de registro	Compatibilidad de datos en tiempo real	
<input type="checkbox"/>	* L3_T_DISPONIBLE_LOTE	U32	48	47	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L3_T_DISPONIBLE_TOTAL	U32	2	1	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L3_T_REFRIGERIO_LOTE	U32	4	3	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L3_T_REFRIGERIO_TOTAL	U32	6	5	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L3_T_CAPACITACION_LOTE	U32	8	7	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L3_T_CAPACITACION_TOTAL	U32	10	9	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L3_T_MANTTO_LOTE	U32	12	11	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L3_T_MANTTO_TOTAL	U32	14	13	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L3_T_PP_LOTE	U32	18	17	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L3_T_PP_TOTAL	U32	20	19	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L3_T_PNP_LOTE	U32	22	21	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L3_T_PNP_TOTAL	U32	24	23	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L3_T_PNA_LOTE	U32	26	25	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L3_T_PNA_TOTAL	U32	28	27	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L3_T_MICROPARADA_LOTE	U32	34	33	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L3_T_MICROPARADA_TOTAL	U32	36	35	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 5.190. Bloque 8 de la plantilla M221\_Diego

Fuente: Elaboración propia

Bloque 9 contiene los tipos de paradas y el conteo del producto por lote y total de la Línea 3. Las primeras variables son del tipo U16 y los conteos son tipo U32.

Bloque 9: Temas								
Eliminar	Nombre tema	Tipo datos	Número(s) de registro	Multiplicador	Factor de escala	Compatibilidad de registro	Método de registro	Compatibilidad de datos en tiempo real
<input type="checkbox"/>	* L3_TIPO_PP	U16	49	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L3_TIPO_PNP	U16	50	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L3_CONTEO_LOTE	U32	38 37	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L3_CONTEO_TOTAL	U32	40 39	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 5.191. Bloque 9 de la plantilla M221\_Diego

Fuente: Elaboración propia

### Plantilla del PLC M251

Para poder integrar el PLC M251 se ha creado la siguiente plantilla, las direcciones de los registros son conocidas a partir de la creación de la Tabla de Reubicación dentro del Software SoMachine, la cual nos permite seleccionar las variables que queremos que el PLC publique para que otros dispositivos tengan acceso a estos datos.

Asignar bloques M251_Diego							
Eliminar	Bloque	Función Modbus	Registro de inicio	Número de registros			
<input type="checkbox"/>	1	Leer los registros de retención 0x03	60201	6	Definir temas	Prueba	
<input type="checkbox"/>	2	Leer los registros de retención 0x03	60207	32	Definir temas	Prueba	
<input type="checkbox"/>	3	Leer los registros de retención 0x03	60239	6	Definir temas	Prueba	
<input type="checkbox"/>	4	Leer los registros de retención 0x03	60245	6	Definir temas	Prueba	
<input type="checkbox"/>	5	Leer los registros de retención 0x03	60251	32	Definir temas	Prueba	
<input type="checkbox"/>	6	Leer los registros de retención 0x03	60283	6	Definir temas	Prueba	
<input type="checkbox"/>	7	Leer los registros de retención 0x03	60289	14	Definir temas	Prueba	
<input type="checkbox"/>	8	Leer los registros de retención 0x03	60301	14	Definir temas	Prueba	
<input type="checkbox"/>	9	Leer los registros de retención 0x03	60311	12	Definir temas	Prueba	

Figura 5.192. Bloques de la plantilla M251\_Diego

Fuente: Elaboración propia

Bloque 1 contiene los parámetros de producción de la Línea 4: Marca, Destino, Material, Tamaño, Sabor y Número. Todas las variables son del tipo UINT16.

Bloque 1: Temas									
Eliminar	Nombre tema	Tipo datos	Número(s) de registro	Multiplicador	Factor de escala	Compatibilidad de registro	Método de registro	Compatibilidad de datos en tiempo real	
<input type="checkbox"/>	*L4_MARCA	U16	60201	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	*L4_DESTINO	U16	60202	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	*L4_MATERIAL	U16	60203	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	*L4_TAMANO	U16	60204	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	*L4_SABOR	U16	60205	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	*L4_NUMERO	U16	60206	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figura 5.193. Bloque 1 de la plantilla M251\_Diego

Fuente: Elaboración propia

Bloque 2 contiene los registros de los tiempos de las diferentes paradas de la Línea 4, en este caso, las variables son de tipo U16, lo que significa que cada variable está formada por dos registros de 16 bits y el registro más significativo debe ir primero.

Bloque 2: Temas									
Eliminar	Nombre tema	Tipo datos	Número(s) de registro	Multiplicador	Factor de escala	Compatibilidad de registro	Método de registro	Compatibilidad de datos en tiempo real	
<input type="checkbox"/>	*L4_T_DISPONIBLE_LOTE	U32	60208 60207	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	*L4_T_DISPONIBLE_TOTAL	U32	60210 60209	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	*L4_T_REFRIGERIO_LOTE	U32	60212 60211	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	*L4_T_REFRIGERIO_TOTAL	U32	60214 60213	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	*L4_T_CAPACITACION_LOTE	U32	60216 60215	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	*L4_T_CAPACITACION_TOTAL	U32	60218 60217	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	*L4_T_MANTTO_LOTE	U32	60220 60219	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	*L4_T_MANTTO_TOTAL	U32	60222 60221	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	*L4_T_PP_LOTE	U32	60224 60223	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	*L4_T_PP_TOTAL	U32	60226 60225	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	*L4_T_PNP_LOTE	U32	60228 60227	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	*L4_T_PNP_TOTAL	U32	60230 60229	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	*L4_T_PNA_LOTE	U32	60232 60231	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	*L4_T_PNA_TOTAL	U32	60234 60233	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	*L4_T_MICROPARADA_LOTE	U32	60236 60235	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	*L4_T_MICROPARADA_TOTAL	U32	60238 60237	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figura 5.194. Bloque 2 de la plantilla M251\_Diego

Fuente: Elaboración propia

Bloque 3 contiene los tipos de paradas y el conteo del producto por lote y total de la Línea 4. Las primeras variables son del tipo U16 y los conteos son tipo U32.

Bloque 3: Temas								
Eliminar	Nombre tema	Tipo datos	Número(s) de registro	Multiplicador	Factor de escala	Compatibilidad de registro	Método de registro	Compatibilidad de datos en tiempo real
<input type="checkbox"/>	* L4_TIPO_PP	U16	60239	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L4_TIPO_PNP	U16	60240	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L4_CONTEO_LOTE	U32	60242 60241	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L4_CONTEO_TOTAL	U32	60244 60243	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 5.195. Bloque 3 de la plantilla M251\_Diego

Fuente: Elaboración propia

Bloque 4 contiene los parámetros de producción de la Línea 5: Marca, Destino, Material, Tamaño, Sabor y Número. Todas las variables son del tipo U16.

Bloque 4: Temas								
Eliminar	Nombre tema	Tipo datos	Número(s) de registro	Multiplicador	Factor de escala	Compatibilidad de registro	Método de registro	Compatibilidad de datos en tiempo real
<input type="checkbox"/>	* L5_MARCA	U16	60245	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L5_DESTINO	U16	60246	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L5_MATERIAL	U16	60247	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L5_TAMANO	U16	60248	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L5_SABOR	U16	60249	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L5_NUMERO	U16	60250	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 5.196. Bloque 4 de la plantilla M251\_Diego

Fuente: Elaboración propia

Bloque 5 contiene los registros de los tiempos de las diferentes paradas de la Línea 5, en este caso, las variables son de tipo U16, lo que significa que cada variable está formada por dos registros de 16 bits y el registro más significativo debe ir primero.

Bloque 5: Temas								
Eliminar	Nombre tema	Tipo datos	Número(s) de registro	Multiplicador	Factor de escala	Compatibilidad de registro	Método de registro	Compatibilidad de datos en tiempo real
<input type="checkbox"/>	* L5_T_DISPONIBLE_LOTE	U32	60252 60251	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L5_T_DISPONIBLE_TOTAL	U32	60254 60253	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L5_T_REFRIGERIO_LOTE	U32	60256 60255	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L5_T_REFRIGERIO_TOTAL	U32	60258 60257	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L5_T_CAPACITACION_LOTE	U32	60260 60259	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L5_T_CAPACITACION_TOTAL	U32	60262 60261	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L5_T_MANTTO_LOTE	U32	60264 60263	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L5_T_MANTTO_TOTAL	U32	60266 60265	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L5_T_PP_LOTE	U32	60268 60267	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L5_T_PP_TOTAL	U32	60270 60269	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L5_T_PNP_LOTE	U32	60272 60271	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L5_T_PNP_TOTAL	U32	60274 60273	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L5_T_PNA_LOTE	U32	60276 60275	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L5_T_PNA_TOTAL	U32	60278 60277	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L5_T_MICROPARADA_LOTE	U32	60280 60279	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L5_T_MICROPARADA_TOTAL	U32	60282 60281	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 5.197. Bloque 5 de la plantilla M251\_Diego

Fuente: Elaboración propia

Bloque 6 contiene los tipos de paradas y el conteo del producto por lote y total de la Línea 5. Las primeras variables son del tipo UINT16 y los conteos son tipo UINT32.

Bloque 6: Temas								
Eliminar	Nombre tema	Tipo datos	Número(s) de registro	Multiplicador	Factor de escala	Compatibilidad de registro	Método de registro	Compatibilidad de datos en tiempo real
<input type="checkbox"/>	* L5_TIPO_PP	U16	60283	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L5_TIPO_PNP	U16	60284	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L5_CONTEO_LOTE	U32	60286 60285	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* L5_CONTEO_TOTAL	U32	60288 60287	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 5.198. Bloque 6 de la plantilla M251\_Diego

Fuente: Elaboración propia

Bloque 7 contiene variables de corriente y voltaje del Medidor de Energía Principal de la Línea 4, ya que en la arquitectura electrónica dicho medidor está conectado por puerto Serial al PLC M251.

Bloque 7: Temas									
Eliminar	Nombre tema	Tipo datos	Número(s) de registro		Multiplicador	Factor de escala	Compatibilidad de registro	Método de registro	Compatibilidad de datos en tiempo real
<input type="checkbox"/>	Intensidad 1	U32	60290	60289	1	10e-3	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Intensidad 2	U32	60292	60291	1	10e-3	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Intensidad 3	U32	60294	60293	1	10e-3	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Tensión 1-2	U32	60296	60295	1	10e-1	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Tensión 2-3	U32	60298	60297	1	10e-1	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Tensión 3-1	U32	60300	60299	1	10e-1	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 5.199. Bloque 7 de la plantilla M251\_Diego

Fuente: Elaboración propia

Bloque 8 contiene variables de potencia y frecuencia del Medidor de Energía Principal de la Línea 4, ya que en la arquitectura electrónica dicho medidor está conectado por puerto Serial al PLC M251.

Bloque 8: Temas									
Eliminar	Nombre tema	Tipo datos	Número(s) de registro		Multiplicador	Factor de escala	Compatibilidad de registro	Método de registro	Compatibilidad de datos en tiempo real
<input type="checkbox"/>	Potencia activa total (KW)	U32	60302	60301	1	10e-3	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Potencia reactiva total (KVAR)	U32	60304	60303	1	10e-3	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Potencia aparente total (KVA)	U32	60306	60305	1	10e-3	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* Power Factor Total	U32	60308	60307	1	10e-2	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	* Frequency (Hz)	U32	60310	60309	1	10e-2	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 5.200. Bloque 8 de la plantilla M251\_Diego

Fuente: Elaboración propia

Bloque 9 contiene variables de energía y armónicos del Medidor de Energía Principal de la Línea 4, ya que en la arquitectura electrónica dicho medidor está conectado por puerto Serial al PLC M251.

Bloque 9: Temas									
Eliminar	Nombre tema	Tipo datos	Número(s) de registro		Multiplicador	Factor de escala	Compatibilidad de registro	Método de registro	Compatibilidad de datos en tiempo real
<input type="checkbox"/>	Energía activa (kWh)	U32	60312	60311	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Incremental	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Energía react. (kVARh)	U32	60314	60313	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Incremental	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Energía aparente (KVAh)	U32	60316	60315	1	10e0	<input checked="" type="checkbox"/>	Incremental	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	THD de intensidad 1 (%)	U32	60318	60317	1	10e-1	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	THD de intensidad 2 (%)	U32	60320	60319	1	10e-1	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	THD de intensidad 3 (%)	U32	60322	60321	1	10e-1	<input checked="" type="checkbox"/>	Absoluto	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 5.201. Bloque 9 de la plantilla M251\_Diego

Fuente: Elaboración propia

**Nota:** El EGX300 tiene la capacidad de leer registros tipo FLOAT32, pero lamentablemente no puede almacenar la información de forma fiable, existen problemas con el almacenamiento de este tipo de datos, es por ello que para Medidores de Energía u otros equipos que tienen esta clase de registros, es recomendable utilizar otra pasarela de comunicación.



### 5.6.3. Mapeo Modbus de dispositivos

A continuación, se tienen las tablas con las direcciones de las memorias internas utilizadas de los PLC's y las direcciones de las variables utilizadas de los medidores de energía.

#### PLC M221

Dirección	Variable	Descripción
%MW48	L3_TIPO_PP	Tipo de Parada Programada de la Línea 3
%MW49	L3_TIPO_PNP	Tipo de Parada No Programada de la Línea 3
%MW50	L3_SABOR	Parámetro de Sabor de la Línea 3
%MW51	L3_MARCA	Parámetro de Marca de la Línea 3
%MW52	L3_MATERIAL	Parámetro de Material de la Línea 3
%MW53	L3_TAMAÑO	Parámetro de Tamaño de la Línea 3
%MW54	L3_NUMERO	Parámetro de Número de Botellas de la Línea 3
%MW55	L3_DESTINO	Parámetro de Destino de la Línea 3
%MW56	L3_VALOR_ACTUAL_C0	Valor del Acumulador del Contador C0 de la Línea 3
%MW59	L3_VALOR_ACTUAL_C1	Valor del Acumulador del Contador C1 de la Línea 3
%MW102	L1_TIPO_PP	Tipo de Parada Programada de la Línea 1
%MW103	L1_TIPO_PNP	Tipo de Parada No Programada de la Línea 1
%MW104	L1_SABOR	Parámetro de Sabor de la Línea 1
%MW105	L1_MARCA	Parámetro de Marca de la Línea 1
%MW106	L1_MATERIAL	Parámetro de Material de la Línea 1

Tabla 5.3. Palabras de Memoria %MW del PLC M221 – Parte 1

Fuente: Elaboración propia

<b>Dirección</b>	<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>
%MW107	L1_TAMAÑO	Parámetro de Tamaño de la Línea 1
%MW108	L1_NUMERO	Parámetro de Número de Botellas de la Línea 1
%MW109	L1_DESTINO	Parámetro de Destino de la Línea 1
%MW110	L1_VALOR_ACTUAL_C2	Valor del Acumulador del Contador C2 de la Línea 1
%MW113	L1_VALOR_ACTUAL_C3	Valor del Acumulador del Contador C3 de la Línea 1
%MW164	L2_TIPO_PP	Tipo de Parada Programada de la Línea 2
%MW165	L2_TIPO_PNP	Tipo de Parada No Programada de la Línea 2
%MW166	L2_SABOR	Parámetro de Sabor de la Línea 2
%MW167	L2_MARCA	Parámetro de Marca de la Línea 2
%MW168	L2_MATERIAL	Parámetro de Material de la Línea 2
%MW169	L2_TAMAÑO	Parámetro de Tamaño de la Línea 2
%MW170	L2_NUMERO	Parámetro de Número de Botellas de la Línea 2
%MW171	L2_DESTINO	Parámetro de Destino de la Línea 2
%MW172	L2_VALOR_ACTUAL_C4	Valor del Acumulador del Contador C4 de la Línea 2
%MW175	L2_VALOR_ACTUAL_C5	Valor del Acumulador del Contador C5 de la Línea 2
%MW182	L1_S2_VALOR_ACTUAL_C6	Valor del Acumulador del Contador C6 de la Línea 1
%MW185	L1_S2_VALOR_ACTUAL_C7	Valor del Acumulador del Contador C7 de la Línea 1
%MW196	L2_S2_VALOR_ACTUAL_C8	Valor del Acumulador del Contador C8 de la Línea 2
%MW199	L2_S2_VALOR_ACTUAL_C9	Valor del Acumulador del Contador C9 de la Línea 2

Tabla 5.4. Palabras de Memoria %MW del PLC M221 – Parte 2

Fuente: Elaboración propia

Dirección	Variable	Descripción
%MW210	L3_S2_VALOR_ACTUAL_C10	Valor del Acumulador del Contador C10 de la Línea 3
%MW213	L3_S2_VALOR_ACTUAL_C11	Valor del Acumulador del Contador C11 de la Línea 3
%MW300	SEGUNDO	Registro auxiliar para copiar el valor del bit del sistema
%MW301	HORA_MINUTO	Registro auxiliar para copiar el valor del bit del sistema
%MW302	MES_DIA	Registro auxiliar para copiar el valor del bit del sistema
%MW303	AÑO_SIGLO	Registro auxiliar para copiar el valor del bit del sistema

Tabla 5.5. Palabras de Memoria %MW del PLC M221 – Parte 3

Fuente: Elaboración propia

Dirección	Variable	Descripción
%MD0	L3_T_DISPONIBLE_TOTAL	Almacena el Tiempo Total Disponible de la Línea 3
%MD2	L3_T_REFRIGERIO_LOTE	Almacena el Tiempo por Lote de Parada por Refrigerio de la Línea 3
%MD4	L3_T_REFRIGERIO_TOTAL	Almacena el Tiempo Total de Parada por Refrigerio de la Línea 3
%MD6	L3_T_CAPACITACION_LOTE	Almacena el Tiempo por Lote de Parada por Capacitación de la Línea 3
%MD8	L3_T_CAPACITACION_TOTAL	Almacena el Tiempo Total de Parada por Capacitación de la Línea 3
%MD10	L3_T_MANTTO_LOTE	Almacena el Tiempo por Lote de Parada por Mantenimiento de la Línea 3
%MD12	L3_T_MANTTO_TOTAL	Almacena el Tiempo Total de Parada por Mantenimiento de la Línea 3

Tabla 5.6. Palabras de Memoria Dobles %MD del PLC M221 – Parte 1

Fuente: Elaboración propia

Dirección	Variable	Descripción
%MD14	L3_T_ESPERA	Almacena el Tiempo de Espera de la Línea 3
%MD16	L3_T_PP_LOTE	Almacena el Tiempo por Lote de Parada Programada de la Línea 3
%MD18	L3_T_PP_TOTAL	Almacena el Tiempo Total de Parada Programada de la Línea 3
%MD20	L3_T_PNP_LOTE	Almacena el Tiempo por Lote de Parada No Programada de la Línea 3
%MD22	L3_T_PNP_TOTAL	Almacena el Tiempo Total de Parada No Programada de la Línea 3
%MD24	L3_T_PNA_LOTE	Almacena el Tiempo por Lote de Parada No Asignada de la Línea 3
%MD26	L3_T_PNA_TOTAL	Almacena el Tiempo Total de Parada No Asignada de la Línea 3
%MD32	L3_T_MICROPARADA_LOTE	Almacena el Tiempo por Lote de Micro-Parada de la Línea 3
%MD34	L3_T_MICROPARADA_TOTAL	Almacena el Tiempo Total de Micro-Parada de la Línea 3
%MD36	L3_CONTEO_LOTE	Almacena el Conteo por Lote del Sensor 1 de la Línea 3
%MD38	L3_CONTEO_TOTAL	Almacena el Conteo Total del Sensor 1 de la Línea 3
%MD40	L3_ACC_CONTADOR_MULT	Variable Auxiliar para almacenar el resultado de una multiplicación
%MD42	L3_ALM_CONTADOR	Almacena temporalmente el Conteo Total del Sensor 1 de la Línea 3
%MD46	L3_T_DISPONIBLE_LOTE	Almacena el Tiempo Disponible por Lote de la Línea 3
%MD57	L3_CONVERSION_C0_V	Variable Auxiliar para convertir el Acumulador del Contador 0 a INT32
%MD60	L3_CONVERSION_C1_V	Variable Auxiliar para convertir el Acumulador del Contador 1 a INT32

Tabla 5.7. Palabras de Memoria Dobles %MD del PLC M221 – Parte 2

Fuente: Elaboración propia

Dirección	Variable	Descripción
%MD62	L1_T_DISPONIBLE_TOTAL	Almacena el Tiempo Total Disponible de la Línea 1
%MD64	L1_T_DISPONIBLE_LOTE	Almacena el Tiempo Disponible por Lote de la Línea 1
%MD66	L1_T_REFRIGERIO_LOTE	Almacena el Tiempo por Lote de Parada por Refrigerio de la Línea 1
%MD68	L1_T_REFRIGERIO_TOTAL	Almacena el Tiempo Total de Parada por Refrigerio de la Línea 1
%MD70	L1_T_CAPACITACION_LOTE	Almacena el Tiempo por Lote de Parada por Capacitación de la Línea 1
%MD72	L1_T_CAPACITACION_TOTAL	Almacena el Tiempo Total de Parada por Capacitación de la Línea 1
%MD74	L1_T_MANTTO_LOTE	Almacena el Tiempo por Lote de Parada por Mantenimiento de la Línea 1
%MD76	L1_T_MANTTO_TOTAL	Almacena el Tiempo Total de Parada por Mantenimiento de la Línea 1
%MD78	L1_T_ESPERA	Almacena el Tiempo de Espera de la Línea 1
%MD80	L1_T_PP_LOTE	Almacena el Tiempo por Lote de Parada Programada de la Línea 1
%MD82	L1_T_PP_TOTAL	Almacena el Tiempo Total de Parada Programada de la Línea 1
%MD84	L1_T_PNP_LOTE	Almacena el Tiempo por Lote de Parada No Programada de la Línea 1
%MD86	L1_T_PNP_TOTAL	Almacena el Tiempo Total de Parada No Programada de la Línea 1
%MD88	L1_T_PNA_LOTE	Almacena el Tiempo por Lote de Parada No Asignada de la Línea 1
%MD90	L1_T_PNA_TOTAL	Almacena el Tiempo Total de Parada No Asignada de la Línea 1
%MD94	L1_T_MICROPARADA_LOTE	Almacena el Tiempo por Lote de Micro-Parada de la Línea 1

Tabla 5.8. Palabras de Memoria Dobles %MD del PLC M221 – Parte 3

Fuente: Elaboración propia

Dirección	Variable	Descripción
%MD96	L1_T_MICROPARADA_TOTAL	Almacena el Tiempo Total de Micro-Parada de la Línea 1
%MD98	L1_CONTEO_LOTE	Almacena el Conteo por Lote del Sensor 1 de la Línea 1
%MD100	L1_CONTEO_TOTAL	Almacena el Conteo Total del Sensor 1 de la Línea 1
%MD111	L1_CONVERSION_C2_V	Variable Auxiliar para convertir el Acumulador del Contador 2 a INT32
%MD114	L1_CONVERSION_C3_V	Variable Auxiliar para convertir el Acumulador del Contador 3 a INT32
%MD116	L1_ACC_CONTADOR_MULT	Variable Auxiliar para almacenar el resultado de una multiplicación
%MD118	L1_ALM_CONTADOR	Almacena temporalmente el Conteo Total del Sensor 1 de la Línea 1
%MD124	L2_T_DISPONIBLE_TOTAL	Almacena el Tiempo Total Disponible de la Línea 2
%MD126	L2_T_DISPONIBLE_LOTE	Almacena el Tiempo Disponible por Lote de la Línea 2
%MD128	L2_T_REFRIGERIO_LOTE	Almacena el Tiempo por Lote de Parada por Refrigerio de la Línea 2
%MD130	L2_T_REFRIGERIO_TOTAL	Almacena el Tiempo Total de Parada por Refrigerio de la Línea 2
%MD132	L2_T_CAPACITACION_LOTE	Almacena el Tiempo por Lote de Parada por Capacitación de la Línea 2
%MD134	L2_T_CAPACITACION_TOTAL	Almacena el Tiempo Total de Parada por Capacitación de la Línea 2
%MD136	L2_T_MANTTO_LOTE	Almacena el Tiempo por Lote de Parada por Mantenimiento de la Línea 2
%MD138	L2_T_MANTTO_TOTAL	Almacena el Tiempo Total de Parada por Mantenimiento de la Línea 2
%MD140	L2_T_ESPERA	Almacena el Tiempo de Espera de la Línea 2

Tabla 5.9. Palabras de Memoria Dobles %MD del PLC M221 – Parte 4

Fuente: Elaboración propia

Dirección	Variable	Descripción
%MD142	L2_T_PP_LOTE	Almacena el Tiempo por Lote de Parada Programada de la Línea 2
%MD144	L2_T_PP_TOTAL	Almacena el Tiempo Total de Parada Programada de la Línea 2
%MD146	L2_T_PNP_LOTE	Almacena el Tiempo por Lote de Parada No Programada de la Línea 2
%MD148	L2_T_PNP_TOTAL	Almacena el Tiempo Total de Parada No Programada de la Línea 2
%MD150	L2_T_PNA_LOTE	Almacena el Tiempo por Lote de Parada No Asignada de la Línea 2
%MD152	L2_T_PNA_TOTAL	Almacena el Tiempo Total de Parada No Asignada de la Línea 2
%MD156	L2_T_MICROPARADA_LOTE	Almacena el Tiempo por Lote de Micro-Parada de la Línea 2
%MD158	L2_T_MICROPARADA_TOTAL	Almacena el Tiempo Total de Micro-Parada de la Línea 2
%MD160	L2_CONTEO_LOTE	Almacena el Conteo por Lote del Sensor 1 de la Línea 2
%MD162	L2_CONTEO_TOTAL	Almacena el Conteo Total del Sensor 1 de la Línea 2
%MD173	CONVERSION_C4_V	Variable Auxiliar para convertir el Acumulador del Contador 4 a INT32
%MD176	CONVERSION_C5_V	Variable Auxiliar para convertir el Acumulador del Contador 5 a INT32
%MD178	L2_ACC_CONTADOR_MULT	Variable Auxiliar para almacenar el resultado de una multiplicación
%MD180	L2_ALM_CONTADOR	Almacena temporalmente el Conteo Total del Sensor 1 de la Línea 2
%MD183	L1_S2_CONVERSION_C6_V	Variable Auxiliar para convertir el Acumulador del Contador 6 a INT32
%MD186	L1_S2_CONVERSION_C7_V	Variable Auxiliar para convertir el Acumulador del Contador 7 a INT32

Tabla 5.10. Palabras de Memoria Dobles %MD del PLC M221 – Parte 5

Fuente: Elaboración propia

Dirección	Variable	Descripción
%MD188	L1_S2_ACC_CONTADOR_MULT	Variable Auxiliar para almacenar el resultado de una multiplicación
%MD190	L1_S2_ALM_CONTADOR	Almacena temporalmente el Conteo Total del Sensor 2 de la Línea 1
%MD192	L1_S2_CONTEO_LOTE	Almacena el Conteo por Lote del Sensor 2 de la Línea 1
%MD194	L1_S2_CONTEO_TOTAL	Almacena el Conteo Total del Sensor 2 de la Línea 1
%MD197	L2_S2_CONVERSION_C8_V	Variable Auxiliar para convertir el Acumulador del Contador 8 a INT32
%MD200	L2_S2_CONVERSION_C9_V	Variable Auxiliar para convertir el Acumulador del Contador 9 a INT32
%MD202	L2_S2_ACC_CONTADOR_MULT	Variable Auxiliar para almacenar el resultado de una multiplicación
%MD204	L2_S2_ALM_CONTADOR	Almacena temporalmente el Conteo Total del Sensor 2 de la Línea 2
%MD206	L2_S2_CONTEO_LOTE	Almacena el Conteo por Lote del Sensor 2 de la Línea 2
%MD208	L2_S2_CONTEO_TOTAL	Almacena el Conteo Total del Sensor 2 de la Línea 2
%MD211	L3_S2_CONVERSION_C10_V	Variable Auxiliar para convertir el Acumulador del Contador 10 a INT32
%MD214	L3_S2_CONVERSION_C11_V	Variable Auxiliar para convertir el Acumulador del Contador 11 a INT32
%MD216	L3_S2_ACC_CONTADOR_MULT	Variable Auxiliar para almacenar el resultado de una multiplicación
%MD218	L3_S2_ALM_CONTADOR	Almacena temporalmente el Conteo Total del Sensor 2 de la Línea 3
%MD220	L3_S2_CONTEO_LOTE	Almacena el Conteo por Lote del Sensor 1 de la Línea 3
%MD222	L3_S2_CONTEO_TOTAL	Almacena el Conteo Total del Sensor 1 de la Línea 3

Tabla 5.11. Palabras de Memoria Dobles %MD del PLC M221 – Parte 6

Fuente: Elaboración propia

**PLC M251**

<b>Dirección</b>	<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>
%MW60200	L4_MARCA	Parámetro de Marca de la Línea 4
%MW60201	L4_DESTINO	Parámetro de Destino de la Línea 4
%MW60202	L4_MATERIAL	Parámetro de Material de la Línea 4
%MW60203	L4_TAMANO	Parámetro de Tamaño de la Línea 4
%MW60204	L4_SABOR	Parámetro de Sabor de la Línea 4
%MW60205	L4_NUMERO	Parámetro de Número de Botellas de la Línea 4
%MW60238	L4_TIPO_PP	Tipo de Parada Programada de la Línea 4
%MW60239	L4_TIPO_PNP	Tipo de Parada No Programada de la Línea 4
%MW60248	L5_MARCA	Parámetro de Marca de la Línea 5
%MW60249	L5_DESTINO	Parámetro de Destino de la Línea 5
%MW60250	L5_MATERIAL	Parámetro de Material de la Línea 5
%MW60251	L5_TAMANO	Parámetro de Tamaño de la Línea 5
%MW60252	L5_SABOR	Parámetro de Sabor de la Línea 5
%MW60253	L5_NUMERO	Parámetro de Número de Botellas de la Línea 5
%MW60286	L5_TIPO_PP	Tipo de Parada Programada de la Línea 5
%MW60287	L5_TIPO_PNP	Tipo de Parada No Programada de la Línea 5

*Tabla 5.12. Tabla. Palabras de Memoria %MW – PLC M251*

*Fuente: Elaboración propia*

<b>Dirección</b>	<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>
%MD60206	L4_T_DISPONIBLE_LOTE	Almacena el Tiempo Disponible por Lote de la Línea 4
%MD60208	L4_T_DISPONIBLE_TOTAL	Almacena el Tiempo Total Disponible de la Línea 4
%MD60210	L4_TP_REFRIGERIO_LOTE	Almacena el Tiempo por Lote de Parada por Refrigerio de la Línea 4
%MD60212	L4_TP_REFRIGERIO_TOTAL	Almacena el Tiempo Total de Parada por Refrigerio de la Línea 4
%MD60214	L4_TP_CAPACITACION_LOTE	Almacena el Tiempo por Lote de Parada por Capacitación de la Línea 4
%MD60216	L4_TP_CAPACITACION_TOTAL	Almacena el Tiempo Total de Parada por Capacitación de la Línea 4
%MD60218	L4_TP_MANTTO_LOTE	Almacena el Tiempo por Lote de Parada por Mantenimiento de la Línea 4
%MD60220	L4_TP_MANTTO_TOTAL	Almacena el Tiempo Total de Parada por Mantenimiento de la Línea 4
%MD60222	L4_TPP_LOTE	Almacena el Tiempo por Lote de Parada Programada de la Línea 4
%MD60224	L4_TPP_TOTAL	Almacena el Tiempo Total de Parada Programada de la Línea 4
%MD60226	L4_TPNP_LOTE	Almacena el Tiempo por Lote de Parada No Programada de la Línea 4
%MD60228	L4_TPNP_TOTAL	Almacena el Tiempo Total de Parada No Programada de la Línea 4
%MD60230	L4_TPNA_LOTE	Almacena el Tiempo por Lote de Parada No Asignada de la Línea 4
%MD60232	L4_TPNA_TOTAL	Almacena el Tiempo Total de Parada No Asignada de la Línea 4
%MD60234	L4_TMICROPARADA_LOTE	Almacena el Tiempo por Lote de Micro-Parada de la Línea 4

