



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

EXTENSIÓN LATACUNGA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN.**

AUTORES: HERRERA PANCHI, GLADYS ROCÍO

CHECA LLAMBA, DIEGO FERNANDO

**TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA LA
INTEGRACIÓN Y EL MONITOREO DE DOCE MÁQUINAS DE HILADO EN
LA EMPRESA TEXTILES “LA ESCALA” UBICADA EN EL SECTOR
COTOCOLLAO DE LA CIUDAD DE QUITO.**

DIRECTOR: ING. JACQUELINE LLANOS

CODIRECTOR: ING. FRANKLIN SILVA

LATACUNGA, JUNIO 2014

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

CERTIFICADO

Ing. Jacqueline Llanos (Director)

Ing. Franklin Silva (Codirector)

CERTIFICAN

Que el trabajo titulado “Diseño e implementación de un sistema SCADA para la integración y el monitoreo de doce máquinas de hilado en la empresa textiles “La Escala” ubicada en el sector Cotocollao de la ciudad de Quito”, realizado por Gladys Rocío Herrera Panchi y Diego Fernando Checa Llamba. Ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

Debido a que constituye un trabajo de alto contenido de investigación, que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, si recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en forma portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a Gladys Rocío Herrera Panchi y Diego Fernando Checa Llamba que lo entregue al Ing. José Bucheli, en su calidad de Director de la Carrera.

Latacunga, 6 de Junio del 2014.

Ing. Jacqueline Llanos
DIRECTOR

Ing. Franklin Silva
CODIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Herrera Panchi Gladys Rocío
Checa Llamba Diego Fernando

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado “Diseño e implementación de un sistema SCADA para la integración y el monitoreo de doce máquinas de hilado en la empresa textiles “La Escala” ubicada en el sector Cotocollao de la ciudad de Quito”, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme a las citas ubicadas al final de cada párrafo, cuyas fuentes son incluidas en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, 6 de Junio del 2014

Gladys Rocío Herrera Panchi
C.C. 0503624439

Diego Fernando Checa Llamba
C.C. 0503358525

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

AUTORIZACIÓN

Nosotros, Gladys Rocío Herrera Panchi

Diego Fernando Checa Llamba

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo titulado “Diseño e implementación de un sistema SCADA para la integración y el monitoreo de doce máquinas de hilado en la empresa textiles “La Escala” ubicada en el sector Cotocollao de la ciudad de Quito”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad y autoría.

Latacunga, 6 de Junio del 2014.

Gladys Rocío Herrera Panchi
C.C. 0503624439

Diego Fernando Checa Llamba
C.C. 0503358525

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto a mis padres y hermanos por su cariño y apoyo, ellos son el motor de mi vida, los que me escuchan cuando lo necesito y corrigen cuando me equivoco, gracias por enseñarme lo más importante, los caminos de la vida, ya que sin ellos no hubiera conseguido una meta más en la vida, y a todos ellos que decidieron dedicarme su tiempo y me enseñaron lo poco que sé.

Diego

El esfuerzo y la dedicación al final tienen su recompensa por esta razón quiero dedicar este proyecto, símbolo de la finalización de mi carrera universitaria a mis padres quienes con sus consejos y apoyo me han sabido ayudar a cumplir cada una de mis metas, de manera especial quiero dedicar este proyecto a mi hermano quien en su momento supo apoyarme y guiarme pero ahora me da sus bendiciones desde el cielo y a quien agradezco mi afinidad a esta carrera.

Gladys

AGRADECIMIENTO

A mis maestros y guías Jacqueline Llanos y Franklin Silva, que me dedicaron su tiempo y ayuda durante este proyecto fin de carrera, además de haber sido unos excelentes profesores durante mis años de estudiante.

Al Ing. Diego Ortiz por su generosa y valiosa ayuda en los momentos más críticos del proyecto.

A Gladys Herrera por su confianza y apoyo sin los cuales este proyecto no hubiese salido adelante.

Diego

Agradezco a Dios por permitirme estar junto a mi familia y por darme la fortaleza necesaria para afrontar las adversidades.

A mis padres por el esfuerzo realizado en cada jornada de trabajo para darme la mejor educación y además por su excelente ejemplo ya que a ellos debo todo lo que ahora soy.

A la Ing. Jacqueline Llanos y al Ing. Franklin Silva por su acertada guía en el desarrollo de este proyecto.

A mi compañero en el desarrollo del proyecto Diego Checa por el gran trabajo realizado en equipo lo que nos llevó a culminar este trabajo con éxito.

Gladys

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICADO	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE ECUACIONES	xviii
RESUMEN	xix
ABSTRACT	xx
CAPÍTULO 1	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1 Sistemas SCADA	2
1.1.1 Necesidad de un Sistema SCADA	3
1.1.2 Requerimientos de un sistema SCADA	3
1.1.3 Esquema de un sistema SCADA	3
1.1.4 Elementos de un Sistema SCADA.	4
a. Hardware.	5
b. Software	6
1.2 Controladores Lógicos Programables.	6
1.2.1 Componentes de los PLC	7
1.2.2 Ventajas de los PLC´s	8
1.2.3 Marcas de controladores lógicos programables.	8
a. PLC Siemens.	8
b. Koyo	16
c. Allen Bradley	17
1.2.4 Módulo de entradas digitales SM1221.	18
1.3 Redes Industriales	19

1.3.1	Protocolos de comunicación industrial.	19
1.3.2	Protocolo Modbus.....	20
a.	Descripción del protocolo Modbus	20
b.	Estructura de la red Modbus.	21
c.	Modos de Transmisión Modbus.	22
d.	Modbus TCP/IP.....	23
1.4	Diseño de HMI para un Sistema SCADA.	25
1.4.1	Descripción de diseño de un HMI.....	26
1.4.2	Reglas para el diseño de interfaces	28
1.4.3	Consideraciones de diseño.	30
1.4.4	Tipos de Software utilizados para el desarrollo de HMI.....	34
a.	Labview.....	35
b.	InTouch.....	36
c.	WinCC.....	37
1.5	Descripción de la planta de hilado.....	38
1.5.1	Máquina continua de hilar RIETER G35.....	38
1.6	Bobinadoras Schlafhorst.	39
a.	Ventajas de las Bobinadoras Schlafhorst.....	40
1.7	Fuente de Voltaje Cabur XCSW121C	41
1.8	Eficiencia.....	42
CAPÍTULO 2		43
DISEÑO Y SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS		43
2.1	Parámetros de Diseño.....	43
2.2	Diseño del sistema.	44
2.2.1	Diseño del sistema SCADA.	44
2.2.2	Diseño del Sistema Eléctrico.....	45
2.2.3	Conexión Eléctrica.....	47
2.2.4	Diseño del HMI.....	48
a.	Botón acceso.	49
b.	Botón de gráficas.	49
c.	Botón de última parada.....	52
d.	Características.....	53

e. Detener.....	53
2.3 Selección de Elementos y Materiales.....	53
2.3.1 Selección del PLC.....	54
2.3.2 Selección de módulo de entradas digitales.....	56
2.3.3 Selección de Fuente.....	57
2.3.4 Selección de Relés.....	58
2.3.5 Selección del cable.....	59
2.3.6 Selección de Software.....	60
2.3.7 Selección de Computador.....	61
2.3.8 Selección de cable Ethernet.....	62
CAPÍTULO 3	64
CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN.....	64
3.1 Implementación del sistema eléctrico.....	64
3.1.1 Montaje del cableado.....	64
3.2 Montaje del rack de control.....	68
3.2.1 Conexión de la Fuente.....	69
3.3 Montaje del sistema de instrumentación.....	71
3.4 Configuración de la comunicación Modbus TCP en el PLC Siemens S7-1200.....	72
3.4.1 Crear nuevo Proyecto.....	72
3.4.2 Configuración de dispositivo.....	73
3.4.3 Asignación de IP al PLC.....	76
3.4.4 Cambio de direcciones de entradas digitales.....	76
3.4.5 Programación PLC en TIA Portal.....	79
3.5 Implementación del HMI.....	82
3.5.1 Configuración del maestro.....	83
3.5.2 Creación de VI.....	90
3.5.3 Acceder a las variables.....	92
3.5.4 Creación del programa principal y de los respectivos Sub VI....	93
CAPÍTULO 4	115
PRUEBAS Y RESULTADOS.....	115

4.1	Funcionamiento del sistema eléctrico y electrónico.	115
4.2	Funcionalidad del HMI.....	116
4.2.1	Verificación de datos.	118
4.2.2	Análisis de datos obtenidos.....	119
4.3	Análisis del impacto de la implementación del sistema SCADA.....	120
4.3.1	Análisis de resultados por período.	120
a.	Análisis del mes de febrero.....	121
b.	Análisis del mes de marzo.	124
c.	Análisis del mes de abril.	128
4.3.2	Análisis de resultados por modalidad.....	133
a.	Análisis de la modalidad A.	133
b.	Análisis de la modalidad B.	137
c.	Análisis de la modalidad C.....	141
4.3.3	Análisis económico.....	145
a.	Análisis económico del mes de febrero.....	146
b.	Análisis económico del mes de marzo.....	147
c.	Análisis económico del mes de abril.	147
d.	Análisis económico del mes de marzo modalidad A.	148
e.	Análisis económico del mes de marzo modalidad B.	148
f.	Análisis económico del mes de marzo modalidad C.	149
g.	Análisis económico de la inversión del proyecto.....	149
CAPÍTULO 5		150
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		150
5.1	Conclusiones.....	150
5.2	Recomendaciones.	152
BIBLIOGRAFÍA		153
LINKOGRAFÍA		154
ANEXOS		156

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Esquema de un Sistema SCADA.....	4
Figura 1.2: Pirámide de Automatización	7
Figura 1.3: Esquemmatización de un PLC	8
Figura 1.4: CPU 312C	10
Figura 1.5: CPU 313C	10
Figura 1.6: CPU 313C-2PtP	11
Figura 1.7: CPU 313C-2 DP	11
Figura 1.8: CPU 314C-2 DP	12
Figura 1.9: Partes del PLC	13
Figura 1.10: Módulo de entradas digitales SM 1221	18
Figura 1.11: Ciclo pregunta – respuesta Modbus.....	21
Figura 1.12: Formato de mensajes en Modbus TCP.....	24
Figura 1.13: Esquema de encapsulación en Modbus TCP/IP	25
Figura 1.14: Diseño de un HMI industrial	27
Figura 1.15 Ejemplo de mal y buen diseño de HMI	30
Figura 1.16: Paneles de Labview	35
Figura 1.17: Máquina continuade hilar Rieter G35.	38
Figura 1.18: Control individual sobre husos	39
Figura 1.19: Bobinadoras Schlafhorst	40
Figura 1.20: Fuente de voltaje Cabur XCSW121C.....	41
Figura 1.21: Dimensiones de la fuente Cabur	42
Figura 2.1: Esquema del sistema SCADA	44
Figura 2.2: Esquema de ubicación de las máquinas.	46
Figura 2.3: Conexión de las hilas al PLC.....	47
Figura 2.4: Diseño de la pantalla principal de HMI	48
Figura 2.5: Diseño de la ventana de acceso de usuario y contraseña	49
Figura 2.6: Diseño de la ventana de gráficas	50
Figura 2.7: Diseño de la ventana de máquinas por modalidad.....	50

Figura 2.8: Diseño de la ventana de modalidad	51
Figura 2.9: Diseño de la ventana de máquina.	51
Figura 2.10: Diseño de la ventana de período.....	52
Figura 2.11: Diseño de la ventana datos de última parada.	52
Figura 2.12: Diseño de la ventana de características de las máquinas....	53
Figura 2.13: Botón detener.	53
Figura 2.14: Fuente cabur XCSW121C.	57
Figura 2.15: Relé omron.	59
Figura 2.16: Conector IE FastConnect RJ45.	63
Figura 3.1: Montaje del cable.	64
Figura 3.2: Colocación de cable en la canaleta principal.	65
Figura 3.3: Cables para conexión de las máquinas.	65
Figura 3.4 Conexión de Tuberías.	66
Figura 3.5: Cableado por el suelo.	66
Figura 3.6: Empalme del cable.	67
Figura 3.7: Colocación de tubo en el laboratorio.	67
Figura 3.8: Conexión de tubería a la caja y terminales de conexión.	68
Figura 3.9: Asegurar el PLC y el módulo.	68
Figura 3.10: Conexión cables de señal.	69
Figura 3.11; Conexión de la fuente.	69
Figura 3.12: Conexiones realizadas en la caja principal.	70
Figura 3.13: Canaleta para colocación de cable Ethernet.	70
Figura 3.14: Canaleta para colocación de cable de alimentación.	70
Figuras 3.15: Relé montado en la máquina.	71
Figuras 3.16: Conexión del relé en la máquina.	71
Figura 3.17: Conexión del relé a la máquina.	72
Figura 3.18: Crear un nuevo proyecto.	73
Figura 3.19: Dialogo de espera para el crear el proyecto.	73
Figura 3.20: Configuración de dispositivos.	73
Figura 3.21: Código de distinción de CPU	74
Figura 3.22: Selección de dispositivos.	74

Figura 3.22: Selección de dispositivos.	74
Figura 3.23: PLC S7-1200 CPU 1212 AC/DC/Rly.....	75
Figura 3.24: Catálogo Siemens.	75
Figura 3.25 Ubicación del módulo de entradas digitales.	76
Figura 3.26: Asignación de dirección IP.	76
Figura 3.27: Verificación de direcciones de entradas digitales.	77
Figura 3.28: Minimizar pantalla.	77
Figura 3.29: Dirección de módulo de entradas digitales.	78
Figura 3.30: Cambio de dirección de entradas digitales.	78
Figura 3.31: Ingreso a la programación.	79
Figura 3.32: Selección del bloque de programación.	70
Figura 3.33: Opciones de llamada.	80
Figura 3.34: Bloque de programación MB_SERVER.	80
Figura 3.35 Bloque configurado para comunicación Modbus TCP.	82
Figura 3.36: Ventana software Labview.....	83
Figura 3.37: Creación de nuevo proyecto.	84
Figura 3.38: Proyecto en blanco.	84
Figura 3.39: Proyecto Maestro.....	84
Figura 3.40: Añadir librería al proyecto. Maestro	85
Figura 3.41: Guardar librería.	85
Figura 3.42: Creación del I/O Server a la librería.....	86
Figura 3.43: Tipo de comunicación.	86
Figura 3.44: Modbus Ethernet.	87
Figura 3.45: Dirección IP.	87
Figura 3.46: Creación del I/O Server.	87
Figura 3.47: Creación de variables.	88
Figura 3.48: Selección de variables.	88
Figura 3.49: Creación de las variables.	89
Figura 3.50: Variables creadas en el proyecto.	89
Figura 3.51: Variables creadas.	89
Figura 3.52: Creación de VI.	90

Figura 3.53: Asignación del nombre al VI.	91
Figura 3.54: VI de la HILA 1.	92
Figura 3.55: Acceso a Distributed System Manager.	92
Figura 3.56: Lectura de variables del PLC.	93
Figura 3.57: Colocación de DeployAll.	93
Figura 3.58: Creación de la pantalla principal.	94
Figura 3.59: Pantalla principal del HMI.	95
Figura 3.60: Botón Acceso.	96
Figura 3.61: Niveles de seguridad.	97
Figura 3.62: Botón gráficas.	97
Figura 3.63: Ventana selectora de gráficas.	98
Figura 3.64: Opción modalidad máquina.	98
Figura 3.65: Ventana de máquinas por modalidad.	100
Figura 3.66: Botón Modalidad.	103
Figura 3.67: Ventana de modalidad.	104
Figura 3.68: Selección del botón máquinas.	106
Figura 3.69: Ventana de máquina.	107
Figura 3.70: Selección del botón período.	110
Figura 3.71: Ventana de período.	111
Figura 3.72: Selección del botón última parada.	113
Figura 3.73: Ventana de ultimas paradas.	113
Figura 3.74: Selección de características.	114
Figura 3.75: Ventana de características de las hilas.	114
Figura 3.76: Botón detener.	114
Figura 4.1: Capacitación personal de planta.	117
Figura 4.2: Manejo del HMI.	118
Figura 4.3: Análisis de gráficas.	119
Figura 4.4: Total de minutos penalizados mes de febrero.	124
Figura 4.5: Total de minutos penalizados mes de marzo.	128
Figura 4.6: Total de minutos penalizados mes de abril.	132

Figura 4.7: Total de minutos penalizados modalidad A.....	137
Figura 4.8: Total de minutos penalizados modalidad B.....	141
Figura 4.9: Total de minutos penalizados modalidad C.....	145
Figura 4.10: Costo total de pérdida mes de febrero.	146
Figura 4.11: Costo total de pérdida mes de marzo.....	147
Figura 4.12: Costo total de pérdida mes de abril.....	148
Figura 4.13: Costo total de pérdida modalidad A.	148
Figura 4.14: Costo total de pérdida modalidad B	149
Figura 4.15: Costo total de pérdida modalidad C.	149

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Datos técnicos PLC Siemens S7-1200	14
Tabla 1.2: Datos técnicos módulo SM1221	15
Tabla 1.3. Datos eléctricos módulo SM 1221	19
Tabla 1.4: Estructura de mensajes Modbus TCP/IP.....	24
Tabla 1.5 Convención de colores para HMI.	31
Tabla 1.6 Convenciones de seguridad para HMI.	32
Tabla 1.7: Características Técnicas de la fuente Cabur XCSW121C.....	42
Tabla 2.1: Tabla comparativa entre PLC.....	55
Tabla 2.2: Datos Técnicos módulo de entradas digitales.....	56
Tabla 2.3: Precios del módulo de entradas digitales.....	57
Tabla 2.4: Características de la fuente Cabur.	58
Tabla 2.5: Comparación entre relé Omron y Siemens.....	58
Tabla 2.6 Amperaje que soportan los cables de cobre.....	60
Tabla 2.7: Comparación de software.....	61
Tabla 2.8: Características del computador.	62
Tabla 3.1 Tipos de datos para programar comunicación Modbus TCP.....	81
Tabla 3.2 Distribución de turnos rotatorios de cada modalidad.....	90
Tabla 4.1: Análisis del mes de febrero hilas 4, 5, 6.....	121
Tabla 4.2: Análisis del mes de febrero hilas 7, 8, 9.....	122
Tabla 4.3: Análisis del mes de febrero hilas 10, 11, 12.....	123
Tabla 4.4: Análisis del mes de marzo hilas 4, 5, 6.	125
Tabla 4.5: Análisis del mes de marzo hilas 7, 8, 9.	126
Tabla 4.6: Análisis del mes de marzo hilas 10, 11, 12.	127
Tabla 4.7: Análisis del mes de abril hilas 4, 5, 6.	129
Tabla 4.8: Análisis del mes de abril hilas 7, 8, 9.	130

Tabla 4.9: Análisis del mes de abril hilas 10, 11, 12	131
Tabla 4.10: Análisis de minutos excedidos por periodo.	132
Tabla 4.11: Análisis del mes de marzo hilas 4, 5, 6, Modalidad A	134
Tabla 4.12: Análisis del mes de marzo hilas 7, 8, 9, Modalidad A	135
Tabla 4.13: Análisis del mes de marzo hilas 10, 11, 12, Modalidad A	136
Tabla 4.14: Análisis del mes de marzo hilas 4, 5, 6, Modalidad B.	138
Tabla 4.15: Análisis del mes de marzo hilas 7, 8, 9, Modalidad B.	139
Tabla 4.16: Análisis del mes de marzo hilas 10, 11, 12, Modalidad B. ...	140
Tabla 4.17: Análisis del mes de marzo hilas 4, 5, 6, Modalidad C	142
Tabla 4.18: Análisis del mes de marzo hilas 7, 8, 9, Modalidad C.	143
Tabla 4.19: Análisis del mes de marzo hilas 10, 11, 12, Modalidad C.	144
Tabla 4.20: Análisis por modalidad.	145

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ec. 4.1 Ecuación de Costo por minuto	147
Ec. 4.2 Aplicación de la ecuación costo por minuto	147
Ec. 4.2 Pérdida total	147

RESUMEN

La finalidad del presente proyecto es el diseño e implementación de un sistema SCADA, para el monitoreo de doce máquinas de hilado en la empresa Textiles “La Escala” de la ciudad de Quito, en el proyecto intervienen áreas como son: La automatización y control, electrónica, software. El diseño de las ventanas para el monitoreo del sistema SCADA se realiza mediante el software Labview que permite desarrollar interfaces gráficas amigables para el operador y además nos permite crear archivos del tipo ejecutable, para el diseño del HMI se utilizó la normativa internacional ISO 9241 y EN 29241 (Ergonomics requirements of visual display terminals used for office tasks) que establece las consideraciones de diseño para pantallas de visualización, en cuanto a manejo de colores, principios de diseño, ubicación de elementos, simulaciones, coherencia y consistencia, etc. La adquisición de señales se realiza mediante un PLC Siemens S7-1200 para integrar las máquinas y comunicarlo con el HMI desarrollado en un ordenador. Con el desarrollo de este sistema se podrá generar reportes automáticos que permitirán conocer el estado de cada máquina de hilado como por ejemplo: su operación, tiempos muertos de producción, etc. En función de esta información se podrá verificar si el personal encargado cumple o no con los parámetros establecidos por la empresa, como las horas de producción y los tiempos de parada de cada máquina.

Palabras Claves: Sistema SCADA, Software textil, Modbus TCP, Labview ejecutable, Siemens S7-1200.

ABSTRACT

The goal of this present project is to design and implement a SCADA system for monitoring twelve spinning machineries in Textile “La Escala” company placed in Quito. The involved areas in this project are: Automation, control, electronics, software. The windows design for monitoring the SCADA system is done by Labview software, because this software is graphical interface friendly for the operator. Which allows us to create executable file. The HMI use international standards ISO 9241 and EN 29241 (Ergonomics requirements of visual display terminals used for office tasks). This standards are consider to display screens in terms of color, principles of design, item location, simulations, coherence and consistency, etc. The signal adquisition uses a PLC Siemens S7 -1200, this PLC integrate machines can communicate with the HMI. Whit the development of this system will be generated automatic reports which disclose the state of each machine for example: operation, production downtime, etc. The personnel would can check if it complies or not with the parameters set by the company based in this information.

Keywords: SCADA System, Textile Software, Modbus TCP, executable Labview, Siemens S7 -1200.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

Diseño e Implementación de un sistema SCADA para la integración y el monitoreo de doce máquinas de hilado en la empresa textiles “La Escala” ubicada en el sector Cotocollao de la ciudad de Quito.

En este capítulo se describe el conocimiento teórico de los tópicos utilizados para el monitoreo del proceso de hilado mediante la implementación de un sistema SCADA, el cual considera los siguientes aspectos: niveles de acceso, registros históricos de determinadas variables, monitoreo en tiempo real, animaciones previo un análisis crítico del procesamiento computacional que conlleve. En el proyecto intervendrán áreas como son: La automatización y control, electrónica, software.

Actualmente la empresa Textiles La Escala planta hilatura trabaja con doce máquinas de hilado, las mismas que operan de una manera individual, y no están integradas. Cada Hila cuenta con un registro de horas de producción y horas de paros, esta información es registrada de forma manual, siendo fácilmente manipulable por los trabajadores de turno, lo que hace que estos datos no sean altamente confiables, porque pueden ser fácilmente modificados.

El diseño del sistema SCADA engloba arquitectura electrónica, por ello se define los diferentes niveles en la pirámide de automatización, los mismos que constituyen en este caso la comunicación Modbus entre CPU y PLC, las hilas estarán en conexión directa con el PLC, alimentadas con una fuente de 24 V DC. Esta arquitectura centralizada tiene el fin de monitorear las hilas ubicadas en campo.

El diseño de las ventanas para el monitoreo del sistema SCADA se realizará mediante un software que permite desarrollar interfaces gráficas amigables para el operador.

Dentro del sistema SCADA podemos acceder a las distintas variables del proceso, al historial de las alarmas, crear bases de datos, etc., con el fin de manipular de manera eficiente la información, permite también al operador conocer el estado del proceso con tan solo mirar el HMI del sistema SCADA.

Con la implementación del sistema propuesto la empresa será capaz de regirse a un determinado procedimiento, que indique el cumplimiento de las normas de la empresa.

Cabe resaltar que por cada minuto que estas máquinas permanezcan apagadas existe una pérdida considerable en la producción y por ende para la empresa.

1.1 Sistemas SCADA

Un sistema SCADA (Control con Supervisión y Adquisición de Datos) permite gestionar y controlar un sistema, gracias a que además de integrar los procesos permite realizar un monitoreo mediante una interfaz gráfica que le permite al usuario comunicarse con el proceso.[1]

Un sistema SCADA es utilizado para cubrir áreas más amplias, permite al operador vigilar y controlar un proceso industrial desde la pantalla de un ordenador.[2]

La ventaja de un sistema SCADA sobre los sistemas clásicos es que la última decisión sobre las acciones de control las tiene el supervisor del sistema, más no los controladores electrónicos en donde resultaría más complicado realizar un cambio.

La función de monitoreo de estos sistemas se realiza mediante un HMI (Human Machine Interface), que se encuentra en la pantalla de un computador, esta interfaz gráfica permite al usuario conocer el estado de los procesos, el histórico de las alarmas registradas, datos gráficos, estadísticas, etc.

Algunas aplicaciones de los sistemas SCADA fueron desarrolladas para el monitoreo de procesos industriales, control de caudal basado en Linux, para ampliación de capacidades de almacenamiento, etc.

1.1.1 Necesidad de un Sistema SCADA

Un sistema SCADA es indispensable en un proceso siempre y cuando este cumpla los siguientes requisitos:

- Número de variables del proceso a monitorear sea alto.
- El proceso debe tener transmisores y actuadores geográficamente distribuidos.
- Se requiere la información en tiempo real.
- Necesidad de optimizar y facilitar las operaciones de la planta y la toma de decisiones.
- Los beneficios obtenidos en el proceso justifiquen la inversión.
- La complejidad del proceso requiere en la mayoría que las acciones de control sean iniciadas por un operador.

1.1.2 Requerimientos de un sistema SCADA

Los sistemas SCADA deben cumplir con los siguientes requerimientos:

- Arquitectura abierta, permite conectar cualquier dispositivo para su ampliación a futuro.
- Programación e interfaz gráfica sencilla para mostrar el proceso de manera amigable para el operario y de fácil entendimiento.
- Adquisición de datos de todos los equipos del sistema SCADA para mejor manejo de información.[2]

1.1.3 Esquema de un sistema SCADA

En la Figura 1.1 tomada del documento “Interfaces de Comunicación Industrial” realizado por el PhD. Luis Corrales, podemos observar el esquema de un sistema SCADA el mismo que se encuentra formado principalmente por el proceso que va a ser objeto de control, los

dispositivos de adquisición de datos o de control, un sistema SCADA el cual tiene como finalidad llevar la información hacia los clientes tanto para visualización del proceso como de los datos generados por el mismo, estos se describen a continuación:

- **Objeto de control:** Es el origen de los datos y el proceso que se va a supervisar.
- **Adquisición de datos:** Sensores provistos de interface de comunicación.
- **SCADA:** Combinación de hardware y software que permite la visualización de los datos recopilados.
- **Cientes:** Aplicaciones en donde se utilizan los datos obtenidos.



Figura 1.1 Esquema de un sistema SCADA[2]

1.1.4 Elementos de un Sistema SCADA.

Los sistemas SCADA están formados por dos elementos Hardware y Software.

a. Hardware.

El hardware es la parte física y está constituido por la unidad terminal maestra, unidad terminal remota, sistemas de comunicaciones,

➤ **Unidad Terminal Maestra (MTU).**

Es el controlador principal del sistema, se comunica con los dispositivos de campo y a su vez con la unidad terminal remota. Elementos de comunicación y dispositivos de campo, los mismos que se detallan a continuación.

➤ **Unidad Terminal remota (RTU).**

Se encuentra ubicada en un lugar remoto con respecto al sistema, recopila y envía datos hacia la unidad terminal maestra. Posee canales de entrada para medición de variables y canales de salida para el control, comunicaciones y activación de alarmas.

➤ **Sistemas de Comunicaciones.**

El sistema debe contar con un protocolo de comunicaciones estandarizado para evitar la incompatibilidad con otros dispositivos, esto es tomado como una ventaja ya que si tenemos un estándar de comunicaciones resulta más fácil poder comunicar los dispositivos y a futuro poder colocar más elementos en la red que hablen el mismo lenguaje.

➤ **Elementos de comunicación.**

Actualmente para realizar las distintas comunicaciones se utiliza varios elementos de comunicación como son el cable Ethernet industrial, fibra óptica, cable UTP, etc.

➤ **Dispositivos de campo.**

Son los encargados de realizar la adquisición de datos y el control local del proceso (PLC, controladores, sensores, etc.).

b. Software.

El software se refiere al HMI del sistema SCADA que se desarrolla en un servidor y se integra mediante un OPC.

Los elementos de software que permiten la adquisición, control y supervisión de datos son:

➤ **Configuración.**

Permite al programador crear un entorno de trabajo personalizado de acuerdo a sus necesidades.

➤ **Interfaz Gráfico.**

Indica el estado de los dispositivos de campo permitiendo mejor supervisión por parte del operador.

➤ **Módulo de proceso.**

Ejecuta acciones de mando programadas con anterioridad a partir de mediciones de valores de las variables en tiempo real.

➤ **Gestión y archivo de datos.**

Permite almacenar y procesar los datos obtenidos de los dispositivos de campo.[1].

1.2 Controladores Lógicos Programables.

Según IEC 61131 un autómata programable es un sistema electrónico programable, diseñado para ser usado en un entorno industrial, que utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones orientadas al usuario, para implantar soluciones específicas tales como, funciones lógicas, secuencia, temporización recuentos y funciones aritméticas con el fin de controlar mediante entradas y salidas digitales y análogas diversos tipos de máquinas o procesos.

Los autómatas programables se encuentran en el nivel de control de procesos dentro de la pirámide de automatización como se muestra en la Figura 1.2.

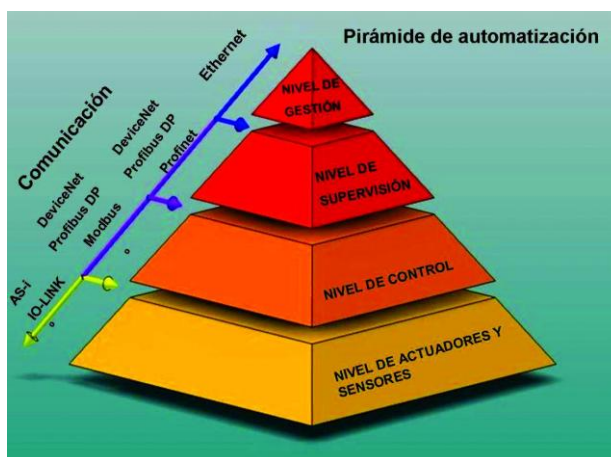


Figura 1.2: Pirámide de Automatización.[3]

1.2.1 Componentes de los PLC.

Los PLC están formados por cuatro unidades principales como se muestra en la Figura 1.3., memoria de datos, memoria programable, módulos de entradas y módulo de salidas.

- **Memoria Programable.**
Aquí es donde se guarda la secuencia de programación.
- **Memoria de Datos.**
Aquí se almacena los datos obtenidos por el PLC como cambios de estado, valores anteriores de variables, etc.
- **Módulo de Entradas.**
Estos son los controladores para los sensores de los procesos.
- **Módulo de salidas.**
Sirven para conectar los actuadores de los controladores, como válvulas, motores, etc.

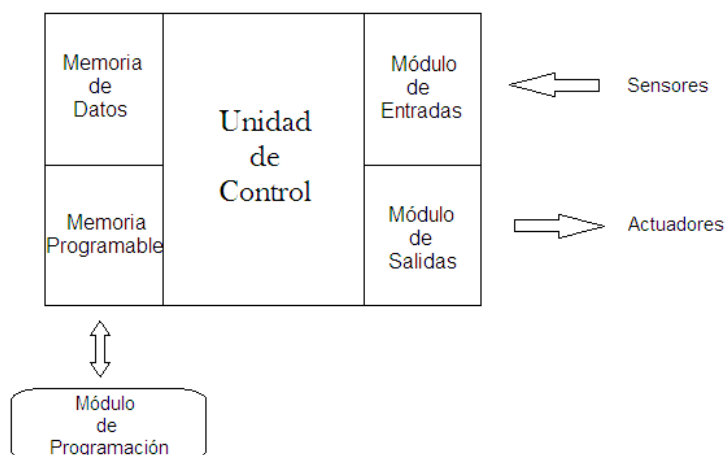


Figura 1.3: Esquematización de un PLC.[4]

1.2.2 Ventajas de los PLC's.

Las ventajas para los PLC's se citan a continuación:

- Efectivo para controlar sistemas complejos.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- Puede operar varios años sin fallas.
- Gran capacidad de entradas y salidas.
- Capacidad de monitoreo.
- Rapidez de operación.
- Permite diseñar controles más complejos.
- Óptimo para trabajar en condiciones severas.[4]

1.2.3 Marcas de controladores lógicos programables.

a. PLC Siemens.

Dentro de los PLC Siemens existe una gama de controladores Lógicos Programables conocida como SIMATIC S7, estos PLC son del tipo modular y su ampliación es flexible ya que solo requiere la conexión con el CPU, dentro de las características que poseen tenemos:

- Permiten ampliaciones.
- Resistencia a la vibración.
- Libre de mantenimiento.
- Escalables.

Dentro de la gama SIMATIC S7 existen varios tipos de controladores que sirven para desarrollar aplicaciones sencillas de control y otros más sofisticados que permiten solucionar problemas complejos en la automatización de procesos, entre los tipos de controladores tenemos:[5]

- SIMATIC S7 – 200
- SIMATIC S7 – 1200
- SIMATIC S7 – 300
- SIMATIC S7 – 400
- SIMATIC S7 – 1500

a.1 PLC Siemens S7-300

Este controlador posee potentes módulos con interfaz industrial Ethernet / PROFINET integradas que evita inversiones en módulos adicionales, al adicionar módulos no existe ninguna regla de asignación de slots para los módulos periféricos.

Tiene una memoria de datos que permite actualizar de manera sencilla el firmware soporta condiciones de temperatura extremas, además posee conexión a todos los buses convencionales como: Industrial Ethernet, PROFINET, Industrial Wirelæss LAN, Profibus, AS-Interface, Modbus RTU, Modbus TCP/IP, ISO on TCP, RS-422 -485 entre otros, se puede añadir funciones como seguridad: nivel de seguridad SIL 3 de acuerdo a IEC61508 o Categoría 4 para aplicaciones con requerimiento de seguridad, además posee un sistema de alarma integrado, los PLC SIMATIC S7 – 300 pueden ser

configurados tanto con el software SIMATIC STEP 7 o con la nueva herramienta TIA PORTAL STEP 7.[6]

Dentro de los controladores lógicos programables S7-300 se tienen varios tipos de CPU como:

CPU 312C

La CPU 312C se muestra en la Figura 1.4 es compacta con entradas y salidas digitales, son utilizadas para pequeñas aplicaciones que requieran gran capacidad de almacenamiento.



Figura 1.4: CPU 312C
Fuente: [6]

CPU 313C

La CPU 313C se muestra en la Figura 1.5 es compacta y perfecta para aplicaciones de gran velocidad de procesamiento y tiempos cortos de reacción.



Figura 1.5: CPU 313C
Fuente: [6]

CPU 313C-2PtP

La CPU 313C-2 se muestra en la Figura 1.6 es compacta con entradas y salidas digitales y un puerto segundo puerto serie, posee funciones tecnológicas.



Figura 1.6: CPU 313C-2PtP

Fuente:[6]

CPU 313C-2 DP

La CPU 313C-2 DP se muestra en la Figura 1.7 es compacta y además posee un puerto PROFIBUS DP maestro/esclavo, posee funciones especiales.



Figura 1.7: CPU 313C-2 DP

Fuente: [6]

CPU 314C-2PtP

La CPU 314C-2 PtP se muestra en la Figura 1.8 es compacta y además posee un puerto serie adicional, posee funciones tecnológicas.



Figura 1.8: CPU 313C-2 DP
Fuente:[6]

a.2 PLC Siemens S7-1200

La gama de los PLC s7-1200 están conformados por una gran variedad de controladores lógicos programables cada uno diseñado para utilizarse en diferentes tareas, este tipo de PLC posee un diseño compacto y un amplio juego de instrucciones además es adecuado para varias aplicaciones debido a su bajo costo con relación a otros PLC de Siemens de una gama diferente, es flexible para automatizar procesos debido a que el software de programación se basa en Windows, una plataforma muy utilizada.

Este PLC posee seguridad para el acceso a la CPU y al programa de control:

- La CPU de este PLC posee una contraseña que permite restringir el acceso a sus funciones.
- Es posible utilizar la "protección de know-how" para ocultar el código de un bloque específico.

La CPU incorpora un puerto PROFINET nativo el cual permite también establecer una comunicación de tipo Modbus TCP/IP mediante el puerto Ethernet, módulos de comunicación para redes RS485 o RS232, pero también se puede ampliar y utilizar otros tipos de comunicación como Modbus RTU, ASI, Profibus, para esto se debe incorporar nuevos módulos al CPU para poder realizar la comunicación.

En la Figura 1.9 se puede visualizar como se encuentra conformado el PLC Siemens S7- 1200, posee un conector para la alimentación, módulos de entrada y salida para conectar el cableado, leds que indican el estado de las entradas y salidas, puerto nativo PROFINET.

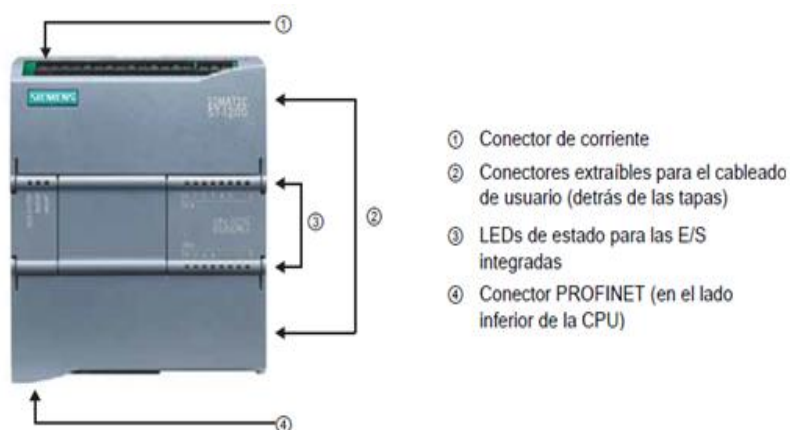


Figura 1.9: Partes del PLC Siemens S7- 1200.

Fuente: [7]

Información Técnica.

La información técnica del PLC Siemens S7-1200 se puede visualizar en la Tabla 1.1 del CPU 1212 C AC/DC/relé, entre los datos mencionados se tienen datos generales como las dimensiones, el modelo, intensidad, peso, dimensiones, número de entradas y salidas tanto digitales como analógicas, también se detallan las características del CPU como la capacidad de memoria y la capacidad de ampliación de módulos adicionales.

Tabla 1.1 Datos técnicos PLC Siemens S7-1200.

DATOS TÉCNICOS	
Modelo	CPU 1212 C AC/DC/relé
Referencia	6ES7 212-1BD30 -0XB0
General	
Dimensiones A x A x P (mm)	90 x 100 x 75
Peso	425 gramos
Disipación de potencia	11 W
Intensidad Disponible (SM y bus CM)	1000 mA máx. (5 V DC)
Intensidad Disponible (24 V DC)	300 máx. (sensores)
Consumo de corriente de entradas digitales	4 mA entrada Utilizada
Características del CPU	
Memoria de Usuario	25 KB
E/S digitales integradas	8 entradas / 6 salidas
E/S analógicas integradas	2 entradas
Ampliación de módulos de señales	2 módulos SM máximo.
Área de marcas	4096 bytes

Módulo de entradas digitales SM 1221

La información técnica de módulo SM 1221 de 8 entradas digitales a 24 V DC para el PLC S7-1200 se pueden visualizar en la Tabla 1.2, aquí se visualiza datos como el modelo, las dimensiones, peso, la disipación de potencia, el consumo de corriente, etc.[7]

Tabla 1.2. Datos técnicos módulo SM1221.

Datos técnicos	
Modelo	SM 1221 DI 8 x 24 V DC
Referencia	6ES7 221 – 1 BF30-0XB0
General	
Dimensiones A x A x P ()mm	45 x 100 x 75
Peso	170 gramos
Disipación de potencia	1.5 W
Consumo de corriente (bus SM)	
	105mA
Consumo de corriente (24 V DC)	
	4mA/entrada utilizada
Entradas digitales	
Número de entradas	8
Tipo	Sumidero/fuente
Tensión nominal	24 V DC a 4mA, nominal
Tensión continua admisible	30 V DC, máx.
Sobretensión transitoria	35 V DC durante 0.5 seg.
Señal 1 lógica (min.)	15 V DC a 2.5 mA
Señal 0 lógica (máx.)	5 V DC a 1 mA

Comunicación Modbus TCP

El protocolo modbus TCP es un protocolo de red soportado por el PLC S7-1200 mediante el puerto PROFINET integrado en la CPU de forma nativa.

Modbus TCP utiliza conexiones para Open UserCommunications (OUC) como vía de comunicaciones Modbus. La cantidad máxima de conexiones que soporta el PLC depende del tipo de CPU que se utilice.

El cliente Modbus TCP controla la comunicación con el servidor mediante la función DISCONNECT incluida en el bloque de programación presente en el software TIA Portal, las acciones de cliente Modbus se indican a continuación.

1. Iniciar una conexión a una dirección IP y número de puerto IP particulares de un servidor (esclavo).
2. Iniciar transmisión de cliente de un mensaje Modbus y recibir las respuestas del servidor.
3. Cuando se desee, iniciar la desconexión de cliente y servidor para permitir la conexión con otro servidor.

Instrucciones Modbus TCP en el programa

- MB_CLIENT: Establece la conexión TCP cliente-servidor.
- MB_SERVER: Conecta a un cliente Modbus TCP bajo petición, recibe mensaje Modbus y envía respuesta.[7].

b. Koyo.

Los controladores lógicos programables de la marca Koyo han desarrollado un tipo de etapa de controlador programable llamado KOSTAC PLC, esto permite la programación fácil para los clientes, ya que utiliza un método de programación SFC (Sequential Function Charts) en donde el programador no debe preocuparse por el control de la programación ya que este está automatizado, una ventaja del SFC es que el scan se realiza solo para los estados activos.

Dentro de la gama de controladores lógicos programables se tiene los PLC:

- DirectLOGIC 05
- DirectLOGIC 06
- DirectLOGIC 205
- DirectLOGIC 305
- DirectLOGIC 405

De acuerdo al PLC que se utilice se tiene funciones como control PID, I/O digitales y analógicas, entradas para temperatura mediante RTD, soportan comunicaciones del tipo Profibus, Ethernet y como esclavo DeviceNet.[8]

Una desventaja de estos PLC es su disponibilidad en nuestro país.

c. Allen Bradley

Los controladores lógicos programables ofrecen altas prestaciones al igual que PLC's de otra marca, fueron diseñados para cumplir cualquier tarea de automatización, el primer PLC diseñado por esta marca fue creado en la década de los 70, además poseen certificados de seguridad.

Los sistemas de control de altas prestaciones de Allen Bradley ofrecen arquitecturas modulares, un rango de I/O y red, diseñados para control distribuido o supervisión, dentro de estos tenemos:

- GuardLogix 1756.
- ControlLogix 1756.
- SoftLogix.
- GuardPLC.
- PLC – 5.

También existen sistemas de control pequeños los cuales ofrecen características y la flexibilidad que se necesita en aplicaciones medias sin demorarse mucho tiempo en el procesamiento interno.

Entre esta gama tenemos dispositivos como:

- CompactLogix.
- GuardLogix 1768.
- SmartGuard 600.
- SLC 500.

Para aplicaciones sencillas existen sistemas de control Micro y Nano que proporcionan soluciones económicas tales como: [9].

- Micro800.
- MicroLogix.

1.2.4 Módulo de entradas digitales SM1221.

El módulo de entradas digitales SM1221 es un suplemento de la periferia integrada de las CPU's, para la adaptación flexible del controlador a las tareas correspondientes y ampliación con entradas adicionales.

El módulo SM1221 mostrado en la Figura 1.10., está formado por 8 entradas digitales distribuidas en dos bloques de 4 entradas cada uno de 24 V DC, este módulo no requiere alimentación adicional solo la conexión directa al CPU.



Figura 1.10: Módulo de entradas digitales SM 1221

Fuente: [7]

Datos Técnicos

En la Tabla 1.3 se detallan los datos técnicos del módulo de entradas digitales SM 1221 que posee 8 entradas digitales a 24 V DC, entre las características se tiene el consumo de corriente por cada entrada. [7]

Tabla 1.3. Datos eléctricos módulo SM 1221.

6ES7 221-1B32-0XB0	
Tensión de alimentación 24V DC	Si
Rango admisible, límite superior	28.8 VDC
Intensidad de entrada De bus de fondo 5 V DC, máx.	105 mA
Entradas digitales	
Tensión de carga	4mA; por canal
Tensión de salida Alimentación de transmisores	si
Pérdidas	1,5 W
Entradas digitales	
Cantidad de entradas binarias	8

1.3 Redes Industriales

La implementación de las redes industriales es un avance en la automatización de procesos, en la actualidad la mayoría de dispositivos electrónicos soportan un tipo de comunicación lo cual hace que sea más fácil acoplarlos a cualquier tipo de red industrial.

1.3.1 Protocolos de comunicación industrial.

En la industria se utilizan varios protocolos de comunicación industrial como Profibus, ASI, Profinet, Ethernet Industrial, Modbus, PROFINET y Modbus TCP/IP tienen una semejanza en la que ambos, realizan la comunicación mediante tramas.

1.3.2 Protocolo Modbus

a. Descripción del protocolo Modbus

Es un protocolo de transmisión utilizado para implementar sistemas SCADA, posee un control de tipo centralizado lo que permite que se comunique con una o varias estaciones a la vez.

Los dispositivos Modbus se comunican usando la técnica maestro-esclavo (cliente-servidor) técnica en la que sólo un dispositivo (el maestro/cliente) puede iniciar transacciones (llamadas, consultas), los demás dispositivos responden suministrando los datos o ejecutando la acción requerida por el maestro, estos dispositivos son conocidos como esclavos (válvulas, sensores, etc.).