*Tabla 5.13. Palabras de Memoria Dobles %MD del PLC M251 – Parte 1*

*Fuente: Elaboración propia*

<b>Dirección</b>	<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>
%MD60236	L4_TMICROPARADA_TOTAL	Almacena el Tiempo Total de Micro-Parada de la Línea 4
%MD60240	L4_CONTEO_LOTE	Almacena el Conteo por Lote del Sensor 1 de la Línea 4
%MD60242	L4_CONTEO_TOTAL	Almacena el Conteo Total del Sensor 1 de la Línea 4
%MD60244	L4_S2_CONTEO_LOTE	Almacena el Conteo por Lote del Sensor 2 de la Línea 4
%MD60246	L4_S2_CONTEO_TOTAL	Almacena el Conteo Total del Sensor 2 de la Línea 4
%MD60254	L5_T_DISPONIBLE_LOTE	Almacena el Tiempo Disponible por Lote de la Línea 5
%MD60256	L5_T_DISPONIBLE_TOTAL	Almacena el Tiempo Total Disponible de la Línea 5
%MD60258	L5_TP_REFRIGERIO_LOTE	Almacena el Tiempo por Lote de Parada por Refrigerio de la Línea 5
%MD60260	L5_TP_REFRIGERIO_TOTAL	Almacena el Tiempo Total de Parada por Refrigerio de la Línea 5
%MD60262	L5_TP_CAPACITACION_LOTE	Almacena el Tiempo por Lote de Parada por Capacitación de la Línea 5
%MD60264	L5_TP_CAPACITACION_TOTAL	Almacena el Tiempo Total de Parada por Capacitación de la Línea 5
%MD60266	L5_TP_MANTTO_LOTE	Almacena el Tiempo por Lote de Parada por Mantenimiento de la Línea 5
%MD60268	L5_TP_MANTTO_TOTAL	Almacena el Tiempo Total de Parada por Mantenimiento de la Línea 5
%MD60270	L5_TPP_LOTE	Almacena el Tiempo por Lote de Parada Programada de la Línea 5
%MD60272	L5_TPP_TOTAL	Almacena el Tiempo Total de Parada Programada de la Línea 5

*Tabla 5.14. Palabras de Memoria Dobles %MD del PLC M251 – Parte 2*

*Fuente: Elaboración propia*

<b>Dirección</b>	<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>
%MD60274	L5_TPNP_LOTE	Almacena el Tiempo por Lote de Parada No Programada de la Línea 5
%MD60276	L5_TPNP_TOTAL	Almacena el Tiempo Total de Parada No Programada de la Línea 5
%MD60278	L5_TPNA_LOTE	Almacena el Tiempo por Lote de Parada No Asignada de la Línea 5
%MD60280	L5_TPNA_TOTAL	Almacena el Tiempo Total de Parada No Asignada de la Línea 5
%MD60282	L5_TMICROPARADA_LOTE	Almacena el Tiempo por Lote de Micro-Parada de la Línea 5
%MD60284	L5_TMICROPARADA_TOTAL	Almacena el Tiempo Total de Micro-Parada de la Línea 5
%MD60288	L5_CONTEO_LOTE	Almacena el Conteo por Lote del Sensor 1 de la Línea 5
%MD60290	L5_CONTEO_TOTAL	Almacena el Conteo Total del Sensor 1 de la Línea 5
%MD60292	L5_S2_CONTEO_LOTE	Almacena el Conteo por Lote del Sensor 2 de la Línea 5
%MD60294	L5_S2_CONTEO_TOTAL	Almacena el Conteo Total del Sensor 2 de la Línea 5
%MD60296	L4_I1	Almacena el Valor de la Corriente de la Fase 1 de la Línea 4
%MD60298	L4_I2	Almacena el Valor de la Corriente de la Fase 2 de la Línea 4
%MD60300	L4_I3	Almacena el Valor de la Corriente de la Fase 3 de la Línea 4
%MD60302	L4_VAB	Almacena el Valor del Voltaje A-B de la Línea 4
%MD60304	L4_VBC	Almacena el Valor del Voltaje B-C de la Línea 4

*Tabla 5.15. Palabras de Memoria Dobles %MD del PLC M251 – Parte 3*

*Fuente: Elaboración propia*

<b>Dirección</b>	<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>
%MD60306	L4_VCA	Almacena el Valor del Voltaje C-A de la Línea 4
%MD60308	L4_P_ACTIVA	Almacena el Valor de la Potencia Activa de la Línea 4
%MD60310	L4_P_REACTIVA	Almacena el Valor de la Potencia Reactiva de la Línea 4
%MD60312	L4_P_APARENTE	Almacena el Valor de la Potencia Aparente de la Línea 4
%MD60314	L4_PF	Almacena el Valor del Factor de Potencia de la Línea 4
%MD60316	L4_F	Almacena el Valor de la Frecuencia de la Línea 4
%MD60318	L4_E_ACTIVA	Almacena el Valor de la Energía Activa de la Línea 4
%MD60320	L4_E_REACTIVA	Almacena el Valor de la Energía Reactiva de la Línea 4
%MD60322	L4_E_APARENTE	Almacena el Valor de la Energía Aparente de la Línea 4
%MD60324	L4_THDII1	Almacena el Valor del Factor de Distorsión Armónica Total 1 de la Línea 4
%MD60326	L4_THDII2	Almacena el Valor del Factor de Distorsión Armónica Total 2 de la Línea 4
%MD60328	L4_THDII3	Almacena el Valor del Factor de Distorsión Armónica Total 3 de la Línea 4

*Tabla 5.16. Palabras de Memoria Dobles %MD del PLC M251 – Parte 4*

*Fuente: Elaboración propia*

### Medidor de Energía PM710

PM710 - VALORES FLOTANTES						
Parámetro		Registro	Unidades	Tamaño (INT16)	Tipo de Dato	Acceso
Corriente	Current A	1034	A	2	FLOAT32	R
	Current B	1036	A	2	FLOAT32	R
	Current C	1038	A	2	FLOAT32	R
	Current Avg	1018	A	2	FLOAT32	R
Voltaje	Voltage A-B	1054	V	2	FLOAT32	R
	Voltage B-C	1056	V	2	FLOAT32	R
	Voltage C-A	1058	V	2	FLOAT32	R
	Voltage L-L Avg	1014	V	2	FLOAT32	R
Potencia	Active Power Total	1006	kW	2	FLOAT32	R
	Reactive Power Total	1010	kVAR	2	FLOAT32	R
	Apparent Power Total	1008	kVA	2	FLOAT32	R
	Power Factor	1012	-	2	FLOAT32	R
Frecuencia	Frequency	1020	Hz	2	FLOAT32	R
Energía	Active Energy Delivered	1000	Wh	2	FLOAT32	R
	Reactive Energy Delivered	1004	VARh	2	FLOAT32	R
	Apparent Energy Delivered	1002	VAh	2	FLOAT32	R
THDi	Current, A, THD	1084	%	2	FLOAT32	R
	Current, B, THD	1086	%	2	FLOAT32	R
	Current, C, THD	1088	%	2	FLOAT32	R

Tabla 5.17. Direcciones Modbus (FLOAT32) del Medidor de Energía PM710

Fuente: Elaboración propia

PM710 - VALORES ENTEROS						
Parámetro		Registro	Unidades	Tamaño (INT16)	Tipo de Dato	Acceso
Corriente	Current A	4020	A/Escala	1	INT	R
	Current B	4021	A/Escala	1	INT	R
	Current C	4022	A/Escala	1	INT	R
	Current Avg	4012	A/Escala	1	INT	R
Voltaje	Voltage A-B	4030	V/Escala	1	INT	R
	Voltage B-C	4031	V/Escala	1	INT	R
	Voltage C-A	4032	V/Escala	1	INT	R
	Voltage L-L Avg	4010	V/Escala	1	INT	R
Potencia	Active Power Total	4006	KW/Escala	1	INT	R
	Reactive Power Total	4008	KVAR/Escala	1	INT	R
	Apparent Power Total	4007	kVA/Escala	1	INT	R
	Power Factor	4009	-	1	INT	R
Frecuencia	Frequency	4013	Hz/Escala	1	INT	R
Energía	Active Energy Delivered	4000	Wh/Escala	2	LONG	R
	Reactive Energy Delivered	4004	VARh/Escala	2	LONG	R
	Apparent Energy Delivered	4002	VAh/Escala	2	LONG	R
THDi	Current, A, THD	4045	%	1	INT	R
	Current, B, THD	4046	%	1	INT	R
	Current, C, THD	4047	%	1	INT	R

Tabla 5.18. Direcciones Modbus (INT16) del Medidor de Energía PM710

Fuente: Elaboración propia

### Medidor de Energía PM850

PM850						
	Parámetro	Registro	Unidades	Tamaño (INT16)	Tipo de Dato	Acceso
Corriente	Intensidad, Fase 1	1100	A	1	INT	R
	Intensidad, Fase 2	1101	A	1	INT	R
	Intensidad, Fase 3	1102	A	1	INT	R
	Intensidad, Media trifásica	1105	A	1	INT	R
Voltaje	Tensión, 1-2	1120	V	1	INT	R
	Tensión, 2-3	1121	V	1	INT	R
	Tensión, 3-1	1122	V	1	INT	R
	Tensión, Promedia L-L	1123	V	1	INT	R
Potencia	Potencia activa, Total	1143	kW	1	INT	R
	Potencia reactiva, Total	1147	kVAR	1	INT	R
	Potencia aparente, Total	1151	kVA	1	INT	R
	Factor de potencia real, Total	1163	-	1	INT	R
Frecuencia	Frecuencia	1180	Hz	1	INT	R
Energía	Energía, Entrante activa	1716	Wh	4	LONG	R
	Energía, Entrante reactiva	1720	VARh	4	LONG	R
	Energía, Aparente	1724	VAh	4	LONG	R
THDi	Intensidad de THD/thd, Fase 1	1200	%	1	INT	R
	Intensidad de THD/thd, Fase 2	1201	%	1	INT	R
	Intensidad de THD/thd, Fase 3	1202	%	1	INT	R

Tabla 5.19. Direcciones Modbus del Medidor de Energía PM850

Fuente: Elaboración propia

### Medidor de Energía PM5110

PM5110						
Parámetro		Registro	Unidades	Tamaño (INT16)	Tipo de Dato	Acceso
Corriente	Current A	3000	A	2	FLOAT32	R
	Current B	3002	A	2	FLOAT32	R
	Current C	3004	A	2	FLOAT32	R
	Current Avg	3010	A	2	FLOAT32	R
Voltaje	Voltage A-B	3020	V	2	FLOAT32	R
	Voltage B-C	3022	V	2	FLOAT32	R
	Voltage C-A	3024	V	2	FLOAT32	R
	Voltage L-L Avg	3026	V	2	FLOAT32	R
Potencia	Active Power Total	3060	kW	2	FLOAT32	R
	Reactive Power Total	3068	kVAR	2	FLOAT32	R
	Apparent Power Total	3076	kVA	2	FLOAT32	R
	Power Factor Total	3084	-	2	4Q FP PF	R
Frecuencia	Frequency	3110	Hz	2	FLOAT32	R
Energía	Active Energy Delivered	3204	Wh	4	INT64	R
	Reactive Energy Delivered	3220	VARh	4	INT64	R
	Apparent Energy Delivered	3236	VAh	4	INT64	R
THDi	THD Current A	21300	%	2	FLOAT32	R
	THD Current B	21302	%	2	FLOAT32	R
	THD Current C	21304	%	2	FLOAT32	R

Tabla 5.20. Direcciones Modbus del Medidor de Energía PM5110

Fuente: Elaboración propia

**Medidor de Energía PM5560**

PM5560						
Parámetro		Registro	Unidades	Tamaño (INT16)	Tipo de Dato	Acceso
Corriente	Current A	3000	A	2	FLOAT32	R
	Current B	3002	A	2	FLOAT32	R
	Current C	3004	A	2	FLOAT32	R
	Current Avg	3010	A	2	FLOAT32	R
Voltaje	Voltage A-B	3020	V	2	FLOAT32	R
	Voltage B-C	3022	V	2	FLOAT32	R
	Voltage C-A	3024	V	2	FLOAT32	R
	Voltage L-L Avg	3026	V	2	FLOAT32	R
Potencia	Active Power Total	3060	kW	2	FLOAT32	R
	Reactive Power Total	3068	kVAR	2	FLOAT32	R
	Apparent Power Total	3076	kVA	2	FLOAT32	R
	Power Factor Total	3084	-	2	4Q FP PF	R
Frecuencia	Frequency	3110	Hz	2	FLOAT32	R
Energía	Active Energy Delivered	2700	kWh	2	FLOAT32	R
	Reactive Energy Delivered	2708	kVARh	2	FLOAT32	R
	Apparent Energy Delivered	2716	kVAh	2	FLOAT32	R
THDi	THD Current A	21300	%	2	FLOAT32	R
	THD Current B	21302	%	2	FLOAT32	R
	THD Current C	21304	%	2	FLOAT32	R

Tabla 5.21. Direcciones Modbus del Medidor de Energía PM5560

Fuente: Elaboración propia

### Medidor de Energía CVM-C10

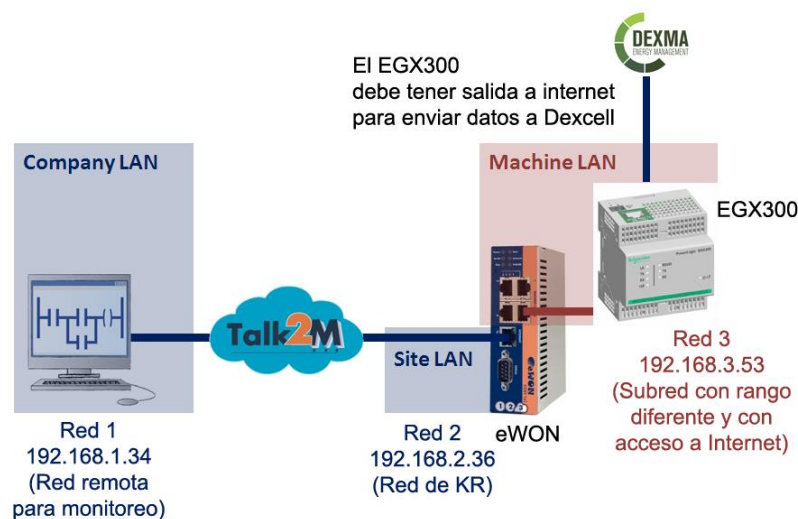
CVM-C10						
	Parámetro	Registro	Unidades	Tamaño (INT16)	Tipo de Dato	Acceso
Corriente	Intensidad, Fase 1	2-3	mA	2	INT32	R
	Intensidad, Fase 2	18-19	mA	2	INT32	R
	Intensidad, Fase 3	34-35	mA	2	INT32	R
	Intensidad, Media trifásica	-	-	-	-	-
Voltaje	Tensión, 1-2	62-63	V	2	INT32	R
	Tensión, 2-3	64-65	V	2	INT32	R
	Tensión, 3-1	66-67	V	2	INT32	R
	Tensión, Promedia L-L	-	-	-	-	-
Potencia	Potencia activa, Total	48-49	W	2	INT32	R
	Potencia reactiva, Total	50-51	VAR	2	INT32	R
	Potencia aparente, Total	54-55	VA	2	INT32	R
	Factor de potencia real, Total	56-57	-	2	INT32	R
Frecuencia	Frecuencia	60-61	Hz	2	INT32	R
Energía	Energía, Entrante activa	220-221	kWh	2	INT32	R
	Energía, Entrante reactiva	224-225	kVARh	2	INT32	R
	Energía, Aparente	232-233	kVAh	2	INT32	R
THDi	Intensidad de THD/thd, Fase 1	76-77	%	2	INT32	R
	Intensidad de THD/thd, Fase 2	78-79	%	2	INT32	R
	Intensidad de THD/thd, Fase 3	80-81	%	2	INT32	R

Tabla 5.22. Direcciones Modbus del Medidor de Energía CVM-C10

Fuente: Elaboración propia

## 5.7. Router eWON Flexy

Para el funcionamiento de eWON Flexy se necesita contar con 2 subredes diferentes, ya que una subred es donde están los equipos industriales interconectados (en este caso la red LAN de ISM Arequipa) y la otra es el acceso a internet para el puerto WAN de eWON Flexy, es por ello que se utiliza un router inalámbrico para crear esta segunda subred.



Para permitir direccionar a los equipos que se conecten en la red LAN de Máquinas de eWON, se debe cumplir las siguientes condiciones:

1. Red 1 <> Red 3:  
El rango de la dirección IP de la compañía remota debe ser diferente al rango IP de la LAN de máquinas de eWON.
2. Red 2 <> Red 3:  
El rango IP de la LAN de KR (que es el acceso a Internet de eWON) debe ser diferente de la LAN de máquinas de eWON.

*Figura 5.202. Arquitectura para el funcionamiento de eWON*

*Fuente: Elaboración propia*

Luego de configurar el router TP-LINK para crear la subred 192.168.0.0, se verifica que el router tenga salida a internet. Finalmente se conecta uno de los puertos LAN del router TP-LINK al puerto WAN de eWON.

### 5.7.1. Configuración

Para configurar eWON Flexy, el usuario debe conectar su laptop o smartphone a la red local, luego se digita la dirección IP, para este caso eWON tiene la dirección 10.45.0.41.

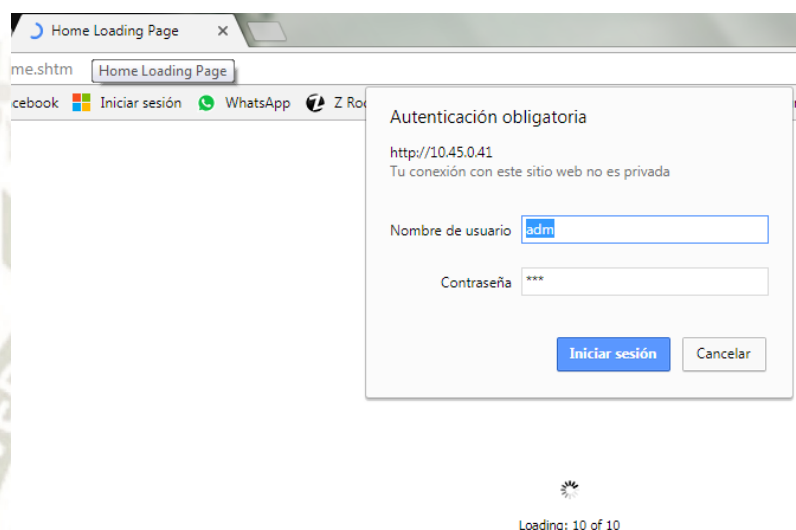


Figura 5.203. Inicio de sesión en eWON

Fuente: Elaboración propia

Nos solicitará ingresar el nombre de usuario y contraseña, que son adm para ambos casos.

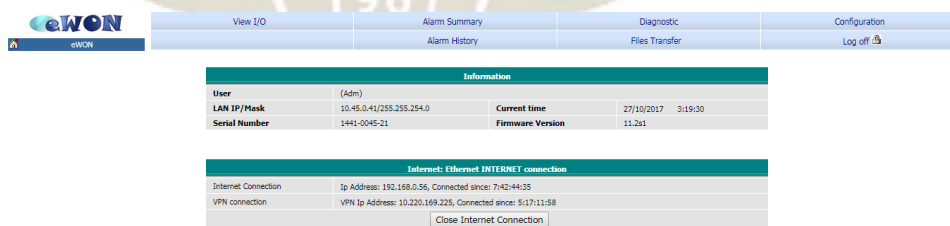


Figura 5.204. Página de inicio de eWON

Fuente: Elaboración propia

Buscamos la pestaña “Configuration”, luego “System Setup” y “Communications”

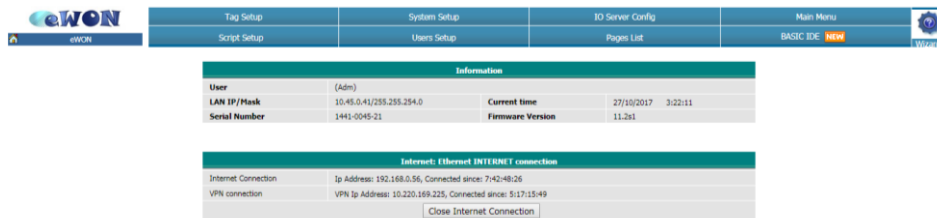


Figura 5.205. Menú “Configuration” de eWON

Fuente: Elaboración propia



Figura 5.206. Menú “System Setup” de eWON

Fuente: Elaboración propia



Figura 5.207. Menú “Communication” de eWON

Fuente: Elaboración propia

Dentro del menú “Networking”, buscamos “Internet Connection” y seleccionamos “Eth - WAN”. Aquí es donde definiremos la dirección IP del puerto WAN de eWON.

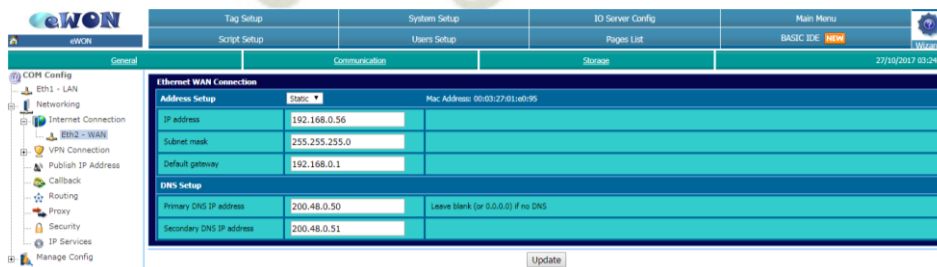


Figura 5.208. Configuración del puerto WAN de eWON

Fuente: Elaboración propia

Luego en el mismo menú de “Communication”, podemos configurar la dirección IP del puerto LAN de eWON.



Figura 5.209. Configuración de la dirección IP de eWON

Fuente: Elaboración propia

### 5.7.2. Acceso a través de eCatcher

Primero debemos enlazar eWON con la cuenta Talk2M, para ello el fabricante nos facilita asistentes de configuración “Wizards”.



Figura 5.210. Asistente de configuración de eWON

Fuente: Elaboración propia

En este caso, como queremos enlazar la cuenta de Talk2M con eWON, seleccionamos la opción de Talk2M.



Figura 5.211. Asistente de configuración de enlace con Talk2M

Fuente: Elaboración propia

Luego nos solicitará el número de un código de activación generado desde eCatcher que permitirá enlazar el eWON a la cuenta de Talk2M.

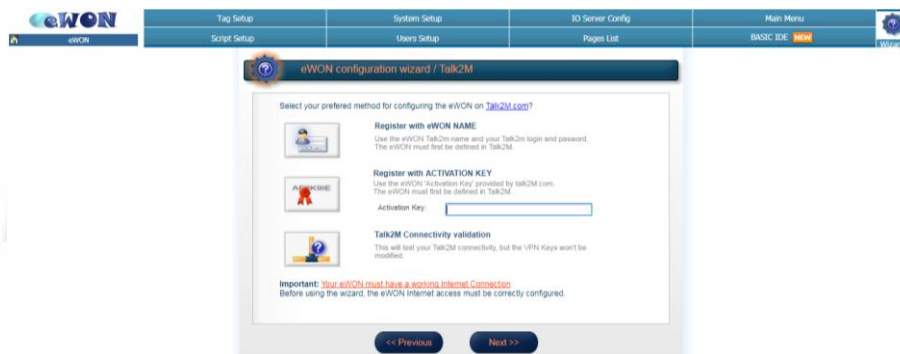


Figura 5.212. Enlace de eWON con cuenta Talk2M

Fuente: Elaboración propia

Para acceder a eWON desde eCatcher, debemos abrir dicho software e ingresar los datos de la cuenta Talk2M.

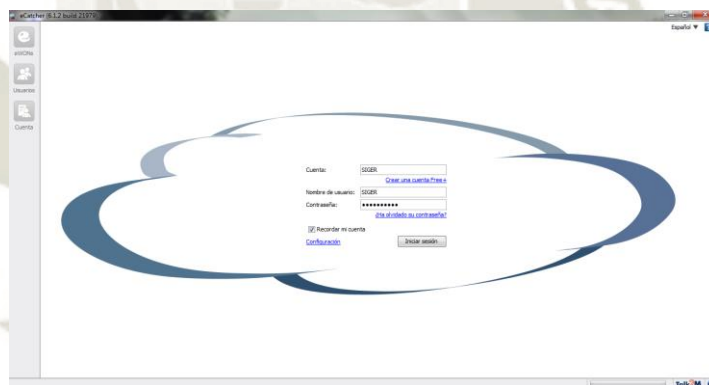


Figura 5.213. Ingreso a eCatcher

Fuente: Elaboración propia

Luego iniciamos sesión y seleccionamos el eWON Flexy y en las propiedades del equipo encontramos el número de activación.

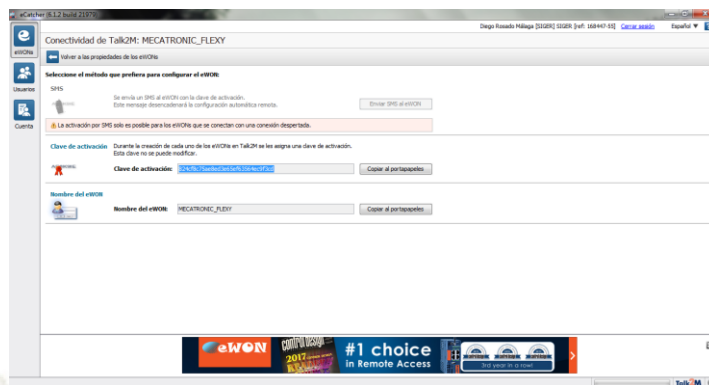


Figura 5.214. Plataforma eCatcher

Fuente: Elaboración propia

Copiamos el código en eWON Flexy y automáticamente ya está disponible para utilizarlo para conectar con la planta de ISM Arequipa.

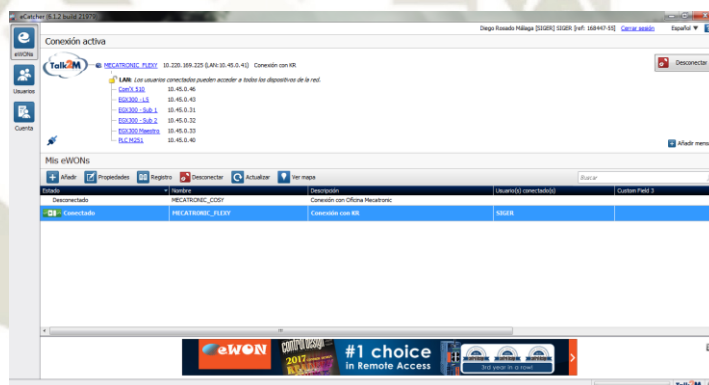


Figura 5.215. PC conectada a eWON Flexy mediante eCatcher

Fuente: Elaboración propia

Con ello, nuestra PC tiene acceso a todos los equipos conectados a la red Ethernet, donde encontramos los PLC's, HMI's pasarelas de comunicación, routers, pero lo más importante es las páginas de visualización web que los PLC's nos ofrecen para el monitoreo en tiempo real.

## 5.8. Acceso remoto a través de smartphone

La conexión remota no sólo se limita a la visualización y control local mediante Wi-Fi dentro de la planta de ISM Arequipa, sino que permite conectarse desde cualquier punto del planeta, basta con tener nuestro teléfono o tablet conectada a internet.

### 5.8.1. Aplicación eCatcher

Instalamos la aplicación eCatcher para smartphone, podemos encontrar la aplicación tanto para iPhone en App Store como para Android en Google Play.

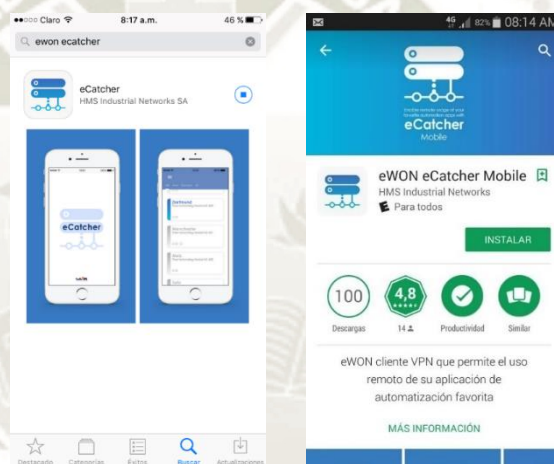


Figura 5.216. Aplicación eCatcher móvil

Plataforma IOS (imagen de la izquierda) y plataforma Android (imagen de la derecha)

Fuente: Elaboración propia

Luego procedemos a abrir la aplicación, nos solicitará ingresar a nuestra cuenta de Talk2M, ingresamos los datos y presionamos el botón “Login”.

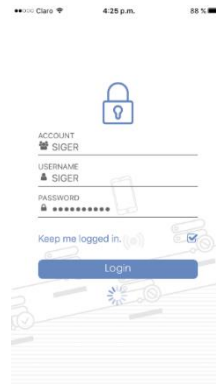


Figura 5.217. Pantalla de ingreso a la cuenta de Talk2M

Fuente: Elaboración propia

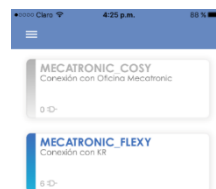
Luego ingresamos un código de seguridad para que cuando se bloquee el teléfono, pueda reactivarse eCatcher automáticamente.



Figura 5.218. Ingreso del código de seguridad

Fuente: Elaboración propia

Nos mostrará a continuación la lista de eWON's que tenemos enlazados a la cuenta.



Figuras 5.219. Lista de dispositivos eWON enlazados

Fuente: Elaboración propia

Podemos ver cuál de ellos está conectado y funcionando, seleccionamos “Mecatronic\_Flexy”.

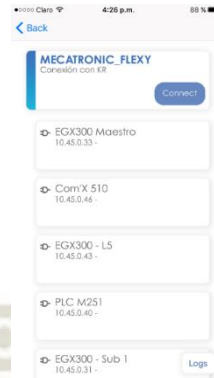


Figura 5.220. Mecatronic\_Flexy

Fuente: Elaboración propia

Podemos ver la lista de equipos remotos para visualización web inscritos, seleccionamos “Connect”.

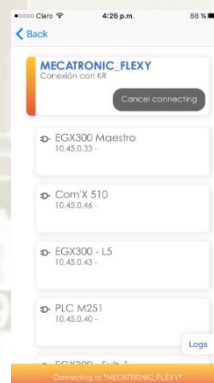


Figura 5.221. Conectándose a Mecatronic\_Flexy

Fuente: Elaboración propia

Una vez conectado al eWON, nos aparece una notificación en la parte superior que indica que nuestro teléfono está conectado a Mecatronic\_Flexy y la conexión se ha realizado correctamente.

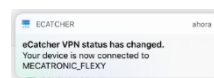


Figura 5.222. Notificación de conexión

Fuente: Elaboración propia

Ahora podemos minimizar la aplicación para explorar otras opciones, o podemos seleccionar un dispositivo de la lista predefinida para explorar las opciones.

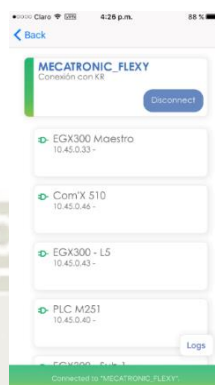


Figura 5.223. Teléfono conectado a eWON a través de eCatcher

Fuente: Elaboración propia

### 5.8.2. Aplicación Vijeo Designer 'Air

Ahora que nuestro teléfono se encuentra conectado a eWON a través de VPN, podemos abrir la aplicación de Vijeo Designer 'Air.



Figura 5.224. Aplicación Vijeo Designer 'Air

Fuente: Elaboración propia

Buscamos en nuestra lista la pantalla HMI a la que queremos conectar, la seleccionamos, nos aparece la siguiente ventana.

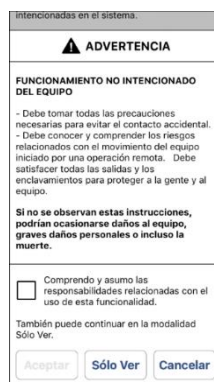


Figura 5.225. Pantalla de advertencia del uso de Vijeo Designer 'Air

Fuente: Elaboración propia

Marcamos la casilla de los términos del uso de la aplicación y aceptamos. A continuación, nos aparece la pantalla HMI tal cual se ve en la realidad.