Los maestros pueden dirigirse a los esclavos de manera individual o a su vez enviar un mensaje difundido hacia todos los esclavos, los esclavos responden a la pregunta que se les realiza individualmente mas no al mensaje difundido.

El ciclo de pregunta-respuesta se puede ver en la Figura 1.11. Donde el maestro realiza la pregunta y el esclavo responde, para esto se debe tener la dirección de dispositivo, un código de función, los 8 bits de datos y un chequeo de error.

La consulta: El código de la consulta le dice al esclavo que acción debe realizar, los bytes enviados contienen información adicional para que el esclavo realice la acción. La comprobación le sirve al esclavo para verificar el contenido del mensaje.

La Respuesta: Si el esclavo respondió de una manera normal, el código de función será el mismo en la respuesta y en la consulta, además entregara la información requerida por el maestro.[10].

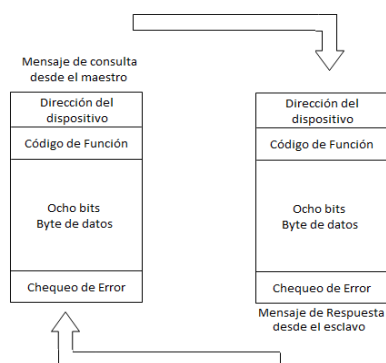


Figura 1.11: Ciclo de pregunta- respuesta Modbus
Fuente: [10]

b. Estructura de la red Modbus.

Se suele hablar de MODBUS como un estándar de bus de campo, cuyas características esenciales son las que se detallan a continuación.

Medio Físico

El medio físico de conexión puede ser un bus semidúplex (halfduplex) (RS-485 o fibra óptica) o dúplex (full duplex) (RS-422, BC 0-20mA o fibra óptica). La comunicación es asíncrona y las velocidades de transmisión previstas van desde los 75 baudios a 19.200 baudios. La máxima distancia entre estaciones depende del nivel físico, pudiendo alcanzar hasta 1200 m sin repetidores.

Acceso al Medio en una red Modbus

La estructura lógica es del tipo maestro-esclavo, con acceso al medio controlado por el maestro. El número máximo de estaciones previsto es de 63 esclavos más una estación maestra.

Los intercambios de mensajes pueden ser de dos tipos:

Existen los intercambios punto a punto, consiste en que el maestro realiza una demanda la cual es contestada por el esclavo y los mensajes difundidos, en la cual el maestro es que realiza la demanda a todos los esclavos sin recibir respuesta alguna.

c. Modos de Transmisión Modbus.

Los modos de transmisión definen el contenido de bits de los campos de mensajes transmitidos en esas redes, determina como se empaqueta la información en los diferentes campos.

Las redes Modbus estándar poseen dos tipos de transmisión modo ASCII y el modo RTU:

Modo ASCII

Cuando se elige el modo de transmisión ASCII (Código Estándar Americano para el Intercambio de Información) cada byte de 8 bits se convierten en dos caracteres ASCII.

El formato de cada byte en modo ASCII está codificado con caracteres hexadecimales 0-9, A-F.

Este byte está compuesto por un bit de inicio, 7 bits de datos, 1 bit de paridad, y un bit de parada, adicionalmente consta de un bit para el chequeo de redundancia longitudinal, (LRC).

Modo RTU

Cuando se realiza la transmisión de modo RTU, cada byte de 8 bits contiene dos caracteres decimales de 4 bits cada uno.

La ventaja es que posee mayor densidad de datos lo que permite tener mejor rendimiento que ASCII. Se transmiten los mensajes de manera continua.

El formato de cada byte en modo RTU está compuesto por un bit binario, hexadecimal, caracteres ASCII 0-9, A-F, dos caracteres hexadecimales contenidos en cada campo de 8 bits del mensaje.

Este byte está compuesto por un bit de inicio, 8 bits de datos, 1 bit de paridad, y un bit de parada, 2 bits si no hay paridad, adicionalmente consta de un bit para el chequeo de redundancia cíclica, (CRC).

Anteriormente se describió el modo RTU y modo ASCII que son dos tipos de comunicación Modbus, dentro de estos tipos de Modbus se tiene también el Modbus TCP/IP.

d. Modbus TCP/IP.

Modbus TCP/IP (también Modbus-TCP) es simplemente el protocolo Modbus RTU con una interfaz TCP que se ejecuta en Ethernet.

La función principal de TCP es que todos los paquetes de datos se reciben correctamente, mientras que IP se asegura que los mensajes se tratan y se encaminan correctamente.

Modbus TCP fue introducido por Schneider Automation como una variante de la familia Modbus es un protocolo simple y abierto, destinado para la supervisión y el control de procesos.[11]

El protocolo cubre el uso de mensajes usando un entorno “Intranet” o “Internet”.

Estructura del protocolo Modbus TCP/IP

La estructura de los mensajes de respuesta son muy similares a los otros tipos de Modbus, las únicas diferencias que posee son la especificación de los delimitadores inicial y final del mensaje, todas las peticiones se realizan mediante el puerto 502, los mensajes son enviados en forma Half-duplex.

Los mensajes en Modbus TCP/IP poseen un prefijo compuesto por seis Bytes como se muestra en la Figura 1.12.

Ref: Son los 2 bytes de campo se utiliza para que el cliente pueda establecer múltiples conexiones con diferentes servidores y pueda identificarlos a todos.

Tercer y cuarto campo: Identificador del protocolo, un número el cual debe ser establecido a cero.

Len: Especifica el número de bytes que siguen. La longitud es una cantidad de dos bytes.

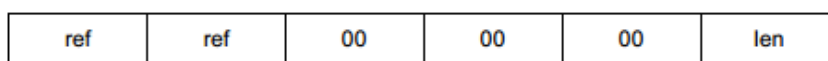


Figura 1.12: Formato de mensajes en Modbus TCP/IP.
Fuente:[12]

El mensaje Modbus TCP/IP completo tiene una estructura formada por 8 bits descritos uno a uno en la Tabla 1.4.

Tabla 1.4: Estructura de mensajes Modbus TCP/IP.

Posición del Byte	Significado
Byte 0	Identificador de transacción, copiado por el servidor –normalmente 0.
Byte 1	Identificador de transacción, copiado por el servidor –normalmente 0.
Byte 2	Identificador de protocolo = 0
Byte 3	Identificador de protocolo = 0
Byte 4	Campo de longitud (byte alto) = 0. Ya que los mensajes son menores a 256.
Byte 5	Campo de longitud (byte bajo). Número de bytes siguientes.
Byte 6	Identificador de unidad (previamente “ dirección esclavo”)
Byte 7	Código de función Modbus
Byte 8 o más.	Los datos necesarios.

Modbus TCP encapsula sus datos de una manera simple posee un identificador de transacción y de protocolo, campo de longitud, y una trama Modbus formada por la dirección, un código de función, los datos y el chequeo de error, como se muestra en la Figura 1.13

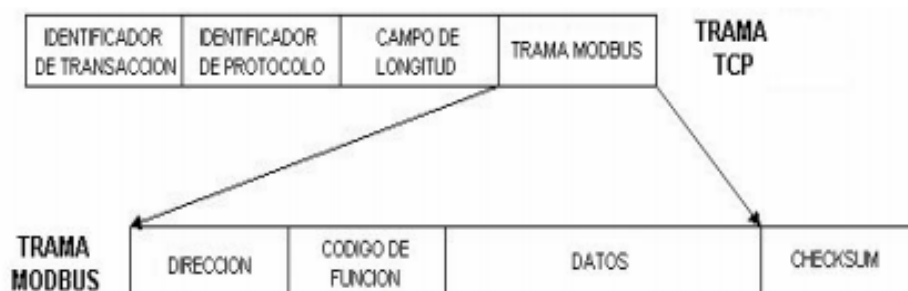


Figura 1.13: Esquema de encapsulación en Modbus TCP/IP
Fuente:[12]

Ventajas

Dentro de las ventajas se destacan las siguientes:

- Es escalable.
- Simple para administrar y expandir.
- No es necesario poseer software o equipo propietario para su implementación.
- Puede ser utilizado para comunicarse con una gran cantidad de equipos.
- Alto desempeño, se ve limitado por el sistema operativo.
- Tiempo de respuesta en milisegundos.[12]

1.4 Diseño de HMI para un Sistema SCADA.

Un HMI es una herramienta que permite realizar el monitoreo y control de máquinas y equipos, es decir que permite visualizar al operador el funcionamiento en tiempo real de alguno de los parámetros de estas máquinas, pudiendo así el operador tomar alguna decisión y realizar acciones sobre el proceso.

Mediante el monitoreo se puede establecer también indicadores gráficos lo cual en ocasiones resulta más comprensible para el operador, pudiendo detectar de manera rápida algún error que se presente.

1.4.1 Descripción de diseño de un HMI.

Una (HMI) permite que se pueda intercambiar órdenes y datos entre el humano y la máquina, a la vez que si se tiene un diseño pobre, el operador tendrá una limitación en cuanto al acceso al proceso debido a la falta de algunos detalles.

Por el contrario si se tiene una HMI bien diseñada el operador encontrará la respuesta que espera a su acción, para esto hay varios factores que se deben tomar en cuenta al momento del diseño.

Una HMI permite realizar tareas de forma automática, para realizar el diseño se debe tomar en cuenta las actividades que desempeña el usuario.

Se considera las actividades que realiza el ser humano, para posteriormente proceder a transformarlas en actividades que se implementan en el HMI.

Una vez que cada tarea o acción se ha definido se puede comenzar con el diseño de la interfaz, que puede realizarse siguiendo el siguiente orden.

- Establecer los objetivos e intenciones de cada tarea.
- Asignar a cada objetivo/intención una secuencia de acciones específicas.
- Especificar la secuencia de acciones tal y como se ejecutará en el nivel de interfaz.

- Indicar el estado del sistema, es decir, que aspecto tiene la interfaz en el momento en que se ejecuta una acción de la secuencia.
- Definir los mecanismos de control, es decir, los dispositivos y acciones accesibles al usuario para modificar el sistema.
- Indicar como afectan los mecanismos de control al estado del sistema.
- Indicar como interpreta el usuario el estado del sistema a partir de la información suministrada a través de la interfaz.[13]

Modelos de HMI.

Según Rodríguez P. Existen tres puntos de vista diferentes para realizar un HMI, el del usuario, del programador y del diseñador, cada uno posee características y conceptos diferentes de acuerdo a la experiencia, estos se detallan a continuación.

Modelo del usuario.

Para realizar una interfaz HMI es necesario tomar en cuenta los requerimientos y la opinión del usuario, además esta interfaz debe asemejarse lo más posible al proceso industrial al cual se encuentra monitoreando un ejemplo se puede visualizar en la Figura 1.14.

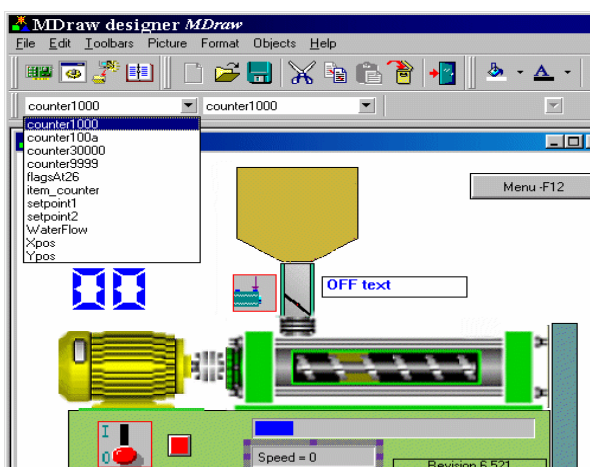


Figura 1.14: Diseño de un HMI industrial.

Fuente: [13]

Modelo del programador.

La interfaz que desarrolla el programador es totalmente enfocada para que sea entendida por los programadores en general, mas no por el usuario ya que podría generar confusiones si el usuario tiene acceso al programa principal.

Modelo del diseñador

Este modelo es una mezcla de los dos anteriores trata de satisfacer tanto las necesidades del usuario como del programador.

El modelo de diseño de interfaces tiene tres partes:

La presentación atrae la atención del usuario, pero hay que tomar en cuenta que no se debe exagerar, utilizando elementos innecesarios o colores fuertes que pueden ser perturbadores para el usuario, otra parte fundamental es la iteración del usuario con los dispositivos utilizados, las relaciones entre los objetos, determinan el modelo que es útil para el usuario.[13].

1.4.2 Reglas para el diseño de interfaces

Regla 1: Dar control al usuario

El diseñador debe enfocarse en que la interfaz desarrollada permita al usuario el fácil manejo, en lugar de que el usuario pierda su tiempo el suponer lo que se quiere hacer.

Principios:

Dentro de los principios que destaca Rodríguez P. para realizar una buena HMI se debe permitir al usuario utilizar dispositivos como el mouse o teclado para realizar algunas tareas, otra opción que se debe

dar al usuario es que pueda suspender la actividad que se encuentra realizando, y que pueda retomarla más tarde, además se debe poner textos descriptivos para una navegación más cómoda del usuario, y claves de seguridad para crear niveles de acceso y restringir algunas funciones para que el usuario pueda manipular directamente los objetos o pueda cerrar la aplicación.

Regla 2: Reducir la carga de memoria del usuario.

La interfaz debe evitar que el usuario tenga que almacenar y recordar información.

Principios:

Según Rodríguez P. Se debe permitir al usuario copiar, pegar y mantener los últimos datos introducidos. Permitir al usuario elegir información de entre un lista en lugar de que tenga que escribirlo de nuevo, se puede proporcionar indicaciones visuales de que está haciendo y que puede hacer a continuación el usuario, dar la posibilidad de que utilice atajos por teclado, presentar al usuario solo la información que necesita (menús simples/avanzados).

Un principio fundamental es hacer clara la presentación visual (colocación/agrupación de objetos, evitar la presentación de excesiva información en la Figura 1.15 se muestran dos pantallas utilizadas como ejemplo de ubicación ordenada de elementos dentro de un HMI al lado izquierdo se puede ver una interfaz desordenada y con un exceso de elementos innecesarios, mientras que al lado derecho se tiene una interfaz más ordenada y entendible.

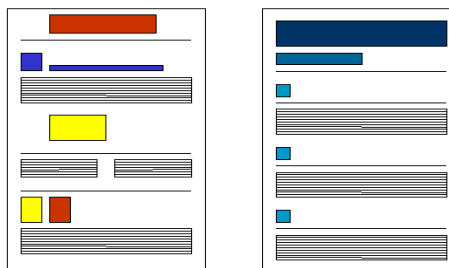


Figura 1.15: Ejemplo de mal (izquierda) y buen (derecha) diseño de HMI.

Fuente: [13]

Regla 3: Consistencia

Permite al usuario utilizar conocimiento adquirido en otros programas. Ejemplo: mostrar siempre el mismo mensaje ante un mismo tipo de situación, aunque se produzca en distintos lugares.

Principios:

Según Rodríguez P. Hay que proporcionar al usuario indicaciones sobre el proceso que está siguiendo, consistencia en los resultados de las interacciones: misma respuesta ante la misma acción. Los elementos estándar de interfaz deben comportarse siempre de la misma forma, consistencia de la apariencia estética (iconos, fuentes, colores, distribución de pantallas) hay que fomentar la libre exploración de la interfaz.

1.4.3 Consideraciones de diseño.

La normativa internacional ISO 9241 y EN 29241 (Ergonomics requirements of visual display terminals used for office tasks) presentan reglas como las siguientes:

- No se deben colocar demasiados objetos en la pantalla, y los que existen deben estar bien distribuidos.
- Cada elemento visual influye en el usuario no solo por sí mismo, sino también por su combinación con el resto de los elementos presentes en la pantalla.

- Si se ponen objetos sin alinear, hacerlo drásticamente.
- Asimetría = activo, simetría = sereno.
- Elementos de tamaño y color similares se perciben como pertenecientes a un grupo.
- Asumir errores en la entrada del usuario.
- Diseñar para el usuario, no para demostrar los propios conocimientos tecnológicos.
- Unos gráficos espectaculares no salvaran a una mala interfaz.

Color y forma en pantallas HMI.

El color que se utiliza para el diseño del HMI debe permitir la fácil interpretación por parte del operador y no se debe abusar de los colores que se aplican en la pantalla, lo más sencillo es utilizar colores que ya han sido utilizados en otros ámbitos.

Por ejemplo una válvula debe poseer colores diferentes para distinguir en la pantalla su estado (abierta- verde, cerrada-rojo) para que el diseño sea más amigable con el operador.

De acuerdo a (Real Decreto 485/97) para las señales de los sistemas se acepta la convención de colores de la Tabla 1.5.

Tabla 1.5 Convención de colores para HMI.

Estados: marcha-abierto	Verde
Estados: parado-cerrado	Rojo
Estados: atención-preparado	Amarillo
Alarmas: atención-pre alarma	Amarillo
Alarmas: alarma	Rojo
Alarmas: sin alarma	Gris- invisible
Elementos: metal	Gris
Fondos	Gris, verde, azul

Estos colores son aceptados de forma general, por ejemplo en la industria se usa el color verde para indicar que una máquina está funcionando y el rojo para indicar que está apagada.

Es adecuado que en todo sistema se divida las señales en dos grupos alarmas y estado, dentro de las señales de estado se encuentran las señales normales del proceso y las alarmas son aquellas señales que indican situaciones inesperadas.[1]

Los colores utilizados en el diseño deben seguir las convenciones de seguridad que se muestran la Tabla 1.6.

Tabla 1.6 Convenciones de seguridad para HMI.

Rojo	Paro, alarma, peligro prohibición
Amarillo	Espera, listo, pre alarma
Verde	Marcha, correcto, sin defectos
Azul	Mando, acción

Cualquier cambio de color en los elementos del HMI debe estar acompañado de otra indicación como por ejemplo un texto, para evitar equivocaciones debidas a trastornos de visión.

Color de las pantallas

Es recomendable llenar los grandes espacios en blanco de las pantallas, para esto se debe utilizar colores neutros para no tener que forzar la vista. Las pantallas que pertenecen a una misma categoría deberían usar el mismo color para poderlas diferenciar con mayor facilidad, hay que tener en cuenta que ciertas combinaciones de tonos azules y verdes pueden dar malos resultados incomodando a los usuarios del HMI.

Fondo de pantalla

Generalmente se debe diseñar un sinóptico sencillo de la instalación en la pantalla que contenga la información indispensable para poder entender el proceso que se está monitoreando, no es adecuado usar una imagen como fondo de pantalla ya que esta aporta muchos colores y puede dificultar el diseño final.

Una opción válida es utilizar las librerías del software, para manejar sus propios elementos gráficos.

Ubicación de elementos

La ubicación de elementos dentro de la pantalla es muy importante ya que al verla todos tendemos a leerla de izquierda a derecha de forma similar a un libro.

Teniendo en cuenta este aspecto importante se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los elementos importantes como alarmas y eventos deben ubicarse de preferencia en la parte superior o inferior de la pantalla.
- La información en la pantalla principal debe ser solo la necesaria, en caso de tener mucha información de debe utilizar un botón para abrir otra ventana.
- Si la pantalla principal tiene enlaces a otras pantallas los botones que permitan regresar a la pantalla principal de preferencia deben ser ubicados en el mismo lugar.
- Los elementos deben ser ubicados de una forma ordenada y lógica. [1]

Letras y números

La información en texto no debe ser excesiva con la finalidad de no perturbar al usuario, se debe utilizar solo lo necesario, uno de los

requerimientos de la Directiva 90/270/CEE para la pantalla cita textualmente:

“Los caracteres de la pantalla deberán estar bien definidos y configurados de forma clara y tener una dimensión suficiente, disponiendo de un espacio adecuado entre los caracteres y los renglones.”

Basándose en esta normativa se debe tomar en cuenta los siguientes requerimientos:

- El tamaño de letra debe ser aquel que permita una lectura cómoda del texto.
- El color de fondo debe permitir un contraste adecuado para la buena lectura del texto.
- Los textos deben ser claros y sencillos y no permitir malas interpretaciones.
- Hay que utilizar un tipo de fuente que exista en todo el mundo y que a la vez sea entendible, como por ejemplo Arial.
- Utilizar la letra normal ya que al utilizar solo letras mayúsculas podría ocasionar estrés visual.
- Cuando se utilice bastante información se debe incrementar el espacio entre renglones.

1.4.4 Tipos de Software utilizados para el desarrollo de HMI.

En la actualidad en la mayoría de las industrias se utilizan diferentes tipos de software, estos deben tener como características principales la robustez e interfaz amigable para el usuario.

Existen algunos Software propietarios, es decir que pueden ser utilizados solo para equipos de una marca específica como lo es Factory Toolk usado en equipos de la marca Allen Bradley, mientras que otros tienen compatibilidad con cualquier marca como lo es Labview.

a. Labview.

Labview fue creado por National Instruments en 1976, maneja un entorno de programación que utiliza lenguaje de tipo gráfico, es utilizado para diseñar sistemas de manera simulada o real, los programas realizados en este software de programación son conocidos como instrumentos virtuales o VI, esto hace que se reduzcan costos ya que permite tener varios instrumentos en un solo ordenador

“LabVIEW posee librerías de funciones y subrutinas, además de las funciones básicas de todo lenguaje de programación, LabVIEW incluye librerías específicas para la adquisición de datos, control de instrumentación VXI, GPIB y comunicación serie, análisis presentación y guardado de datos.”[14]

Labview posee dos paneles de trabajo, el panel frontal y el diagrama de bloques como se muestra en la Figura 1.16 en el panel frontal se diseña la interfaz con el usuario y en el panel de programación se determinan en sí cómo funciona el programa o el sistema aquí es donde se realiza toda la programación.

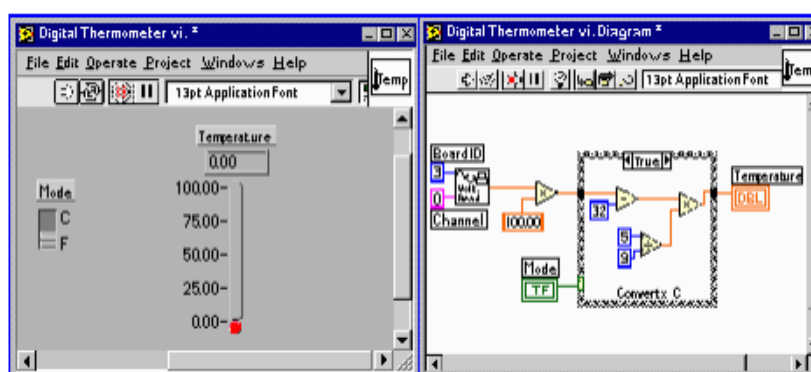


Figura 1.16: Paneles de Labview

Fuente:[14]

Flujo de datos

El programa se ejecuta de una manera secuencial, esto quiere decir que si no existen todas las variables de entrada en un bloque de

programa este no inicia las tareas, la secuencia de ejecución del programa va de izquierda a derecha.

Aplicaciones.

Dentro de las aplicaciones más comunes en las que se utiliza Labview son Sistemas de medición, Monitoreo de procesos, Instrumentos virtuales, Procesamiento de imágenes médicas, Control de procesos, Diseño de HMI, Base de datos.

Ventajas.

Las ventajas que posee Labview son:

- Reduce el tiempo de desarrollo de aplicaciones ya que es fácil de aprender.
- Flexible pues permite cambios en cualquier momento.
- Integra la adquisición, análisis y presentación de datos.
- Incorporar aplicaciones escritas de otros lenguajes.

b. InTouch

Es un software de programación para desarrollo de HMI creado por Wonderware, tiene funciones de visualización gráfica, operaciones de control y optimización, permite conectividad con cualquier controlador lógico programable mediante un OPC.

Los HMI desarrollados en InTouch están basados en estándares que permiten incrementar la productividad, además es de fácil uso.

Entre los beneficios que ofrece InTouch tenemos que permite al desarrollar interfaces de manera simple, gran conectividad a cualquier dispositivo o sistema, gráficos que permiten interacción con el operario, migración de versiones de software sin interrupción.

Tiene la capacidad de generar gráficos de resolución independiente y símbolos inteligentes lo que hace más comprensible el proceso, tiene también alarmas distribuidas en tiempo real con visualización histórica para su futuro análisis.

Las principales ventajas de usar InTocuh es que se puede usar de manera instantánea los datos, menos costo de mantenimiento, simple, seguro, sin necesidad de programación.[15]

c. WinCC

Este software de diseño de HMI fue creado por Siemens es modular y flexible se usa para aplicaciones de un solo usuario como en aplicaciones multi-usuario complejas para la visualización y manejo de procesos.

WinCC combina la producción y la automatización de procesos, tiene una gran cantidad de opciones y complementos que permiten dar soluciones específicas de la industria en cuanto a visualización.

Las bibliotecas que contiene WinCC le permite generar un proyecto de manera sencilla y eficiente y con la menor cantidad de errores, es capaz de manejar una gran cantidad de datos y proyectos complejos, los menús presentes en WinCC tienen las características de ser fijos o móviles asemejándose a los menús de Windows.

Las herramientas que posee WinCC son similares a las de cualquier otro software diseñado para el desarrollo de HMI, posee graficas de tendencias, archivo de datos, etc., una característica de WinCC es que maneja hasta 10000 valores de medición por segundo, el requisito de memoria es muy baja, permite guardar 512 variables de archivo, tiene seguridades que se pueden implementar mediante el uso de

WinCCUserAdministrator que asigna y controla los derechos de los usuarios, como administrador se puede configurar en cualquier momento incluso en tiempo de ejecución.[16]

1.5 Descripción de la planta de hilado.

En la Ciudad de Quito se encuentra la empresa Textiles “La escala” que se dedica a la fabricación de hilos y tejidos de algodón y poliéster, dentro del proceso de hilado se cuenta con 12 máquinas continuas de hilar de la marca RIETER G35 distribuidas en la planta.

1.5.1 Máquina continua de hilar RIETER G35.

Son máquinas de hilado de más de 62 metros de longitud, los desarrollos tecnológicos progresivos en la continua de anillos convencional G35 mostrada en la Figura 1.17 se concentran en la optimización, con la meta de mejorar la estabilidad de hilado y el comportamiento de marcha.



Figura 1.17: Máquina de hilar Rieter G35

Fuente:[17]

Cuanto más larga la máquina, más importante es un sistema de control individual de los husos (madejas de hilo) Figura 1.18 así como una conducción eficiente del operario. Con el sistema de control individual de

los husos se conduce al operario mediante un sistema de guía de tres pasos, que son los siguientes:

PASO 1: Señal óptica al pie y a la cabeza de la máquina.

PASO 2: Señal óptica de sección.

PASO 3: Señal óptica del huso.

Luz parpadeante = huso "lento".

Luz fija = hilo roto.



Figura 1.18: Control individual sobre los husos.

Fuente:[17]

“Con estas máquinas de hilar Rieter, las hilanderías obtienen nuevos parámetros en relación a constancia de calidad, características de marcha, versatilidad y economía, se reduce la rotura del hilo en un promedio de 42 m”. [17]

1.6 Bobinadoras Schlafhorst.

En la operación de bobinado se cambian el hilo de las bobinas de la continua de hilar a bobinas más grandes debido a que tienen muy poca capacidad y

se necesitan de mayor volumen para mejorar el arrollamiento con fines posteriores, en esta etapa también se mejora la calidad del hilo. Como se muestra en la Figura 1.19.



Figura 1.19: Bobinadoras Schlafhorst.

Fuente: [18]

La bobinadora de OerlikonSchlafhorst ofrece un gran equipamiento para conseguir la mejor posición en el mercado textil.

a. **Ventajas de las Bobinadoras Schlafhorst**

Entre las ventajas que presentan las Bobinadoras Schlafhorst tenemos mayor automatización y mayor productividad como se detalla a continuación:

Mayor Automatización.

Las Bobinadoras Schlafhorst están encaminadas a una mayor automatización y a brindar una mayor flexibilidad en el programa de producción, esta máquina está diseñada para competir y hacer frente a los nuevos retos que se presentan en el mercado textil.

Las pautas de calidad tienen las siguientes características:

Mayor Productividad

Las Bobinadoras Schlafhorst permiten tener una mayor producción y mejor eficiencia puesto que poseen dispositivos como:

- Cambiador o mudador X-Change, una novedad para un cambio más rápido de la bobina.
- El sistema PreciFX, que consigue ventajas de proceso y productividad.
- Ajustes centralizados para una configuración más rápida.
- Mejor dinámica gracias a los accionamientos de un solo motor.[18]

1.7 Fuente de Voltaje Cabur XCSW121C

Esta fuente está protegida contra sobretensión brindando una protección a los elementos que se encuentran conectados, a su vez que la conexión es de fácil implementación.

La cantidad de corriente de salida que soporta (5 A), fue la característica principal por la que se utilizó esta fuente, la que es suficiente para el consumo de 24 V DC de las máquinas a monitorear. [19]

La fuente de voltaje trabaja con 220VAC y genera de 23 – 27.5 VDC, la fuente se puede visualizar en la Figura 1.20.



Figura 1.20: Fuente de voltaje Cabur XCSW121C

Fuente:[19]

Tabla 1.7: Características Técnicas de la fuente CaburXCSW121C.

Datos Técnicos	
Voltaje de entrada (Vac)	185-550 Vac
Voltaje de entrada (Vdc)	270-725 Vdc
Voltaje de salida (V)	24
Corriente de salida (A)	5
Corriente límite (A)	7.5 A
Pico de corriente corto-circuito	15 A por 0.5 s

En la Figura 1.21 se muestran las dimensiones de la fuente.

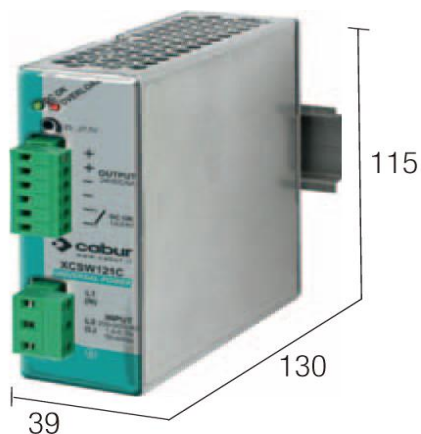


Figura 1.21: Dimensiones de la fuente Cabur.

Fuente:[19]

1.8 Eficiencia.

Según Koontz y Weihrich la eficiencia consiste en conseguir las metas propuestas por una empresa utilizando la menor cantidad de recursos.

En el caso de Textiles “La Escala” la eficiencia representa la relación entre el tiempo en que las máquinas tardan en llenar las bobinas y el tiempo que les toma a los operadores realizar el cambio entre bobinas llenas y bobinas vacías, para su llenado nuevamente.

CAPÍTULO 2

DISEÑO Y SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS

2.1 Parámetros de Diseño.

El proceso a monitorear es el de hilatura, para realizarlo se requiere primero identificar los equipos con los que cuenta la empresa, realizar también el levantamiento de la información de la maquinaria mediante el uso de planos, el diseño del sistema eléctrico mediante la identificación de la instrumentación, el diseño del HMI atendiendo los requerimientos de los operadores y el diseño del sistema de comunicación, la empresa trabaja actualmente con 12 máquinas hilas de la marca RIETER, 8 de estas máquinas cuentan con un contacto que se activa al momento de encender las máquinas, mientras que las restantes debido a su antigüedad no cuentan con ningún dispositivo de este tipo, por lo cual se debe implementar un relé en las máquinas que nos permitan tener la señal al momento de encender las máquinas.

Una opción para enlazar las variables del PLC con el HMI es utilizar un servidor OPC, esta opción resulta costosa ya que hay que adquirir una licencia para poder utilizarlo, en este caso para la comunicación se utilizara Modbus TCP para aprovechar la comunicación propia de Labview, al final del proyecto se generaran ejecutables del programa implementado, con el fin de evitar dificultades por el manejo de licencias.

Al momento de seleccionar el tipo de cable se debe tomar en cuenta la forma de la planta y la ubicación de la canaleta ya existente con el fin de seleccionar el mejor cable para que pueda adaptarse a las esquinas de la planta para estar se requiere un cable flexible para manipularlo más fácilmente.

2.2 Diseño del sistema.

2.2.1 Diseño del sistema SCADA.

En la Figura 2.1 se puede apreciar el esquema del sistema SCADA a ser implementado, que integra las doce máquinas de hilado a un solo controlador o PLC el mismo que se conecta mediante Modbus TCP/IP al ordenador en donde se encuentra el HMI del proceso.

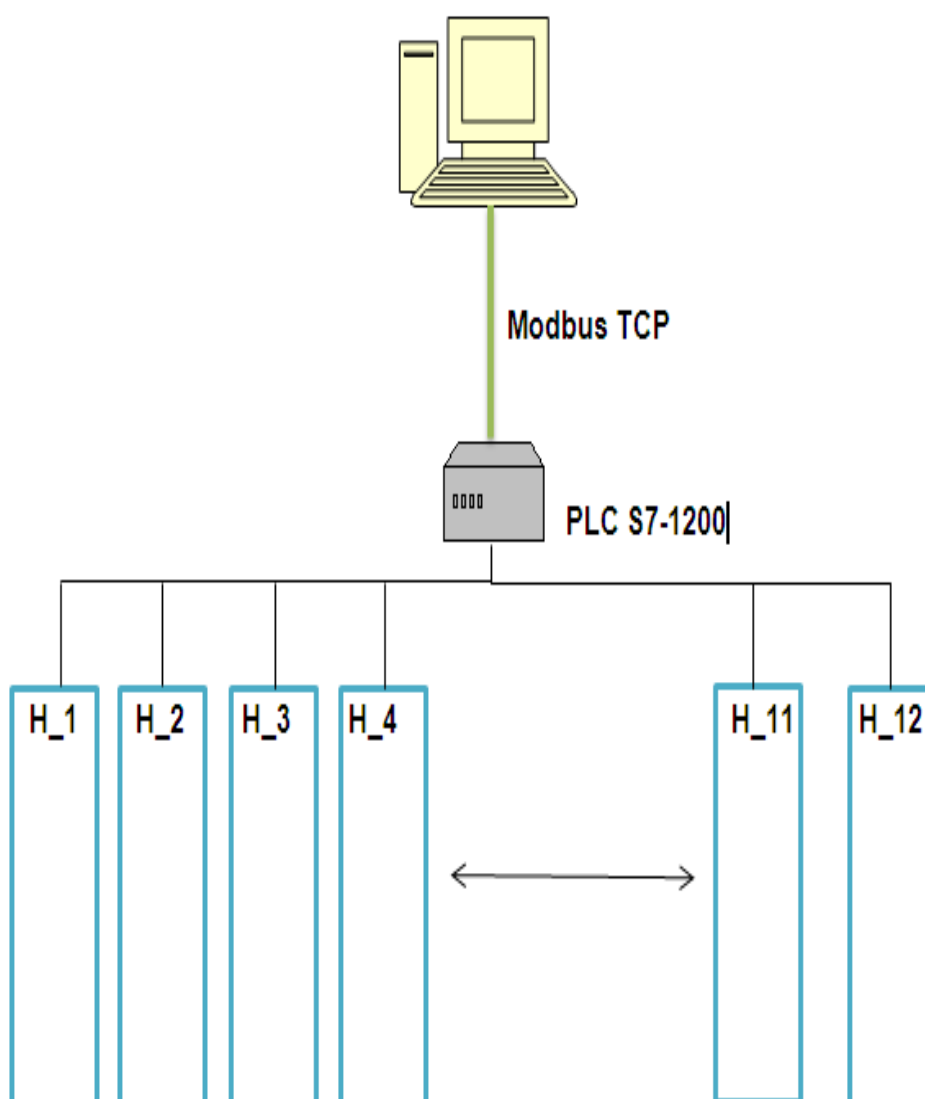


Figura 2.1: Esquema del Sistema SCADA.

2.2.2 Diseño del Sistema Eléctrico.

En la Figura 2.2 se muestra el esquema de ubicación de las máquinas y sus respectivas medidas, el cableado de las máquinas se lleva hasta el cuarto de control en donde estará el ordenador que servirá para realizar la supervisión, la cantidad de cable a utilizar para la conexión de las 12 máquinas es de 2000 metros de cable calibre 16.

Consideraciones de diseño

Aislamiento: Debido al voltaje a soportar el cual es de 25 V de corriente continua, el aislamiento del cable es suficiente para este voltaje, pero no elimina los ruidos existentes en el ambiente al cual está sometido.

Color: El color del cable es de acuerdo al diseño ya que con un solo color es más probable que se confunda las conexiones, pero con diferentes colores es más fácil la implementación del tendido eléctrico, ya que cada máquina posee un par de cables de un color distintivo.

Puesta a tierra: Las conexiones realizadas en el proyecto cumplen con estándares de seguridad y entre ellas se encuentra la puesta a tierra.

Canaletas: Existe lugares por donde el cable no tenía acceso a una canaleta o un tubo, en estos caso se implementa la tubería necesaria y las canaletas en el cuarto de control para un mejor orden e imagen del cableado.

Distribución del cable: La distribución de cable se realiza de acuerdo a la ubicación de las máquinas con respecto al laboratorio de control en donde se ubica el tablero, las medidas y la ubicación de las máquinas dentro de la planta se visualiza en los planos realizados en la Figura 2.2, plano realizado por los ejecutores de este proyecto.

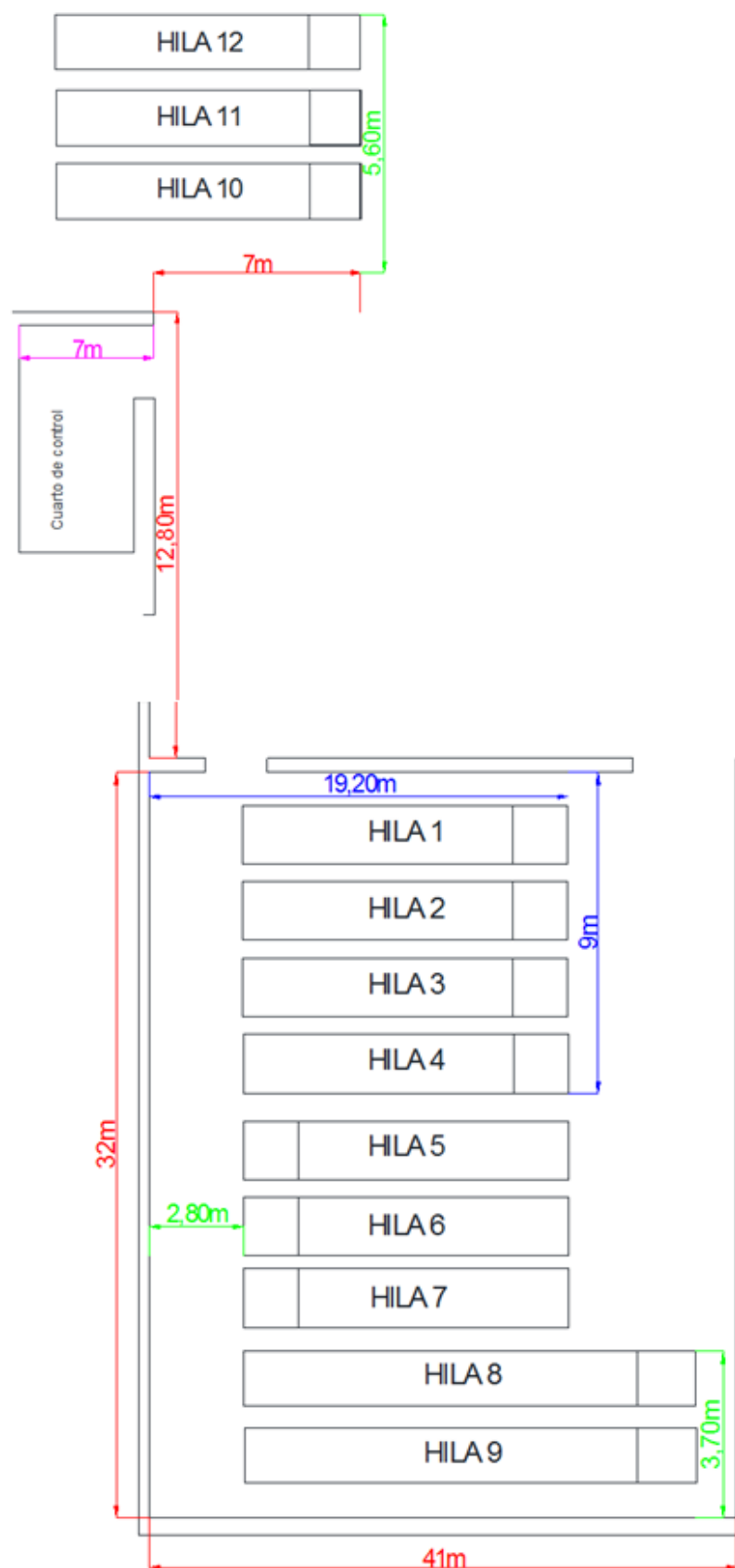


Figura 2.2: Esquema de ubicación de las máquinas.

2.2.3 Conexión Eléctrica.

El sistema eléctrico constituye las señales eléctricas que van al PLC, en la Figura 2.3 se muestra la conexión de las máquinas a las diferentes entradas del PLC y el módulo adicional implementado, esta conexión se realiza mediante cable que es el encargado de llevar las señales discretas de las máquinas al controlador.

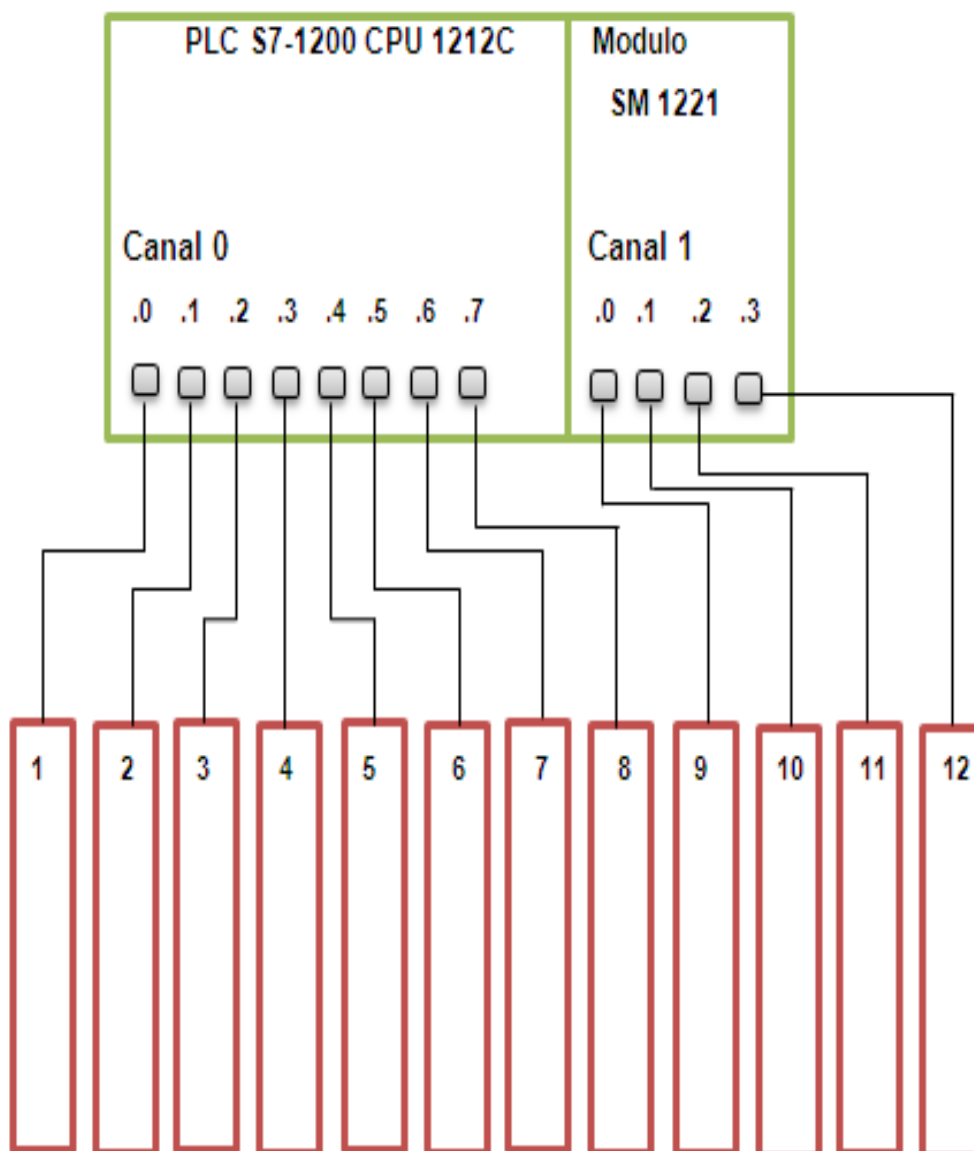


Figura 2.3: Conexión de las hilas al PLC.

2.2.4 Diseño del HMI.

Las consideraciones más importantes que se tomaron en cuenta al momento de realizar el diseño del HMI fueron, que sea amigable.

El diseño principal del HMI se muestra en la Figura 2.4 que cuenta con la representación de las 12 hilas y de 4 máquinas adicionales que posteriormente serán conectadas, las mismas que se tornan de color rojo al estar apagadas, de color verdes al estar en funcionamiento y de color plomo cuando están en mantenimiento, en la parte inferior de cada una de ellas se muestra el tiempo de la última parada que se ha producido, datos que se almacena hasta la siguiente parada. Esta ventana se diseñó con características solicitadas por los supervisores y personal de control de calidad de la planta, ya que era indispensable la visualización del encendido y apagado de las hilas desde un cuarto de control.



Figura 2.4: Diseño de la pantalla principal del HMI.

La pantalla cuenta con información de la fecha y hora, además cuenta con una serie de botones en la parte superior que se detallan a continuación.

a. Botón acceso.

Este botón permite tener diferentes tipos de acceso al programa mediante la asignación de usuarios y contraseña, los usuarios diseñados son: administrador, mantenimiento y operador, la ventana para el ingreso de estos datos se visualiza en la Figura 2.5.