Figura 5.226. Pantalla HMI en el teléfono smartphone

Fuente: Elaboración propia

Podemos aprovechar las bondades táctiles del teléfono y rotar la pantalla para una mejor visualización o hacer zoom a la misma.



Figura 5.227. Pantalla del teléfono rotada horizontalmente

Fuente: Elaboración propia



Figura 5.228. Pantalla de supervisión del umbral de diferencia

Fuente: Elaboración propia



Figura 5.229. Pantalla de ventana emergente de paradas

Fuente: Elaboración propia

Podemos navegar en la pantalla HMI y todo lo que hagamos se reflejará en la pantalla real y sólo una persona puede conectarse a la vez a la misma pantalla, esto se debe a la versión de Vijeo Designer 'Air, otras versiones como Vijeo Designer 'Air Plus permiten navegar en la pantalla sin reflejar las acciones en la pantalla real y que varios usuarios se conecten al mismo tiempo a la misma pantalla.

### 5.8.3. Acceso a visualización web de datos

Podemos utilizar el túnel VPN para acceder a otras pantallas de visualización, a través del navegador de internet de nuestro teléfono.

Abrimos el navegador y digitamos en la barra de direcciones la dirección IP del servidor de visualización que el PLC tiene embebido. Por ejemplo, digitamos la dirección: “10.45.0.40:8080/webvisu.htm”.



Figura 5.230. Visualización web del PLC M251 - supervisión de LP04 y LP05

Fuente: Elaboración propia

También podemos acceder a la pantalla de visualización web del PLC M251 principal, digitando la dirección: “10.45.0.44:8080/webvisu.htm”.

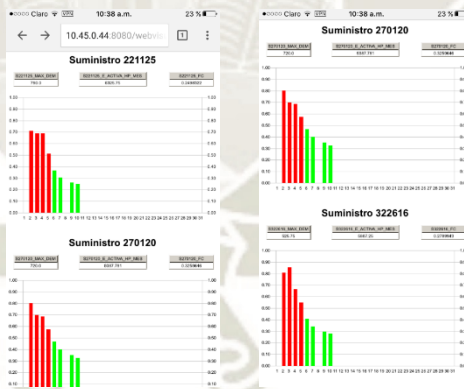


Figura 5.231. Visualizaciones web del PLC M251 Principal

Fuente: Elaboración propia

Con esta poderosa herramienta podemos monitorear tanto los procesos productivos de la planta como los parámetros de energía y los históricos de estas variables, además de supervisar y configurar cada dispositivo sin necesidad de ir hasta el lugar. Todo esto hace que el sistema sea bastante

interesante elevando el nivel de gestión de la empresa, llevándola a la versión 4.0 de la industria.

### **5.9. Instalaciones eléctricas**

Debido a la geografía de la planta de Embotelladora San Miguel del Sur, los equipos de control (PLC's, routers y pasarelas de comunicación) fueron distribuidos en 2 tableros principales de control, ubicados en las dos naves que conforman la planta. También, se instalaron cinco tableros con una pantalla HMI en cada una de las líneas de producción. Además, se instalaron medidores de energía en cada uno de los tableros de distribución de las líneas de producción. Finalmente, se instalaron 10 sensores en toda la planta (2 en cada línea), lo cual conllevó a realizar el cableado de las señales eléctricas hacía los tableros de control en ambas naves.



### 5.9.1. Panel fotográfico

A continuación, se muestran y describen las fotografías de los equipos instalados en la planta de Embotelladora San Miguel del Sur.

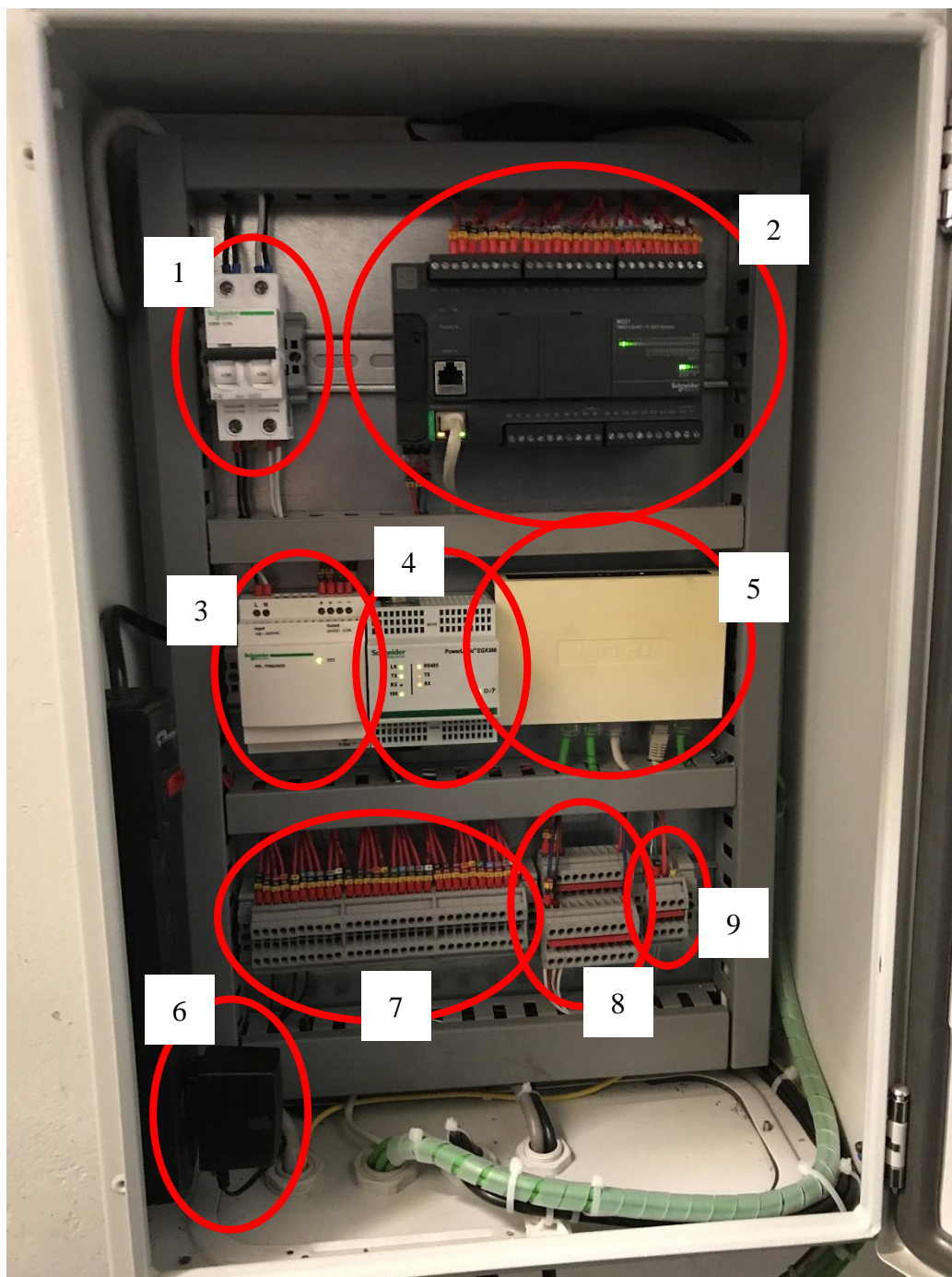


Figura 5.232. Componentes internos de tablero de control 01 – TC01

Fuente: Elaboración propia

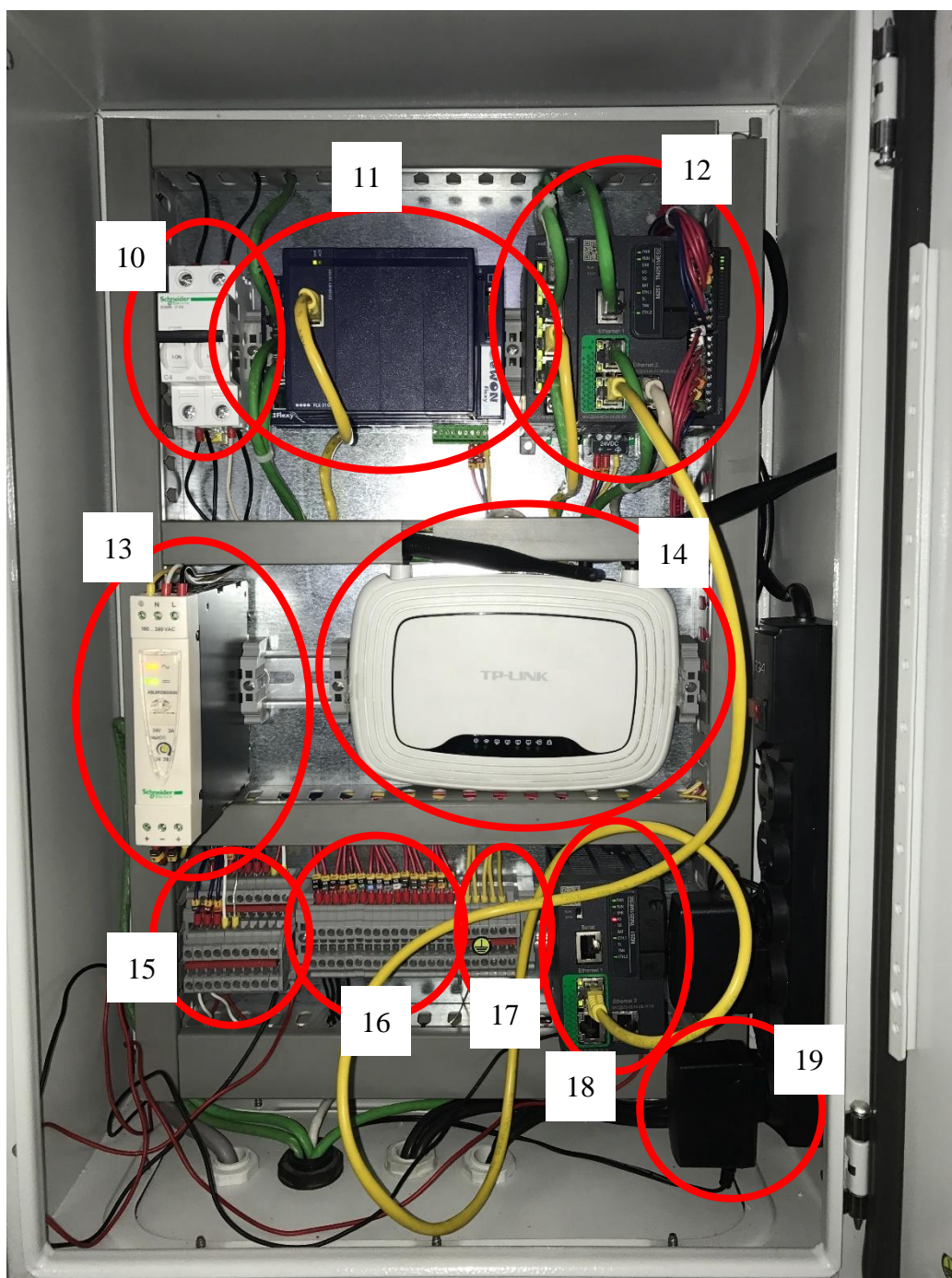


Figura 5.233. Componentes internos de tablero de control 02 – TC02

Fuente: Elaboración propia

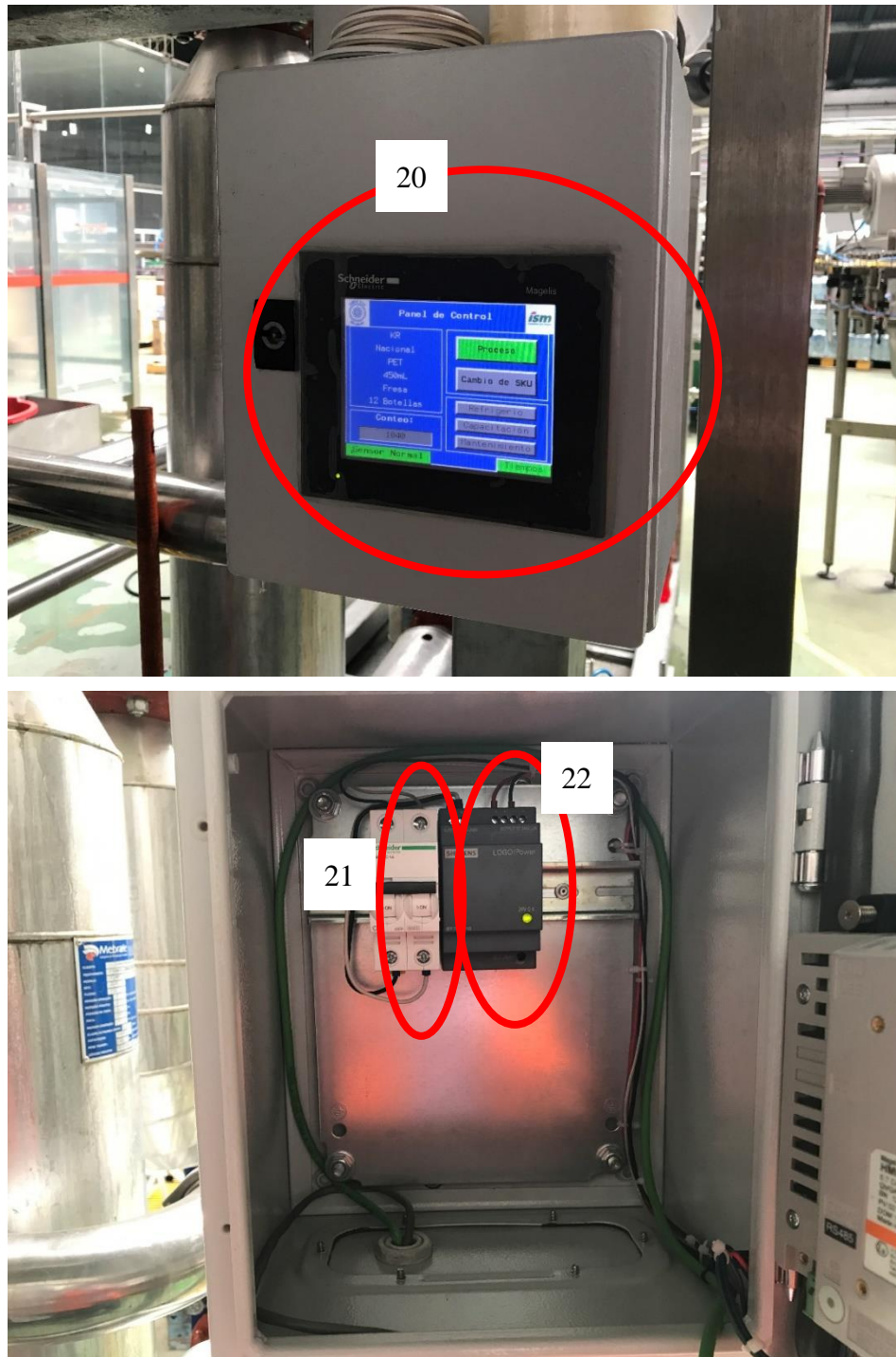


Figura 5.234. Componentes internos de tablero HMI de línea 05 – HMILP05

Fuente: Elaboración propia

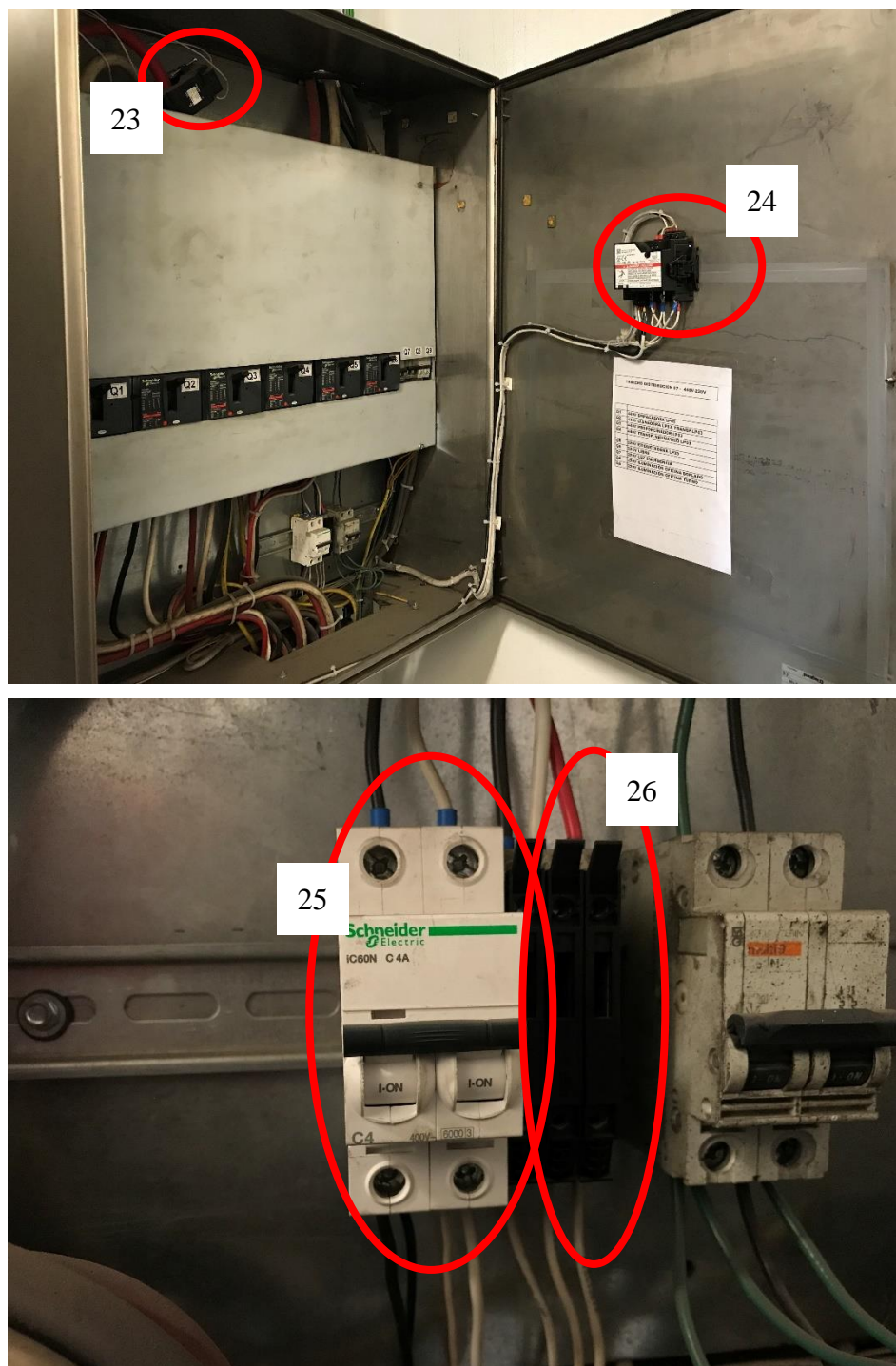
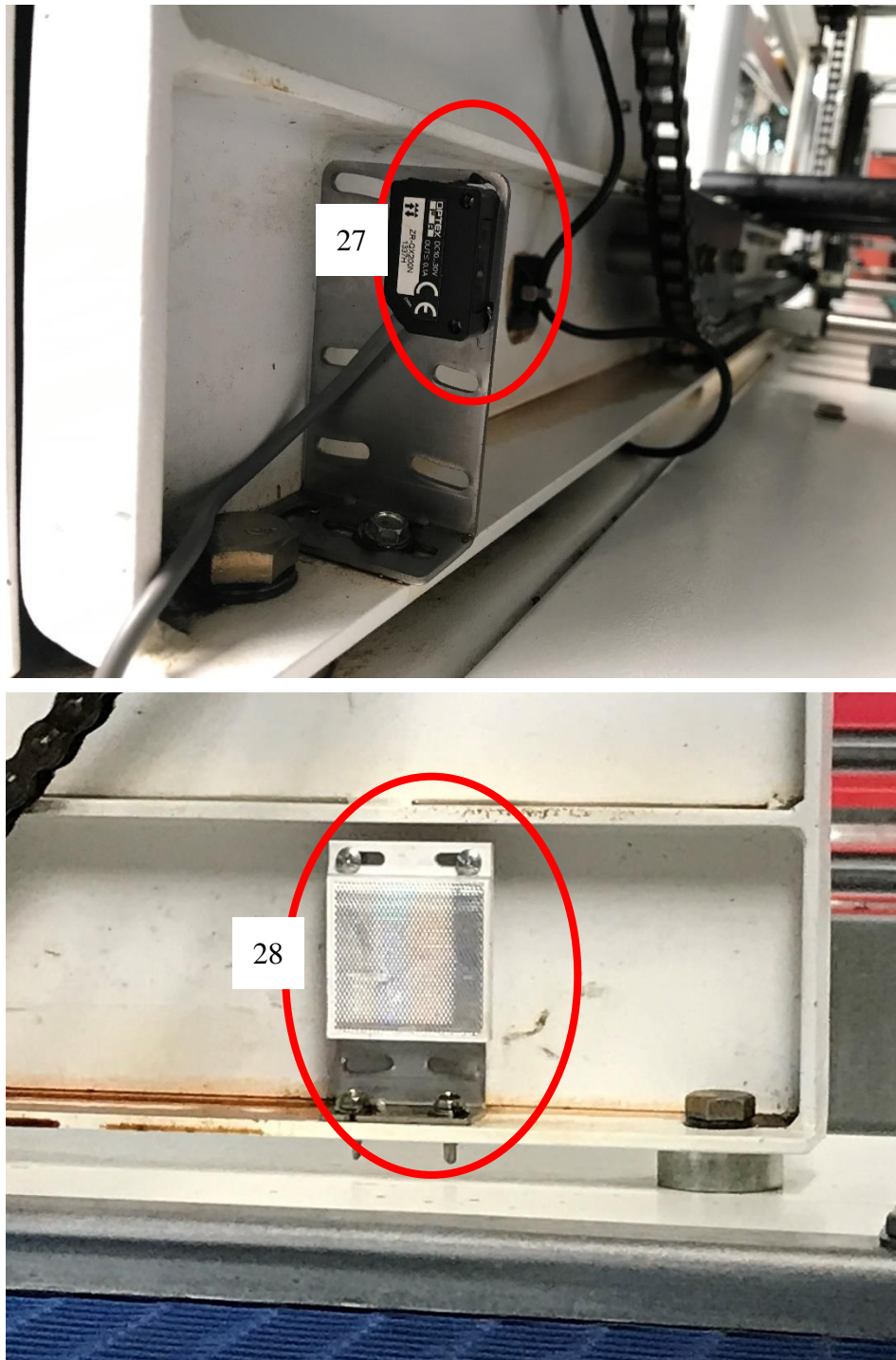


Figura 5.235. Tablero de distribución línea 03 – TDLP03

Fuente: Elaboración propia



*Figura 5.236. Sensor de conteo de LP05*

*Fuente: Elaboración propia*

1. Interruptor termomagnético de 2x4A. Ref.: A9F74204.
2. PLC Schneider-Electric Modicon M221 de 24 entradas, 16 salidas tipo transistor. Ref.: TM221CE40T.
3. Fuente de alimentación 24VDC de 2.5A. Ref.: ABL7RM24025.
4. Pasarela de comunicación Schneider-Electric EGX300. Ref.: EGX300.
5. Switch de 8 puertos Ethernet TP-LINK. Ref.: TL-SF1008D.
6. Adaptador de voltaje 220VAC/12VDC para switch Ethernet.
7. Borneras de conexión para sensores de las líneas de producción 1, 2 y 3.
8. Borneras de conexión para distribución 24VDC.
9. Borneras de conexión para tierra del sistema.
10. Interruptor termomagnético de 2x4A. Ref.: A9F74204.
11. Router industrial M2M eWON Flexy con módulo de comunicación WAN. Ref.: Flexy201 + FLX3101.
12. Controlador lógico programable Schneider-Electric Modicon M251 con módulo de comunicación Ethernet y módulo de expansión de 16 entradas digitales. Ref.: TM251MESE + TM4ES4 + TM3DI16.
13. Fuente de alimentación 24VDC de 3A. Ref.: ABL8REM24030.
14. Router inalámbrico de 4 puertos LAN TP-LINK. Ref.: TL-WR841N.
15. Borneras de conexión para distribución 24VDC.
16. Borneras de conexión para sensores de las líneas de producción 4 y 5.
17. Borneras de conexión para tierra del sistema.
18. PLC Schneider-Electric Modicon M251. Ref.: TM251MESE.
19. Adaptador de voltaje 220VAC/12VDC para router inalámbrico.
20. Pantalla táctil HMI Schneider-Electric Magelis GTO. Ref.: HMIGTO2310.
21. Interruptor termomagnético de 2x1A. Ref.: A9F74201.
22. Fuente de alimentación Siemens 24VDC a 1.2A. Ref.: 6EP1331-1SH03.
23. Transformador de corriente 500/5A. Ref.: METSECT5MC050.
24. Medidor de energía Schneider-Electric PM5110. Ref.: METSEPM5110.
25. Interruptor termomagnético de 2x4A. Ref.: A9F74204.
26. Borneras portafusibles. Ref.: NSYTRV42SF5.
27. Sensor fotoeléctrico retro-reflectivo NPN OPTEx FA. Ref.: ZR-QX200N.
28. Espejo para sensor retro-reflectivo.

### 5.9.2. Normativas de instalación

Se emplearon las normas técnicas referidas a instalaciones industriales exigidas por cada equipo. Se detalla a continuación, cada una de estas normas.

- EN50022: Se refiere al tamaño normalizado (simétrico de 35 mm x 7.5 mm) de la barra de metal llamada carril DIN o rail DIN. Es muy usado para el montaje de elementos eléctricos de protección y mando, tanto en aplicaciones industriales como en viviendas [12]. También tiene que ver con la norma IEC 60715 que trata de las dimensiones estandarizadas del montaje en rieles para el soporte mecánico de dispositivos eléctricos en instalaciones de tableros de distribución y tableros de control [13].
- Norma IEC 60439-1: Indica unas reglas comunes de realización de tableros para responder a los criterios de seguridad y de disponibilidad exigidos por la aplicación: garantiza el nivel mínimo de seguridad para bienes y personas, rige los conjuntos de equipos de baja tensión para distribución de potencia, mando y control. Fórmula: las condiciones de uso (temperatura), las disposiciones constructivas (IP, IK, formas), las prescripciones para los ensayos. La conformidad a esta norma es para el usuario final, una garantía de calidad de realización del Tablero. [14]
- Norma IEC 60529: Establece cómo clasificar los grados de protección proporcionados por los contenedores que resguardan los materiales eléctricos de su equipo. Si sus productos están destinado a uso externo, la norma le ofrece la solución para garantizar un grado de protección elevado contra choques eléctricos en condiciones de particular exposición. En el proyecto se utilizaron tablero con grado de protección IP67, contra polvo y agua. [15]

- Norma IEC 61131-2: Esta parte de la norma identifica y define las características más relevantes a la hora de seleccionar y utilizar un PLC y sus dispositivos asociados. Las definiciones hacen referencia a conceptos tales como entrada digital, entrada analógica, compatibilidad electromagnética, etc. Y en general todos los conceptos que posteriormente serán empleados en la norma. [16]

### 5.10. Cableado estructurado

Al momento de realizar la tarea de cableado estructurado se han tenido las siguientes consideraciones:

**Cableado horizontal:** es el cableado que va desde el armario de telecomunicaciones a la toma del usuario, que en este caso es el cableado desde el tablero de control hasta las pantallas HMI.

- No se tienen puentes, derivaciones y empalmes a lo largo de todo el trayecto del cableado. Esto no siempre se cumple, ya que las instalaciones existentes en la planta poseen varias derivaciones a través de switches, como es el caso del cableado para los tableros de las pantallas HMI de las líneas de producción 1 y 2, que a partir de un switch instalado en el tablero de la línea 2, se conecta el cableado que comunica a la pantalla HMI de la línea 1. Tampoco se tiene empalmes, ya que afectarían seriamente la fiabilidad de las comunicaciones.
- Se consideró la proximidad con el cableado eléctrico existente, por una experiencia anterior donde se tuvieron problemas con altos niveles de interferencia electromagnética, debido a que el cableado estructurado compartía la canalización con el cableado eléctrico y no se separaron dichos conductores, es por ello que se han separado físicamente y sujetado con precintos en la parte extrema de las bandejas, las cuales están conectadas a tierra para limitar la propagación de descargas. Todas estas consideraciones de acuerdo con el estándar ANSI/EIA/TIA 569.

- La máxima longitud permitida en la instalación es de 80 metros (100 metros teóricamente) para comunicación Modbus TCP sobre Ethernet.

**Cableado vertical:** es la interconexión entre tableros de telecomunicaciones, cuarto de equipos y entrada de servicios, que en este caso viene a ser la comunicación entre tableros de control.

- Se utiliza un cableado multipar UTP categoría 6 para comunicación Modbus TCP y Ethernet.
- La distancia máxima que se tiene instalada en planta es de 75 metros, incluyendo 7 metros para el peinado de los tableros de control.

#### **Cableado del bus RS-485**

El estándar RS-485 define un bus para la transmisión serie multipunto, donde, en un instante, puede haber un equipo transmitiendo y varios recibiendo. La comunicación es semidúplex, de forma un equipo puede enviar y recibir, pero no a la vez. El cableado básico consiste en un par de hilos de cobre trenzados sobre el que se transmite una señal diferencial para enviar los bits de datos, que es bastante inmune a las interferencias y admite largas distancias (aproximadamente 400 metros como máximo). Además del par trenzado para datos, pueden usarse líneas de 0V y 5V para alimentar dispositivos del bus. Los bits se transmiten mediante una trama asíncrona.

El bus RS-485 instalado en la planta comunica los medidores de energía de las líneas 1, 2 y 3 con la pasarela de comunicación EGX300 Maestro (maestro del bus), los medidores en las subestaciones con las pasarelas de comunicación respectivas y la comunicación entre el medidor de energía de la línea 4 con el PLC M251 (maestro del bus).