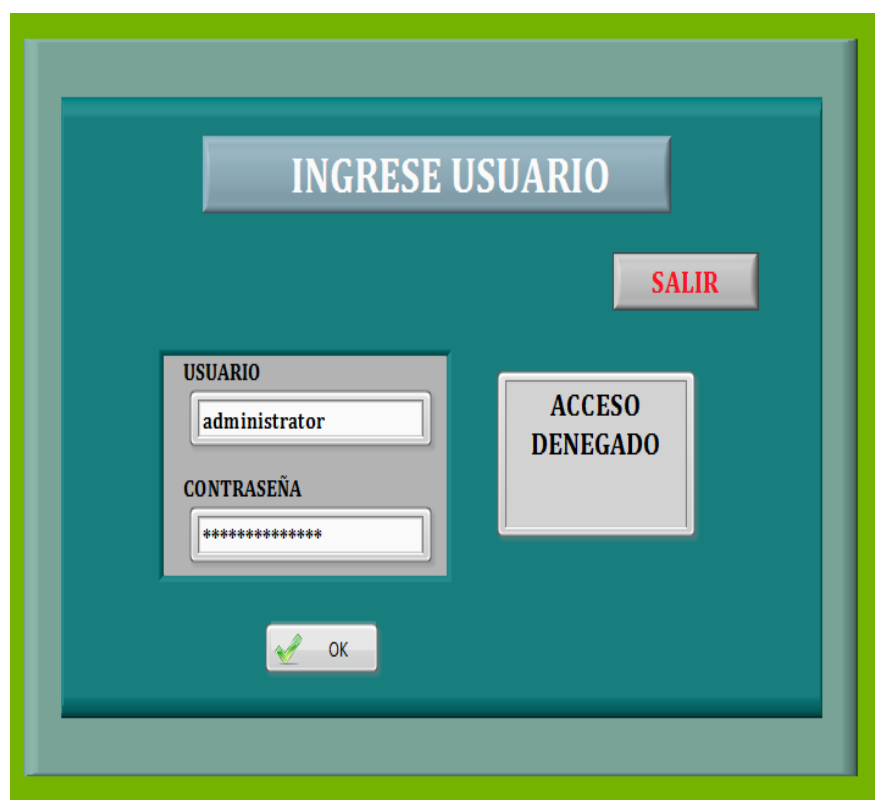


Figura 2.5: Diseño de la ventana de acceso de usuario y contraseña.

b. Botón de gráficas.

Este botón fue diseñado de tal forma que al pulsarlo se muestra la ventana de la Figura 2.6 la misma que cuenta con opciones de tendencias como: Modalidad máquina, modalidad, máquina, periodo y salir que se describen a continuación.

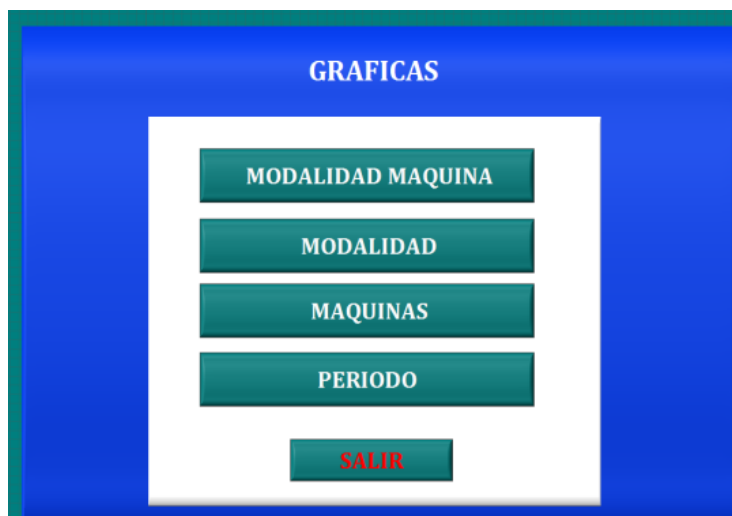


Figura 2.6: Diseño de la ventana de gráficas.

MODALIDAD MÁQUINA: Está diseñado para que al pulsar este botón se despliegue la ventana mostrada en la Figura 2.7, esta ventana incluye la representación de la hila, la modalidad, la fecha de inicio y la fecha final a la cual se desea obtener los datos, estos datos indican las tendencias de una máquina en determinado turno, se tiene también un botón que permite imprimir los reportes y datos adicionales como el tiempo total de las paradas, el tiempo total de funcionamiento de las máquinas, el cálculo de la eficiencia, la funcionalidad de esta pantalla se detallara más adelante en el Capítulo 3.

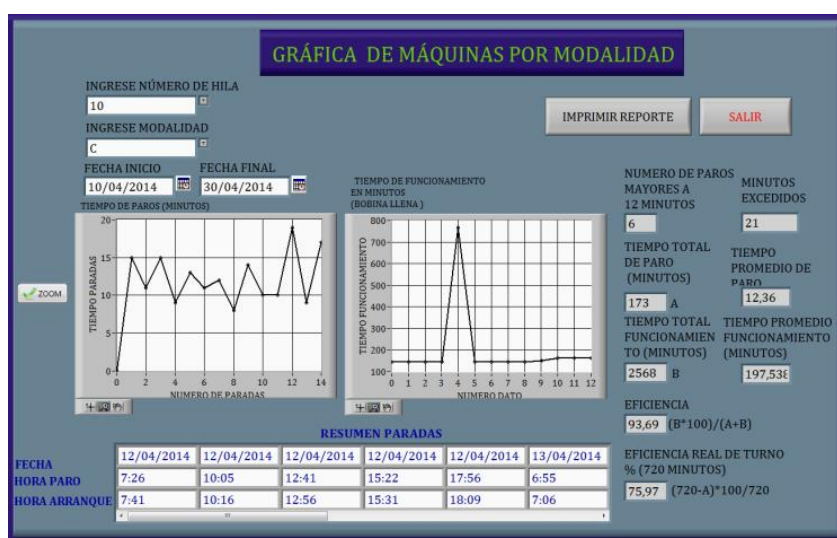


Figura 2.7: Diseño de la ventana de máquinas por modalidad.

MODALIDAD: El diseño de la ventana modalidad se basa en los requerimientos del personal de la empresa que se muestra en la Figura 2.8, se debe seleccionar la modalidad, la fecha de inicio y la fecha final a la cual se desea obtener los datos, estos muestran las tendencias de los tiempos de paro y los tiempos de funcionamiento de las 12 hilas, esta ventana será detallada en el capítulo 3.

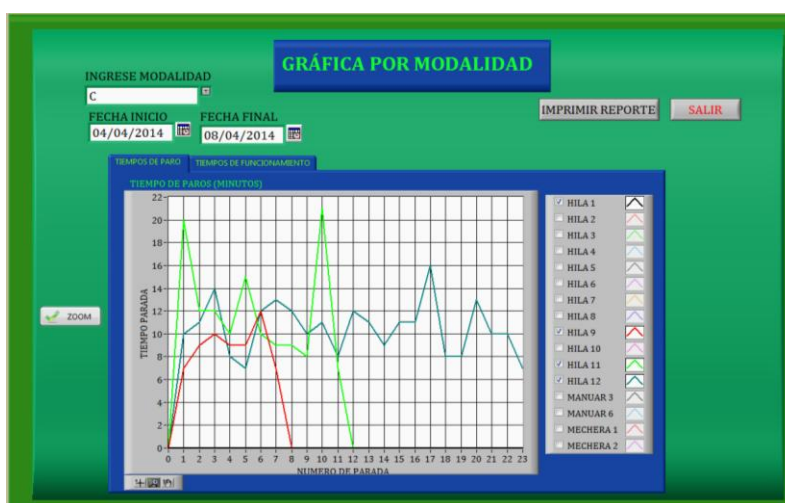


Figura 2.8:Diseño de la ventana de modalidad.

MÁQUINA: Para el diseño de esta ventana se consideró, selección de la hila, la fecha de inicio y la fecha final a la cual se desea obtener los datos, estos muestran las tendencias de los tiempos de paro y los tiempos de funcionamiento, esta ventana se puede ver en la Figura 2.9.

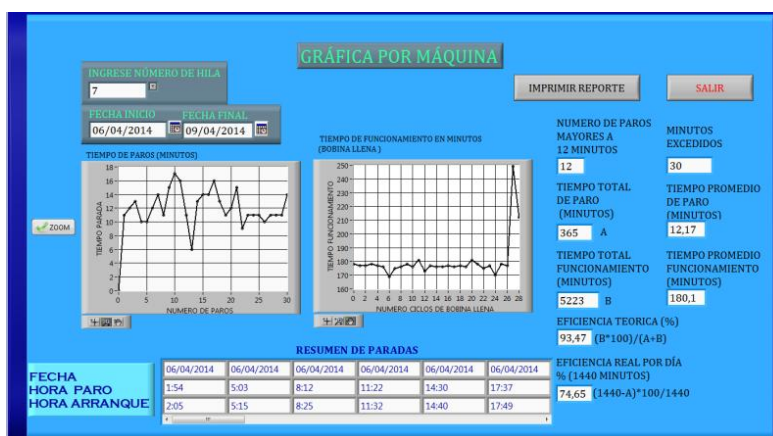


Figura 2.9:Diseño de la ventana de máquina.

PERIODO: Para el diseño de la ventana que se muestra en la Figura 2.10, se consideró seleccionar la fecha de inicio y la fecha final a la cual se desea obtener los datos, estos muestran las tendencias de los tiempos de paro y los tiempos de funcionamiento de las 12 hilas.



Figura 2.10: Diseño de la ventana de periodo.

c. Botón de última parada.

Se diseñó de forma que al pulsar este botón se despliega una nueva ventana, ver Figura 2.11, en esta ventana muestra los datos de las últimas cuatro paradas que se ha producido en el transcurso del tiempo. Se debe seleccionar la hila a la cual se desea obtener los datos.



Figura 2.11: Diseño de la ventana datos de última parada.

d. Características.

La ventana fue diseñada de tal forma que al oprimir este botón se despliega la ventana de la Figura 2.12, aquí se muestra las características particulares de cada hila. Se debe seleccionar la hila a la cual se desea obtener las características.

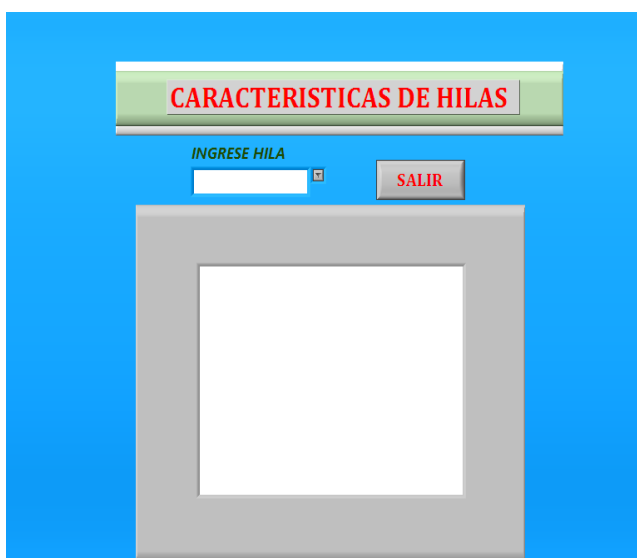


Figura 2.12: Diseño de la ventana de características de las máquinas.

e. Detener.

Este botón permite al usuario detener el programa en caso de necesitar hacerlo, el botón se muestra en la Figura 2.13.



Figura 2.13: Botón detener.

2.3 Selección de Elementos y Materiales.

Teniendo en cuenta las variables a monitorear, la comunicación a realizar y después de un análisis minucioso para la instrumentación a utilizar, esta sección trata acerca de la instrumentación utilizada en el presente proyecto.

En la selección se realiza comparaciones entre mismos elementos de distintas marcas con la finalidad de escoger aquel que posea mejores características y se acople a los parámetros obtenidos en el diseño.

Cada uno de los elementos elegidos cumple a cabalidad lo propuesto y especificado por parte de los ejecutores del proyecto cubriendo todas las necesidades del sistema SCADA, el proceso de selección de elementos se detalla a continuación.

2.3.1 Selección del PLC.

Dentro del proyecto se van a manejar señales de 12 máquinas de hilado, las señales son de tipo discretas, por lo tanto el dispositivo controlador debe poseer como mínimo 12 entradas digitales, o a la vez permitir añadir módulos de entradas adicionales, una característica indispensable que hay que tomar en cuenta al momento de elegir el PLC es que debe poseer la capacidad de establecer la comunicación Modbus TCP. Además tomar en cuenta la disponibilidad y el costo del mismo.

De acuerdo a las características que necesita tener el PLC para el proyecto se tomaron en cuenta los PLC's DirectLogic 06 de la marca Koyo, el PLC CompactLogix 5000 de Allen Bradley y los S7-300 (315-2 PN/DP), S7-1200 (1212C) de Siemens, se establece una tabla comparativa de estos controladores para finalmente analizar las características de los controladores y posteriormente elegir el más idóneo para desarrollar el proyecto, esta tabla se visualiza en la Tabla 2.1.

Dentro de las características que se toman en cuenta para la selección del dispositivo es la capacidad de ampliación de módulos de señales

discretas, la capacidad de establecer una comunicación mediante el protocolo Modbus TCP y que posee un puerto Ethernet integrado.

Tabla 2.1: Tabla comparativa entre PLC.

CARACTERÍSTICAS				
Marca	Koyo	Siemens		Allen Bradley
		S7- 300	S7-1200	
CPU	DirectLogi c06	315-2 PN/DP	1212C	CompactLo gix5000
Tensión de alimentación	110/220 VAC	110/220 VAC	110/220 VAC	110/220 VAC
I/O Integradas				
Entradas digitales	8	16 a 24 VDC	8 a 24 VDC	16
Entradas analógicas	_____	_____	2 (Voltaje)	
Salidas digitales	6	16	6 tipo relé	16
Capacidad de ampliación (máx.)				
Módulos de señal	Máx. 30 entradas	_____	2	_____
Comunicación				
Profinet/industri al	_____	2 puertos	1 puerto integrado	Puerto integrado
Modbus TCP	Modulo adicional	SI	Si	SI
Costos	\$422	\$ 3490	\$ 375	\$ 1500

Luego de analizar las características y el costo de cada uno de los PLC's escogidos, se tomó la decisión de usar el PLC S7-1200 (CPU 1212 C), este posee la capacidad de establecer la comunicación Modbus TCP mediante el puerto Profinet integrado, esto quiere decir que para la comunicación no se necesita ningún módulo adicional, la cantidad de entradas que posee este PLC es 8 por lo cual se requiere un módulo de entradas adicional, aun así este PLC resulta ser más conveniente en

cuanto a costos se refiere y cumple todas las características necesarias para el proceso.

2.3.2 Selección de módulo de entradas digitales.

Una vez seleccionado el PLC siemens S7-1200 CPU 1212C AC/DC/Rly, como se visualiza en la Tabla 2.1 este posee solo 8 entradas digitales y las requeridas para el proyecto son 12, por lo que es necesario usar un módulo que tenga como mínimo 4 entradas digitales, en el caso de los PLC Siemens estos tienen módulos de señales establecidos como es el caso del módulo SM1221 de 8 entradas y el SM1221 de 16 entradas.

En este caso se usará el módulo SM1221 de 8 entradas digitales, para completar las 4 entradas necesarias, además al tener cuatro entradas libres permitirá realizar la expansión del sistema hacia otras máquinas en el futuro.

Las características del módulo SM1221 de 8 entradas digitales se muestra en la Tabla 2.2.[7].

Tabla 2.2: Datos Técnicos módulo de entradas digitales.

DATOS TÉCNICOS	
Modelo	SM1221 DI 8x24 V DC
Referencia	6ES7 221-1BF30-0XB0
General	
Disipación de potencia	1,5 W
Consumo de corriente (bus SM)	105 mA
Consumo de corriente (24 V DC)	4mA/entrada utilizada
Entradas digitales	
Número de entradas	8
Tensión nominal	24 V DC a 4mA, nominal
Tensión continua admisible	30 V DC, máx.
Sobretensión transitoria	35 V DC durante 0,5 seg.
Señal 1 lógica (mín.)	15 V DC a 2,5 mA
Señal 0 lógica (máx.)	5 V DC a 1 mA

En la Tabla 2.3 se muestra los costos del módulo SM 1221 de 8 entradas digitales.

Tabla 2.3: Precios del módulo de entradas digitales.

Módulos de señal: entradas digitales		
6ES7221-1BF30-0XB0	SM1221 Módulo de señal de 8 DI a 24VDC	160,00

2.3.3 Selección de Fuente.

Fuente Cabur

Es una fuente que trabaja con una alimentación de 120/ 240 VAC, tiene un salida variable de 23.7 a 25.3 V DC, la fuente se muestra en la Figura 2.14.



Figura 2.14: Fuente caburXCSW121C.

Fuente: Cabur

En la tabla 2.4 se muestra las características de entradas y salida de voltaje de la fuente cabur.

Tabla 2.4: Características de la fuente cabur.

Datos Técnicos	
Voltaje de entrada (Vac)	185 – 550 V ac
Voltaje de entrada (Vdc)	270 – 725 Vdc
Voltaje de salida (V)	24Vdc
Corriente de salida	5A

Además se eligió esta fuente ya que un rendimiento elevado y excelente ventilación, salida regulable y protegida contra la entrada de sobretensiones, protección térmica, grado de protección IP20, todo esto es óptimo para trabajar en un ambiente industrial.

2.3.4 Selección de Relés.

Los relés son montados en cuatro máquinas para obtener la señal discreta del motor y poder detectar el encendido y apagado, las características que debe tener este relé son: alimentación de 220 V AC, 1 contacto abierto, 1 contacto cerrado, brindar una salida de 24V Vdc.

En la selección de relés se toma en cuenta los relés de la marca siemens y de Omron, los detalles y características se describen en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5: Comparación entre relé Omron y Siemens

	Siemens	Omron
Tipo de relé	Electromagnético	Electromagnético
Tensión nominal de inductor	24V AC	24 V AC
Capacidad de carga de contactos AC	230/400 V AC	5 A/ 220 V AC

CONTINÚA

	Siemens	Omron
Capacidad de carga contactos DC	24V DC	5 A / 24 V DC
Corriente de contactos	100 mA mín.	5 A máx.
Resistencia de contactos	100mΩ	100mΩ
Costo	69.66	14,50

Debido a sus características se eligió el relé OMRON MY4 24VAC que se muestra en la Figura 2.15 ya que posee las características de ser un relé de tipo industrial, tiene una capacidad de carga de contactos DC de 5A/24V y soporta temperatura entre -50 hasta 70 grados centígrados.



Figura 2.15: Relé omron.

Fuente:[20].

2.3.5 Selección del cable.

En la selección del tipo de cable se tomó en cuenta la corriente que va a conducir, además la longitud que el mismo recorrerá hasta llegar al

laboratorio en donde se encuentra ubicado el controlador, otra característica es la flexibilidad del cable para poder colocarlo por las canaletas, debido a que el lugar en donde se va a montar el cable posee muchas esquinas en donde el cable flexible resulta más fácil de manejar.

De acuerdo a los requerimientos del proyecto, y analizando la Tabla 2.6 facilitada por [21] se eligió el cable de tipo flexible calibre 16.

Tabla 2.6 Amperaje que soportan los cables de cobre.

Amperaje que soportan los cables					
Nivel de temperatura:	60 ° C	75 ° C	90 ° C	60 ° C	
Tipo de aislante:	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2	SPT	
Medida / calibre del cable	Amperaje soportado			Medida / calibre del cable	Amperaje soportado
14 AWG	15 A	15 A	15 A	20 AWG	2 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A		
10 AWG	30 A	30 A	30 A		
8 AWG	40 A	50 A	55 A	18 AWG	10 A
6 AWG	55 A	65 A	75 A		
4 AWG	70 A	85 A	95 A		
3 AWG	85 A	100 A	115 A	16 AWG	13 A
2 AWG	95 A	115 A	130 A		
1AWG	110 A	130 A	145 A		
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A	14 AWG	18 A
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A		
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A		
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A		
				12 AWG	25 A

2.3.6 Selección de Software.

El software que se utilizará en esta aplicación debe cumplir con ciertas especificaciones establecidas en la parte de diseño, como la de poder establecer una comunicación Modbus TCP con el PLC para poder evitar el uso de un OPC adicional, para establecer la comunicación de las señales de entrada con el HMI.

Dentro de los software´s que nos permiten realizar HMI a nivel industrial tenemos Labview, Intouch, WinCC, a continuación se analizan cada uno de ellos y las descripciones más relevantes que influyen en la selección, Tabla 2.7.

.Tabla 2.7: Comparación de software.

	Intouch	Wincc	Labview DSC
<i>Alarmas</i>	SI	SI	SI
<i>Creación de tendencias</i>	SI	SI	SI
<i>Conectividad</i>	Mediante OPC	Mediante OPC	OPC, Modbus TCP
<i>Creación de ejecutables</i>	NO	NO	SI
<i>Modbus</i>	Licencia	Licencia	Gratis
<i>Uso de documentos de Microsoft Office</i>	NO	NO	SI
<i>Generación de reportes</i>	SI	SI	SI

El software que cumple con los requerimientos de diseño es Labview ya que tiene mayor rapidez en el manejo de datos por lo que este software es el indicado para realizar HMI, adicionalmente Labview tiene una biblioteca Modbus que posee bloques de función que se pueden obtener gratis y brindan comunicación Modbus desde cualquier puerto Ethernet o puerto serial estándar.

Implementa una comunicación Modbus mediante software, funciona como maestro/esclavo, los controladores lógicos programables se comunican mediante dispositivos Gateway para implementar redes industriales.[22].

La característica adicional de Labview es que permite la creación de archivos ejecutables, con lo cual no es necesario comprar el Software y se ahorra costos por manejo de licencias.

2.3.7 Selección de Computador.

El computador utilizado en el proyecto fue dotado por la empresa, las características del computador se muestran en la Tabla 2.8

Tabla 2.8: Características del computador.

Sistema Operativo	Windows 7 Ultimate
Tipo de Sistema	Sistema operativo de 64 bits
Procesador	Intel Core i5
Memoria RAM	500 Gb

Se selecciona el sistema Operativo Windows 7 Ultimate debido a que este es compatible con la versión de Labview seleccionada para el diseño del HMI.

El tipo de procesador fue seleccionado para tener mayor rapidez de procesamiento y se utilizó el sistema operativo de 64 bits puesto que este es el más reciente y el más utilizado, además la cantidad de memoria RAM es suficiente para guardar datos en la base de datos.

2.3.8 Selección de cable Ethernet.

Para la selección del cable de comunicación hay que tomar en cuenta el tipo de ambiente en el que se está trabajando, en este caso el ambiente es industrial por esta razón el cable debe ser robusto para soportar estas condiciones.

El cable seleccionado es de tipo industrial de siemens, a continuación se detallan las características:

- Tienen certificación para ser usados en mercados como estadounidense y canadiense.
- Compatible con profinet.

- No contiene humectante de la pintura.
- Color verde[23].

Los beneficios que ofrece este cable es más barato, es estandarizado, con categoría 5 (Cat5e) de las normas ISO/IEC 11801, alta inmunidad contra perturbaciones, debido al apantallamiento.[23]

Posee un FastConnet RJ45 es inmune a perturbaciones, gracias a la caja de metal como se muestra en la Figura 2.16, es de fácil instalación.



Figura 2.16: Conector IE FastConnect RJ45.

Fuente: [24]

Este conector tiene un diseño industrial, alta compatibilidad electromagnética y derivación de perturbaciones, compatible con el estándar RJ45 ISO/IEC 11801.[24]

Las principales características del conector es que se puede realizar conexiones directas a una distancia de hasta 100m.