La Figura 5.414 describe como se debe realizar la conexión con RS-485 de tres dispositivos. Se usan las líneas de datos D0 y D1 y la de 0V. También se puede utilizar la de chasis (tierra), que se conecta a la malla de blindaje del cable. En los extremos del cable trenzado del bus RS-485 se requiere unas resistencias terminales  $R_t$  de  $120\Omega$ , que se pueden conectar en serie con un condensador de  $1nF$ . Los EGX300 y PLC M251 no incluyen internamente las resistencias terminales, por lo que esos componentes hay que colocarlos en el cable. El condensador hace que la resistencia solo tenga efecto con señales de frecuencias altas, esto es, cuando se transmiten datos. Las resistencias  $R_p$ , que se encargan de aplicar la tensión de polarización del bus, las pone el EGX300 o el PLC configurado como maestro, por lo que no es necesario cablearlas externamente. Finalmente, se puede mejorar la conexión con unas resistencias  $R_g$  entre la línea de 0V y los equipos para limitar las corrientes de retorno al común. [17]

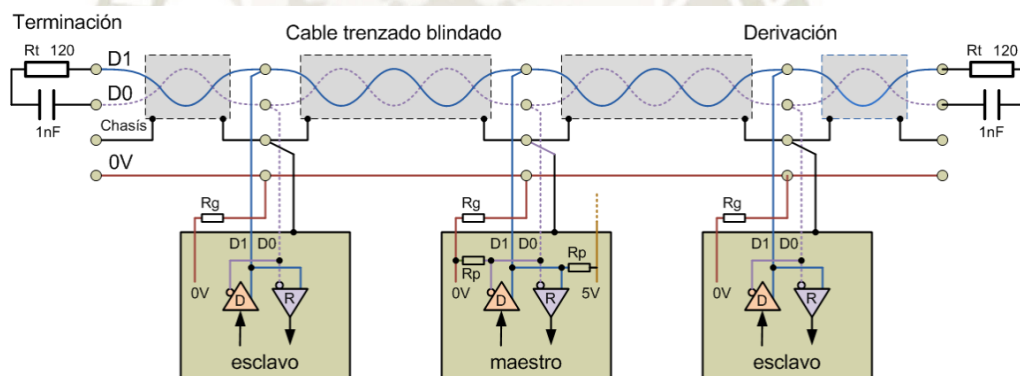


Figura 5.237. Cableado de las interfaces serie con RS-485

Fuente: <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/18990/1/AA-p3.pdf>

La Figura 4.415 muestra la disposición de las conexiones del puerto serie, así como los dos modos de cableado de colores estándar para un conector RJ-45 de Ethernet. Con el puerto serie en modo RS-232, el PLC actúa como equipo DTE (equipo inteligente) y se puede comunicar con un DCE (módem). Así, TD y RTS son señales de salida del PLC, y RD y CTS son señales de entrada. Si se usa el modo RS-485, se dispone de las líneas D1 y D0 (también denominadas A y B, o + y -) para el bus, y de la línea de referencias de señales de 0V (GND, o signal ground). También se

observa como las líneas D1, D0 y 0V coinciden, respectivamente, con los cables de color estándar azul, azul/blanco y marrón. [17]

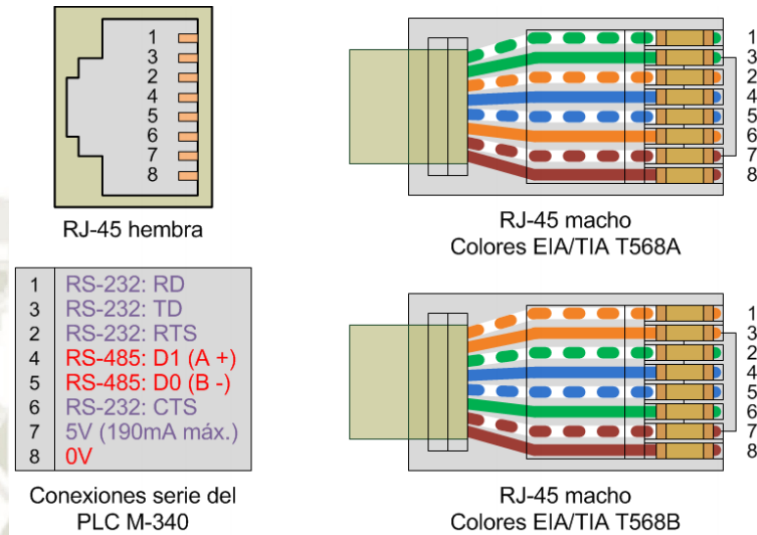


Figura 5.238. Puerto serie del PLC M251 y colores del cableado estándar

Fuente: <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/18990/1/AA-p3.pdf>

El PLC M251 posee un puerto serial con conector RJ45 hembra, para dicho caso se utilizan los pines resaltados en la Figura 5.415. Se ha utilizado el estándar TIA-568-B para la fabricación de las conexiones seriales y para las conexiones Ethernet.

## CAPITULO VI: VALIDACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se explicarán los resultados obtenidos a partir del proyecto, además de interpretarlos y ordenarlos de forma que el usuario final conozca el importante valor y significado de implementar un proyecto como éste en una planta industrial, como es el caso de Embotelladora San Miguel del Sur.

### 6.1. Validación del factor de calificación

Se realiza una validación de los resultados de factor de calificación que el sistema ha obtenido, comparándolos con el cálculo manual a partir de los datos del medidor de energía y el recibo de consumo eléctrico, además de comparar dichos resultados con el software Mentor Monitor.

Se ha considerado los meses de agosto, setiembre y octubre para esta validación de resultados del factor de calificación.

#### 6.1.1. Cálculo a partir de los parámetros del medidor

Los parámetros necesarios para el cálculo manual del factor de calificación, se obtienen a partir de la lectura del medidor de energía del proveedor de energía, en este caso Sociedad Eléctrica del Sur (SEAL). Con estas lecturas, el proveedor calcula si el cliente es considerado cliente en hora punta o fuera de punta. Los parámetros se describen en la Tabla 6.1.

Número	Parámetro	Unidad
1	Auto prueba	-
2	Fecha	dd/mm/aaaa
3	Hora	hh:mm:ss
4	Número de reprogramaciones	-
5	Total de energía activa	kWh
6	Energía activa en hora punta	kWh
7	Máxima demanda en hora punta	kW
8	Acumulado de la máxima demanda	kW
9	Energía en hora fuera de punta	kWh
10	Máxima demanda en hora fuera de punta	kW
11	Acumulado de la máxima demanda en HFP	kW
12	Total de energía reactiva	kVARh
13	Previo de energía activa del mes	kWh
14	Previo de energía en hora punta	kWh
15	Previo máxima demanda en hora punta	kW
16	Previo de energía en hora fuera punta	kWh
17	Previo máxima demanda en hora fuera de punta	kW
18	Previo total de energía reactiva	kVARh

Tabla 6.1. Parámetros del medidor de energía trifásico de SEAL

Fuente: Elaboración propia

En los recibos existe un parámetro que se llama factor de medición, el cual es una constante que se utiliza para hallar la energía activa en hora punta y la demanda máxima del mes.

Mes de agosto 2017

- **Suministro 221125**

Suministro 221125	
Factor de medición	1600
Parámetro 6	986.7
Parámetro 7	0.452
Parámetro 10	0.473
Parámetro 14	960.6

Tabla 6.2. Parámetros del suministro 221125 de agosto de 2017

Fuente: Elaboración propia

Contador de energía activa en hora punta actual:

$$EAHPA [kWh] = F. Medición \times \text{Parámetro 6}$$

$$EAHPA = 1600 \times 986.7$$

$$EAHPA = 1578720 \text{ kWh}$$

Contador de energía activa en hora punta del mes pasado:

$$EAHPP [kWh] = F. Medición \times \text{Parámetro 14}$$

$$EAHPP = 1600 \times 960.6$$

$$EAHPP = 1536960 \text{ kWh}$$

Energía activa en hora punta:

$$EAHP [kWh] = EAHPA - EAHPP$$

$$EAHP = 1578720 - 1536960$$

$$EAHP = 41760 \text{ kWh}$$

Máxima demanda en hora punta:

$$MDHP [kW] = F. Medición \times \text{Parámetro 7}$$

$$MDHP = 1600 \times 0.452$$

$$MDHP = 723.2 \text{ kW}$$

Máxima demanda en hora fuera de punta:

$$MDHFP [kW] = F. Medición \times \text{Parámetro 10}$$

$$MDHFP = 1600 \times 0.473$$

$$MDHFP = 756.8 \text{ kW}$$

Factor de calificación

$$FC = \frac{EAHP}{MD \times HP}$$

$$MD = MDHFP > MDHP$$

$$MD = 756.8 \text{ kW}$$

$$HP = 125 \text{ horas}$$

$$FC = \frac{41760}{756.8 \times 125}$$

$$FC = \mathbf{0.441}$$

- **Suministro 270120**

Suministro 270120	
Factor de medición	1600
Parámetro 6	1299.51
Parámetro 7	0.454
Parámetro 10	0.49
Parámetro 14	1266.31

*Tabla 6.3. Parámetros del suministro 270120 de agosto de 2017*

*Fuente: Elaboración propia*

Contador de energía activa en hora punta actual:

$$EAHPA [kWh] = F. Medición \times \text{Parámetro 6}$$

$$EAHPA = 1600 \times 1299.51$$

$$EAHPA = 2079216 \text{ kWh}$$

Contador de energía activa en hora punta del mes pasado:

$$EAHPP [kWh] = F. Medición \times \text{Parámetro 14}$$

$$EAHPP = 1600 \times 1266.31$$

$$EAHPP = 2026096 \text{ kWh}$$

Energía activa en hora punta:

$$EAHP [kWh] = EAHPA - EAHPP$$

$$EAHP = 2079216 - 2026096$$

$$EAHP = 53120 \text{ kWh}$$

Máxima demanda en hora punta:

$$MDHP [kW] = F. Medición \times \text{Parámetro 7}$$

$$MDHP = 1600 \times 0.454$$

$$MDHP = 726.4 \text{ kW}$$

Máxima demanda en hora fuera de punta:

$$MDHFP [kW] = F. Medición \times \text{Parámetro 10}$$

$$MDHFP = 1600 \times 0.49$$

$$MDHFP = 784 \text{ kW}$$

Factor de calificación

$$FC = \frac{EAHP}{MD \times HP}$$

$$MD = MDHFP > MDHP$$

$$MD = 784 \text{ kW}$$

$$HP = 125 \text{ horas}$$

$$FC = \frac{53120}{784 \times 125}$$

$$FC = 0.542$$

- **Suministro 322616**

Suministro 322616	
Factor de medición	1500
Parámetro 6	1606.26
Parámetro 7	0.3522
Parámetro 10	0.3578
Parámetro 14	1579.97

Tabla 6.4. Tabla de parámetros del suministro 322616 de agosto de 2017

Fuente: Elaboración propia

Contador de energía activa en hora punta actual:

$$EAHPA [kWh] = F. Medición \times \text{Parámetro 6}$$

$$EAHPA = 1500 \times 1606.26$$

$$EAHPA = 2409390 \text{ kWh}$$

Contador de energía activa en hora punta del mes pasado:

$$EAHPP [kWh] = F. Medición \times \text{Parámetro 14}$$

$$EAHPP = 1500 \times 1579.97$$

$$EAHPP = 2369955 \text{ kWh}$$

Energía activa en hora punta:

$$EAHP [kWh] = EAHPA - EAHPP$$

$$EAHP = 2409390 - 2369955$$

$$EAHP = 39435 \text{ kWh}$$

Máxima demanda en hora punta:

$$MDHP [kW] = F. Medición \times \text{Parámetro 7}$$

$$MDHP = 1500 \times 0.3522$$

$$MDHP = 528.3 \text{ kW}$$

Máxima demanda en hora fuera de punta:

$$MDHFP [kW] = F. Medición \times \text{Parámetro 10}$$

$$MDHFP = 1500 \times 0.3578$$

$$MDHFP = 536.7 \text{ kW}$$

Factor de calificación

$$FC = \frac{EAHP}{MD \times HP}$$

$$MD = MDHFP > MDHP$$

$$MD = 536.7 \text{ kW}$$

$$HP = 125 \text{ horas}$$

$$FC = \frac{39435}{536.7 \times 125}$$

$$FC = 0.588$$

Mes de setiembre 2017

- **Suministro 221125**

Suministro 221125	
Factor de medición	1600
Parámetro 6	1006.5
Parámetro 7	0.428
Parámetro 10	0.433
Parámetro 14	986.7

Tabla 6.5. Parámetros del suministro 221125 de setiembre de 2017

Fuente: Elaboración propia

Contador de energía activa en hora punta actual:

$$EAHPA [kWh] = F. Medición \times \text{Parámetro 6}$$

$$EAHPA = 1600 \times 1006.5$$

$$EAHPA = 1610400 \text{ kWh}$$

Contador de energía activa en hora punta del mes pasado:

$$EAHPP [kWh] = F. Medición \times \text{Parámetro 14}$$

$$EAHPP = 1600 \times 986.7$$

$$EAHPP = 1578720 \text{ kWh}$$

Energía activa en hora punta:

$$EAHP [kWh] = EAHPA - EAHPP$$

$$EAHP = 1610400 - 1578720$$

$$EAHP = 31680 \text{ kWh}$$

Máxima demanda en hora punta:

$$MDHP [kW] = F. Medición \times \text{Parámetro 7}$$

$$MDHP = 1600 \times 0.428$$

$$MDHP = 684.8 \text{ kW}$$

Máxima demanda en hora fuera de punta:

$$MDHFP [kW] = F. Medición \times \text{Parámetro 10}$$

$$MDHFP = 1600 \times 0.433$$

$$MDHFP = 692.8 \text{ kW}$$

Factor de calificación

$$FC = \frac{EAHP}{MD \times HP}$$

$$MD = MDHFP > MDHP$$

$$MD = 692.8 \text{ kW}$$

$$HP = 105 \text{ horas}$$

$$FC = \frac{31680}{692.8 \times 105}$$

$$FC = 0.435$$

- **Suministro 270120**

Suministro 270120	
Factor de medición	1600
Parámetro 6	1320.86
Parámetro 7	0.437
Parámetro 10	0.5
Parámetro 14	1299.51

*Tabla 6.6. Parámetros del suministro 270120 de setiembre de 2017*

*Fuente: Elaboración propia*

Contador de energía activa en hora punta actual:

$$EAHPA [kWh] = F. Medición \times \text{Parámetro 6}$$

$$EAHPA = 1600 \times 1320.86$$

$$EAHPA = 2113376 \text{ kWh}$$

Contador de energía activa en hora punta del mes pasado:

$$EAHPP [kWh] = F. Medición \times \text{Parámetro 14}$$

$$EAHPP = 1600 \times 1299.51$$

$$EAHPP = 2079216 \text{ kWh}$$

Energía activa en hora punta:

$$EAHP [kWh] = EAHPA - EAHPP$$

$$EAHP = 2113376 - 2079216$$

$$EAHP = 34160 \text{ kWh}$$

Máxima demanda en hora punta:

$$MDHP [kW] = F. Medición \times \text{Parámetro 7}$$

$$MDHP = 1600 \times 0.437$$

$$MDHP = 699.2 \text{ kW}$$

Máxima demanda en hora fuera de punta:

$$MDHFP [kW] = F. Medición \times \text{Parámetro 10}$$

$$MDHFP = 1600 \times 0.5$$

$$MDHFP = 800 \text{ kW}$$

Factor de calificación

$$FC = \frac{EAHP}{MD \times HP}$$

$$MD = MDHFP > MDHP$$

$$MD = 800 \text{ kW}$$

$$HP = 105 \text{ horas}$$

$$FC = \frac{34160}{800 \times 105}$$

$$FC = 0.407$$

- **Suministro 322616**

Suministro 322616	
Factor de medición	1500
Parámetro 6	1624.44
Parámetro 7	0.34
Parámetro 10	0.345
Parámetro 14	1606.26

*Tabla 6.7. Parámetros del suministro 322616 de setiembre de 2017*

*Fuente: Elaboración propia*

Contador de energía activa en hora punta actual:

$$EAHPA [kWh] = F. Medición \times \text{Parámetro 6}$$

$$EAHPA = 1500 \times 1624.44$$

$$EAHPA = 2436660 \text{ kWh}$$

Contador de energía activa en hora punta del mes pasado:

$$EAHPP [kWh] = F. Medición \times \text{Parámetro 14}$$

$$EAHPP = 1500 \times 1606.26$$

$$EAHPP = 2409390 \text{ kWh}$$

Energía activa en hora punta:

$$EAHP [kWh] = EAHPA - EAHPP$$

$$EAHP = 2436660 - 2409390$$

$$EAHP = 27270 \text{ kWh}$$

Máxima demanda en hora punta:

$$MDHP [kW] = F. Medición \times \text{Parámetro 7}$$

$$MDHP = 1500 \times 0.34$$

$$MDHP = 510 \text{ kW}$$

Máxima demanda en hora fuera de punta:

$$MDHFP [kW] = F. Medición \times \text{Parámetro 10}$$

$$MDHFP = 1500 \times 0.345$$

$$MDHFP = 517.5 \text{ kW}$$

Factor de calificación

$$FC = \frac{EAHP}{MD \times HP}$$

$$MD = MDHFP > MDHP$$

$$MD = 517.5 \text{ kW}$$

$$HP = 105 \text{ horas}$$

$$FC = \frac{27270}{517.5 \times 105}$$

$$FC = 0.502$$

Mes de octubre 2017

- **Suministro 221125**

Suministro 221125	
Factor de medición	1600
Parámetro 6	1041.4
Parámetro 7	0.408
Parámetro 10	0.487
Parámetro 14	1012.20

Tabla 6.8. Parámetros del suministro 221125 de octubre de 2017

Fuente: Elaboración propia

Contador de energía activa en hora punta actual:

$$EAHPA [kWh] = F. Medición \times \text{Parámetro 6}$$

$$EAHPA = 1600 \times 1041.4$$

$$EAHPA = 1666240 \text{ kWh}$$

Contador de energía activa en hora punta del mes pasado:

$$EAHPP [kWh] = F. Medición \times \text{Parámetro 14}$$

$$EAHPP = 1600 \times 1012.2$$

$$EAHPP = 1619520 \text{ kWh}$$

Energía activa en hora punta:

$$EAHP [kWh] = EAHPA - EAHPP$$

$$EAHP = 1666240 - 1619520$$

$$EAHP = 46720 \text{ kWh}$$

Máxima demanda en hora punta:

$$MDHP [kW] = F. Medición \times \text{Parámetro 7}$$

$$MDHP = 1600 \times 0.408$$

$$MDHP = 652.8 \text{ kW}$$

Máxima demanda en hora fuera de punta:

$$MDHFP [kW] = F. Medición \times \text{Parámetro 10}$$

$$MDHFP = 1600 \times 0.487$$

$$MDHFP = 779.2 \text{ kW}$$

Factor de calificación

$$FC = \frac{EAHP}{MD \times HP}$$

$$MD = MDHFP > MDHP$$

$$MD = 779.2 \text{ kW}$$

$$HP = 130 \text{ horas}$$

$$FC = \frac{46720}{779.2 \times 130}$$

$$FC = 0.461$$

- **Suministro 270120**

Suministro 270120	
Factor de medición	1600
Parámetro 6	1359.14
Parámetro 7	0.459
Parámetro 10	0.512
Parámetro 14	1326.76

Tabla 6.9. Parámetros del suministro 270120 de octubre de 2017

Fuente: Elaboración propia

Contador de energía activa en hora punta actual:

$$EAHPA [kWh] = F. Medición \times \text{Parámetro 6}$$

$$EAHPA = 1600 \times 1359.14$$

$$EAHPA = 2174624 \text{ kWh}$$

Contador de energía activa en hora punta del mes pasado:

$$EAHPP [kWh] = F. Medición \times \text{Parámetro 14}$$

$$EAHPP = 1600 \times 1326.76$$

$$EAHPP = 2122816 \text{ kWh}$$

Energía activa en hora punta:

$$EAHP [kWh] = EAHPA - EAHPP$$

$$EAHP = 2174624 - 2122816$$

$$EAHP = 51808 \text{ kWh}$$

Máxima demanda en hora punta:

$$MDHP [kW] = F. Medición \times \text{Parámetro 7}$$

$$MDHP = 1600 \times 0.459$$

$$MDHP = 734.4 \text{ kW}$$

Máxima demanda en hora fuera de punta:

$$MDHFP [kW] = F. Medición \times \text{Parámetro 10}$$

$$MDHFP = 1600 \times 0.512$$

$$MDHFP = 819.2 \text{ kW}$$

Factor de calificación

$$FC = \frac{EAHP}{MD \times HP}$$

$$MD = MDHFP > MDHP$$

$$MD = 819.2 \text{ kW}$$

$$HP = 130 \text{ horas}$$

$$FC = \frac{51808}{819.2 \times 130}$$

$$FC = 0.486$$

- **Suministro 322616**

Suministro 322616	
Factor de medición	1500
Parámetro 6	1656.95
Parámetro 7	0.345
Parámetro 10	0.351
Parámetro 14	1629.4339

Tabla 6.10. Parámetros del suministro 322616 de octubre de 2017

Fuente: Elaboración propia

Contador de energía activa en hora punta actual:

$$EAHPA [kWh] = F. Medición \times \text{Parámetro 6}$$

$$EAHPA = 1500 \times 1656.95$$

$$EAHPA = 2485425 \text{ kWh}$$

Contador de energía activa en hora punta del mes pasado:

$$EAHPP [kWh] = F. Medición \times \text{Parámetro 14}$$

$$EAHPP = 1500 \times 1629.4339$$

$$EAHPP = 2444150.85 \text{ kWh}$$

Energía activa en hora punta:

$$EAHP [kWh] = EAHPA - EAHPP$$

$$EAHP = 2485425 - 2444150.85$$

$$EAHP = 41274.15 \text{ kWh}$$

Máxima demanda en hora punta:

$$MDHP [kW] = F. Medición \times \text{Parámetro 7}$$

$$MDHP = 1500 \times 0.345$$

$$MDHP = 517.5 \text{ kW}$$

Máxima demanda en hora fuera de punta:

$$MDHFP [kW] = F. Medición \times \text{Parámetro 10}$$

$$MDHFP = 1500 \times 0.351$$

$$MDHFP = 526.5 \text{ kW}$$

Factor de calificación

$$FC = \frac{EAHP}{MD \times HP}$$

$$MD = MDHFP > MDHP$$

$$MD = 526.5 \text{ kW}$$

$$HP = 130 \text{ horas}$$

$$FC = \frac{41274.15}{526.5 \times 130}$$

$$FC = 0.603$$

### 6.1.2. Comparación de cálculo manual y automático

Ahora, comparamos los resultados obtenidos automáticamente por el sistema con los resultados obtenidos en el cálculo anterior.

Cálculo Manual			
Mes	Suministro 221125	Suministro 270120	Suministro 322616
Agosto	0.441	0.542	0.588
Setiembre	0.435	0.407	0.502
Octubre	0.461	0.486	0.603

Tabla 6.11. Resultados del cálculo manual del factor de calificación

Fuente: Elaboración propia

Gracias al archivo histórico que el PLC genera en su memoria interna, se rescataron los datos de los tres meses anteriores.

Cálculo Automático			
Mes	Suministro 221125	Suministro 270120	Suministro 322616
Agosto	0.485	0.539	0.587
Setiembre	0.430	0.332	0.472
Octubre	0.444	0.491	0.605

Tabla 6.12. Resultados del cálculo automático del factor de calificación

Fuente: Elaboración propia

La diferencia entre los resultados se debe a cortes de energía en los medidores de energía de las subestaciones para instalar nuevos equipos y mantenimiento durante días hábiles.

Para efectos de corrección, calculamos el error entre los cálculos de factor de calificación, considerando los resultados obtenidas del cálculo manual como 100%.

Error de Mediciones			
Mes	Suministro 221125	Suministro 270120	Suministro 322616
Agosto	-9.98%	0.55%	0.17%
Setiembre	1.15%	18.43%	5.98%
Octubre	3.68%	-1.03%	-0.33%

Tabla 6.13. Porcentaje de error entre cálculo manual y cálculo automático

Fuente: Elaboración propia

Podemos concluir que el sistema ofrece una variación promedio del 5% respecto al valor real del factor de calificación. Esto se debe a posibles pérdidas de alimentación en el servidor de datos, desfases del reloj de tiempo real y la precisión de los medidores de energía internos. Sin embargo, lo convierte en una herramienta bastante poderosa, ya que ahorra tiempo al usuario para determinar el valor del factor de calificación y así se pueda tomar una medida correctiva con mayor anticipación.

## 6.2. Cálculo de ahorro mensual en energía eléctrica

Para efectos demostrativos de la importancia del factor de calificación, se calculará el ahorro mensual o el sobrecosto mensual (en caso de que el cliente sea considerado presente en fuera de punta o presente en punta respectivamente), basado en los datos que proporciona el recibo de luz de cada suministro eléctrico. Con esto se pretende resaltar que, conociendo el factor de calificación diario, el usuario puede tomar medidas preventivas que puedan evitar un sobrecosto en la facturación. Se tomará como ejemplo el mes de agosto del presente año.

### Mes de agosto 2017

- **Suministro 221125**

Dado que el factor de calificación es:

$$0.441 < 0.5$$

Se considera al cliente como presente en fuera de punta, por lo que se calcula el costo del ahorro que ha logrado a partir de la diferencia entre el costo simulado en caso de ser calificado como presente en hora punta y el costo real.

### Cargo por Energía Activa en Hora Punta

$$CEAHP = EAHP [kWh] \times 0.2177 [S/.]$$

$$CEAHP = 41,760 \times 0.2177$$

$$CEAHP = S/. 9,091.15$$

### Cargo por Energía Activa en Hora Fuera de Punta

$$CEAHFP = EAHFP [kWh] \times 0.1731 [S/.]$$

$$CEAHFP = 197,600 \times 0.1731$$

$$CEAHFP = S/. 34,204.56$$

### Cargo por Potencia Activa por Distribuidora

Se comparan las máximas demandas de potencia de los últimos 6 meses en hora punta y fuera de punta, se seleccionan los dos valores mayores y se saca el promedio de las dos.

	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
MDHP	660.80	681.60	716.80	644.80	688	723.20
MDHFP	713.60	660.80	723.20	683.20	686.40	756.80

Tabla 6.14. Histórico de máxima demanda del suministro 221125

Fuente: Elaboración propia

El promedio de las máximas demandas de potencia en los últimos 6 meses es:

$$MDUSM = \frac{756.80 + 723.20}{2}$$

$$MDUSM = 740 \text{ kW}$$

Siendo el Cargo Real por Potencia Activa por Distribuidora (CRPAD):

$$CRPAD = MDUSM [kW] \times TDPHFP [S/.]$$

$$CRPAD = 740 \times 11.01$$

$$CRPAD = S/. 8,147.40$$

Ahora, en caso de que el cliente sea considerado como presente en hora punta, para la simulación, cambiamos la Tarifa de Distribuidora Presente en Hora Fuera de Punta (TDPHFP), por la Tarifa de Distribuidora Presente en Hora Punta (TDPHP) y el Cargo Simulado por Potencia Activa por Distribuidora (CSPAD) es:

$$CSPAD = MDUSM [kW] \times TDPHP [S/.]$$

$$CSPAD = 740 \times 11.04$$

$$CSPAD = S/. 8,169.60$$

### **Cargo Real por Potencia Activa por Generadora**

Se utiliza la máxima demanda del mes actual, sea dentro o fuera de hora punta.

$$MD = 756.8 \text{ kW}$$

Luego se calcula el cargo real de potencia activa por generadora:

$$CRPAG = MD [kW] \times TGPHFP [S/.]$$

$$CRPAG = 756.8 \times 24.34$$

$$CRPAG = S/. 18,420.51$$

Ahora, en caso de que el cliente sea considerado como presente en hora punta, para la simulación, cambiamos la Tarifa de Generadora Presente en Hora Fuera de Punta (TGPHFP), por la Tarifa de Generadora Presente en Hora Punta (TGPHP) y el Cargo Simulado por Potencia Activa por Generadora (CSPAG) es:

$$CSPAG = MD [kW] \times TGPHP [S/.]$$

$$CSPAG = 756.8 \times 49.45$$

$$CSPAG = S/. 37,423.76$$

#### **Cálculo del ahorro**

Se realiza la suma del cargo real y del cargo simulado por separado y luego se resta el segundo menos el primero.

$$CR = CEAHP + CEAHFP + CRPAD + CRPAG$$

$$CR = 9,091.15 + 34,204.56 + 8,147.40 + 18,420.51$$

$$CR = S/. 69,863.62$$

$$CS = CEAHP + CEAHFP + CSPAD + CSPAG$$

$$CS = 9,091.15 + 34,204.56 + 8,169.60 + 37,423.76$$

$$CS = S/. 88,889.07$$

El ahorro estimado en caso de que el cliente sobrepase el factor de calificación es de:

$$A = CS [S/.] - CR [S/.]$$

$$A = 88,889.07 - 69,863.62$$

$$A = S/. 19,025.45$$

- **Suministro 270120**

Dado que el factor de calificación es:

$$0.542 > 0.5$$

Se considera al cliente como presente en hora punta, por lo que se calcula el sobrecosto a partir de la diferencia entre el costo simulado en caso de ser calificado como presente en fuera de punta y el costo real.

**Cargo por Energía Activa en Hora Punta**

$$CEAHP = EAHP [kWh] \times 0.2177 [S/.]$$

$$CEAHP = 53,120 \times 0.2177$$

$$CEAHP = S/. 11,564.22$$

**Cargo por Energía Activa en Hora Fuera de Punta**

$$CEAHFP = EAHFP [kWh] \times 0.1731 [S/.]$$

$$CEAHFP = 216,528 \times 0.1731$$

$$CEAHFP = S/. 37,481.00$$

**Cargo por Potencia Activa por Distribuidora**

Se comparan las máximas demandas de potencia de los últimos 6 meses en hora punta y fuera de punta, se seleccionan los dos valores mayores y se saca el promedio de las dos.

	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
MDHP	699.20	710.40	795.20	739.20	803.20	726.40
MDHFP	756.80	723.20	785.60	811.20	803.20	784

Tabla 6.15. Histórico de máxima demanda del suministro 270120

Fuente: Elaboración propia

El promedio de las máximas demandas de potencia en los últimos 6 meses es:

$$MDUSM = \frac{811.20 + 803.20}{2}$$

$$MDUSM = 807.20 \text{ kW}$$

Siendo el Cargo Real por Potencia Activa por Distribuidora (CRPAD):

$$CRPAD = MDUSM [kW] \times TDPHP [S/.]$$

$$CRPAD = 807.20 \times 11.04$$

$$CRPAD = S/. 8,911.49$$

Ahora, en caso de que el cliente sea considerado como presente en fuera de punta, para la simulación, cambiamos la Tarifa de Distribuidora Presente en Hora Punta (TDPHP), por la Tarifa de Distribuidora Presente en Hora Fuera de Punta (TDPHFP) y el Cargo Simulado por Potencia Activa por Distribuidora (CSPAD) es:

$$CSPAD = MDUSM [kW] \times TDPHFP [S/.]$$

$$CSPAD = 807.20 \times 11.01$$

$$CSPAD = S/. 8,887.27$$

### **Cargo Real por Potencia Activa por Generadora**

Se utiliza la máxima demanda del mes actual, sea dentro o fuera de hora punta.

$$MD = 784 \text{ kW}$$

Luego se calcula el cargo real de potencia activa por generadora:

$$CRPAG = MD [kW] \times TGPHP [S/.]$$

$$CRPAG = 784 \times 49.28$$

$$CRPAG = S/. 38,635.52$$

Ahora, en caso de que el cliente sea considerado como presente en hora fuera de punta, para la simulación, cambiamos la Tarifa de Generadora Presente en Hora Punta (TGPHP), por la Tarifa de Generadora Presente en Hora Fuera de Punta (TGPHFP) y el Cargo Simulado por Potencia Activa por Generadora (CSPAG) es:

$$CSPAG = MD [kW] \times TGPHFP [S/.]$$

$$CSPAG = 784 \times 24.34$$

$$CSPAG = S/. 19,082.56$$

#### Cálculo del sobrecosto

Se realiza la suma del cargo real y del cargo simulado por separado y luego se resta el primero menos el segundo.

$$CR = CEAHP + CEAHFP + CRPAD + CRPAG$$

$$CR = 11,564.22 + 37,481.00 + 8,911.49 + 38,635.52$$

$$CR = S/. 96,592.23$$

$$CS = CEAHP + CEAHFP + CSPAD + CSPAG$$

$$CS = 11,564.22 + 37,481.00 + 8,887.27 + 19,082.56$$

$$CS = S/. 77,015.05$$

El sobrecosto estimado que el cliente debe pagar por sobrepasar el factor de calificación es de:

$$SC = CR - CS$$

$$SC = 96,592.23 - 77,015.05$$

$$SC = S/. 19,577.18$$

- **Suministro 322616**

Dado que el factor de calificación es:

$$0.588 > 0.5$$

Se considera al cliente como presente en hora punta, por lo que se calcula el sobrecosto a partir de la diferencia entre el costo simulado en caso de ser calificado como presente en fuera de punta y el costo real.

**Cargo por Energía Activa en Hora Punta**

$$CEAHP = EAHP [kWh] \times 0.2177 [S/.]$$

$$CEAHP = 39,435 \times 0.2177$$

$$CEAHP = S/. 8,584.99$$

**Cargo por Energía Activa en Hora Fuera de Punta**

$$CEAHFP = EAHFP [kWh] \times 0.1731 [S/.]$$

$$CEAHFP = 166,746.45 \times 0.1731$$

$$CEAHFP = S/. 28,863.81$$

**Cargo por Potencia Activa por Distribuidora**

Se comparan las máximas demandas de potencia de los últimos 6 meses en hora punta y fuera de punta, se seleccionan los dos valores mayores y se saca el promedio de las dos.

	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
MDHP	518.10	529.20	515.10	517.20	510.90	528.30
MDHFP	523.80	524.10	521.10	506.70	541.50	536.70

Tabla 6.16. Histórico de máxima demanda del suministro 322616

Fuente: Elaboración propia

El promedio de las máximas demandas de potencia en los últimos 6 meses es:

$$MDUSM = \frac{541.50 + 536.70}{2}$$

$$MDUSM = 539.1 \text{ kW}$$

Siendo el Cargo Real por Potencia Activa por Distribuidora (CRPAD):

$$CRPAD = MDUSM [kW] \times TDPHP [S/.]$$

$$CRPAD = 539.10 \times 11.04$$

$$CRPAD = S/. 5,951.66$$

Ahora, en caso de que el cliente sea considerado como presente en fuera de punta, para la simulación, cambiamos la Tarifa de Distribuidora Presente en Hora Punta (TDPHP), por la Tarifa de Distribuidora Presente en Hora Fuera de Punta (TDPHFP) y el Cargo Simulado por Potencia Activa por Distribuidora (CSPAD) es:

$$CSPAD = MDUSM [kW] \times TDPHFP [S/.]$$

$$CSPAD = 539.10 \times 11.01$$

$$CSPAD = S/. 5,935.49$$

### **Cargo Real por Potencia Activa por Generadora**

Se utiliza la máxima demanda del mes actual, sea dentro o fuera de hora punta.

$$MD = 536.70 \text{ kW}$$

Luego se calcula el cargo real de potencia activa por generadora:

$$CRPAG = MD [kW] \times TGPHP [S/.]$$

$$CRPAG = 536.70 \times 49.28$$

$$CRPAG = S/. 26,448.58$$

Ahora, en caso de que el cliente sea considerado como presente en hora fuera de punta, para la simulación, cambiamos la Tarifa de Generadora Presente en Hora Punta (TGPHP), por la Tarifa de Generadora Presente en Hora Fuera de Punta (TGPHFP) y el Cargo Simulado por Potencia Activa por Generadora (CSPAG) es:

$$CSPAG = MD [kW] \times TGPHFP [S/.]$$

$$CSPAG = 536.70 \times 24.34$$

$$CSPAG = S/. 13,063.28$$

#### **Cálculo del sobrecosto**

Se realiza la suma del cargo real y del cargo simulado por separado y luego se resta el primero menos el segundo.

$$CR = CEAHP + CEAHFP + CRPAD + CRPAG$$

$$CR = 8,584.99 + 28,863.81 + 5,951.66 + 26,448.58$$

$$CR = S/. 69,849.04$$

$$CS = CEAHP + CEAHFP + CSPAD + CSPAG$$

$$CS = 8,584.99 + 28,863.81 + 5,935.49 + 13,063.28$$

$$CS = S/. 56,447.57$$

El sobrecosto estimado que el cliente debe pagar por sobrepasar el factor de calificación es de:

$$SC = CR - CS$$

$$SC = 69,849.04 - 56,447.57$$

$$SC = S/. 13,401.47$$

Es de vital importancia conocer el factor de calificación diario, ya que, por ejemplo, el usuario al momento de realizar la planificación de la producción, conociendo el proceso de su planta, puede producir el producto que menor coste energético demanda en las horas punta, reduciendo significativamente el consumo en hora punta, disminuir el valor del factor de calificación y, por ende, el coste de facturación.



### 6.3. Cálculo del OEE

El sistema calcula automáticamente el OEE por lote o SKU, este cálculo se realizaba antes de forma manual, para efectos de validación, podemos calcular el OEE de las líneas de producción a partir de los archivos históricos que genera el EGX300 Maestro. Estos históricos están siendo enviados al servidor del software Mentor Monitor para su procesamiento y visualización. El PLC también realiza un almacenamiento de datos en archivos .CSV, para su posterior análisis.

Debemos considerar que todos los cálculos de disponibilidad y rendimiento están basados en el plano del tiempo (segundos) y la producción debe calcularse en botellas, por lo que existe una pequeña transformación de las fórmulas originales de OEE que se mostraron en el Capítulo II del marco teórico. A continuación, se muestra un ejemplo de cálculo de OEE por lote de dos líneas de producción de ISM Arequipa.

Tomamos la línea de producción 1 y 5 para realizar el cálculo a partir de botellas y paquetes contados.

#### Línea de producción 01

Inicio de producción del lote: 14/11/2017 – 22:10 horas.

Fin de producción del lote: 15/11/2017 – 01:40 horas.

Producto: Oro / Exportación / Vidrio / 250ml / Amarilla / 24 bot/paq

Velocidad nominal de la línea de acuerdo al producto: 300 bot/min

#### Cálculo de disponibilidad

- Tiempo disponible:

$$T. Disponible = T. Total - T. Paradas Obligatorias$$

$$T. Disponible = 12780 - 0 - 0 - 60$$

$$T. Disponible = 12720 \text{ seg}$$

- Tiempo operativo:

$$T.Operativo = T.Disponible - T.P.P. - T.P.N.P. - T.P.N.A.$$

$$T.Operativo = 12720 - 483 - 1 - 1394$$

$$T.Operativo = 10842 \text{ seg}$$

- Disponibilidad:

$$Disponibilidad = \frac{T.Operativo}{T.Disponible}$$

$$Disponibilidad = \frac{10842}{12720}$$

$$Disponibilidad = 0.85$$

$$Disponibilidad [\%] = 85\%$$

### Cálculo de rendimiento

- Tiempo de micro-paradas:

$$T.Microparadas = 3998 \text{ seg}$$

- Tiempo neto de producción:

$$T.N.P. = T.Operativo - T.Microparadas$$

$$T.N.P. = 10842 - 3998$$

$$T.N.P. = 6844 \text{ seg}$$

- Unidades Producidas:

$$U.P. = 30400 \text{ bot}$$

Para este caso, no se multiplica el conteo por el número de botellas por paquetes, debido a que el sensor cuenta botellas directamente.

- Tiempo perdido por baja velocidad:

$$T.B.V. = T.N.P. - \left( \frac{\text{Unidades producidas}}{\frac{\text{Velocidad}}{60}} \right)$$

$$T.B.V. = 6844 - \left( \frac{30400}{\frac{300}{60}} \right)$$

$$T.B.V. = 764 \text{ seg}$$

- Rendimiento:

$$\text{Rendimiento} = \frac{T.Operativo - (T.Microparadas + T.B.V.)}{T.Operativo}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{10842 - (3998 + 764)}{10842}$$

$$\text{Rendimiento} = 0.56$$

$$\text{Rendimiento} [\%] = 56\%$$

### Cálculo de calidad

- Unidades Aceptadas:

$$U.A. = 30207 \text{ bot}$$

- Merma:

$$\text{Merma} = U.P. - U.A.$$

$$\text{Merma} = 30400 - 30207$$

$$\text{Merma} = 193 \text{ bot}$$

- Porcentaje de merma:

$$\text{Porcentaje de Merma} = \frac{\text{Merma} \times 100}{U.P.}$$

$$\text{Porcentaje de Merma} = \frac{193 \times 100}{30400}$$

$$\text{Porcentaje de Merma} = 0.63\%$$

- Calidad

$$\text{Calidad} = 100\% - \text{Porcentaje de merma}$$

$$\text{Calidad} = 100\% - 0.63\%$$

$$\text{Calidad} [\%] = \mathbf{99.37\%}$$

#### Cálculo de OEE

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}$$

$$\text{OEE} = 85\% \times 56\% \times 99.37\%$$

$$\text{OEE} = \mathbf{47.3\%}$$

Un OEE inferior a 65% significa que la eficiencia de la línea de producción no ha sido buena. Sin embargo, más que el valor del OEE, nos interesa conocer el valor de cada componente, ya que con ellos se puede determinar si el problema es debido a un tema de mantenimiento, mala planificación u operativo, por ejemplo, el personal operativo puede estar realizando pequeñas paradas para realizar un ajuste de la máquina, por lo tanto, no se aprovecha todo el tiempo disponible que se tiene para producir. Para este caso, la disponibilidad ha sido buena, no hubo muchas paradas planificadas, el rendimiento ha sido bajo, quiere decir que se realizaron varias pequeñas paradas por ajustes de máquinas, falta de material, etc. Y la calidad ha sido bastante buena, con pocos productos rechazados. En conclusión, no se ha aprovechado el 100% de la velocidad de la línea, pese a que el producto fue de muy buena calidad.

## Línea de producción 05

Inicio de producción del lote: 08/11/2017 – 21:55 horas.

Fin de producción del lote: 09/11/2017 – 03:15 horas.

Producto: KR / Nacional / PET / 220ml / Negra / 24 bot/paq

Velocidad nominal de la línea de acuerdo al producto: 450 bot/min

## Cálculo de disponibilidad

- Tiempo disponible:

$$T. Disponible = T. Total - T. Paradas Obligatorias$$

$$T. Disponible = 19212 - 0 - 0 - 0$$

$$T. Disponible = 19212 \text{ seg}$$

- Tiempo operativo:

$$T. Operativo = T. Disponible - T. P. P. - T. P. N. P. - T. P. N. A.$$

$$T. Operativo = 19212 - 957 - 0 - 0$$

$$T. Operativo = 18255 \text{ seg}$$

- Disponibilidad:

$$Disponibilidad = \frac{T. Operativo}{T. Disponible}$$

$$Disponibilidad = \frac{18255}{19212}$$

$$Disponibilidad = 0.95$$

$$\mathbf{Disponibilidad [\%] = 95\%}$$

### Cálculo de rendimiento

- Tiempo de micro-paradas:

$$T. \text{Microparadas} = 4028 \text{ seg}$$

- Tiempo neto de producción:

$$T.N.P. = T. \text{Operativo} - T. \text{Microparadas}$$

$$T.N.P. = 18255 - 4028$$

$$T.N.P. = 14227 \text{ seg}$$

- Unidades producidas:

$$U.P. = \text{Conteo de paquetes} \times \text{Número de bot/paq}$$

$$U.P. = 4964 \times 24$$

$$U.P. = 119136 \text{ bot}$$

- Tiempo perdido por baja velocidad:

$$T.B.V. = T.N.P. - \left( \frac{\text{Unidades producidas}}{\frac{\text{Velocidad}}{60}} \right)$$

$$T.B.V. = 14227 - \left( \frac{119136}{\frac{450}{60}} \right)$$

$$T.B.V. = -1657.8 \text{ seg}$$

- Rendimiento:

$$\text{Rendimiento} = \frac{T.Operativo - (T.Microparadas + T.B.V.)}{T.Operativo}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{18255 - (4028 - 1657.8)}{18255}$$

$$\text{Rendimiento} = 0.87$$

$$\text{Rendimiento} [\%] = \mathbf{87\%}$$

### Cálculo de calidad

- Unidades Aceptadas:

$$U.A. = \text{Conteo de paquetes aceptados} \times \text{Número de bot/paq}$$

$$U.A. = 4891 \times 24$$

$$U.A. = 117384 \text{ bot}$$

- Merma:

$$\text{Merma} = U.P. - U.A.$$

$$\text{Merma} = 119136 - 117384$$

$$\text{Merma} = 1752 \text{ bot}$$

- Porcentaje de merma:

$$\text{Porcentaje de Merma} = \frac{\text{Merma} \times 100}{U.P.}$$

$$\text{Porcentaje de Merma} = \frac{1752 \times 100}{119136}$$

$$\text{Porcentaje de Merma} = 1.47\%$$

- Calidad

$$\text{Calidad} = 100\% - \text{Porcentaje de merma}$$

$$\text{Calidad} = 100\% - 1.47\%$$

$$\text{Calidad} [\%] = \mathbf{98.53\%}$$

### Cálculo de OEE

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}$$

$$\text{OEE} = 95\% \times 87\% \times 98.53\%$$

$$\text{OEE} = \mathbf{81.4\%}$$

Un OEE superior al 65% significa que la eficiencia de la línea de producción ha sido muy buena, a pesar de tener un porcentaje de calidad mayor que en el anterior caso. Si analizamos cada componente del OEE, encontramos que la disponibilidad ha sido bastante buena, lo que quiere decir que ha habido pocas paradas planificadas o eventuales, el rendimiento también ha sido bastante bueno, lo que quiere decir que la línea ha estado funcionando a su velocidad nominal la mayor parte del tiempo y, finalmente, la cantidad de productos rechazados ha sido muy poca. Podemos concluir que la producción fue eficiente en este caso.

#### 6.4. Cálculo del Costo del Producto Fabricado

Analizando los registros extraídos del PLC M251 principal, tenemos los siguientes resultados respecto a los costos de energía en la fabricación de un determinado producto. A continuación, interpretamos dichos datos tomando un ejemplo por línea de producción:

##### Línea de producción 01

Inicio de producción del lote: 20/06/2018 – 01:30 horas.

Fin de producción del lote: 20/06/2018 – 06:25 horas.

Producto: KR / Exportación / Vidrio / 300ml / Papaya / 24 bot/cj

- Energía Consumida: 182 KWh
- Litros Producidos: 8772.301 litros
- Factor KWH/L: 0.02074712
- Costo del SKU: S/. 32.76

##### Línea de producción 02

Inicio de producción del lote: 20/06/2018 – 07:50 horas.

Fin de producción del lote: 20/06/2018 – 12:45 horas.

Producto: KR / Nacional / PET / 3000ml / Limón / 6 bot/pq

- Energía Consumida: 435 KWh
- Litros Producidos: 51822 litros
- Factor KWH/L: 0.008394118
- Costo del SKU: S/. 78.30

### **Línea de producción 03**

Inicio de producción del lote: 18/06/2018 – 20:40 horas.

Fin de producción del lote: 19/06/2018 – 00:45 horas.

Producto: KR / Nacional / PET / 2000ml / Limón / 6 bot/pq

- Energía Consumida: 321.88 KWh
- Litros Producidos: 51240 litros
- Factor KWHI/L: 0.006281714
- Costo del SKU: S/. 57.93

### **Línea de producción 05**

Inicio de producción del lote: 18/06/2018 – 20:05 horas.

Fin de producción del lote: 18/06/2018 – 22:40 horas.

Producto: KR / Nacional / PET / 450ml / Limón / 12 bot/pq

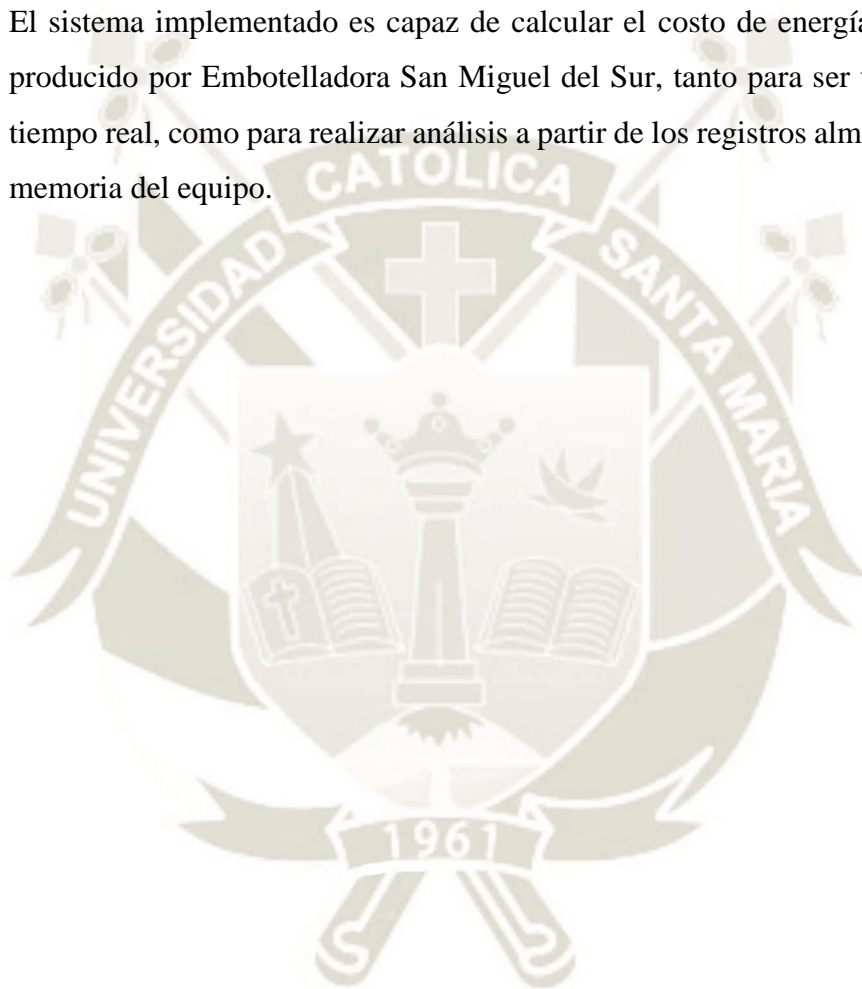
- Energía Consumida: 320.25 KWh
- Litros Producidos: 22172.4 litros
- Factor KWHI/L: 0.014443634
- Costo del SKU: S/. 57.65

## CONCLUSIONES

1. Se pudo diseñar un prototipo de sistema de monitorización y supervisión de parámetros de producción y de energía, además del costo energético para producir una cantidad de litros, siendo este sistema una herramienta bastante interesante y poderosa para la gestión en la empresa Embotelladora San Miguel del Sur S.A.C.
2. Se ha realizado la integración exitosa de los distintos equipos utilizados en el proyecto.
3. Se han utilizado dispositivos modernos que permiten comunicación, monitoreo en tiempo real y envío de datos de forma remota y automática.
4. Se tiene implementado un servidor en la “nube” que recibe la información de los equipos en planta para su almacenamiento y respaldo.
5. Se ha creado una plataforma web de visualización donde se muestra al usuario de forma compacta los resultados calculados por el PLC principal, estos resultados son útiles para la gestión de la empresa Embotelladora San Miguel del Sur S.A.C.
6. Se ha demostrado que es posible realizar integración de equipos industriales utilizando protocolos de comunicación standard como Modbus y Ethernet, siendo este último un protocolo que abre mayores posibilidades de monitorización y telecontrol.
7. El proyecto es de rápida implementación y requiere de una mínima inversión, además que permite aprovechar sistemas existentes e integrar nuevos sistemas.
8. Se han analizado los resultados obtenidos y se está empezando a tomar medidas correctivas sobre el personal operativo para optimizar la producción, asimismo los parámetros de energía obtenidos ayudan a las áreas de mantenimiento y

producción a planificar y dosificar los consumos eléctricos para lograr importantes ahorros en el consumo de la energía eléctrica.

9. Con el estudio del estado del arte realizado con el proyecto, se determinó que el prototipo es viable para la pequeña, mediana y grande industria.
10. El sistema implementado es capaz de calcular el costo de energía de cada litro producido por Embotelladora San Miguel del Sur, tanto para ser visualizado en tiempo real, como para realizar análisis a partir de los registros almacenados en la memoria del equipo.



## RECOMENDACIONES

El proyecto es bastante extenso y el alcance es ilimitado, ya que el empleo de tecnología Ethernet, amplía significativamente el uso del sistema, no sólo para monitoreo y supervisión de variables en tiempo real, sino para el telecontrol de cada pequeño sistema independiente e integrado que pueda existir dentro de una planta industrial.

Existen varias mejoras para el sistema, que se detallan a continuación:

- Integración de controladores de cada máquina o estación de trabajo de las líneas de producción para la obtención de parámetros de velocidad real de la línea de producción, estado de la línea, presencia de botellas, etc. Para que el sistema sea más autónomo y no dependa del operario. De hecho, dicha integración se está realizando actualmente con la actualización del controlador de la línea de producción 2, donde el uso de la red de comunicación industrial Ethernet, facilita el control y la centralización de la información en las pasarelas de comunicación instaladas dentro de planta.
- El sistema fácilmente puede convertirse en un sistema SCADA, ya que cuenta con la interconexión de varios dispositivos de monitoreo y control, además de plataformas de almacenamiento de información, generación de históricos y líneas de tendencia.
- Activación de la seguridad y control de acceso a la información de los parámetros desde la página web de visualización, permitiendo a las distintas áreas de la empresa solamente accedan a los parámetros de su interés.
- Diseño de una página web con funciones de control limitadas para el uso del operador de línea, de esta manera se pueden eliminar las pantallas HMI del sistema y manejar todo desde el smartphone del mismo operador, de esta forma se disminuyen los costos en hardware y se optimiza la programación del PLC.

- La expansión y puesta en marcha del sistema se puede realizar en un tiempo menor, haciendo uso de las plantillas, reduciendo así el tiempo de programación y, por lo tanto, abaratando la mano de obra en ingeniería.
- Instalación de sensores inteligentes que puedan detectar las características del producto en la línea de producción para reducir posibles errores en el ingreso de parámetros de producción en la pantalla HMI.
- Instalación de una mayor cantidad de sensores, por ejemplo 2 sensores en cada estación de trabajo, para obtener información de mayor resolución para el cálculo de OEE y brindaría información más detallada de la cantidad de merma, no solo en producto como tal, sino que se medirían mermas en insumo, como botellas mal sopladas, etiquetas desperdiciadas, preformas, etc.
- El sistema electrónico actualmente calcula el OEE enfocado a la gestión de la producción (SKU), sin embargo, brinda los datos base para realizar un cálculo de OEE enfocado a la gestión del personal operativo, es decir, realizar un cálculo de OEE por turno de trabajo.
- Instalación de medidores de energía en los tableros de distribución que trabajan con una tensión de 220VAC de cada línea de producción, ya que actualmente solo se mide la tensión de 440VAC. Con esto se tendría un indicador de kWh/l con mayor resolución.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. A. Rosero, S. M. Téllez y O. F. Prias, “*Gestión Energética Integral en Procesos Industriales*”, Revista Visión Electrónica, vol. 7, no. 2, pp. 175 – 184, Julio 2013.
- [2] “Eficiencia General de los Equipos”, Wikipedia, 2018. [En línea]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Eficiencia\\_general\\_de\\_los\\_equipos](https://es.wikipedia.org/wiki/Eficiencia_general_de_los_equipos). [Accedido: 10-abr-2017]
- [3] “Ejemplo de cálculo del OEE”, Sistemas OEE. [En línea]. Disponible en: <http://www.sistemasoe.com/oe/avanzado/100-ejemplo-calculo-oe>. [Accedido: 20-abr-2017]
- [4] “Definición del OEE”, Sistemas OEE. [En línea]. Disponible en: <https://www.sistemasoe.com/oe/85-para-principiantes/89-definicion-oe>. [Accedido: 21-abr-2017]
- [5] R. Aliaga Bautista, “*Optimización de costos en la facturación eléctrica aplicados a la pequeña y micro empresa basados en una correcta aplicación del marco regulatorio y la ley de concesiones eléctricas y su reglamento. dl 25844 – DS 093-2003*”, tesis, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú, 2008.
- [6] “Wonderware System”, AVEVA. [En línea]. Disponible en: <https://www.wonderware.com/manufacturing-operations-management/manufacturing-execution-system-performance/>. [Accedido: 15-may-2017]
- [7] “Sistema OEE”, Sistemas OEE. [En línea]. Disponible en: <http://www.sistemasoe.com>. [Accedido: 20-abr-2017]

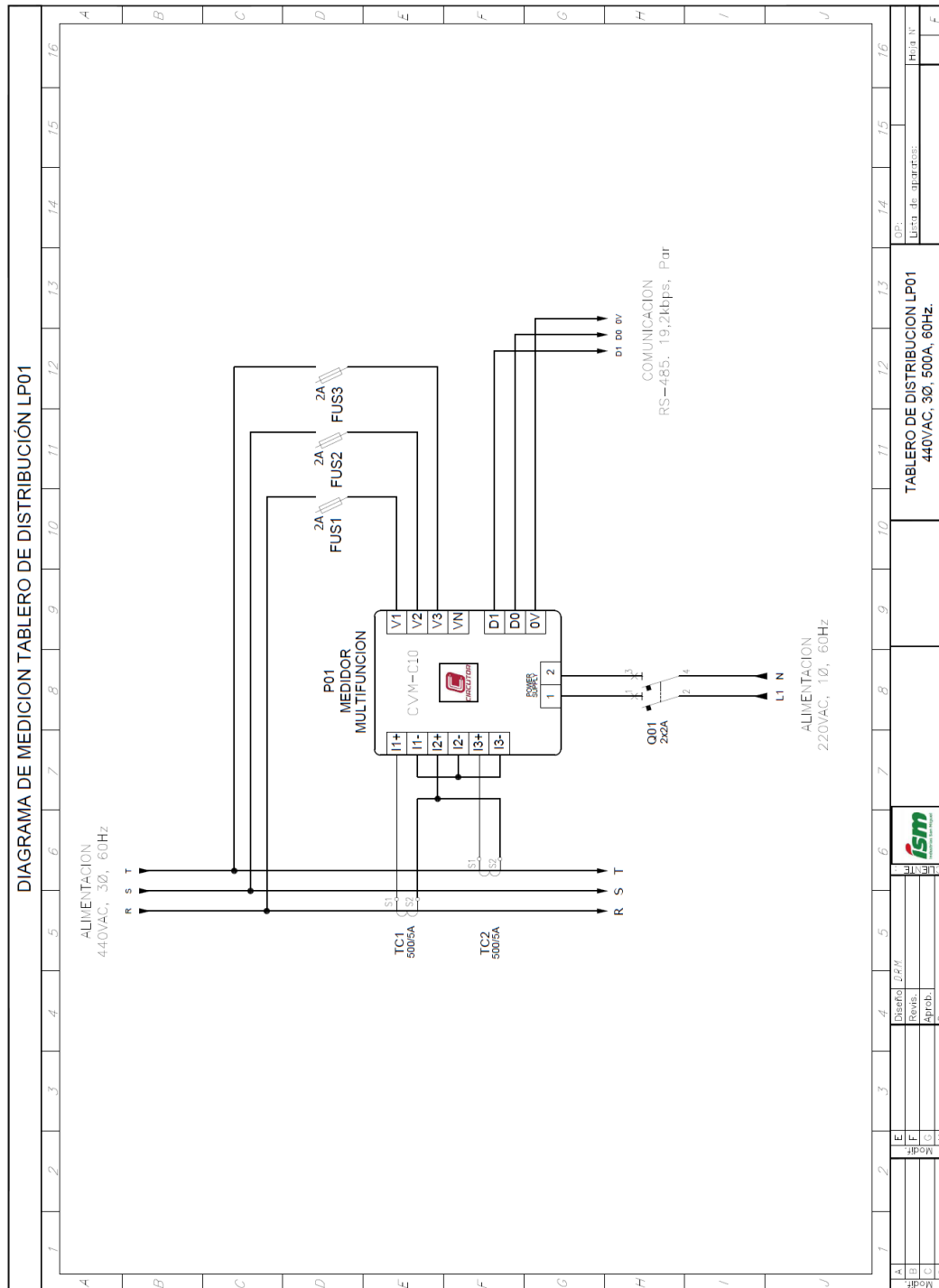
- [8] “Power Monitoring Expert”, Schneider-Electric. [En línea]. Disponible en: <http://www.schneider-electric.es/es/product-range/61280-struxureware-power-monitoring-expert-7-2/>. [Accedido: 5-may-2017]
- [9] “Software de gestión energética”, Circutor. [En línea]. Disponible en: <http://circutor.es/es/productos/medida-y-control/software-de-gestion-energetica/serie-pss-detail>. [Accedido: 5-may-2017]
- [10] J. Tamayo Pacheco, “*Norma Opciones Tarifarias y Condiciones de Aplicación de las Tarifas a Usuario Final*”, OSINERMIN N° 206-2013-OS-CD, pág. 5, 2013.
- [11] B. Gutiérrez Montes, “*Diseño hardware y software de una fuente ornamental*”, tesis de fin de carrera, Universidad Carlos III de Madrid, Leganés, M, España, 2012.
- [12] “Carril DIN”, Wikipedia. [En línea]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Carril\\_DIN](https://es.wikipedia.org/wiki/Carril_DIN). [Accedido: 20-sep-2017]
- [13] “IS/IEC 60715: Dimensions of low-voltage switchgear and controlgear”, Bureau of Indian Standards (BIS). [En línea]. Disponible en: <https://archive.org/details/gov.in.is.iec.60715.1981>. [Accedido: 22-sep-2017]
- [14] “Requisitos para tableros en baja tensión”, Schneider-Electric. [En línea]. Disponible en: <https://www.schneider-electric.com.co/documents/press-release/requisitos-para-tableros-en-baja-tensin.pdf>. [Accedido: 10-oct-2017]
- [15] “Ensayos de Protección IP (Ingress Protection) en Productos de Iluminación: Norma IEC 60529”, Intertek. [En línea]. Disponible en: <http://www.intertek.es/iluminacion/ip-ingress-protection-iec-60529/>. [Accedido: 15-oct-2017]

- [16] [http://isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/IEC%2061131-2%20\(Especificaciones%20y%20ensayos%20de%20los%20equipos\).pdf](http://isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/IEC%2061131-2%20(Especificaciones%20y%20ensayos%20de%20los%20equipos).pdf)
- [17] <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/18990/1/AA-p3.pdf>
- [18] R. Guerrero Pérez, “*Montaje de instalaciones automatizadas ELEE0109 – Montaje y mantenimiento de instalaciones eléctricas de baja tensión*”, 1ra. ed., Málaga, Innovación y Cualificación Editorial, 2014.
- [19] P. A. Mohr Barría, “*Propuesta de metodología para la medición de eficiencia general de los equipos en líneas de procesos de sección mantequilla en industria láctea*”, tesis, Universidad Austral de Chile, Puerto Montt, Chile, 2012.
- [20] E. A. López Arias, “*El mantenimiento productivo total TPM y la importancia del recurso humano para su exitosa implementación*”, tesis, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia, 2009.
- [21] E. A. Hurtado Urrutía, “*Control adaptativo y monitoreo de un sistema de molienda con redes industriales*”, tesis, Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú, 2016.