CAPÍTULO 3

CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN

3.1 Implementación del sistema eléctrico.

La implementación del sistema eléctrico se basó en el diseño realizado en el capítulo anterior tomando en cuenta la ubicación de las máquinas y generando planos eléctricos (ANEXO A), la ejecución comprende: el montaje del cableado, instalación de las canaletas de energía, instalación de las tuberías para el cableado, el montaje de cada etapa se describe a continuación:

3.1.1 Montaje del cableado.

De acuerdo a la etapa de diseño el cable seleccionado es de calibre 16 el mismo que fue elegido después de analizar los aspectos más relevantes para implementar el sistema eléctrico tomando en cuenta la corriente que va a soportar cada cable y el voltaje que manejará al momento de conectar las máquinas.

Se realiza el tendido del cable en el piso con el fin de evitar que se enrede y facilitar el montaje del cable en la canaleta principal la misma que se encontraba ya instalada con anterioridad en la empresa como se muestra en la Figura 3.1.



Figura 3.1: Montaje de cable.

La fábrica cuenta con una canaleta propia de 50 cm. de ancho para el tendido de cable eléctrico, ubicada en la parte superior de la estructura como se muestra en la Figura 3.2. Se coloca el cable por las canaletas, la cantidad total de cable utilizado es 1600 metros para la conexión de las máquinas de hilado.



Figura 3.2: Colocación de cable en la canaleta principal.

Como el tendido del cable es para las 12 máquinas de hilado se necesita separar el cable por máquina un par para cada una de ellas como se muestra en la Figura 3.3.



Figura 3.3: Cables para conexión de las máquinas.

Una vez separados los cables se procede a realizar agujeros en la carcasa de la máquina para realizar la conexión del cable con el contactor principal, ver Figura 3.4.



Figura 3.4 Conexión de Tuberías.

Los cables de las cuatro primeras hilas requieren de modificación respecto a agujeros en el suelo para el tendido del cable hacia la máquina, como se muestra en la Figura 3.5.

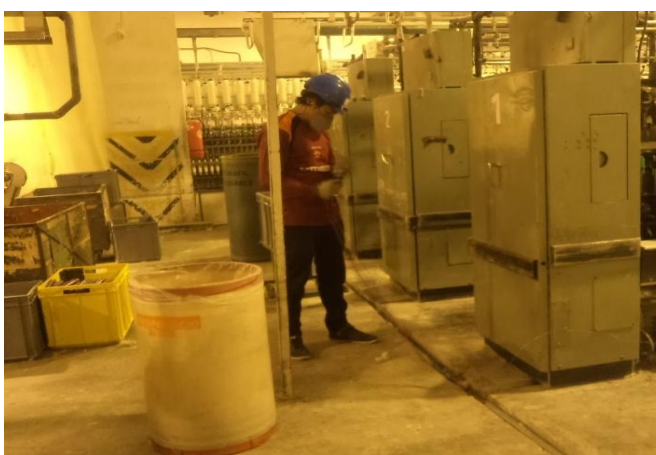


Figura 3.5: Cableado por el suelo.

Una vez llevado el cable de todas las máquinas hasta el laboratorio donde se realiza el monitoreo, se realiza los empalmes correspondientes ya que

por la distancia de las máquinas el rollo de cable no es suficiente, ver Figura 3.6.



Figura 3.6: Empalme del cable.

Para poder llevar los cables de las máquinas hasta la caja principal ubicada en el laboratorio se utilizó un tubo EMT de 2 pulgadas, como se muestra en la Figura 3.7.



Figura 3.7: Colocación de tubo en el laboratorio.

Se debe tomar como precaución que la perforación de la caja principal debe ser lo suficientemente grande para colocar la tubería, pero no tan

grande ya que la pelusa generada en la planta podría ingresar a la caja y afectar al PLC, el terminal de conexión y la caja con sus tuberías se muestran en la Figura 3.8.



Figura 3.8: Conexión de tubería a la caja y terminales de conexión.

3.2 Montaje del rack de control.

Este rack de control contiene el PLC, el módulo de entradas digitales con sus respectivas conexiones hacia la fuente de poder.

Como primer paso se fija tanto el PLC y el módulo de entradas digitales a la caja, con el fin de asegurar el soporte en la caja, como se muestra en la Figura 3.9.



Figura 3.9: Asegurar el PLC y el módulo.

Como siguiente paso se une las tierras de las máquinas y las entradas digitales de señal provenientes de los contactores conectados al motor principal de las máquinas, a los racks de la caja, como se muestra en la Figura 3.10.

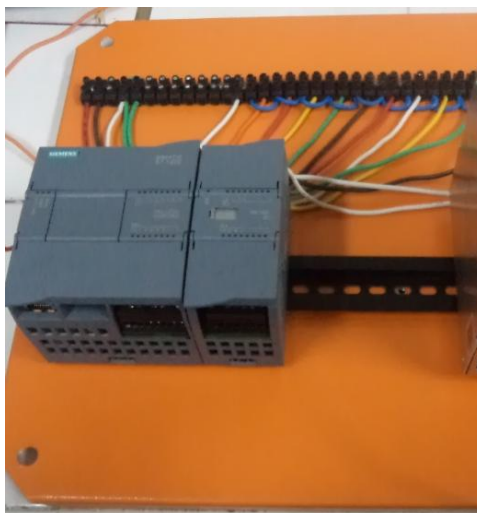


Figura 3.10: Conexión cables de señal.

3.2.1 Conexión de la Fuente.

Como se dijo en el capítulo 2 en la etapa de diseño la fuente seleccionada es de acuerdo al consumo de corriente de las máquinas en la Figura 3.11 se muestra la conexión de la fuente al PLC.



Figura 3.11; Conexión de la fuente.

Finalmente se monta la caja para conectar con el cableado de las máquinas, como se muestra en la Figura 3.12.



Figura 3.12: Conexiones realizadas en la caja principal.

El rack también es montado con los terminales de Ethernet y el cable de alimentación del PLC, por características de los sistemas eléctricos estos cables son introducidos en canaletas, como se puede ver en las Figuras 3.13 y 3.14.



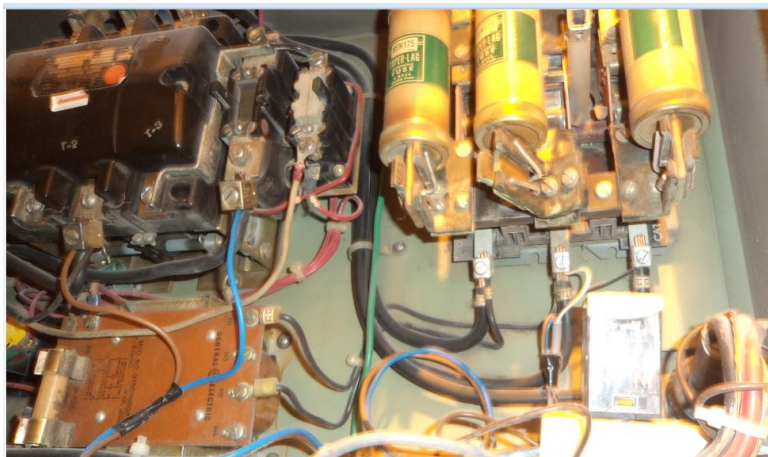
Figura 3.13: Canaleta para colocación de cable Ethernet.



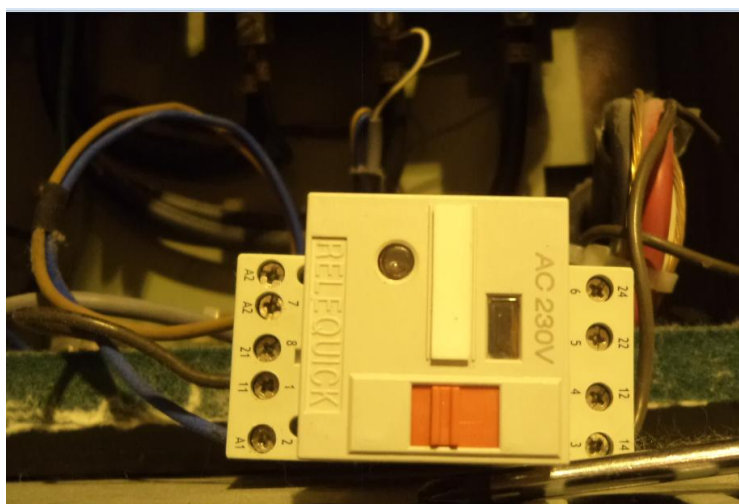
Figura 3.14: Canaleta para colocación de cable de alimentación.

3.3 Montaje del sistema de instrumentación.

Este sistema consiste en un bloque de relés instalados a las cuatro primeras máquinas para obtener una señal de 24 V dc directo del motor principal de las máquinas como se muestra en las Figuras 3.15 y 3.16.



Figuras 3.15: Relé montado en la máquina.



Figuras 3.16: Conexión del relé en la máquina.

Existe cuatro máquinas que no cuentan con contactos abiertos o cerrados en ningún lugar de la hila, por esta razón es necesario la implementación de los relés a estas máquinas. Los relés están conectados aguas abajo del arranque estrella / triángulo, en este caso C1 es el contacto que permanece cerrado en todo momento.

La alimentación del relé es de 240 V de corriente alterna, razón por la cual se conecta con dos fases del arranque.

La conexión del relé al motor principal de la máquina se puede visualizar en la Figura 3.17.

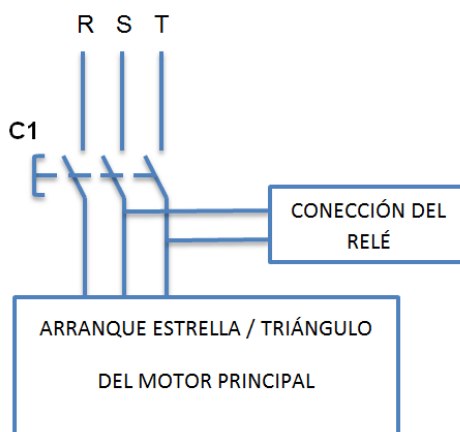


Figura 3.17: Conexión del relé a la máquina.

3.4 Configuración de la comunicación Modbus TCP en el PLC Siemens S7-1200.

Para realizar la comunicación Modbus TCP se debe tener un servidor y un cliente en este caso el PLC actuará como servidor y el HMI realizado en Labview será el cliente.

Se debe configurar al PLC de tal manera que actúe como servidor para esto se tiene una instrucción dentro del programa, a continuación se muestra los pasos necesarios para realizar esta configuración.

3.4.1 Crear nuevo Proyecto.

Se crea un nuevo proyecto utilizando el programa TIA (TotallyIntegratedAutomation) Portal, elegir un nombre para el proyecto y la dirección donde se guardara y dar clic en el botón crear, como se muestra en la Figura 3.18.

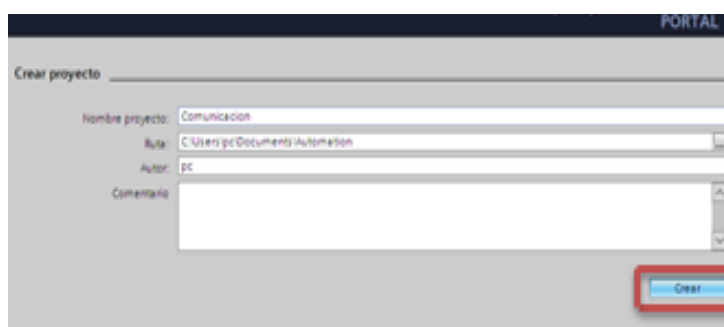


Figura 3.18: Crear un nuevo proyecto.

Luego de pulsar el botón crear se debe esperar hasta que el programa cree el proyecto, en la pantalla se mostrara el dialogo de la Figura 3.19.

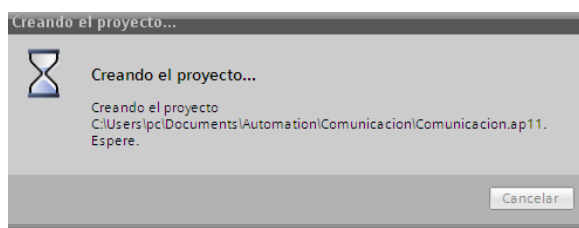


Figura 3.19: Dialogo de espera para el crear el proyecto.

3.4.2 Configuración de dispositivo.

Una vez creado el proyecto el siguiente paso es configurar los dispositivos que vamos a utilizar, ver Figura 3.20.

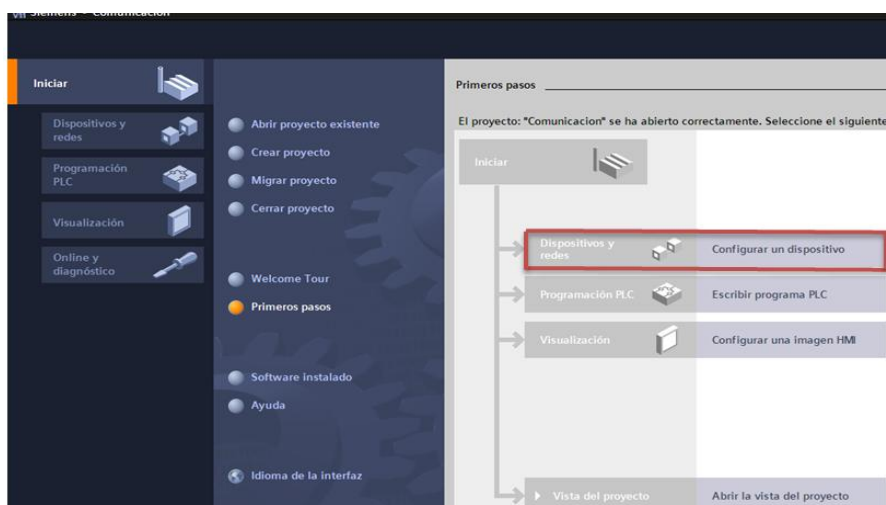


Figura 3.20: Configuración de dispositivos.

Al configurar el dispositivo se debe elegir el tipo de PLC a utilizar, el PLC posee un código en su carcasa como se muestra en la Figura 3.21.



Figura 3.21: Código de distinción de CPU.

Se escoge el tipo de PLC S7-1200 AC/DC/Rly, basándose en el código encontrado en la carcasa del PLC se procede a elegir el tipo de CPU, en nuestro caso el 6ES7 212-1BD30-0XB0, hay que tomar en cuenta la versión que se tiene en el PLC, y en el recuadro del programa, ver Figura 3.22.

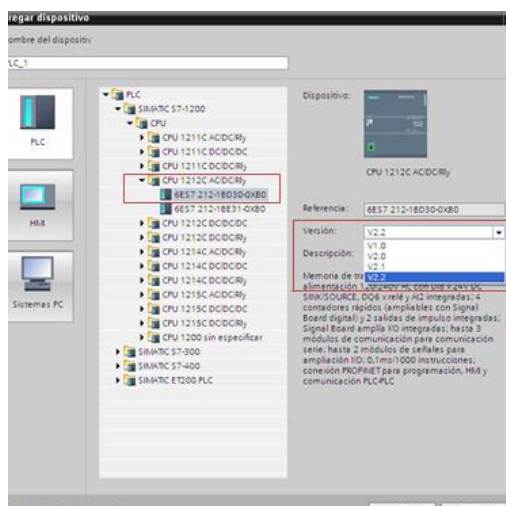


Figura 3.22: Selección de dispositivos.

En caso de no encontrar la versión dentro del programa actualizar el catálogo, para esto se debe conectar a internet, entrar a la página de Siemens y actualizar el catálogo.

Una vez seleccionado el PLC se cargan las características como la comunicación, la cantidad de entradas analógicas y digitales, convertidores, etc., como se muestra en la Figura 3.23.

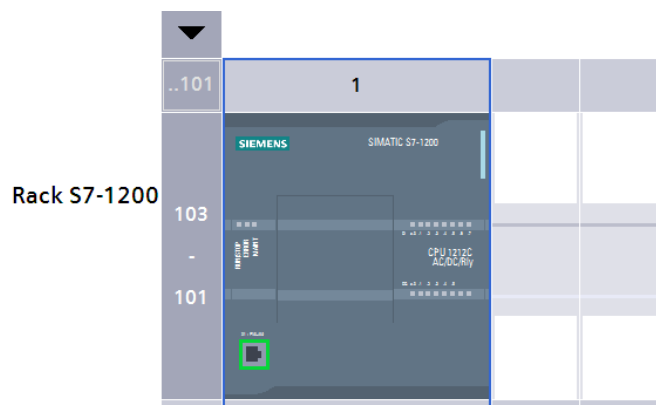


Figura 3.23: PLC S7-1200 CPU 1212 AC/DC/Rly.

Una vez configurado el CPU se añade el módulo de entradas digitales para esto se sigue el mismo procedimiento anterior, se selecciona el módulo de entradas digitales del catálogo como se muestra en la Figura 3.24.

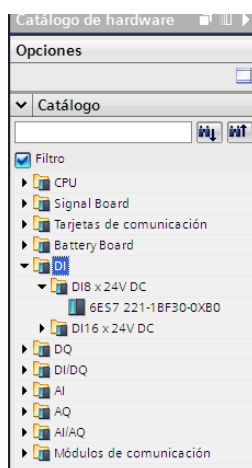


Figura 3.24: Catálogo Siemens.

Elegido el módulo se procede a arrastrarlo a la pantalla donde se encuentra el CPU los módulos de entradas adicionales se ubican siempre al lado derecho del PLC como se muestra en la Figura 3.25.

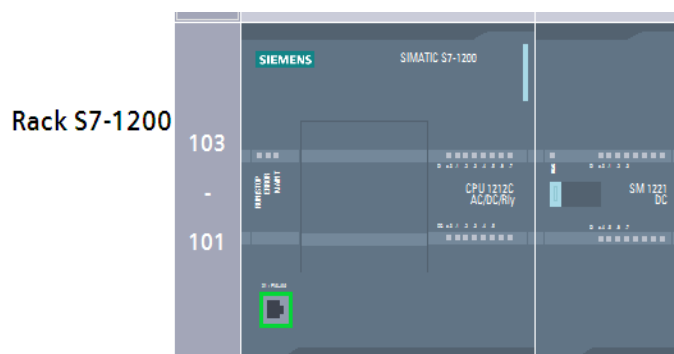


Figura 3.25 Ubicación del módulo de entradas digitales.

3.4.3 Asignación de IP al PLC.

Para asignar la dirección IP se da doble clic al PLC mostrado en la Figura 3.25, en la parte inferior se selecciona la pestaña propiedades, y en la parte derecha elegimos interfaz PROFINET y direcciones Ethernet como se muestra en la Figura 3.26, se ingresa la dirección IP en este caso 192.168.1.1.

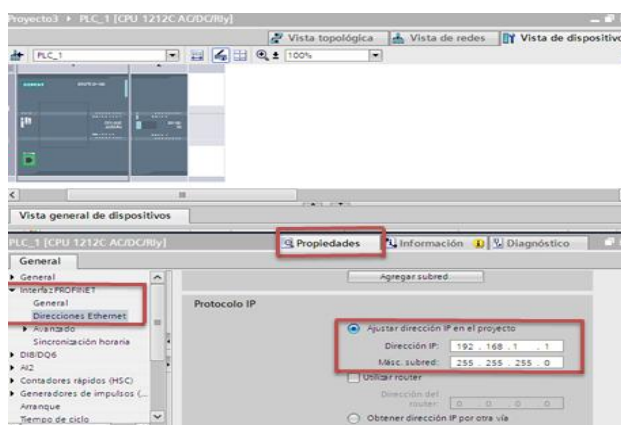


Figura 3.26: Asignación de dirección IP.

3.4.4 Cambio de direcciones de entradas digitales.

Luego de asignar la dirección IP al PLC se procede a verificar las direcciones que está manejando el PLC y el módulo, para las entradas digitales, dar clic en el PLC y clic en el botón representado por una flecha

dirigida hacia arriba, se despliega la pantalla llamada vista de dispositivo de la Figura 3.27, ver las direcciones asignadas para las entradas digitales en este caso van desde I0.0 – I0.7.

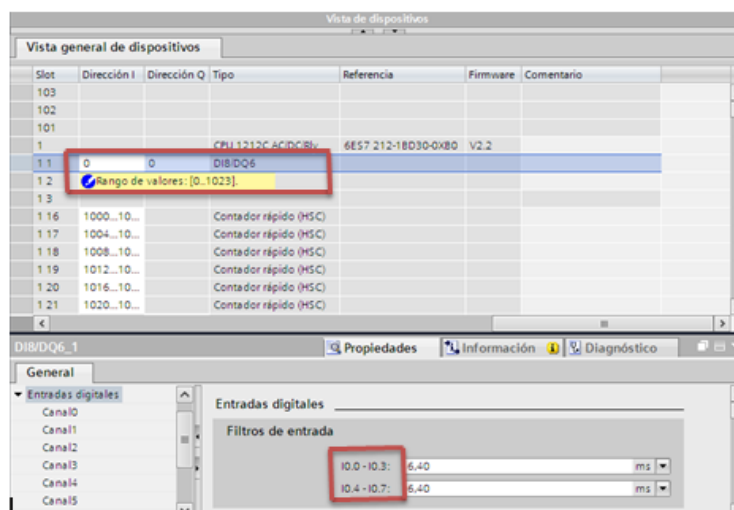


Figura 3.27: Verificación de direcciones de entradas digitales.

Seguidamente se verifica las direcciones del módulo, para esto se minimiza la pantalla anterior dando clic en el botón mostrado en la Figura 3.28.

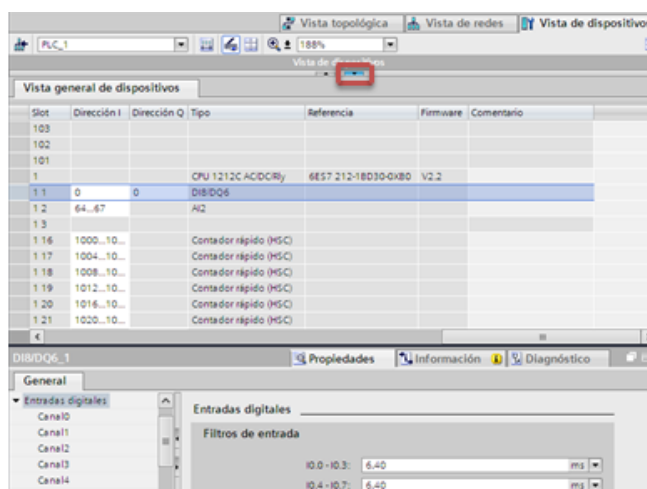



Figura 3.28: Minimizar pantalla.

Revisar las direcciones del módulo para esto damos clic en el módulo y clic en el botón para desplegar la pantalla de vista de dispositivo , ver Figura 3.29, como se observa en la figura la dirección por defecto es 8 esto quiere decir que las direcciones son I8.0-I8.7.

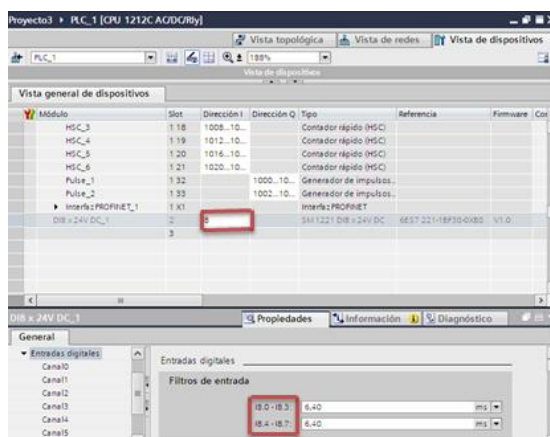


Figura 3.29: Dirección de módulo de entradas digitales.

Para mayor facilidad al momento del manejo de los datos se debe cambiar la dirección a 1, puesto que facilita el manejo de las variables para la comunicación Modbus TCP creadas en Labview, cambiar la dirección I del módulo de 8 a 1, con esto tendremos direcciones desde I1.0 hasta I1.7, como se muestra en la Figura 3.30.

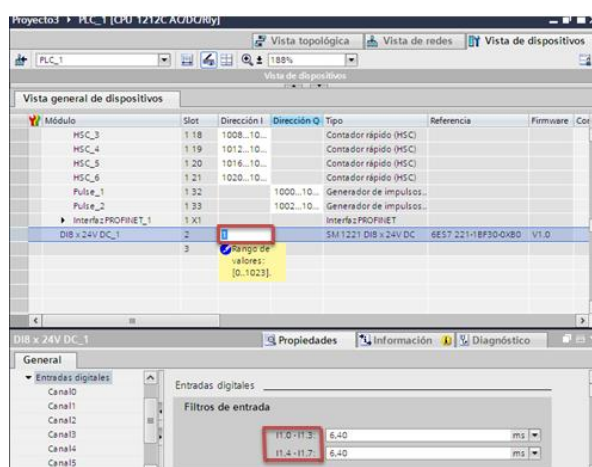


Figura 3.30: Cambio de dirección de entradas digitales.

3.4.5 Programación PLC en TIA Portal.

Una vez realizado el reconocimiento del Hardware se procede a la programación, para establecer la comunicación Modbus TCP con el computador.

Para esto damos clic en bloques de programa y escogemos la opción MAIN ubicado a lado derecho en el árbol del proyecto como se muestra en la Figura 3.31.

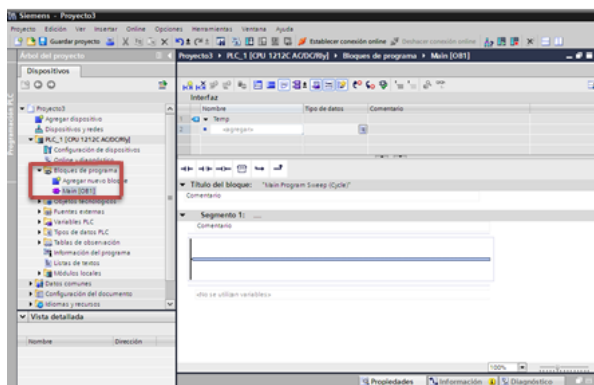


Figura 3.31: Ingreso a la programación.

Elegimos el bloque de programa que nos permitirá realizar la comunicación Modbus TCP como servidor, para esto damos clic en Procesador de comunicaciones ubicado en la parte derecha de la pantalla principal del programa, escoger la opción Modbus TCP y el bloque de programación MB_SERVER como se muestra en la Figura 3.32.

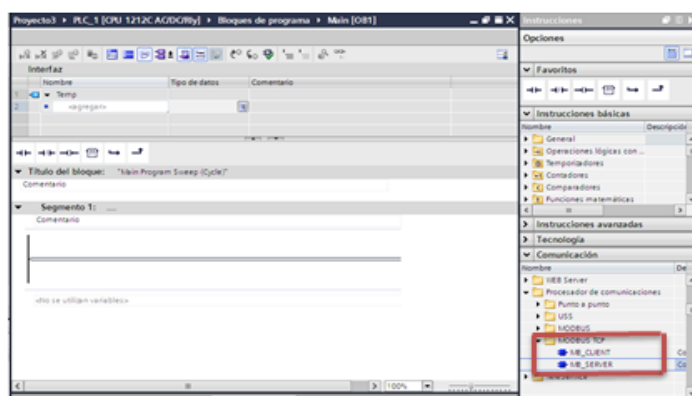


Figura 3.32: Selección del bloque de programación.

Al escoger el bloque de programa se despliega la pantalla de la Figura 3.33, usar la configuración por defecto y dar clic en aceptar.

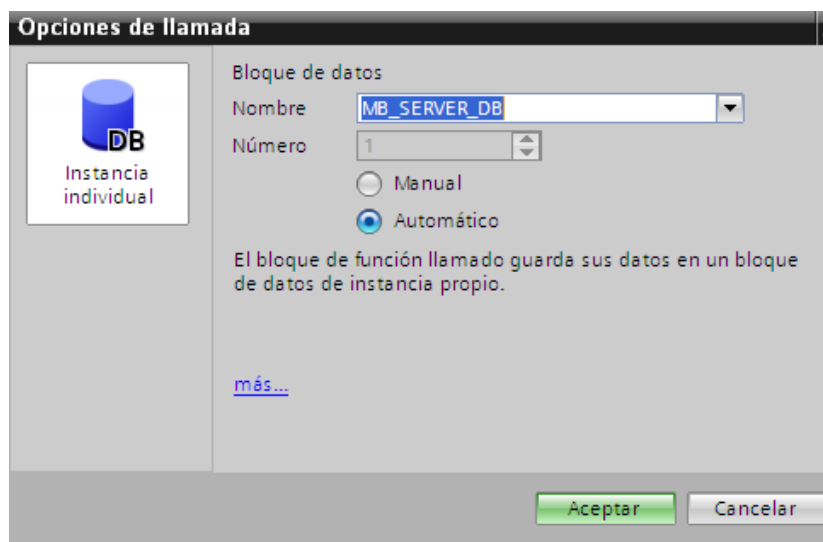


Figura 3.33: Opciones de llamada.

Se despliega el bloque en la pantalla de programación como se muestra en la Figura 3.34, en este bloque se debe configurar los parámetros de comunicación, que se detallan en la Tabla 3.1.

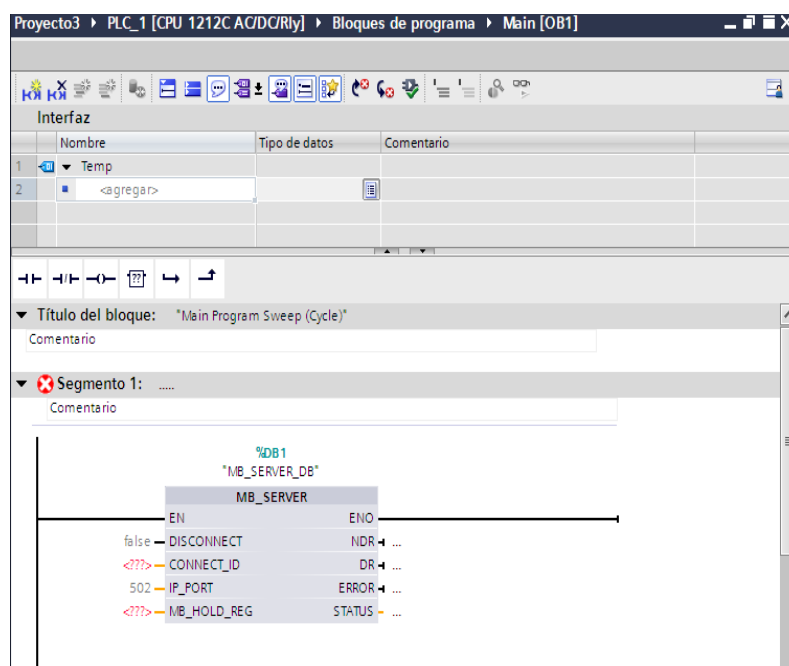


Figura 3.34: Bloque de programación MB_SERVER.

Tabla 3.1 Tipos de datos para programar comunicación Modbus TCP.

Parámetro y tipo		Tipo de datos	Descripción
DISCONNECT	IN	Bool	DISCONNECT=0 y no existe una conexión puede iniciarse una conexión pasiva. DISCONNECT=1 y existe una conexión, se inicia una operación de desconexión, esto permite que su programa controle cuando se acepta una conexión TCP.
CONNECT_ID	IN	UInt	Cada instancia única de la instrucción MB_CLIENT o MB_SERVER debe contener un parámetro CONNECT: ID único.
IP_PORT	IN	UInt	Valor predeterminado =502: el número de puerto IP que identifica el puerto IP que se supervisara para peticiones de conexión de un cliente Modbus.
MB_HOLD_REG	IN_ OUT	Variant	El registro de retención debe ser una dirección de memoria M o bien DB global estándar. Esta área de memoria se utiliza para retener los valores a los que un cliente Modbus puede acceder con las funciones de registro Modbus 3 (lectura), 6 (escritura) y 16 (escritura)
NDR	OUT	Bool	Nuevos datos listos : 0= no hay datos nuevos, 1=indica que el cliente Modbus ha escrito datos nuevos
DR	OUT	Bool	Lectura de datos: 0= No se han leído datos, 1= indica que el cliente Modbus ha leído datos.

Una vez elegidos los parámetros DISCONNECT, CONNECT_ID, IP_PORT, MB_HOLD_REG de acuerdo a la Tabla 3.2 configurar el bloque MB_SERVER, el bloque final para establecer la comunicación, se muestra en la Figura 3.35.

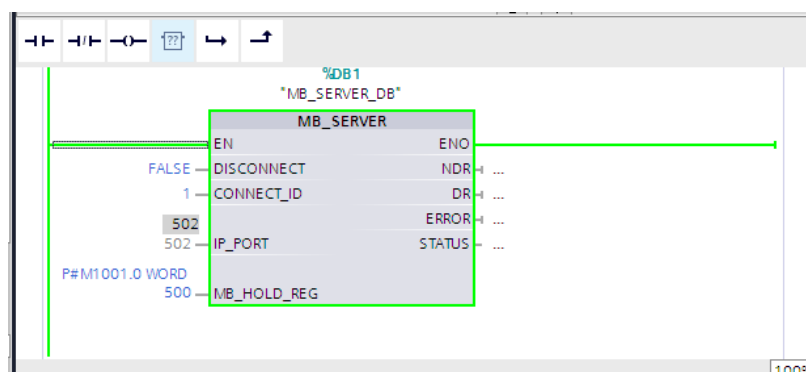


Figura 3.35 Bloque configurado para comunicación Modbus TCP.

3.5 Implementación del HMI.

La implementación del HMI del sistema SCADA se basó principalmente en las necesidades de la empresa, después de un análisis minucioso la idea es presentada al gerente de la planta, indicando los beneficios a obtener mediante el proyecto a implementarse. Interesado por las bondades que brinda este proyecto resuelve la implementación del mismo. En un inicio la planta no contaba con un SCADA, esto conllevó a que la implementación se realice desde el montaje eléctrico, el tendido del cableado hasta la implementación de HMI.

El software a utilizar tiene ciertas características como se indicó en el capítulo 2 y una de las más importantes es la comunicación Modbus TCP/IP, esta herramienta permite obviar la conexión mediante un servidor OPC, obteniendo la comunicación directa entre el PLC y el software. Partiendo de este análisis se resuelve utilizar el software Labview.

Labview tiene muchas bondades entre las cuales mencionamos las utilizadas en el proyecto:

- Almacenar y guardar datos en Microsoft office.
- Modbus TCP/IP.

- Creación de ejecutables.
- Interfaz gráfica amigable.

La aplicación del HMI en este proyecto, es principalmente por las necesidades del personal de mantenimiento, supervisores, personal de calidad y jefe de planta.

El HMI permite analizar la eficiencia de las hilas, el número de paradas que excede el tiempo establecido por parada, análisis de tendencias de una o varias hilas, llevar un registro de trabajo realizado en cada modalidad, observar el tiempo exacto al momento de arrancar una hila, entre otras aplicaciones. La información obtenida es almacenada en una base de datos, gracias al PLC que trabaja en tiempo real.

El primer paso es configurar al Maestro, en este caso Labview será el encargado de recibir la información del PLC y realizar el manejo de las señales.

3.5.1 Configuración del maestro.

La Figura 3.36 muestra la pantalla de inicio del software Labview, en donde se puede crear nuevos proyectos.

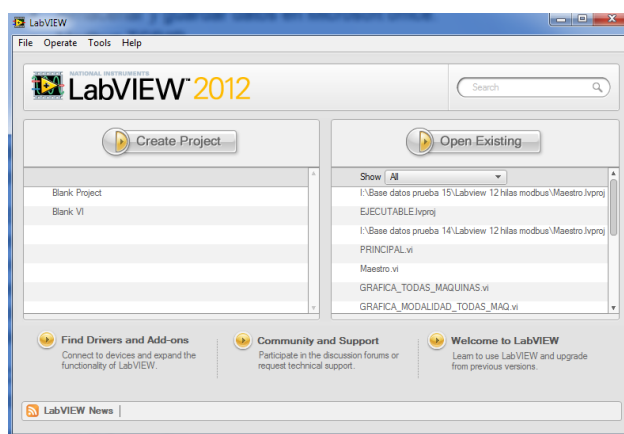


Figura 3.36: Ventana software Labview.

Al mostrar la ventana de inicio dar clic en crear un nuevo proyecto, ver Figura 3.37.

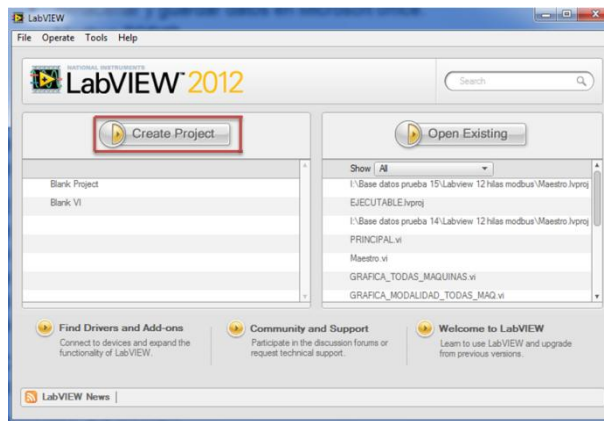


Figura 3.37: Creación de nuevo proyecto.

Se despliega la ventana de la Figura 3.38, en esta ventana dar clic en proyecto blanco, para crear presionar el botón finalizar.

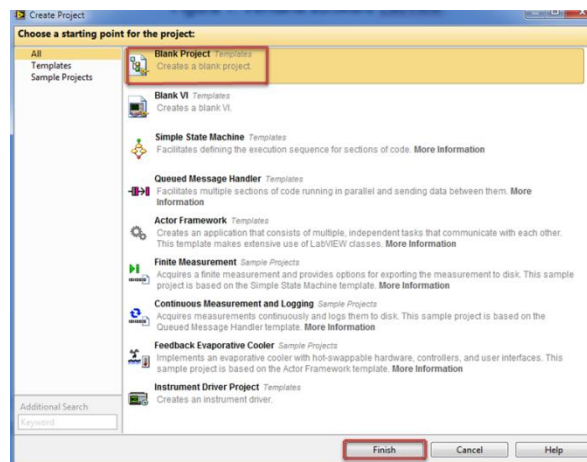


Figura 3.38: Proyecto en blanco.

El formato del proyecto se muestra en la Figura 3.39, guardar con el nombre que el programador desee, en este caso se llamara Maestro.

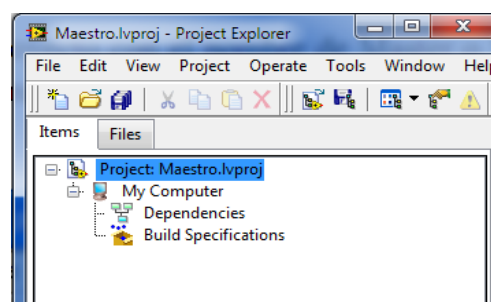


Figura 3.39: Proyecto Maestro.

Después de asignar el nombre debemos añadir una librería al proyecto como se ilustra en la Figura 3.40, esta librería va a contener las variables a ser monitoreadas por el PLC.

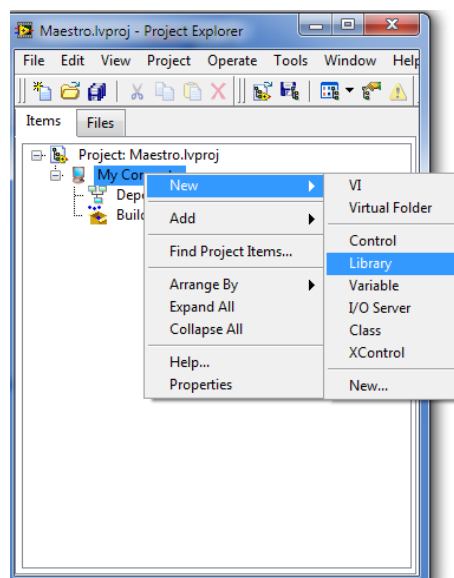


Figura 3.40: Añadir librería al proyecto.

Guardar la librería con el nombre deseado, es recomendable guardar con el nombre del mismo proyecto para así no confundir las librerías con las de otros proyectos, ver Figura 3.41.

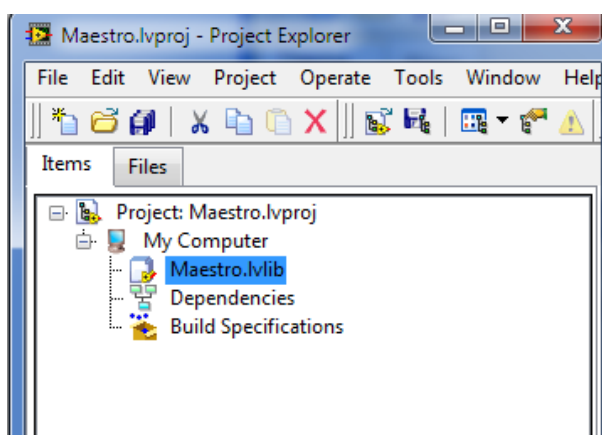


Figura 3.41: Guardar librería.

Añadir la librería I/O Server, la cual permite que las variables del proyecto sean accesibles y compartidas, ver Figura 3.42.

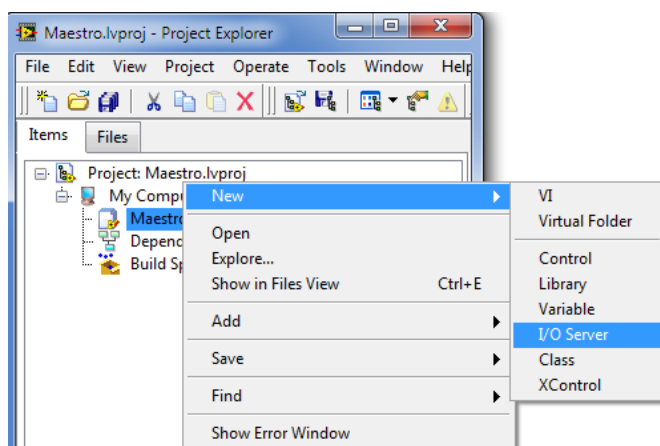


Figura 3.42: Creación del I/O Server a la librería.

Al crear el I/O Server se despliega la ventana de la Figura 3.43, en esta ventana se puede elegir el tipo de comunicación a realizar, para este caso elegir comunicación Modbus, no Modbus Slave debido a que estamos creando al Maestro.

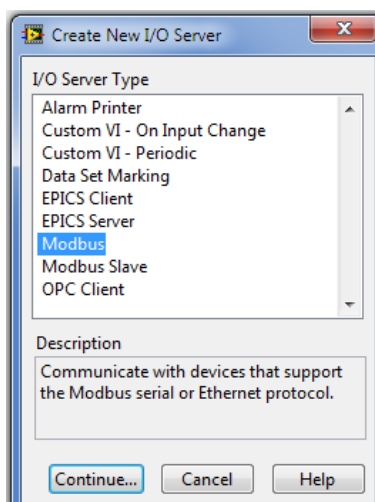


Figura 3.43: Tipo de comunicación.

Al pulsar el botón continuar se despliega la ventana de la Figura 3.44, en esta ventana se dispone de las versiones Modbus Serial y Modbus Ethernet, de las mencionadas se escoge Modbus Ethernet, debido a que necesitamos trabajar con comunicación TCP/IP.

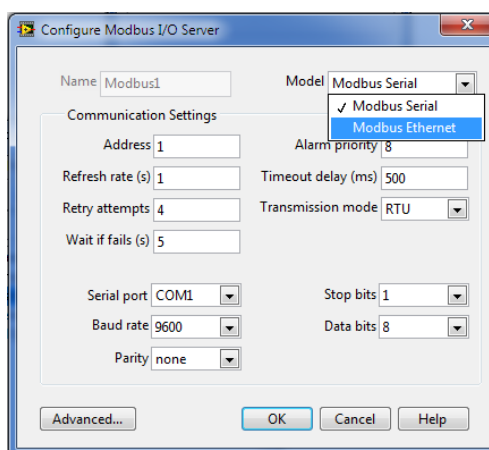


Figura 3.44: Modbus Ethernet.

Al seleccionar la opción Ethernet es indispensable colocar la dirección IP. En este caso utiliza la IP del PLC con las variables a ser monitoreadas, ver Figura 3.45, también puede ser colocada la IP del propio ordenador.

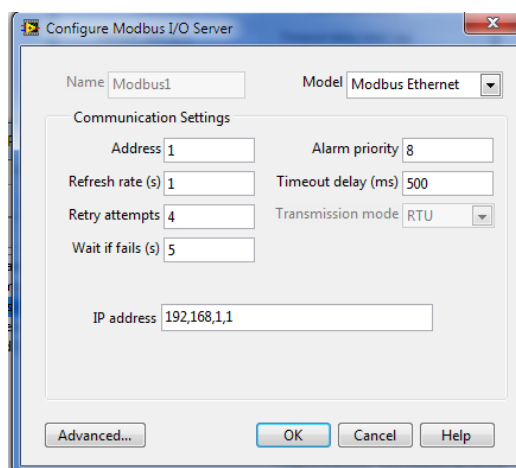


Figura 3.45: Dirección IP.

Al presionar ok se observa que en la librería se ha creado un nuevo objeto como se indica en la Figura 3.46.

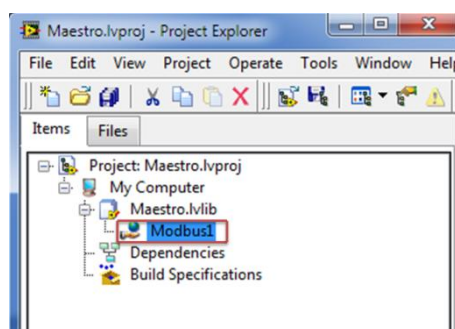


Figura 3.46: Creación del I/O Server.

Como siguiente paso es crear las variables que se van a utilizar en el proyecto, ver Figura 3.47.

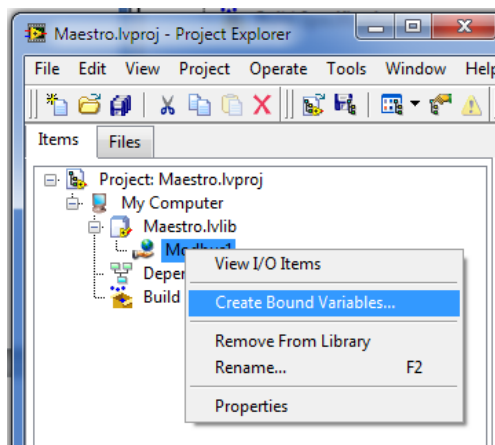


Figura 3.47: Creación de variables.