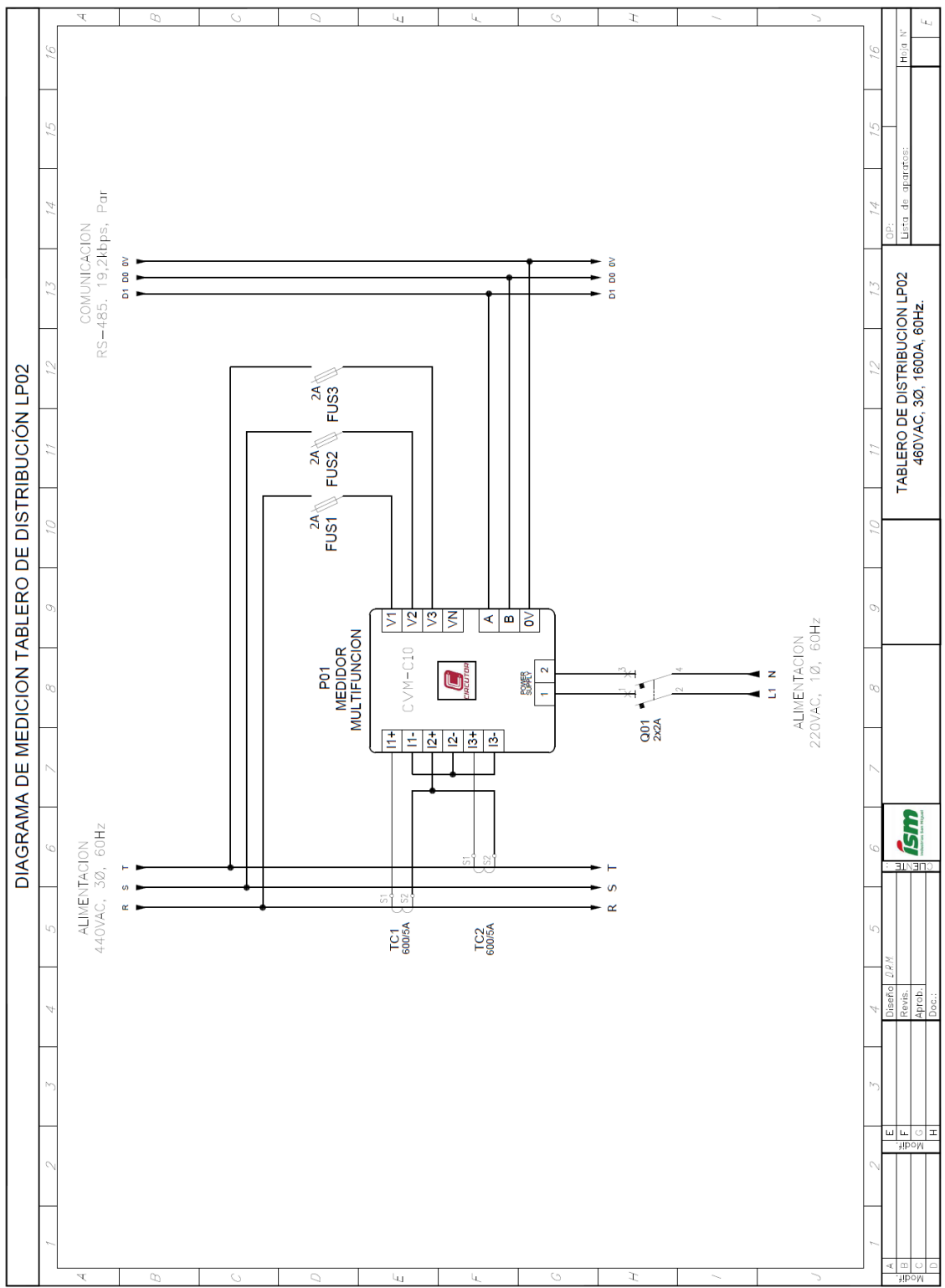
ANEXOS

ANEXO 1 – Planos eléctricos de las instalaciones

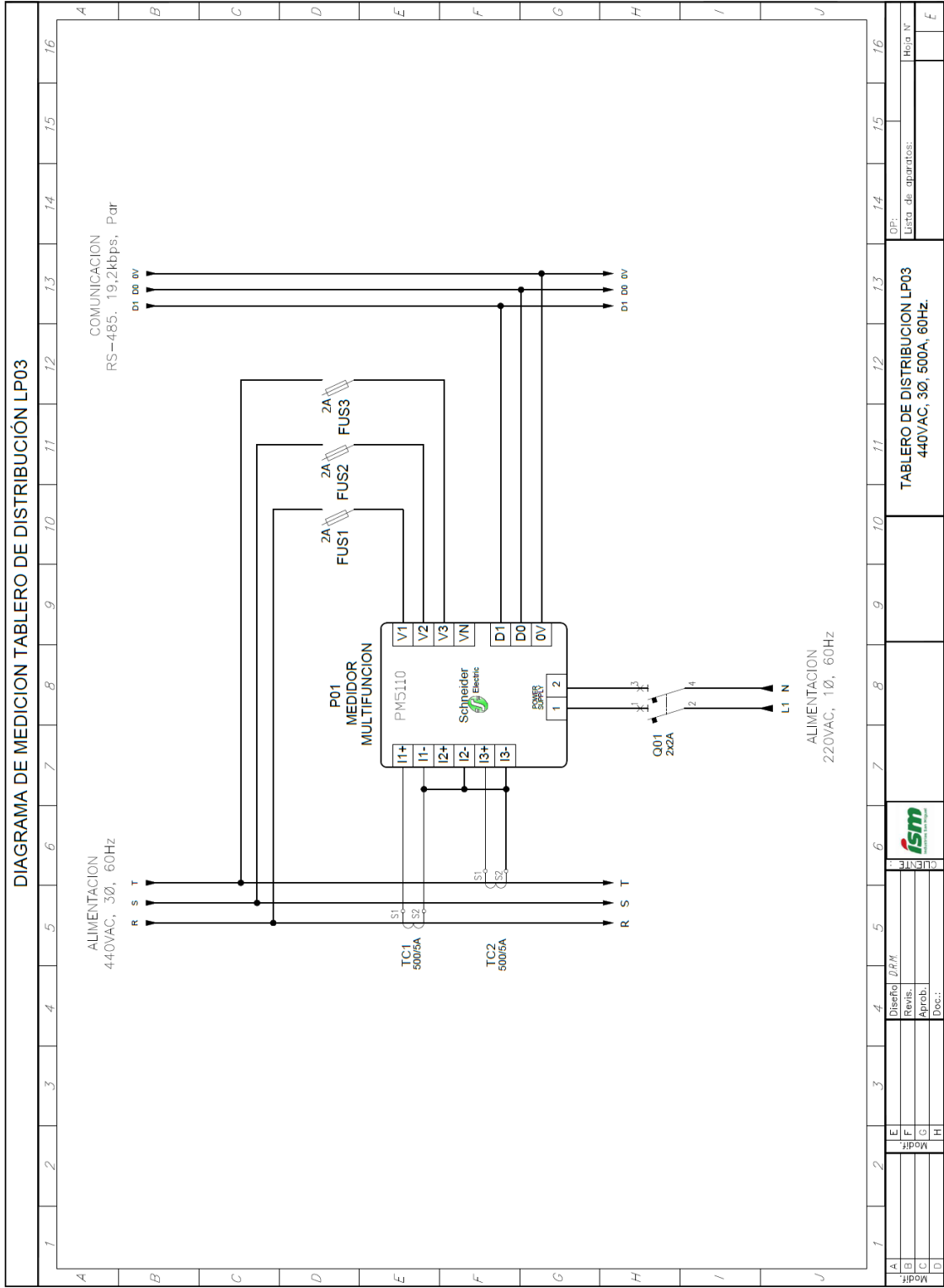
- Plano 1: ME LP01 – Medidor de Energía Línea de Producción 01



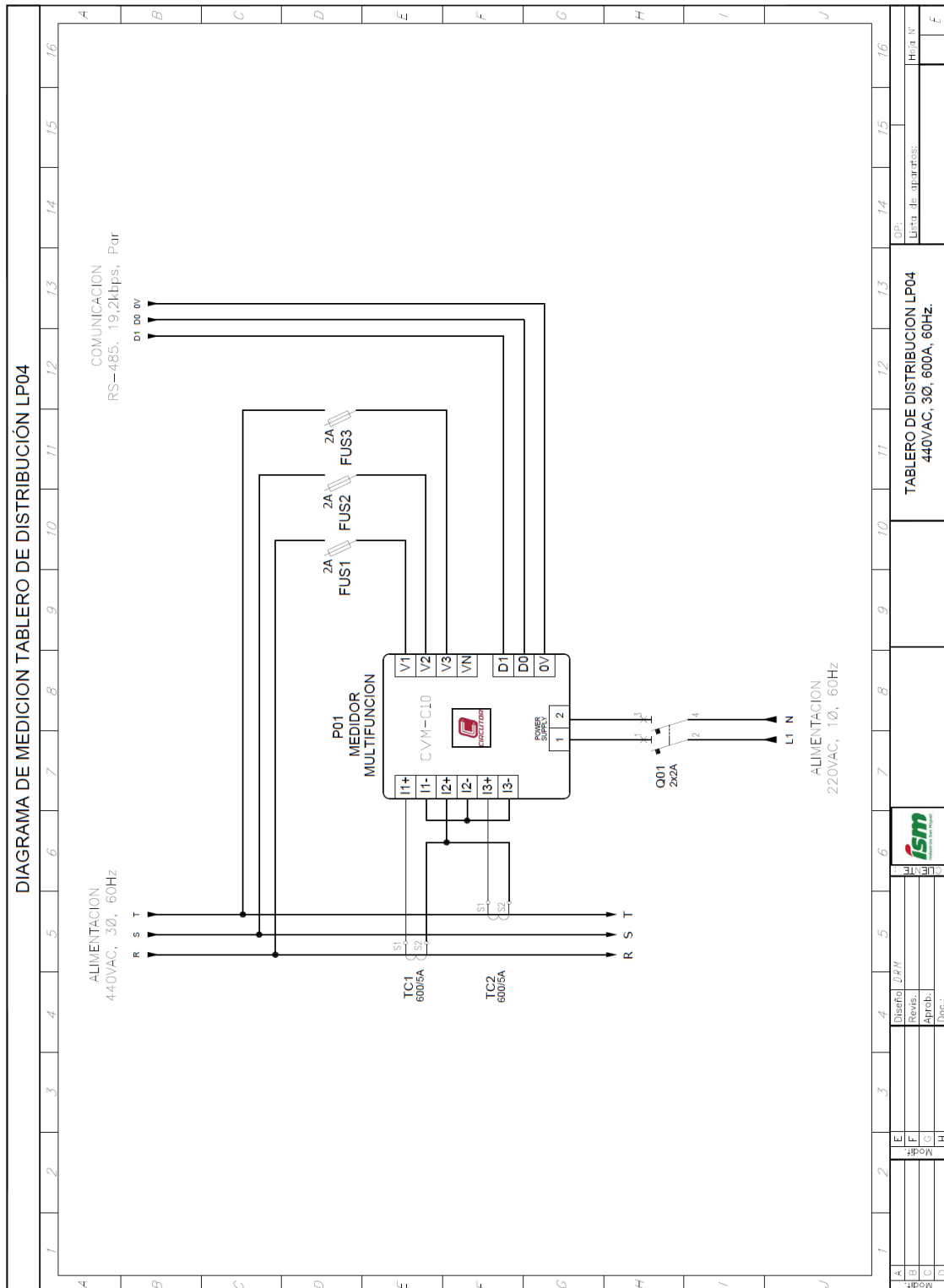
- Plano 2: ME LP02 – Medidor de Energía Línea de Producción 02



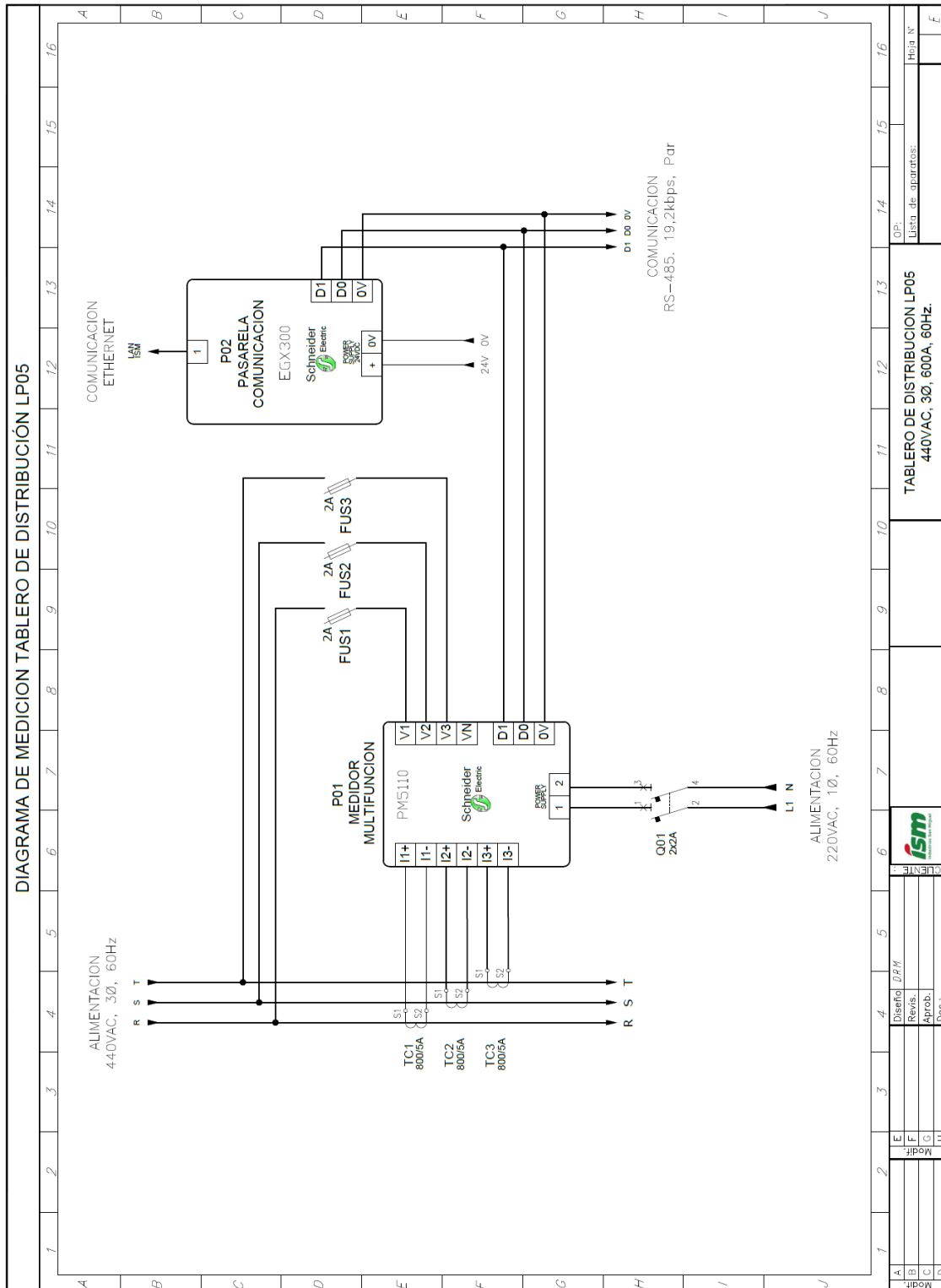
- Plano 3: ME LP03 – Medidor de Energía Línea de Producción 03



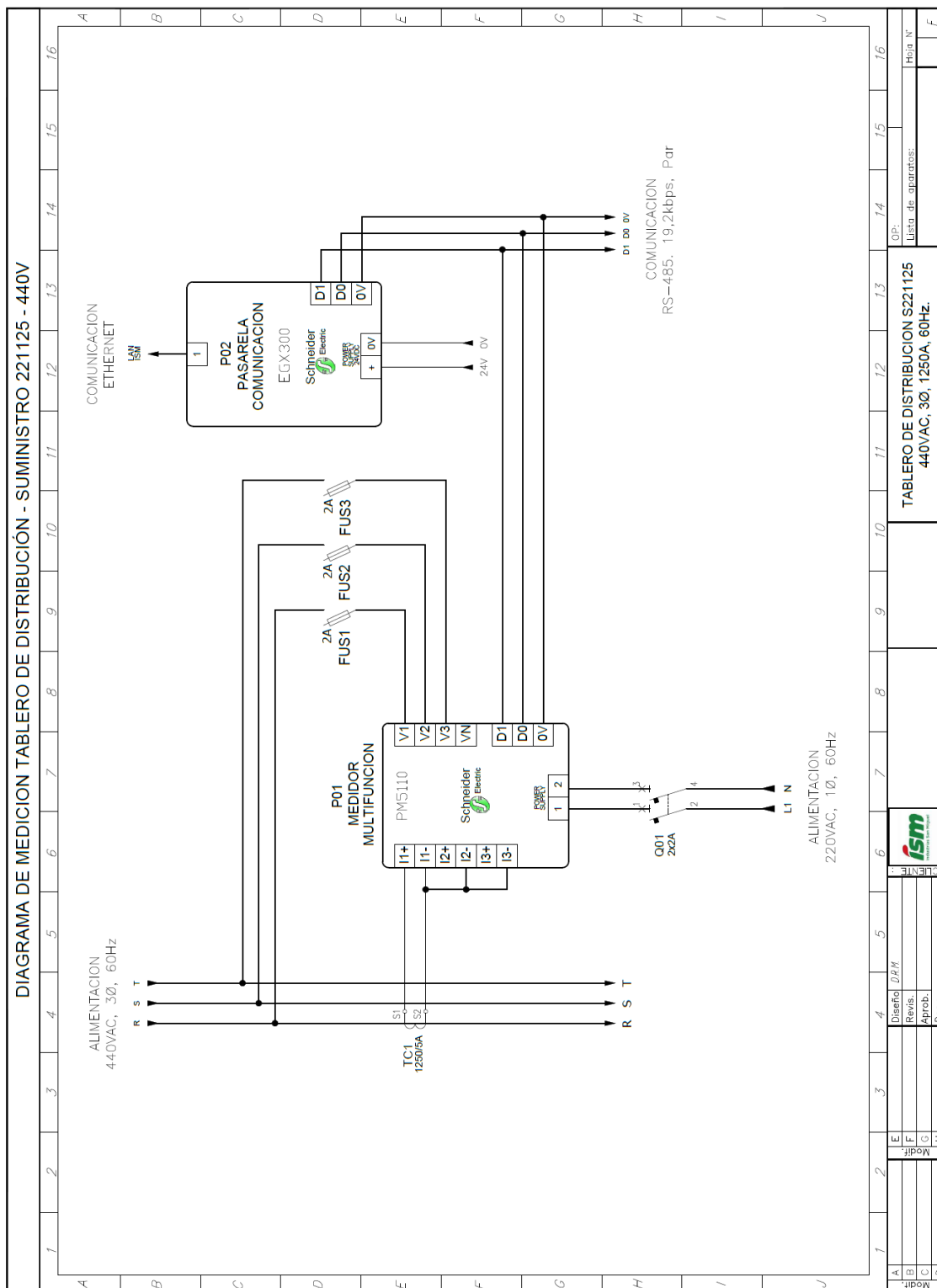
- Plano 4: ME LP04 – Medidor de Energía Línea de Producción 04



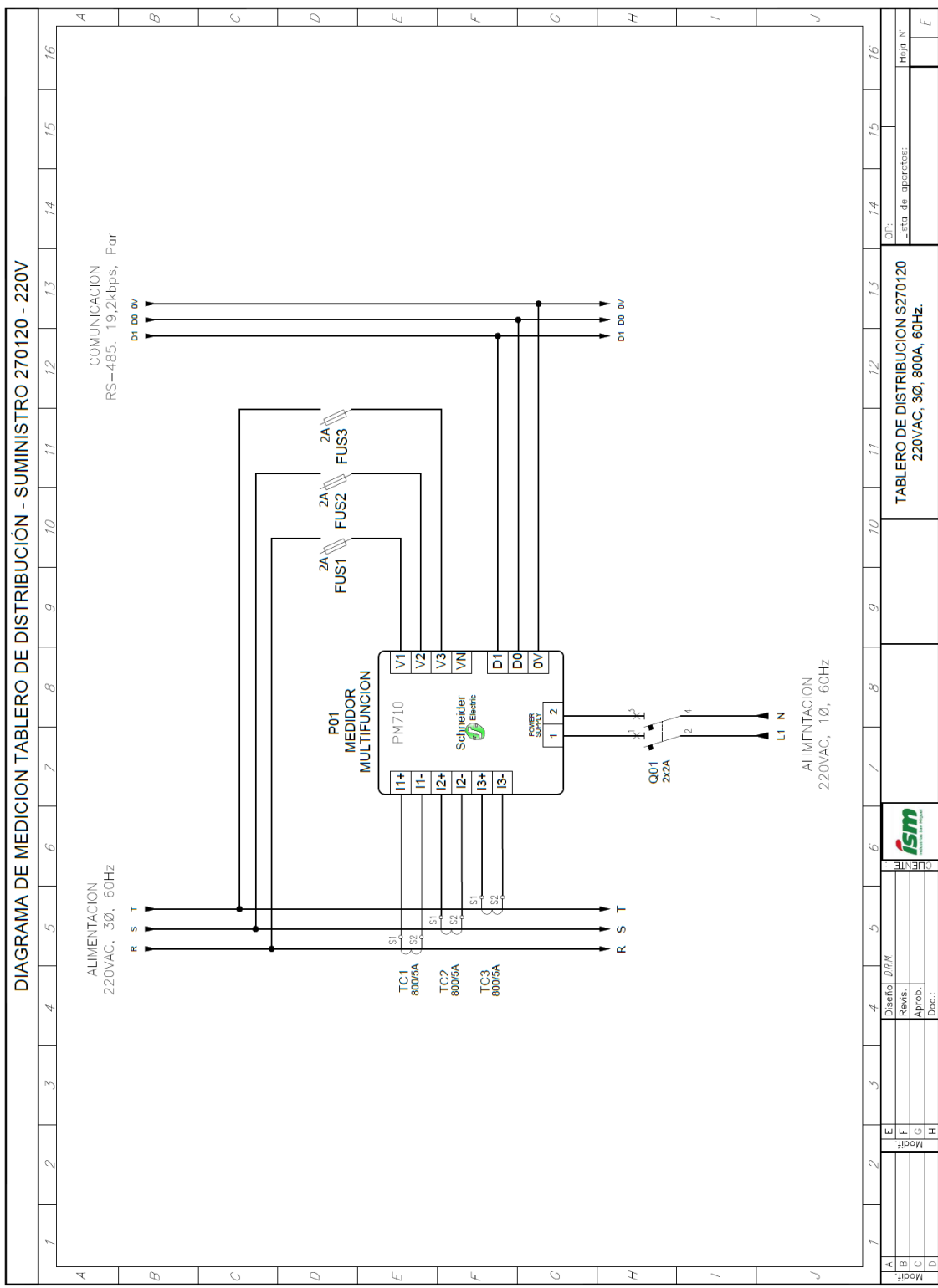
- Plano 5: ME LP05 – Medidor de Energía Línea de Producción 05



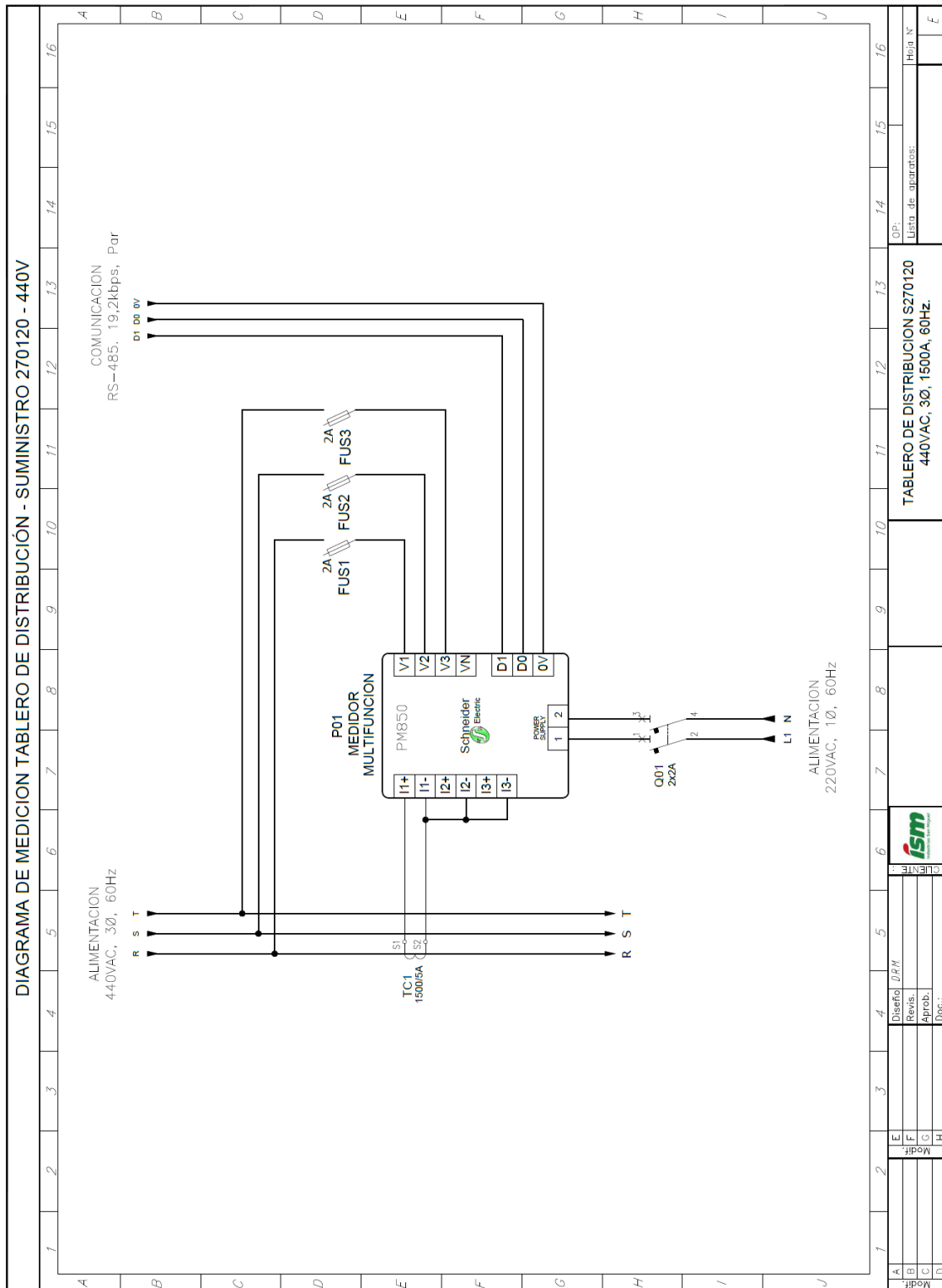
- Plano 6: ME S221125 – Medidor de Energía Suministro 221125



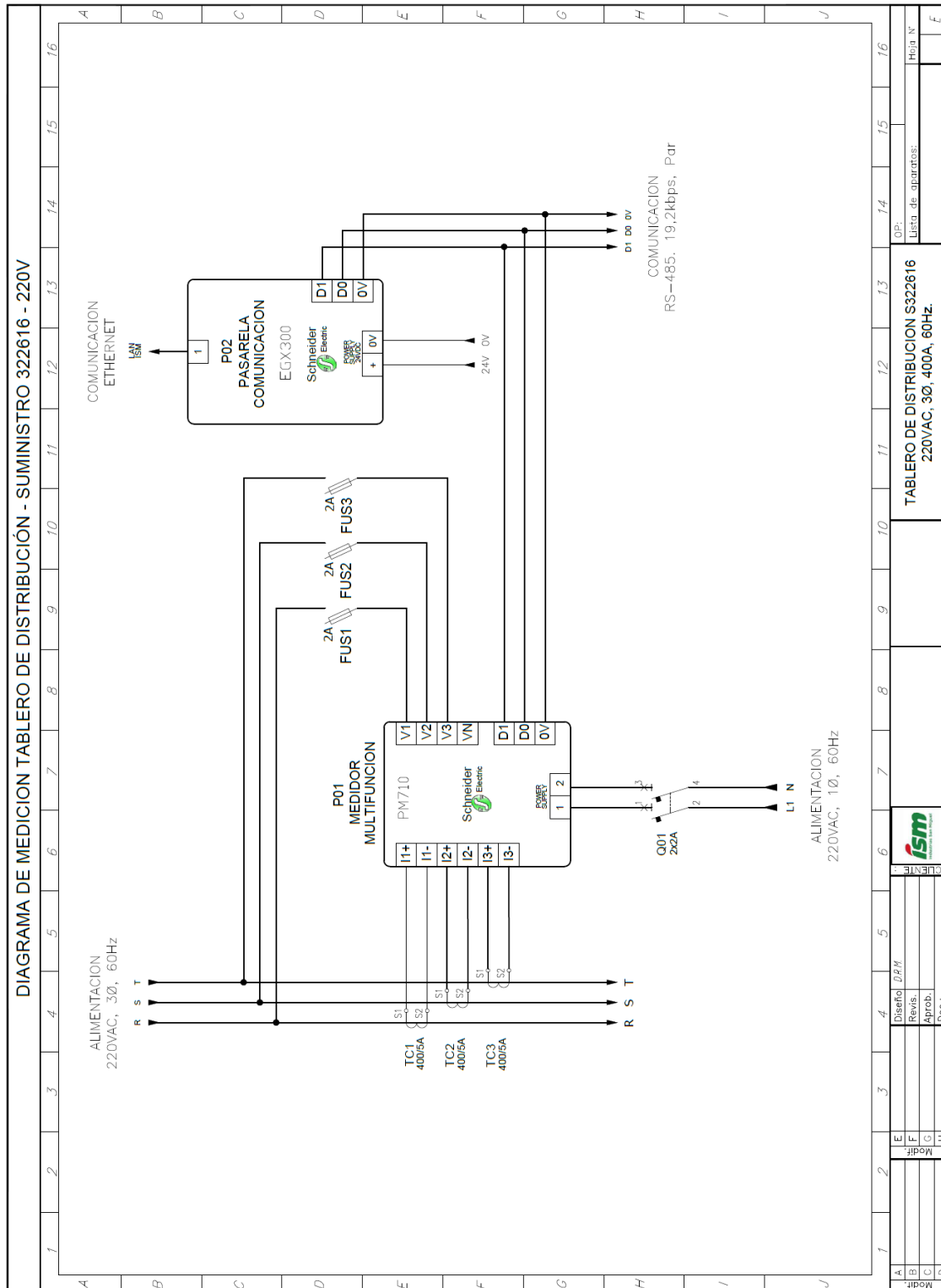
- Plano 7: ME S270120 220V – Medidor de Energía Suministro 270120 220V



- Plano 8: ME S270120 440V – Medidor de Energía Suministro 270120 440V

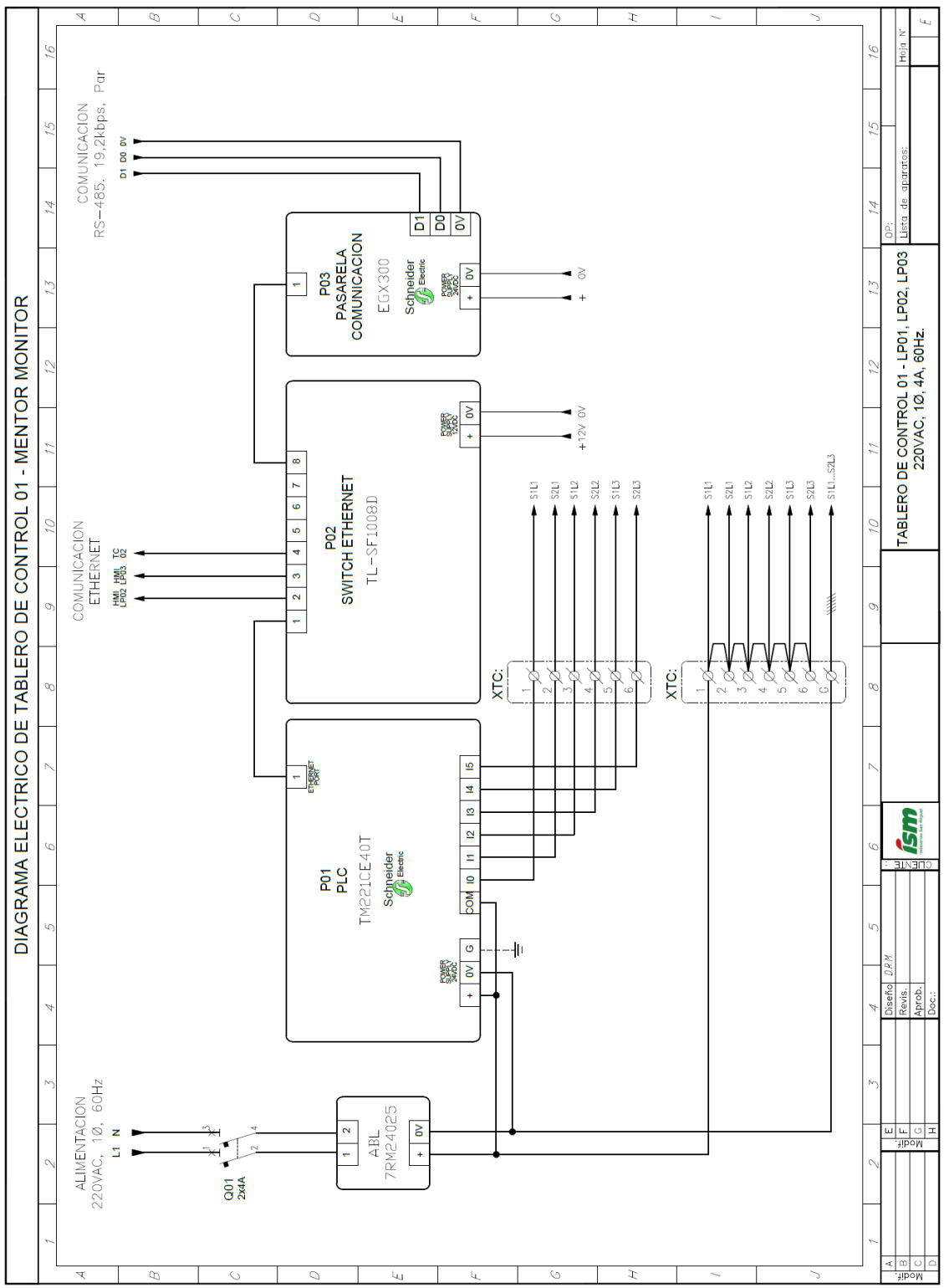


- Plano 9: ME S322616 220V – Medidor de Energía Suministro 322616 220V

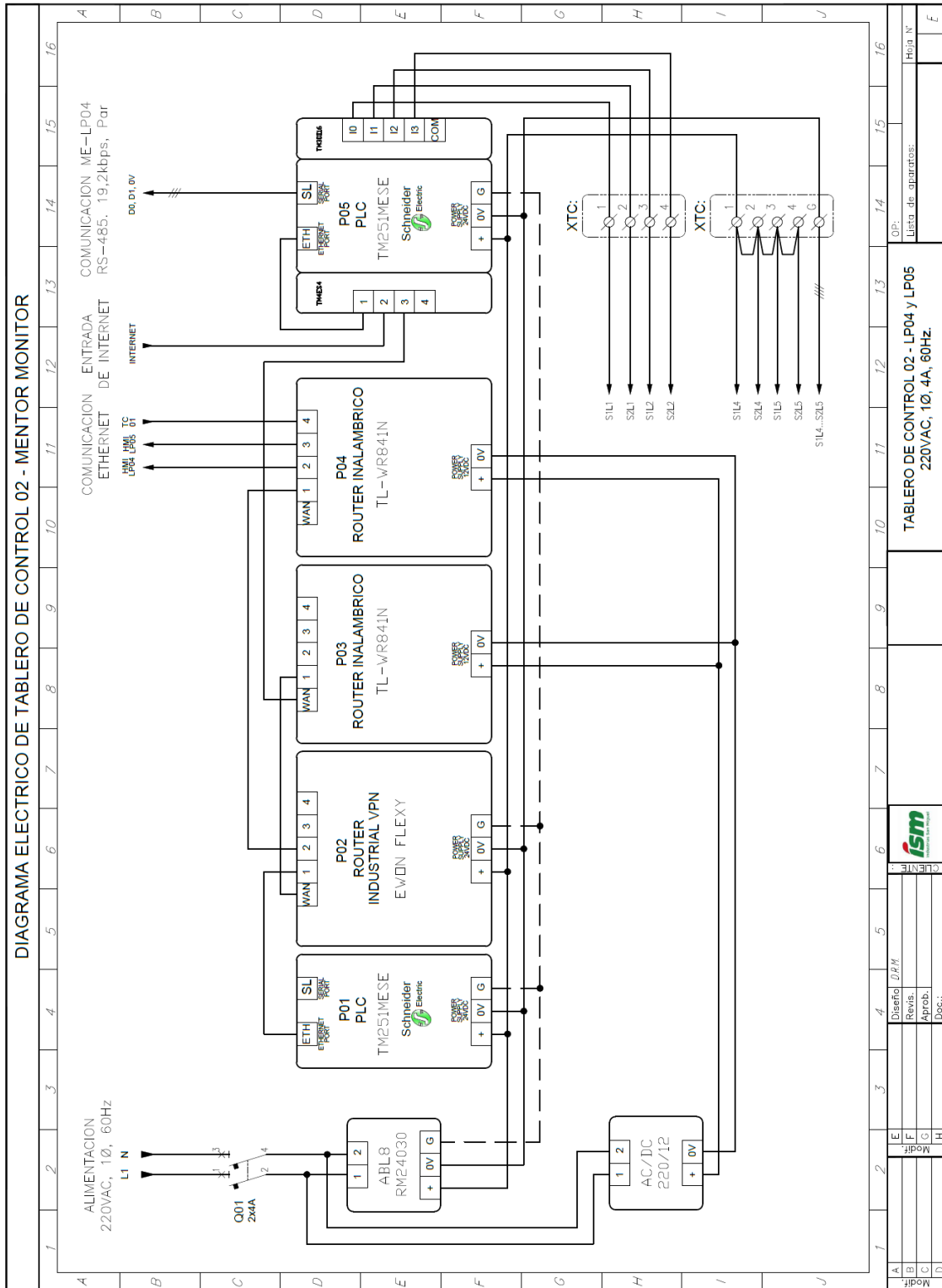




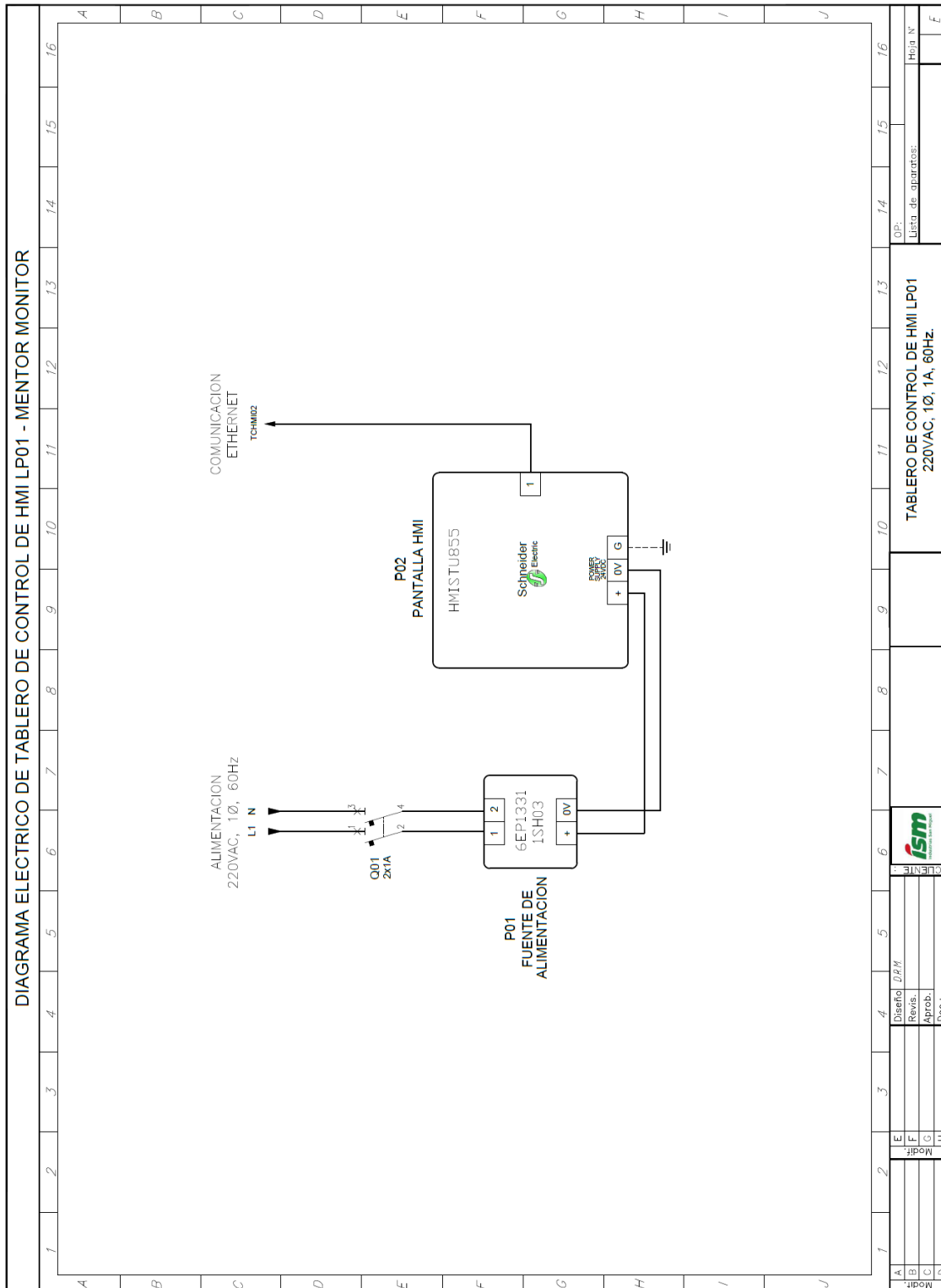
- Plano 11: TC01 – Tablero de Control 01



- Plano 12: TC02 – Tablero de Control 02

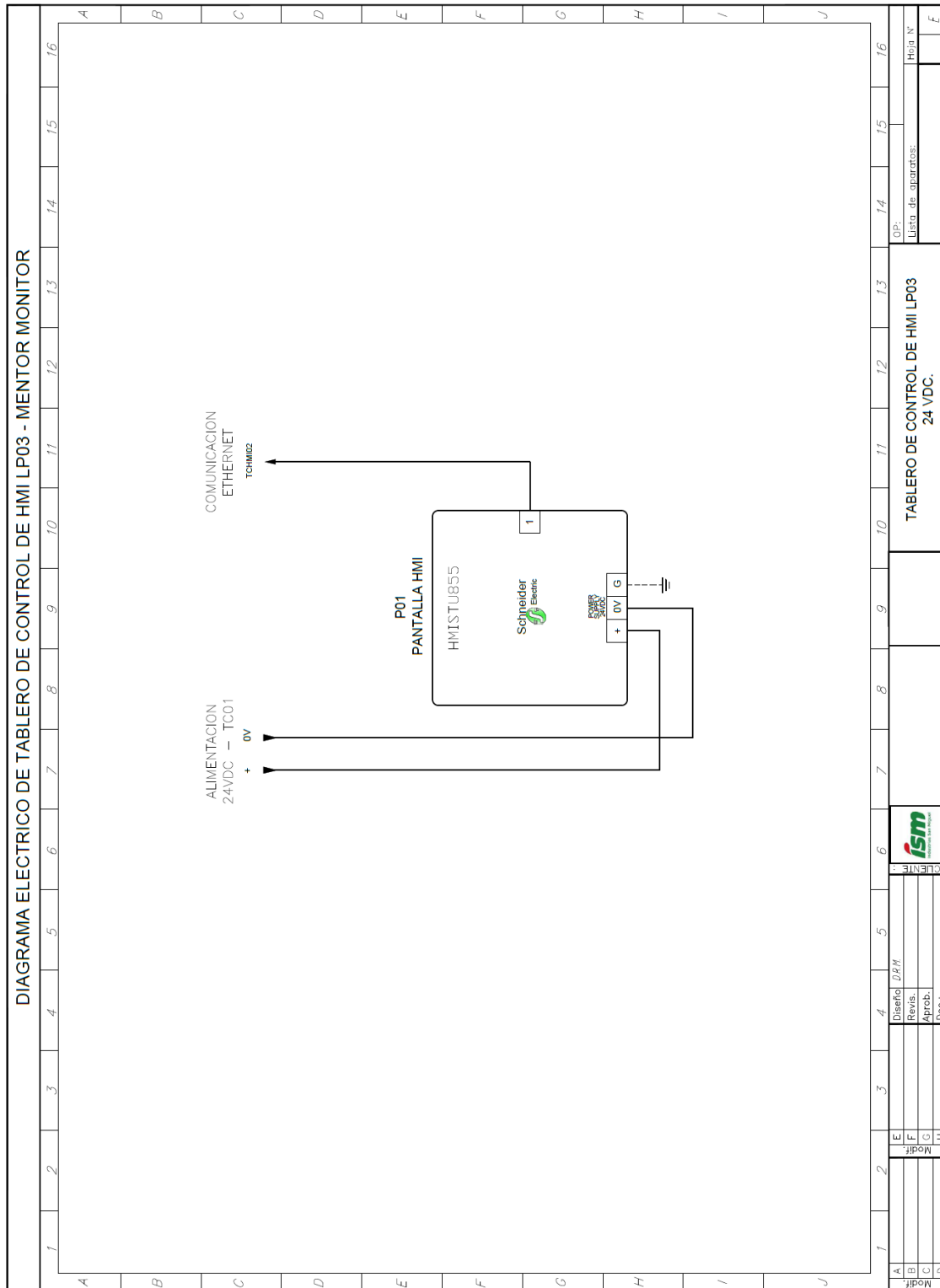


- Plano 13: HMI LP01 – Tablero de HMI Línea de Producción 01





- Plano 15: HMI LP03 – Tablero de HMI Línea de Producción 03







- Plano 18: Arquitectura Electrónica Total (Tamaño A0)



## ANEXO 2 – Presupuesto del proyecto

EQUIPOS Y MATERIALES						
Nro.	Cant.	Referencia	Descripción	P. Lista	P. Unitario	P. Total
1	2	TM251MESE	Controlador Lógico Modicon M251	S/. 1,520.00	S/. 1,094.40	S/. 2,188.80
2	1	HMIGTO2310	Pantalla Táctil Avanzada 680x400 píxeles, QVGA, 5.7" TFT	S/. 3,426.30	S/. 2,466.94	S/. 2,466.94
3	1	EGX300	Pasarela Ethernet Web Server EGX300	S/. 3,365.00	S/. 2,422.80	S/. 2,422.80
4	1	TM3DI16	Módulo TM3 de 16 Entradas Digitales	S/. 590.00	S/. 424.80	S/. 424.80
5	1	TM4ES4	Módulo M241/M251 Switch 4 Puertos Ethernet	S/. 550.00	S/. 396.00	S/. 396.00
6	1	TM221CE40T	Controlador Lógico Modicon M221 24DI + 16DO + 2AI	S/. 1,625.00	S/. 1,170.00	S/. 1,170.00
7	4	HMISTU855	Pantalla HMI Simple 65K colores, 320x240 píxeles, 5.7"	S/. 2,585.80	S/. 1,861.78	S/. 7,447.10
8	1	FLEXY 201	eWON FLEXY Router LAN VPN Industrial Modular	-	S/. 4,110.00	S/. 4,110.00
9	1	FLX3101	eWON Flexy Tarjeta de Extensión, Ethernet WAN 10/100 Mb	-	S/. 1,190.19	S/. 1,190.19
10	4	ZR-QX200N	Foto Sensor Retro Reflectivo NPN, Cable 2M + Reflector	-	S/. 220.34	S/. 881.36
11	2	SM312W	Sensor Fotoeléctrico Difuso Convertible - Banner	-	S/. 700.00	S/. 1,400.00
12	4	T18SN6LQ	Foto Sensor Retro Reflectivo NPN, Cable 2M + Reflector	-	S/. 700.00	S/. 2,800.00
13	1	ABL8REM24030	Fuente Conmut. Modular 3.0A 24VDC 72W	S/. 581.80	S/. 418.90	S/. 418.90
14	1	ABL7RM24025	Fuente Conmut. Modular 2.5A 24VDC 60W	S/. 483.40	S/. 348.05	S/. 348.05
15	1	ABL8MEM24012	Fuente Conmut. Modular 1.2A 24VDC 30W	S/. 279.00	S/. 200.88	S/. 200.88
16	3	6EP1331-1SH03	Fuente de Alimentación LOGO 15W	-	S/. 161.70	S/. 485.10
17	1	A9F74201	Interruptor Termomagnético 2 x 1A	S/. 111.00	S/. 79.92	S/. 79.92
18	2	A9F74202	Interruptor Termomagnético 2 x 2A	S/. 111.00	S/. 79.92	S/. 159.84
19	3	A9F74204	Interruptor Termomagnético 2 x 4A	S/. 111.00	S/. 79.92	S/. 239.76
20	1	138993	Interruptor Termomagnético 2 x 2A - Eaton	S/. 100.00	S/. 72.00	S/. 72.00
21	2	TL-WR841N	Router Inalámbrico N 300Mbps	-	S/. 56.78	S/. 113.56
22	2	TL-WR840N	Router Inalámbrico N 300Mbps	-	S/. 59.32	S/. 118.64
23	1	TL-SF1008D	Switch de 8 puertos Ethernet - TP-LINK	-	S/. 40.00	S/. 40.00
24	1	METSEPM5110	Medidor de Energía Multifunción PM5110	S/. 2,189.00	S/. 1,576.08	S/. 1,576.08
25	2	M55911	Medidor de Energía Multifunción Circutor CVM-C10	S/. 667.08	S/. 520.32	S/. 1,040.64

26	4	METSECT5MC050	Transformador de Corriente de núcleo cerrado 500/5A	S/. 118.00	S/. 84.96	S/. 339.84
27	2	M70335	Transformador de Corriente de núcleo cerrado 600/5A	S/. 83.78	S/. 60.32	S/. 120.64
28	2	M70134	Transformador de Corriente de núcleo partido 500/5A	S/. 300.56	S/. 216.40	S/. 432.81
29	56	NSYTRV22	Bornera Universal 2.5mm2	S/. 3.00	S/. 2.16	S/. 120.96
30	20	NSYTRV24D	Bornera tipo tornillo 2 pisos Universal 2.5mm2	S/. 7.00	S/. 5.04	S/. 100.80
31	18	NSYTRV42SF5	Borneras tipo tornillo porta fusibles	S/. 15.40	S/. 11.09	S/. 199.58
32	16	NSYTRAABV35	Tope para borneras de 2.5 a 240mm2	S/. 4.60	S/. 3.31	S/. 52.99
33	8	NSYTRAC22	Placa terminal para bornera	S/. 1.00	S/. 0.72	S/. 5.76
34	5	NSYTRACE24	Placa terminal para bornera de 2 pisos	S/. 3.60	S/. 2.59	S/. 12.96
35	5	NSYTRAP22	Placa de separación para bornera	S/. 2.10	S/. 1.51	S/. 7.56
36	8	NSYTRAL210	Puente de unión para 10 polos	S/. 15.70	S/. 11.30	S/. 90.43
37	2	NSYCRN64200	Tablero mural de acero IP66 600x400x200mm	S/. 309.00	S/. 222.48	S/. 444.96
38	2	NSYMM64	Placa de Montaje Metálica para Tablero	S/. 56.30	S/. 40.54	S/. 81.07
39	4	NSYCRN325200	Tablero mural de acero IP66 300x250x200mm	S/. 199.00	S/. 143.28	S/. 573.12
40	4	NSYMM3025	Placa de Montaje Metálica para Tablero	S/. 15.80	S/. 11.38	S/. 45.50
41	1	TXP-325	Tablero de PVC de 300x250x140mm - TIBOX	-	S/. 250.00	S/. 250.00
42	400	Metros	Cable UTP Cat. 6 - 3M	-	S/. 1.69	S/. 676.00
43	4	Rollos	Cable GPT 18 AWG	-	S/. 50.00	S/. 200.00
44	600	Metros	Cable de Instrumentación Apantallado de 3x18 AWG	-	S/. 5.00	S/. 3,000.00
45	1	Glb	Otros Materiales: Conectores, Cintas Aislantes, Cintillos, Numeradores, Canaletas, Riel DIN, Pernos, Soportes, etc.	-	S/. 1,694.92	S/. 1,694.92
					SUBTOTAL	S/. 40,241.27
					I.G.V.	S/. 7,243.43
					TOTAL I.G.V.	S/. 47,484.70

## ANEXO 3 – Hojas técnicas de los equipos y materiales

- 6EP1331-1SH03 – Datasheet – Fuente de alimentación 1.2A/24VDC

# SIEMENS

Data sheet

6EP1331-1SH03



LOGOPOWER 24 V/1.3 A  
LOGOPOWER 24 V/1.3 A STABILIZED POWER SUPPLY INPUT:  
100-240 V AC (110-300 V DC) OUTPUT: 24 V/1.3 A DC

Input	
Input	1-phase AC or DC
Rated voltage value $V_{in}$ rated	100 ... 240 V
Voltage range AC	85 ... 264 V
Input voltage	
• for DC	110 ... 300 V
Wide-range input	Yes
Overvoltage resistance	$2.3 \times V_{in}$ rated, 1.3 ms
Mains buffering at $I_{out}$ rated, min.	40 ms; at $V_{in} = 187$ V
Rated line frequency	50 ... 60 Hz
Rated line range	47 ... 63 Hz
Input current	
• at rated input voltage 120 V	0.7 A
• at rated input voltage 230 V	0.35 A
Switch-on current limiting (+25 °C), max.	25 A
$I^2t$ , max.	0.8 A <sup>2</sup> ·s
Built-in incoming fuse	internal
Protection in the mains power input (IEC 898)	Recommended miniature circuit breaker: from 16 A characteristic B or from 10 A characteristic C
Output	
Output	Controlled, isolated DC voltage
Rated voltage $V_{out}$ DC	24 V
Total tolerance, static $\pm$	3 %
Static mains compensation, approx.	0.1 %
Static load balancing, approx.	1.5 %

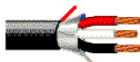
- 1036A – Datasheet – Cable de instrumentación apantallado de 3x18AWG

Detailed Specifications & Technical Data



METRIC MEASUREMENT VERSION

1036A Triad - 300V Power-Limited Tray Cable



For more Information  
please call

1-800-Belden1



General Description:

18 AWG triads stranded (7x26) bare copper conductors, twisted triads, PVC insulation, overall Beldfoil shield (100% coverage), PVC jacket.

Physical Characteristics (Overall)

Conductor

AWG:

# Triads	AWG	Stranding	Conductor Material
1	18	7x26	BC - Bare Copper

Total Number of Conductors: 3

Insulation

Insulation Material:

Insulation Material	Wall Thickness (mm)
PVC - Polyvinyl Chloride	0.406

Insulation Color Code Chart:

Number	Color
1	Black & White & Red

Outer Shield

Outer Shield Material:

Outer Shield Trade Name	Type	Outer Shield Material	Coverage (%)
Beldfoil®	Tape	Aluminum Foil-Polyester Tape	100

Outer Shield Drain Wire AWG:

AWG	Stranding	Drain Wire	Conductor Material
20	7x28	TC - Tinned Copper	

Outer Jacket

Outer Jacket Material:

Outer Jacket Material	Nom. Wall Thickness (mm)
PVC - Polyvinyl Chloride	0.9398

Outer Jacket Ripcord: Yes

Overall Cable

Overall Nominal Diameter: 6.375 mm

Mechanical Characteristics (Overall)

Operating Temperature Range: -30°C To +105°C

Bulk Cable Weight: 61.909 Kg/Km

Max. Recommended Pulling Tension: 361.194 N

Min. Bend Radius/Minor Axis: 25.400 mm

Applicable Specifications and Agency Compliance (Overall)

Applicable Standards & Environmental Programs

NEC(UL) Specification:	CMG, ITC-ER, PLTC-ER
CEC(CUL) Specification:	CMG
AWM Specification:	UL Style 2464 (300 V 80°C)
EU Directive 2011/65/EU (ROHS II):	Yes
EU CE Mark:	Yes
EU Directive 2000/53/EC (ELV):	Yes
EU Directive 2002/95/EC (RoHS):	Yes
EU RoHS Compliance Date (mm/dd/yyyy):	04/01/2005
EU Directive 2002/96/EC (WEEE):	Yes

- A9F74204 – Datasheet – Interruptor termomagnético de 2x4A

Product data sheet  
Characteristics

A9F74204

miniature circuit breaker - iC60N - 2 poles - 4 A  
- C curve



Main

Circuit breaker application	Distribution
Range of product	IC60
Device short name	IC60N
Poles description	2P
Number of protected poles	2
[In] rated current	4 A
Network type	AC DC
Trip unit technology	Thermal-magnetic
Curve code	C
Utilisation category	Category A conforming to EN 60947-2 Category A conforming to IEC 60947-2
Suitability for isolation	Yes conforming to EN 60898-1 Yes conforming to EN 60947-2 Yes conforming to IEC 60898-1 Yes conforming to IEC 60947-2

Complementary

Network frequency	50/60 Hz
[Ue] rated operational voltage	100...130 V AC 50/60 Hz 12...60 V AC 50/60 Hz 220...240 V AC 50/60 Hz 380...415 V AC 50/60 Hz 400 V AC 50/60 Hz 440 V AC 50/60 Hz 12...144 V DC
Magnetic tripping limit	8 x In +/- 20 %
Breaking capacity	50 kA Icu conforming to EN 60947-2 - 100...130 V AC 50/60 Hz 50 kA Icu conforming to EN 60947-2 - 12...60 V AC 50/60 Hz 50 kA Icu conforming to EN 60947-2 - 220...240 V AC 50/60 Hz 50 kA Icu conforming to EN 60947-2 - 380...415 V AC 50/60 Hz 50 kA Icu conforming to IEC 60947-2 - 100...130 V AC 50/60 Hz 50 kA Icu conforming to IEC 60947-2 - 12...60 V AC 50/60 Hz 50 kA Icu conforming to IEC 60947-2 - 220...240 V AC 50/60 Hz 50 kA Icu conforming to IEC 60947-2 - 380...415 V AC 50/60 Hz 6000 A Icn conforming to EN 60898-1 - 400 V AC 50/60 Hz 6000 A Icn conforming to IEC 60898-1 - 400 V AC 50/60 Hz 25 kA Icu conforming to EN 60947-2 - 440 V AC 50/60 Hz 25 kA Icu conforming to IEC 60947-2 - 440 V AC 50/60 Hz 6 kA Icu conforming to EN 60947-2 - 12...144 V DC 6 kA Icu conforming to IEC 60947-2 - 12...144 V DC
[Ics] rated service breaking capacity	50 kA 100 % x Icu conforming to EN 60947-2 - 100...130 V AC 50/60 Hz 50 kA 100 % x Icu conforming to EN 60947-2 - 12...60 V AC 50/60 Hz 50 kA 100 % x Icu conforming to EN 60947-2 - 220...240 V AC 50/60 Hz 50 kA 100 % x Icu conforming to IEC 60947-2 - 100...130 V AC 50/60 Hz 50 kA 100 % x Icu conforming to IEC 60947-2 - 12...60 V AC 50/60 Hz 50 kA 100 % x Icu conforming to IEC 60947-2 - 220...240 V AC 50/60 Hz 6 kA 100 % x Icu conforming to EN 60947-2 - 12...144 V DC 50 kA 100 % x Icu conforming to EN 60947-2 - 380...415 V AC 50/60 Hz 25 kA 100 % x Icu conforming to EN 60947-2 - 440 V AC 50/60 Hz 6 kA 100 % x Icu conforming to IEC 60947-2 - 12...144 V DC 50 kA 100 % x Icu conforming to IEC 60947-2 - 380...415 V AC 50/60 Hz 25 kA 100 % x Icu conforming to IEC 60947-2 - 440 V AC 50/60 Hz
Limitation class	3 conforming to EN 60898-1 3 conforming to IEC 60898-1
[Ui] rated insulation voltage	500 V AC 50/60 Hz conforming to EN 60947-2 500 V AC 50/60 Hz conforming to IEC 60947-2

Nov 26, 2012

Schneider  
Electric

1

The information provided in this documentation contains general descriptions and/or technical characteristics of the products contained herein. The documentation is not intended as a substitute for and is not to be used for determining suitability or reliability of these products for specific user applications. It is the duty of any such user or integrator to perform the appropriate and complete risk analysis, evaluation and testing of the products with respect to the relevant specific application or use thereof. Neither Schneider Electric Industries SAS nor any of its affiliates or subsidiaries shall be responsible or liable for misuse of the information contained herein.

- CVM-C10 – Datasheet – Medidor de energía Circutor

## CVM-C10

### Analizador de redes para panel



#### Descripción

El **CVM-C10** es un analizador de redes para panel (96 x 96 mm) con registro de energías. Compacto y versátil con medida en 4 cuadrantes (consumo y generación). Adecuado para instalaciones de Media o Baja Tensión, tanto en circuitos trifásicos a 3 ó 4 hilos, bifásicos con o sin neutro, monofásicos o conexiones ARON.

#### Características de visualización e interfaz:

- Teclado táctil retroiluminado (capacitivo)
- Visualización analógica para los parámetros instantáneos (potencia, máxima potencia alcanzada y  $\cos \varphi$  o FP)
- Display retroiluminado
- Indicador LED de alarma

#### Aplicaciones

- Obtención del consumo de energía de tres procedencias distintas: red, grupo electrógeno o sistema de generación fotovoltaico.
- Generación de una señal de impulso relacionada con el coste, emisión de  $\text{kgCO}_2$  o ahorro conforme al consumo o generación de energía.
- Selección de tarifas a través de las entradas digitales. Ideal para calcular costes en tres turnos diferentes de trabajo.
- Programación de alarmas sobre cualquier parámetro instantáneo medido o calculado. Configurable en parámetro Low/High, histéresis (%), NO/NC, retardo de conexión/desconexión y enclavamiento.

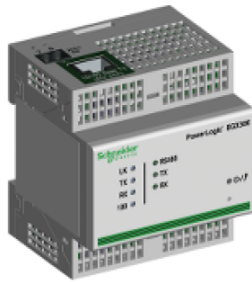
#### Características técnicas

<b>Circuito de alimentación</b>	Tensión alimentación	85...265 Vc.a. / 95...300 Vc.c. 20...120 Vd.c. (opcional)
<b>Circuito de medida</b>	Tensión	300 Vc.a. f-n / 520 Vc.a. f-f
	Frecuencia	50...60 Hz
	Corriente	<b>ITF</b> ... /5 A ó .../1 A <b>MC</b> ... /250 mA .../333 mV
<b>Clase precisión</b>	Muestreo	64 muestras/ciclo
	V, I, Potencia	0,5%
	Energía Activa	1% (Clase 1)
<b>Visualización de armónicos hasta</b>	Energía Reactiva	2% (Clase 2)
	V, A	31°
<b>Comunicaciones</b>	Protocolo	RS-485 Modbus/RTU
	Velocidad	9600, 19200, 38400
	Bit, paridad, stop	8, n, 1
	<b>Salidas</b>	2 salidas digitales
	2 salidas a relé	Max / Min / No/NC / Histéresis / Enclavamiento 250 Vc.a., 6 A
<b>Entradas</b>	2 entradas digitales	Selección de tarifa o alarmas externas NPN, optoacopladas
<b>Características constructivas</b>	Envolvente	Plástico VO autoextinguible
	Grado protección	Frontal: IP 65 Trasera: IP 31
	Dimensiones	96,7 x 96,7 x 63,4 mm
<b>Condiciones ambientales</b>	Temperatura de uso	-10...+50 °C
	Humedad relativa	5 ... 95%
	Altitud máxima	2000 m
<b>Seguridad</b>	Clase III según EN 61010 Protección frente a choque eléctrico por doble aislamiento Clase II	
<b>Normas</b>	<b>BSEN 61000-6-4, BSEN-61000-6-2, IEC 61000-6-2, IEC 61000, IEC 61000-4-3, IEC 610004-11, IEC 61000-4-4, IEC 610004-5, Medida según MID, de acuerdo con UL.</b>	

- EGX300 – Datasheet – Pasarela de comunicación Schneider-Electric

Product data sheet  
Characteristics

EGX300  
SEMS - Ethernet gateway with embeded server  
for configuration



Main

Device short name	EGX300
Product or component type	Gateway module
Device application	Gateway Server
Range compatibility	Compact MasterPact PowerPact

Complementary

Communication network type	RS232/485, Modbus RTU and ASCII even/odd or none parity, at 38400/57600 bauds on SUB-D 9 RS232/485, PowerLogic (SY/MAX) even/odd or none parity, at 38400/57600 bauds on SUB-D 9 RS232/485, JBUS even/odd or none parity, at 38400/57600 bauds on SUB-D 9 Ethernet, HTTP on RJ45 Ethernet, Modbus TCP/IP on RJ45 Ethernet, FTP on RJ45 Ethernet, SNMP on RJ45 Ethernet, BOOTP (Bootstrap Protocol) on RJ45
Communication gateway	Ethernet/Fieldbus
Web server	Embedded
Mounting mode	By clips
Mounting support	35 mm DIN rail
Control type	By software
[Us] rated supply voltage	24 V DC
Power consumption in W	4 W
Product certifications	CUL UL 508 FCC Class A
Standards	EN 61000-4-2 EN 61000-4-8 EN 61000-6-2 EN 61000-4-5 EN 61000-4-3 EN/IEC 60950

Dec 09, 2017

Life is On | Schneider  
Electric

1

Disclaimer: This documentation is not intended as a substitute for and is not to be used for determining suitability or reliability of these products for specific user applications

- eWON Flexy – Datasheet – Router VPN M2M Industrial



**Highlights**

- Flexible WAN interface: LAN, 2G, 3G, WiFi, ADSL, PSTN,...
- Flexible Field interface supporting numerous PLC protocols
- Easy to setup and use through embedded web pages
- Easy deployment using file transfer or SD card
- High performance for data processing
- Alarm management with notification (SMS, e-mail, FTP put or SNMP trap)
- Datalogging up to 1,000,000 points
- Robust industrial design (24 VDC, DIN Rail mounting)
- Temperature range: -25°C +70°C

**Typical Applications**

- Remote access
- Remote metering & monitoring
- Remote management

**PRODUCT DATA SHEET**

**INDUSTRIAL M2M ROUTER  
eWON Flexy 10X and 20x series**

Flexy 101/201



Flexy 102/202



Flexy 103/203



The eWON Flexy is the first modular Industrial M2M Router available on the market. It has been designed to satisfy the following key requirements:

- Flexible WAN, allowing a single product to address different Internet connectivity needs (Ethernet, WiFi, 3G, LTE,...) and securing the investment in case of technology shift (e.g. the move from 2G to 3G)
- Flexible Field, providing easy connection to a wide range of external devices, including various field protocols
- Flexible Apps, embedding alarms, datalogging, remote access, routing and web HMI applications with easy web-based configuration and programming tools for customization
- Flexible Price, from a low-end M2M gateway to address very simple facilities/sites, to a high-end M2M router for remote access to complex machines.

The eWON Flexy is fully compliant with Talk2M, the first industrial cloud connectivity service hosted by eWON on multiple servers worldwide, and with eFive, a VPN server appliance, for real-time control applications.



[www.ewon.biz](http://www.ewon.biz)



- HMIGTO2310 – Datasheet – Pantalla HMI avanzada

Product data sheet  
Characteristics

HMIGTO2310  
advanced touchscreen panel 320 x 240 pixels  
QVGA- 5.7" TFT - 96 MB



Main

Range of product	Magelis GTO
Product or component type	Advanced touchscreen panel
Display colour	65536 colours
Display size	5.7 inch
Supply	External source
Battery type	Lithium battery for internal RAM, autonomy: 100 days, charging time = 5 d, battery life = 10 yr

Complementary

Terminal type	Touchscreen display
Display type	Backlit colour TFT LCD
Display resolution	320 x 240 pixels QVGA
Touch sensitive zone	1024 x 1024
Touch panel	Resistive film, 1000000 cycles
Backlight lifespan	50000 hours (white) at 25 °C
Brightness	16 levels - control by software 16 levels - control by touch panel
Character font	ASCII (European characters) Chinese (simplified Chinese) Japanese (ANK, Kanji) Korean Taiwanese (traditional Chinese)
[Us] rated supply voltage	24 V DC
Supply voltage limits	19.2...28.8 V
Inrush current	<= 30 A
Power consumption in W	<= 5 W (when backlight is dimmed) <= 4.5 W (when backlight is OFF) <= 6.5 W (when power is not supplied to external devices) <= 10.5 W
Local signalling	SD card LED (green)faded card is not inserted or is not being accessed SD card LED (green)steady card is inserted COM2 LED (yellow)faded no data transmission COM2 LED (yellow)steady data is being transmitted Status LED (clear)faded power supply (OFF) Status LED (red)steady power supply (ON) Status LED (orange)flashing software starting up Status LED (green)steady operating Status LED (green)steady offline
Software designation	Vijeo Designer configuration software >= V6.1
Memory description	96 MB flash (EPROM)
Data backed up	512 kB internal RAM (SRAM)
Data storage equipment	SDHC card <= 32 GB SD card <= 32 GB

The information provided in this document contains general descriptions and/or technical characteristics of the performance of the products contained herein. This documentation is not intended as a substitute for and is not to be used for determining suitability or reliability of these products for specific user applications. It is the duty of any such user or integrator to perform the appropriate and complete risk analysis, evaluation and testing of the products with respect to the relevant specific application or use thereof. Neither Schneider Electric Industries SAS nor any of its affiliates or subsidiaries shall be responsible or liable for misuse of the information contained herein.

May 15, 2012



1

- HMISTU855 – Datasheet – Pantalla HMI simple

Product data sheet  
Characteristics

HMISTU855  
touch panel screen 5"7 Color



Main

Range of product	Magelis STO & STU
Product or component type	Touch panel screen
Software designation	Vijeo Designer
Operating system	Magelis
Processor name	CPU ARM9

Complementary

Display size	5.7 inch
Display type	QVGA TFT colour touchscreen
Display colour	65536 colours
Pixel resolution	320 x 240 pixels
Touch panel	Analogue
Backlight lifespan	50000 hours
Brightness	16 levels
Character font	ASCII Chinese (simplified Chinese) Japanese (AN, Kanji) Korean Taiwanese (traditional Chinese)
[Us] rated supply voltage	24 V DC
Supply	External source
Supply voltage limits	20.4...28.8 V
Inrush current	<= 30 A
Power consumption	6.8 W
Number of pages	Limited by internal memory capacity
Processor frequency	333 MHz
Memory description	Application memory, 16 MB Back up of data, 64 kB
Integrated connection type	1 USB (V2.0) port mini B USB 1 USB (V2.0) port USB type A COM1 serial link female RJ45, transmission rate <= 115.2 kbits/s (RS232C/RS485) Power supply removable screw terminal block
Realtime clock	Access to the PLC real-time clock
Downloadable protocols	Modbus Modbus TCP/IP Third party protocols Uni-TE
Fixing mode	Ø 22 mm hole
Enclosure material	PC/PBT and PAA
Marking	CE
Height	129.15 mm
Width	163 mm
Depth	56.5 mm

The information provided in this documentation contains general descriptions and/or technical characteristics of the products contained herein. This documentation is not intended as a substitute for and is not to be used for determining suitability or reliability of these products for specific user applications. It is the duty of any such user or integrator to perform the appropriate and complete risk analysis, evaluation and testing of the products with respect to the relevant specific application or use thereof. Neither Schneider Electric Industries SAS nor any of its affiliates or subsidiaries shall be responsible or liable for misuse of the information contained herein.

Feb 16, 2011



- METSECT5MC050 – Datasheet – Transformador de corriente de núcleo cerrado

Product data sheet  
Characteristics

METSECT5MC050  
current transformer tropicalised DIN mount 500  
5 for bars 10x40 20x32 25x25



Main

Range	PowerLogic
Product name	CT
Product or component type	Current transformer
Secondary current	5 A
Accuracy class	Class 1 maximum power: 12 VA Class 0.5 maximum power: 10 VA
[In] rated current	500 A

Complementary

Current transformer type	Tropicalised for busbar and cable
Current transformer ratio	500/5
[Ith] conventional free air thermal current	30 kA
Dynamic withstand current	2.5 Ith
Safety factor	<= 5
[Ue] rated operational voltage	< 720 V AC at 50/60 Hz
[Ui] rated insulation voltage	3 kV
Mounting mode	By screws Insulated locking screw Clip-on
Mounting support	Busbar DIN rail Mounting plate
Width	41 mm inner 70 mm outside
Height	41 mm inner 95 mm outside
Depth	45 mm outside
Diameter	32 mm
Product weight	0.429 kg
[Uimp] rated impulse withstand voltage	3 kV
Electrical insulation class	Class B
Cable outer diameter	32 mm max
Opening of bars	40.5 x 10.5 32.5 x 20.5 25.5 x 25.5
Sealing	Without

Environment

Standards	VDE 0414 IEC 61869-2
Product certifications	CE EAC
IP degree of protection	IP20
Relative humidity	< 95 %
Ambient air temperature for operation	-25...60 °C

Sep 9, 2015



1

The information provided in this documentation contains general descriptions and/or technical characteristics of the performance of the products contained herein. This documentation is not intended as a substitute for and is not to be used for determining suitability or reliability of these products for specific user applications. It is the duty of any such user or integrator to perform the appropriate and complete risk analysis, evaluation and testing of the products with respect to the relevant specific application or use thereof. Neither Schneider Electric Industries SAS nor any of its affiliates or subsidiaries shall be responsible or liable for misuse of the information contained herein.

- METSEPM5110 – Datasheet – Medidor de energía Schneider-Electric

Product data sheet  
Characteristics

METSEPM5110  
PM5110 powermeter w modbus - upto 15th H -  
1DO 33alarms - flush mount



Main

Range of product	PowerLogic
Device short name	PM5110
Product or component type	Power meter

Complementary

Power quality analysis	Up to the 15th harmonic
Device application	Power monitoring
Type of measurement	Active and reactive power Energy Power factor Frequency Voltage Current
Supply voltage	125...250 V DC 100...415 V AC (45...65 Hz)
Network frequency	45...65 Hz
Power consumption in VA	10 VA at 415 V
Display type	Backlit LCD
Display resolution	128 x 128
Sampling rate	64 samples/cycle
Measurement current	10 mA...9 A
Analogue input type	Voltage (impedance 5 MOhm) Current (impedance 0.3 mOhm)
Measurement voltage	35...480 V AC 45...65 Hz between phases 20...277 V AC 45...65 Hz between phase and neutral
Number of inputs	3 current transformer
Measurement accuracy	± +/- 0.5 % voltage ± +/- 0.5 % current ± +/- 0.005 % power factor ± +/- 0.05 % frequency ± +/- 0.5 % apparent power ± +/- 0.5 % active power ± +/- 2 % reactive energy ± +/- 0.5 % active energy
Accuracy class	Class 2 (reactive energy according to IEC 62053-24) Class 0.5S (active energy according to IEC 62053-22)
Number of outputs	1 digital
Communication port protocol	RS485: 2 wires, 9.6, 19.2 and 38.4 kbauds, even/odd or none, insulation: 2500 V
Data recording	Min/Max of instantaneous values Time stamping
Mounting mode	Flush-mounted
Mounting support	Framework

The information provided in this documentation contains general descriptions and/or technical characteristics of the performance of the products contained herein. This documentation is not intended as a substitute for and is not to be used for determining suitability or reliability of these products for specific user applications. It is the duty of any such user or integrator to perform the appropriate and complete risk analysis, evaluation and testing of the products with respect to the relevant specific application or use thereof. Neither Schneider Electric Industries SAS nor any of its affiliates or subsidiaries shall be responsible or liable for misuse of the information contained herein.

Sep 20, 2013



1

- NSYCRN64200 – Datasheet – Tablero metálico mural 600x400x200 mm

Product data sheet  
Characteristics

**NSYCRN64200**  
Spacial CRN plain door w/o mount.plate.  
H600xW400xD200 IP66 IK10 RAL7035..



**Main**

Range	Spacial
Product name	Spacial CRN
Device application	Multi-purpose
Product or component type	Compact enclosure
Enclosure nominal height	600 mm
Enclosure nominal width	400 mm
Enclosure nominal depth	200 mm
Installation accessory type	Wall-mounting
Device composition	Lock 1 Door 1 Body 1 Cable gland plate 1
Door type	Plain
Mounting plate description	Without mounting plate

**Complementary**

Variant particularity	Sides made from a single folded section Back welded with double profile forming a protected sealed area
Number of doors	1 front face
Door opening side	Reversible 120 °
Lock type	3 mm double-bar lock
Type of gland plate	Standard
Accessibility for operation	Front
Removable parts	Door by hinges Cable gland plate by screws
Material	Steel for body
Surface finish	Epoxy-polyester powder
Colour	Grey RAL 7035
Standards	IEC 62208

Dec 10, 2017

Life is On | Schneider  
Electric

1

Disclaimer: This documentation is not intended as a substitute for and is not to be used for determining suitability or reliability of these products for specific user applications

- NSYCRN325200 – Datasheet – Tablero metálico mural 300x250x200 mm

Product data sheet  
Characteristics

NSYCRN325200

Spacial CRN plain door w/o mount.plate.  
H300xW250xD200 IP66 IK10 RAL7035..



Main

Range of product	Spacial CRN
Application	Multi-purpose
Category	Compact enclosure
Enclosure nominal height	300 mm
Enclosure nominal width	250 mm
Enclosure nominal depth	200 mm
Installation accessory type	Wall-mounting
Device composition	Lock 1 Door 1 Cable gland plate 1 Body 1
Door type	Plain
Mounting plate description	Without mounting plate

Complementary

Body type	Sides made from a single folded section Back welded with double profile forming a protected sealed area
Number of doors	1 front face
Door opening	Reversible 120 °
Lock type	3 mm double-bar lock
Type of gland plate	Standard
Accessibility for operation	Front
Removable parts	Cable gland plate by screws Door by hinges
Material	Steel for body
Surface finish	Epoxy-polyester powder
Colour	Grey RAL 7035
Standards	IEC 62208
Product certifications	CUL UL

Environment

IP degree of protection	IP66 conforming to IEC 60529
IK degree of protection	IK10 conforming to IEC 62262

Offer Sustainability

Sustainable offer status	Green Premium product
RoHS	Compliant - since 0940 - <a href="#">Schneider Electric declaration of conformity</a>
REACH	Reference not containing SVHC above the threshold
Product environmental profile	Available
Product end of life instructions	Need no specific recycling operations

Mar 9, 2013



1

The information provided in this documentation contains general descriptions and/or technical characteristics of the products contained herein. This documentation is not intended as a substitute for and is not to be used for determining suitability or reliability of these products for specific user applications. It is the duty of any such user or integrator to perform the appropriate and complete risk analysis, evaluation and testing of the products with respect to the relevant specific application or use thereof. Neither Schneider Electric Industries SAS nor any of its affiliates or subsidiaries shall be responsible or liable for misuse of the information contained herein.

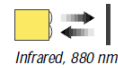
- SM312W – Datasheet – Sensor fotoeléctrico difuso convertible NPN/PNP

	<b>MINI-BEAM® SM312W and SM312DBZ</b> <i>Self-contained DC-operated Wide-angle Diffuse Mode Proximity Sensors</i>
--	--



- Compact, modulated, self-contained infrared wide-angle diffuse proximity mode sensors for 10-30V dc operation
- SM312W wide angle (divergent) diffuse mode sensor, 125 mm (5 in) range; Ideal for close-range sensing of transparent or translucent objects, or objects with small profile
- SM312DBZ: wide-angle diffuse mode sensor, 300 mm (12 in) range
- Both models have clear acrylic opto-element covers to meet FDA food-processing application requirements
- Switch-selectable for light operate or dark operate
- Includes Banner's exclusive **AID™** alignment system\*
- Highly-repeatable 1 millisecond response
- Both sourcing and sinking outputs (150 mA max. each); continuous overload and short-circuit protected
- Rugged, epoxy-encapsulated construction: meets NEMA standards 1, 2, 3, 3S, 4, 4X, 6, 12 and 13; IEC IP67

\*US patent number 4356393



MINI-BEAM Diffuse Mode Models						
Models	Range	Cable*	Supply Voltage	Output Type	Excess Gain	Beam Pattern
					Performance based on 90% reflectance white test card	
SM312DBZ SM312DBZQD	300 mm (12")	2 m (6.5') 4-Pin Euro QD	10-30V dc	Bipolar NPN/PNP		
SM312W SM312WQD	130 mm (5")	2 m (6.5') 4-Pin Euro QD	10-30V dc	Bipolar NPN/PNP		

\*NOTES:

- 9 m (30') cables are available by adding suffix "W/30" to the model number of any cabled sensor (e.g., SM312DBZ W/30).
- A 150 mm (6") long pigtail cable with attached QD connector is available by adding suffix "QDP" to the model number of any MINI-BEAM sensor (e.g., SM312DBZQDP). See page 5 for more information.
- A model with a QD connector requires an accessory mating cable. See page 6 for more information.
- May be ordered with 0.3 millisecond on/off response by adding suffix "MHS" to the model numbers (e.g., SM312DBZMHS). This modification reduces sensing range (and excess gain).

Phone: 800.894.0412 - Fax: 888.723.4773 - Web: www.clwr.com - Email: info@clwr.com

- TL-WR840N – Datasheet – Router inalámbrico

**TP-LINK®**

## 300Mbps Wireless N Router

### TL-WR840N

#### ⦿ Features:

- Wireless N speed up to 300Mbps makes it ideal for bandwidth consuming or interruption sensitive applications like video streaming, online gaming and VoIP
- Backward compatible with 802.11b/g products
- WDS wireless bridge provides seamless bridging to expand your wireless network
- Easily setup a WPA encrypted secure connection at a push of the WPS button
- Guest Network allows you to create a separate network to share safely with guests
- Bandwidth control allows administrators to determine how much bandwidth is allotted to each PC
- Parental control allows parents or administrators to establish restricted access policies for children or staff
- Supports virtual server, special application and DMZ host ideal for creating a website within your LAN
- Easy Setup Assistant provides quick & hassle free installation
- TP-LINK Tether App lets you manage your network with ease



#### ⦿ Description:

The 300Mbps Wireless N Router TL-WR840N is a combined wired/wireless network connection device designed specifically for small business and home office networking requirements. The TL-WR840N creates an exceptional and advanced wireless performance, making it ideal for streaming HD video, VoIP and online gaming. Also, Wi-Fi Protected Setup (WPS) button on the sleek and fashionable exterior ensures WPA2 encryptions, preventing the network from outside intrusions.

[www.tp-link.com](http://www.tp-link.com)

- TM3DI16 – Datasheet – Módulo de expansión de entradas digitales

Product data sheet  
Characteristics

TM3DI16  
module TM3 - 16 inputs



Main

Range of product	Modicon TM3
Product or component type	Discrete input module
Range compatibility	Modicon M221 Modicon M241 Modicon M251
Discrete input number	16 input conforming to IEC 61131-2 type 3
Discrete input logic	Sink or source (positive/negative)
Discrete input voltage	24 V
Discrete input current	7 mA for input

Complementary

Discrete I/O number	16
Current consumption	0 mA at 24 V DC via bus connector at state off 0 mA at 24 V DC via bus connector at state on 5 mA at 5 V DC via bus connector at state off 40 mA at 5 V DC via bus connector at state on
Discrete input voltage type	DC
Voltage state 1 guaranteed	15...28.8 V for input
Current state 1 guaranteed	>= 2.5 mA for input
Voltage state 0 guaranteed	0...5 V for input
Current state 0 guaranteed	<= 1 mA for input
Input impedance	3.4 kOhm
Response time	4 ms for turn-off 4 ms for turn-on
Local signalling	1 LED per channel green for input status
Electrical connection	Removable screw terminal block pitch 3.81 mm with 10 terminal(s) of 1.5 mm <sup>2</sup> connection capacity for inputs
Cable length	<= 50 m unshielded cable cable for regular input
Insulation	Non-insulated between inputs 500 V AC between input and internal logic
Marking	CE
Mounting support	Plate or panel with fixing kit Top hat type TH35-7.5 rail conforming to IEC 60715 Top hat type TH35-15 rail conforming to IEC 60715
Height	70 mm
Depth	84.6 mm
Width	27.3 mm
Product weight	0.1 kg

The information provided in this documentation contains general descriptions and/or technical characteristics of the performance of the products contained herein. This documentation is not intended as a substitute for and is not to be used for determining suitability or reliability of these products for specific user applications. It is the duty of any such user or integrator to perform the appropriate and complete risk analysis, evaluation and testing of the products with respect to the relevant specific application or use thereof. Neither Schneider Electric Industries SAS nor any of its affiliates or subsidiaries shall be responsible or liable for misuse of the information contained herein.

Aug 11, 2014



1

- TM4ES4 – Datasheet – Módulo de comunicación Ethernet

Product data sheet  
Characteristics

TM4ES4  
module network TM4 4 Ethernet switches



Main

Commercial Status	Commercialised
Product or component type	Ethernet unmanaged switch

Complementary

Range compatibility	Modicon M241 Modicon M251
Product compatibility	Modicon M251 logic controller Modicon M241 logic controller
Current consumption	360 mA at 5 V DC for communication bus
Integrated connection type	4 RJ45 Ethernet
Transmission rate	10/100 Mbit/s
Port Ethernet	10BASE-T/100BASE-TX - 4 port(s) copper cable
Web services	Web server
Communication service	FTP SNMP DHCP client Modbus TCP server Modbus TCP client IEC VAR ACCESS Modbus TCP slave device Ethernet/IP slave device NGVL Programming Downloading Updating firmware Monitoring
Maximum number of connections	16 Ethernet/IP device 8 Modbus server
Communication port protocol	SNMP TCP (Transmission Control Protocol) UDP (User Datagram Protocol) Ethernet IP/Modbus TCP
Redundancy	No
Local signalling	1 LED per channel green for Ethernet port activity 1 LED per channel green/yellow for Ethernet link 1 LED green for PWR
Electrical connection	Screw connector - terminal for connecting the functional ground RJ45 - 4 connectors for connecting Ethernet network
Marking	CE

The information provided in this documentation contains general descriptions and/or technical characteristics of the performance of the products contained herein. This information is not intended as a substitute for and is not to be used for determining suitability or reliability of these products for specific user applications. Users should consult the applicable literature and specifications of the products and contact Schneider Electric for more information. Neither Schneider Electric Industries SAS nor any of its affiliates or subsidiaries shall be responsible or liable for misuse of the information contained herein.

Aug 28, 2015



1

- TM221CE40T – Datasheet – PLC Schneider-Electric Modicon M221

Product data sheet  
Characteristics

TM221CE40T  
controller M221 40 IO transistor PNP Ethernet



Main

Range of product	Modicon M221
Product or component type	Logic controller
[Us] rated supply voltage	24 V DC
Discrete input number	24 discrete input conforming to IEC 61131-2 Type 1 including 4 fast input
Analogue input number	2 at input range: 0...10 V
Discrete output type	Transistor
Discrete output number	16 transistor including 2 fast output
Discrete output voltage	24 V DC
Discrete output current	0.5 A

Complementary

Discrete I/O number	40
Number of I/O expansion module	<= 7 with <= 60 discrete output(s) for relay output
Supply voltage limits	19.2...28.8 V
Inrush current	<= 35 A
Power consumption in W	<= 17 W at 24 V
Discrete input logic	Sink or source (positive/negative)
Discrete input voltage	24 V
Discrete input voltage type	DC
Analogue input resolution	10 bits
LSB value	10 mV
Conversion time	1 ms per channel + 1 controller cycle time for analog input
Permitted overload on inputs	+/- 15 V DC for analog input permanent +/- 30 V DC for analog input with 5 min maximum
Voltage state 1 guaranteed	>= 15 V for input
Current state 1 guaranteed	>= 2.5 mA for input
Voltage state 0 guaranteed	<= 5 V for input
Current state 0 guaranteed	<= 1 mA for input
Discrete input current	7 mA for input
Input impedance	100 kOhm for analog input 3.4 kOhm for discrete input
Response time	10 ms turn-off operation for output 10 ms turn-on operation for output 5 µs turn-off operation for fast input 5 µs turn-on operation for fast input 100 µs turn-off operation for input; I8...I15 terminal 100 µs turn-on operation for input; I8...I15 terminal 35 µs turn-off operation for input; I2...I5 terminal 35 µs turn-on operation for input; I2...I5 terminal
Configurable filtering time	12 ms for input 3 ms for input 0 ms for input
Discrete output logic	Positive logic (source)
Output frequency	0.1 kHz at Q2...Q15 terminal 100 kHz for fast output (PWM/PLS mode) at Q0...Q1 terminal
Absolute accuracy error	+/- 1 % of full scale for analog input
Leakage current	0.1 mA for transistor output
Voltage drop	<= 1 V
Mechanical durability	>= 20000000 cycles for transistor output

Aug 11, 2014

Schneider  
Electric

1

The information provided in this documentation contains general descriptions and/or technical characteristics of the performance of the products contained herein. It is the duty of any such user or integrator to perform the appropriate and complete risk analysis, evaluation and testing of the products with respect to the relevant specific application or use thereof. Neither Schneider Electric Industries SAS nor any of its affiliates or subsidiaries shall be responsible or liable for misuse of the information contained herein.

- TM251MESE – Datasheet – PLC Schneider-Electric Modicon M251

*Product datasheet  
Characteristics*

**TM251MESE**  
controller M251 2x Ethernet



**Main**

Range of product	Modicon M251
Product or component type	Logic controller
[Us] rated supply voltage	24 V DC

**Complementary**

Number of I/O expansion module	7 with local I/O architecture 14 with remote I/O architecture
Supply voltage limits	20.4...28.8 V
Inrush current	<= 50 A
Power consumption in W	32.6...40.4 W
Memory capacity	8 MB program 64 MB system memory RAM
Data backed up	128 MB built-in flash memory for backup of user programs
Data storage equipment	<= 32 GB SD card optional
Battery type	BR2032 lithium non-rechargeable, battery life: 4 yr
Backup time	2 years at 25 °C
Execution time for 1 KInstruction	0.3 ms event and periodic task 0.7 ms other instruction
Execution time per instruction	0.022 µs
Application structure	8 event tasks 4 cyclic master tasks 3 cyclic master tasks + 1 freewheeling task 8 external event tasks
Realtime clock	With
Clock drift	<= 60 s/month at 25 °C
Integrated connection type	USB port with mini B USB 2.0 connector Non isolated serial link "serial" with RJ45 connector; physical interface: RS232/RS485 Dual-port "Ethernet 1" with RJ45 connector Ethernet port "Ethernet 2" with RJ45 connector
Supply	5 V at 200 mA serial link supply with "serial" marking
Transmission rate	1.2...115.2 kbit/s (115.2 kbit/s by default) for bus length of 15 m - communication protocol: RS485 1.2...115.2 kbit/s (115.2 kbit/s by default) for bus length of 3 m - communication protocol: RS232 480 Mbit/s for bus length of 3 m - communication protocol: USB
Communication port protocol	USB port - USB protocol ; transmission frame: SoMachine-Network Non isolated serial link - Modbus protocol ; transmission frame: RTU/ASCII or SoMachine-Network with master/slave method
Port Ethernet	"Ethernet 1" marking 10BASE-T/100BASE-TX - 2 port copper cable "Ethernet 2" marking 10BASE-T/100BASE-TX - 1 port copper cable
Communication service	SNMP Modbus TCP I/O Scanner and Messaging DHCP client Modbus TCP server Modbus TCP client IEC VAR ACCESS Modbus TCP slave device Ethernet/IP slave device NGVL Programming

The information provided in this documentation contains general descriptions and/or technical characteristics of the performance of the products contained herein. This documentation is not intended as a substitute for and is not to be used for determining suitability or reliability of these products for specific user applications. It is the duty of any such user or integrator to perform the appropriate and complete risk analysis, evaluation and testing of the products with respect to the relevant specific application or use thereof. Neither Schneider Electric Industries S.A.S nor any of its affiliates or subsidiaries shall be responsible or liable for misuse of the information contained herein.

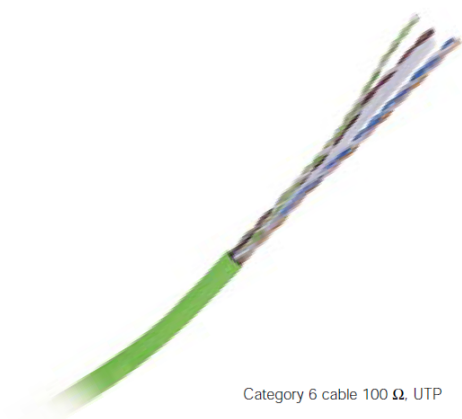


- VOL-6UL4-305 – Datasheet – Cable UTP categoría 6

**3M**

**Volition™**

## Category 6 cable 100 Ω, UTP



Category 6 cable 100 Ω, UTP

Belonging to the 3M™ Volition™ Network Solutions, this 350 MHz UTP Category 6 cable will deliver the best performance when used with the 3M™ RJ45 K6 jacks, to give highest margins over Category 6 / TIA/EIA 568 and ISO 11801 and EN 50173 Class E standards.

An integral cross separator structure ensures permanent stability of the physical structure for enhanced long term performance and reduced crushing risk at cable anchorage points.

The green sheath has length marking which is easy and convenient for the installer and gives a clear identification of cable and link lengths.

A polyester tape between the sheath and twisted pairs allows easier stripping.

As a 3M™ branded product, it offers 3M™ system identity for corporate and warranty approval.

### Applications

- IEEE 802.3-IEEE802.5
- FDDI
- ATM
- RNIS

### Standards

- EN 50288-1
- EN 50173
- ISO/IEC 11801
- TIA/EIA 568-B
- IEC 61156-5

### Flammability Performances

- |                              |             |
|------------------------------|-------------|
| Fire retardant               | IEC 60332-1 |
| Halogen free (LSOH versions) | IEC 60754-1 |

### Installation Characteristics

Maximum pulling tension (N)	90
Minimum bend radius during installation (mm): 55	
Minimum installed bend radius (mm)	27
Nominal weight	40 kg/km
Temperature rating (°C)	
Installation	0 to +50
Operation	-20 to +60

### Features

- Excellent electrical performance - tested to 350 MHz
- Length markings on the cable sheath
- Low smoke, zero halogen (LSOH) and PVC versions available

### Benefits

- Good headroom over Category 6 performance
- Installer friendly
- Solutions for all levels of fire protection

- ZR-QX200N – Datasheet – Sensor fotoeléctrico retro-reflectivo NPN

**OPTEX  
FA**

Photoelectric Sensor  
**Z SERIES**

- ZT-1200 □□□□-□
- ZR-350 □□□□-□
- ZD-70 □□□□-□
- ZD-L09 □□□□-□

INSTRUCTION MANUAL

- Confirm if the item meets your needs.
- Before the use, you should first thoroughly read this manual and operate correctly as mentioned.
- You should keep this manual at hand for proper use.

**SPECIFICATION**

	Through beam	Retro ref.	Diffused ref.	Limited range
Cable type	ZT 1200 (N,P) (D) (-B)	ZR-350 (N,P) (D) (-B)	ZD-70 (N,P) (-B)	ZD-L09 (N,P) (-B)
Connector type	ZT 1200C (N,P) (D) (-B)	ZR-350C (N,P) (D) (-B)	ZD-70C (N,P) (-B)	ZD-L09C (N,P) (-B)
Detecting distance	12m	3.5m	70cm	10-90mm
Supply voltage	DC10-30V Including ripple (P-P) 10%			
Current consumption	Sender : 20mA max.		20mA max.	
	Receiver : 15mA max.			
Response time	0.5ms max.			
Control output	NPN/PNP Open collector 100mA max./DC30V			
Operation mode	Light ON, Dark ON Selectable by switch/Dark ON fixed (depend on model)			
Sensitivity adjustment	1 turn volume/Not equipped (depend on model)			
Indicator	Output indicator (orange LED) / Stable indicator (green LED)			
Ambient temp./humidity	-25-55°C / 35-85%RH			
Protection category/material	IP67 / Case : ABS (glass included) Front cover : PMMA			

\* 'D' in the type : Sensitivity adjuster is not equipped and dark on fixed.  
 \* 'B' in the type : Without accessories. (bracket, reflector)

**INPUT AND OUTPUT CIRCUIT DIAGRAMS**

**NPN type**

**Through beam emitter**

**PNP type**

**Connector pin No.**

**ACCESSORIES**

- Standard reflector (for Retro-ref.)  
Detecting distance 3.5m Type : V-6 1
- Optional reflector  
Detecting distance 2m Type : V-4 2
- Optional reflector  
Detecting distance 1.2m Type : P-4 5

**DIMENSIONS**

(Unit mm)

**! Must not use this item as safety equipment for the purpose of human body protection.**

- Specifications and equipment are subject to change without any obligations on the part of manufacture.
- For more information, questions and comments regarding products, please contact us below.

Manufactured and sold by :  
**OPTEX FA CO., LTD.**  
 607-8085 Kyoto, Yamashina, Takehanadonomaicho 46-1, JAPAN  
 Tel : +81-(0)75-594-8123  
 Fax : +81-(0)75-594-8124  
 Website: <http://www.optex-fa.com>

#### ANEXO 4 – Programas de los PLC's

En el presente anexo se adjuntan los programas de los controladores lógicos programables y los proyectos de las pantallas HMI.

Nombre del Archivo	Equipo	Software	Descripción
Proyecto SIGER M221 – Final V12	PLC M221	SoMachine Basic V1.3	Programa que contiene los algoritmos de control de las líneas de producción 1, 2 y 3.
Integración M251 SIGER V3	PLC M251 y HMI STU855/ GTO2310	SoMachine V4.1 SP1.2	Programa que contiene los algoritmos de control y visualización de las líneas de producción 4 y 5.
Tesis M251 V6	PLC M251 Y HMI GTO6310	SoMachine V4.1 SP1.2	Programa que contiene los algoritmos de control de comunicaciones, procesamiento de datos y visualización para la publicación de resultados.
OEE_Linea_1	HMI STU855	Vijeo Designer V6.2	Proyecto de paneles de visualización de la HMI de la línea de producción 1

OEE_Linea_2	HMI STU855	Vijeo Designer V6.2	Proyecto de paneles de visualización de la HMI de la línea de producción 2
OEE_Linea_3	HMI STU855	Vijeo Designer V6.2	Proyecto de paneles de visualización de la HMI de la línea de producción 3

También se adjunta al anexo la descripción de cada línea de programación de los controladores lógicos programables.

Nombre del Archivo	Equipo	Software	Descripción
Programa M221	PLC M221	Microsoft Word 2016	Se explica a detalle los algoritmos de los POU: OEE, Paradas y Parámetros.
Programa M251	PLC M251	Microsoft Word 2016	Se explica a detalle los algoritmos de los POU: OEE, Paradas y Parámetros.