Al momento de la creación de las variables se despliega una nueva ventana como se muestra en la Figura 3.48, debemos seleccionar el tipo de variables a crear y el rango de las mismas.

Tener especial cuidado al momento de elegir las variables debido a que existen de tipo lectura y escritura y otras solo de lectura.

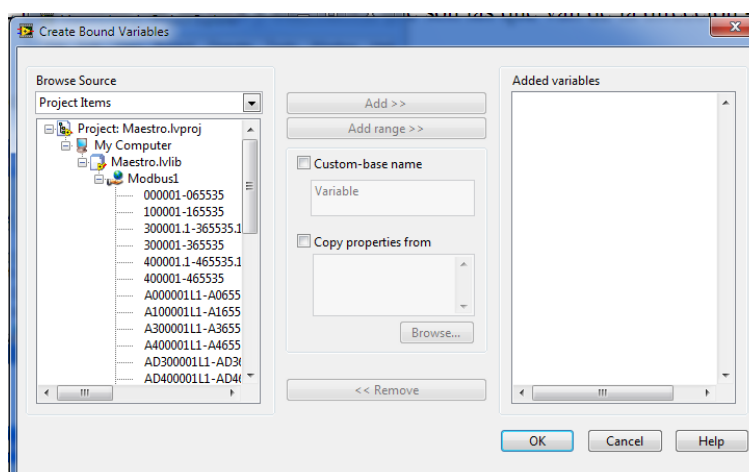


Figura 3.48: Selección de variables.

Para este proyecto añadir 16 variables de tipo booleano, y dos salidas del mismo tipo, ver Figura 3.49.

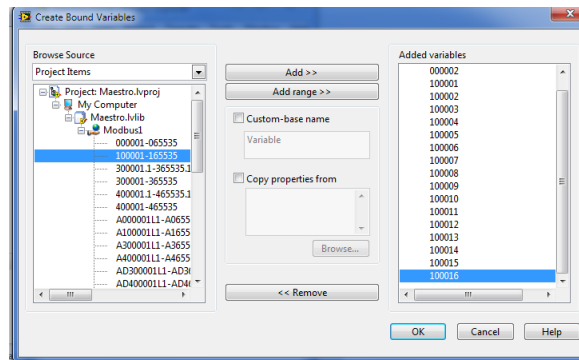


Figura 3.49: Creación de las variables.

Al pulsar el botón ok se despliega la pantalla de la Figura 3.50, esta ventana muestra todas las variables creadas en la librería, dar clic en el botón done.

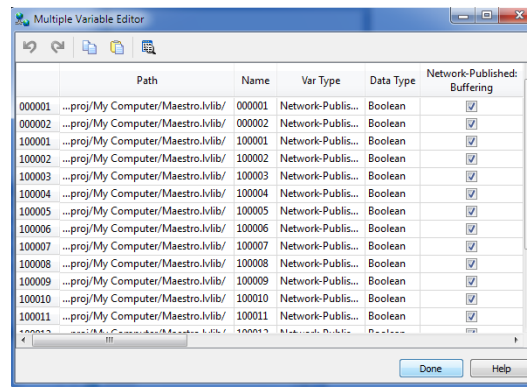


Figura 3.50: Variables creadas en el proyecto.

Se observa que las variables han sido adjuntadas al proyecto, ver Figura 3.51.

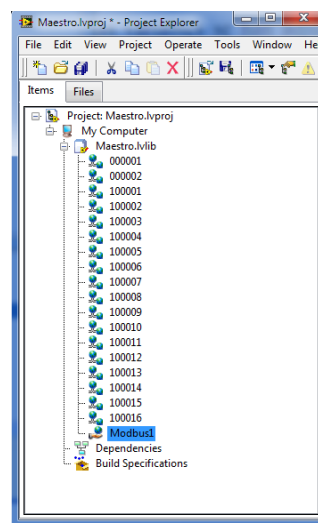


Figura 3.51: Variables creadas.

Como segundo paso es la creación de los VI para la adquisición de datos desde el PLC hacia la computadora.

3.5.2 Creación de VI.

La creación de la base de datos se realiza en las ventanas, que se muestran en el HMI, la empresa cuenta con tres modalidades de trabajo A, B y C, teniendo turnos rotativos de acuerdo a políticas de la empresa. La planta trabaja los siete días de la semana, las 24 horas del día, cada modalidad cuenta con un supervisor, haciendo que el trabajo de los operadores sea ordenado y eficiente, en la Tabla 3.2 muestra la distribución de turnos rotatorios de cada modalidad.

Tabla 3.2 Distribución de turnos rotatorios de cada modalidad.

Hora	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
7:00 a 18:59	A	A	B	B	C	C	A
19:00 a 6:59	C	C	A	A	B	B	C

La lógica de programación de los VI se encuentra en el Anexo B, misma que está representada en diagrama de bloques.

Después de crear las variables de entrada. El siguiente paso es la creación de los VI en el proyecto, ver Figura 3.52, esto servirá para la toma de datos desde el PLC hacia la computadora.

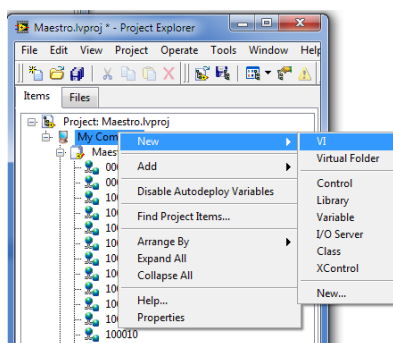


Figura 3.52: Creación de VI.

Al crear un nuevo VI se aparece una ventana en blanco, guardar la ventana con el nombre de la hila a ser monitoreada, ver Figura 3.53.

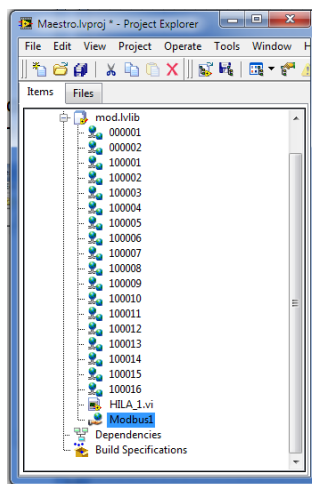


Figura 3.53: Asignación del nombre al VI.

Después de la adquisición de datos y la creación de la base de datos para cada hila, la representación final se muestra en la Figura 3.54. En esta ventana se elige el grupo que se encuentre trabajando, el horario, es decir, si se encuentra trabajando en el día o en la noche, el día si es el primer o el segundo día de trabajo de dicha modalidad, el led de estado muestra si la máquina se encuentra parada o en funcionamiento. Los botones se describen a continuación:

- **STOP:** Permite detener el programa, esta opción se realiza cuando existe periodos largos de paro programados para esa hila.
- **RESET:** Cuando la base de datos se encuentre colapsada, es necesario realizar un borrado de dichos datos.
- **MANTENIMIENTO:** Para no guardar el tiempo de mantenimiento en la base de datos, colocamos al botón en la posición de encendido, con esto evitamos que los cálculos realizados sean incorrectos.

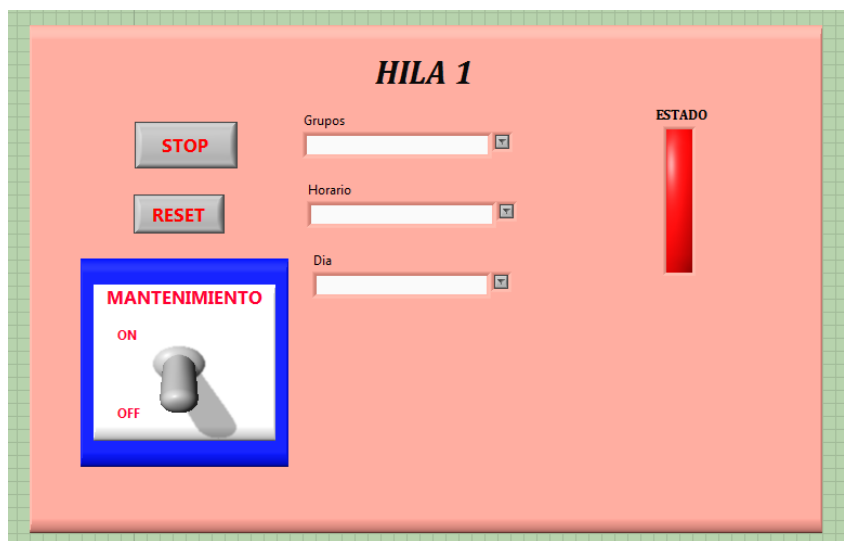


Figura 3.54: VI de la HILA 1.

Estos pasos se realiza para los 16 VI creados en el proyecto, 12 son para las hilas y los 4 restantes son para maquinaria similar.

3.5.3 Acceder a las variables.

Después de cargar la programación del TIA portal al PLC se accede a leer las variables del mismo, este proceso se realiza desde DistributedSystem Manager.

El acceso al Distributed manager se realiza desde el proyecto creado en la opción Tools como se muestra en la Figura 3.55.

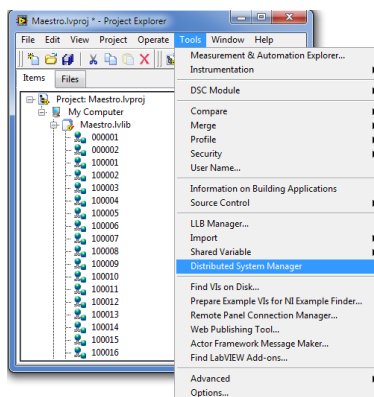


Figura 3.55: Acceso a Distributed System Manager.

Para asegurarse que la comunicación es correcta se puede verificar el valor de la variable, en este caso es true o false como se indica en la Figura 3.56.

+ TF	100001	false	Read
+ TF	100002	false	Read
+ TF	100003	false	Read
+ TF	100004	false	Read
+ TF	100005	false	Read

Figura 3.56: Lectura de variables del PLC.

Después de verificar que la lectura de las variables sea satisfactoria, dar clic izquierdo en Maestro, luego dar clic en DeployAll para que la lectura de las variables sea directa con los VI creados en el proyecto, ver Figura 3.57.

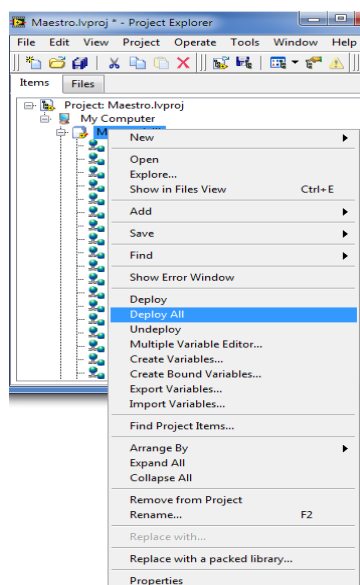


Figura 3.57: Colocación de DeployAll.

3.5.4 Creación del programa principal y de los respectivos Sub VI.

El primer paso es crear la ventana principal del HMI, para eso se crea un nuevo VI en el proyecto con el nombre de maestro. En la Figura 3.58 muestra la creación del maestro.

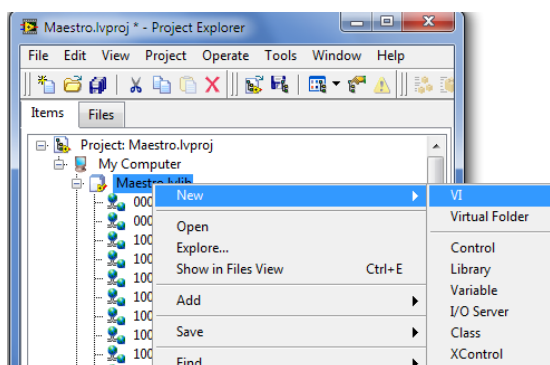


Figura 3.58: Creación de la pantalla principal.

Después de analizar todas las características y requerimientos que debe tener un HMI, la pantalla principal se muestra en la Figura 3.59. La conexión directa entre el PLC Siemens S7 1200 y el software son representadas por las imágenes (son las hilas de la planta), las variables creadas al inicio están vinculadas con estas imágenes, para una lectura en tiempo real de la variable, además de ser una interfaz amigable para los trabajadores de la empresa.

Las imágenes cuentan con tres colores diferentes:

- **Rojo:** El significado de este color es que la maquina se encuentre apagada.
- **Verde:** Significa que la hila se encuentra trabajando (en funcionamiento).
- **Plomo:** Cuando la hila se halle en mantenimiento o a su vez se encuentre con paros programados.

En la parte inferior de cada una de las imágenes muestra el tiempo de la última parada que se ha producido en el transcurso del día, datos que quedan almacenados hasta la siguiente parada, de esta forma permite al personal de planta verificar el tiempo exacto que ha producido determinada parada.

El sistema está diseñado para que cuando una hila se encuentre en suspensión los minutos en esta casilla siguen su curso, es decir, cuando

empieza la parada la casilla parte desde cero hasta cuando empiece la hila nuevamente a funcionar, en este instante la casilla registrara el tiempo transcurrido durante todo ese lapso de suspensión de la hila.

En la parte superior de cada imagen esta etiquetado con el nombre de la hila, mechera o manuar a la que pertenece dicha imagen, este nombre tenía que ser con un tamaño de letra relativamente alto para poder identificar a grandes distancias del monitor.

Cuenta con una segunda imagen de menor tamaño que la principal esta imagen indica el funcionamiento de un motor, cuando la hila empiece su funcionamiento habitual este motor empieza a girar, en caso contrario el motor se encuentra apagado.

En la parte superior derecha de la Figura 3.59 se observa la fecha y la hora actual del día, opción para identificar si el tiempo de parada concuerda con el tiempo almacenado en la base de datos. Las pruebas realizadas muestran la eficiencia del programa ya que los datos son almacenados con la fecha y hora exacta a la que se produjo el paro.

Esta exigencia son generadas principalmente por la necesidad de los supervisores, personal de mantenimiento, y control de calidad de la planta, ya que era indispensable la visualización del encendido y apagado de las hilas desde un cuarto de control.



Figura 3.59:Pantalla principal del HMI.

Dentro de las opciones a realizar en nuestro programa están las de acceso, desplegar gráficas, datos de última parada y características de las máquinas.

La primera opción a analizar es la de acceso, como se muestra en la Figura 3.60.



Figura 3.60: Botón Acceso.

ACCESO: Permite obtener diferentes niveles de acceso a la visualización y/o control del HMI. De acuerdo al personal que usara la aplicación directa o indirectamente, se resuelve tener 3 niveles de seguridad:

- **Administrator:** Es el encargado de administrar todo el HMI, tiene acceso a toda clase de modificaciones, puede parar a una o varias hilas incluso al programa principal, cambiar el grupo horario y día, resetear la base de datos, poner en mantenimiento a una o varias máquinas.
- **Mantenimiento:** Solo puede colocar al switch de mantenimiento en encendido o apagado y también cambiar el grupo, horario y día de una o varias máquinas.
- **Operador:** Permite solo la visualización del HMI.

Al presionar el botón de acceso se muestra la pantalla del SubVI de ACCESO, como se muestra en la Figura 3.61. Esta opción permite colocar usuarios y seguridad.



Figura 3.61: Niveles de seguridad.

Se debe ingresar el nombre del usuario con la contraseña respectiva, al pulsar el botón ok, se despliega un mensaje mostrando si el acceso es satisfactorio o es rechazado, para salir de esta ventana pulsamos el botón salir ubicado en la parte superior derecha de la Figura 3.61.

Otra de las opciones es la visualización de gráficas como se muestra en la Figura 3.62.



Figura 3.62: Botón gráficas

GRÁFICAS: Esta ventana despliega varias opciones de gráficas las mismas que están diseñadas de acuerdo a las necesidades de la empresa, ver Figura 3.63, al pulsar este botón se despliega el SubVI de GRÁFICAS en esta pantalla selector se muestra las diferentes tendencias generadas. Para salir de esta pantalla pulsar el botón salir.

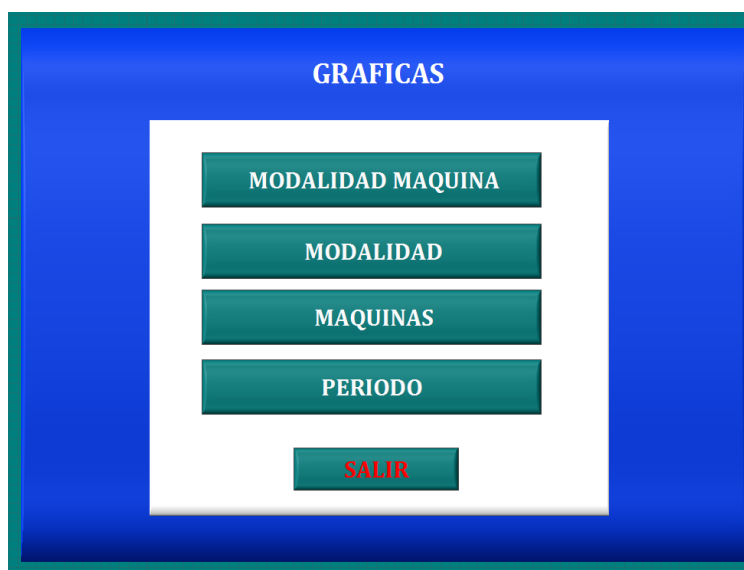


Figura 3.63: Ventana selectora de gráficas.

De acuerdo con el personal de planta se toma como resolución cuatro gráficas que son indispensables para el análisis de datos, la primera a analizar es la de máquina por modalidad, como se muestra en la Figura 3.64.

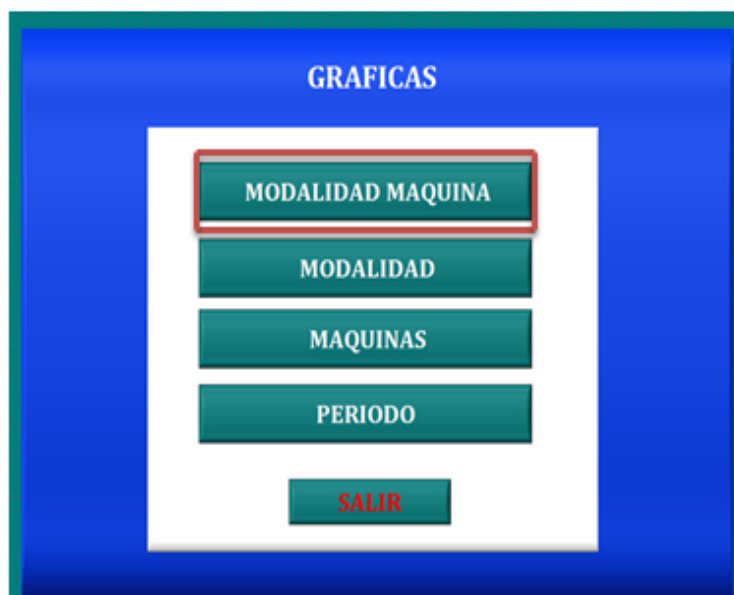


Figura 3.64: Opción modalidad máquina.

MODALIDAD MÁQUINA: En la pantalla de la Figura 3.65 muestra al SubVI de GRAFICA MODALIDAD MÁQUINA, se debe seleccionar la hila,

la modalidad, la fecha de inicio y la fecha final a la cual se desea obtener los datos, estos muestran las tendencias de los tiempos de paro y los tiempos de funcionamiento de la modalidad y la hila respectiva a la cual desea obtener información. En la parte derecha de la pantalla muestra los datos de mayor relevancia indicado por el personal de control de calidad, estos datos son:

- **Número de paros mayores a doce minutos:** Cuenta el número de paros que excede el tiempo máximo establecido por la empresa que es de doce minutos, según la regla establecida por el coordinador de planta.
- **Minutos excedidos:** Realiza la sumatoria de los minutos que se exceden en cada parada superior a los doce minutos.
- **Tiempo total de paros:** Realiza la sumatoria de todos los paros existentes entre las fechas colocadas.
- **Tiempo promedio de paros:** Saca el promedio entre el tiempo total de paro y el número de paradas realizadas.
- **Tiempo total de funcionamiento:** Es la sumatoria del tiempo transcurrido entre cada parada, este tiempo depende de la hila y va desde las 2 hora y media a 3 horas, en otras palabras, es el tiempo que ha permanecido encendida la máquina antes de un paro.
- **Tiempo promedio de funcionamiento:** Saca el promedio entre el tiempo total de funcionamiento y el número de dato de la hila.
- **Eficiencia teórica:** Es la eficiencia de las horas de funcionamiento de la máquina. Esta eficiencia viene dada en porcentaje.

- **Eficiencia real de turno:** Es la eficiencia de las horas de funcionamiento de la maquina transcurridas en 12 horas o 720 minutos. Esta eficiencia viene dada en porcentaje.



Figura 3.65:Ventana de máquinas por modalidad.

IMPRIMIR REPORTE: Es un botón ubicado en la parte superior derecha de la pantalla de la Figura 3.65permite almacenar los datos en Microsoft Word para luego poder imprimir la información de las gráficas, los datos indicados en pantalla, además de los datos existentes entre las fechas ingresadas, el modelo del reporte se muestra a continuación:



REPORTE DE EFICIENCIA

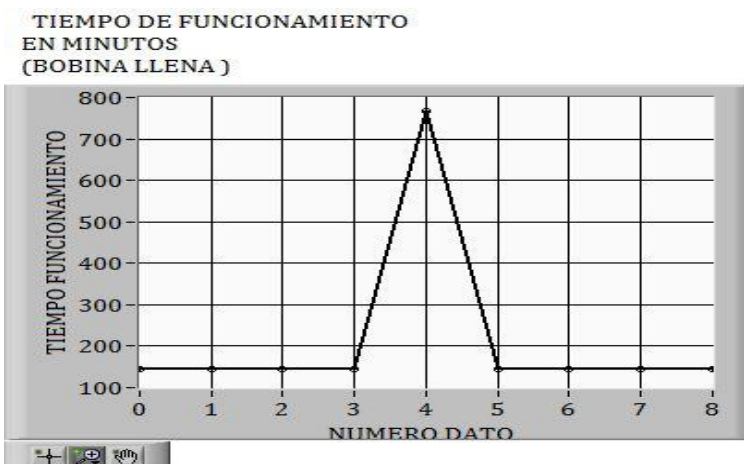
REPORTE POR MODALIDAD

Modalidad: C

FECHA INICIO: 12/04/2014

NÚMERO DE HILA: 10

FECHA FINAL: 13/04/2014



TIEMPO TOTAL DE FUNCIONAMIENTO (MINUTOS): 1930

NUMERO DE PARADAS MAYORES A 12 MINUTOS: 4

TIEMPO TOTAL DE PARO (MINUTOS): 118

MINUTOS EXCEDIDOS EN PAROS: 9

TIEMPO PROMEDIO DE FUNCIONAMIENTO (MINUTOS): 214,444444

TIEMPO PROMEDIO DE PARO (MINUTOS): 11,800000

EFICIENCIA: 94,238281

EFICIENCIA (720 MINUTOS): 83,611111

12/04/2014
7:26
7:41
12/04/2014
10:05
10:16
12/04/2014
12:41
12:56
12/04/2014
15:22
15:31
12/04/2014
17:56
18:09

13/04/2014
6:55
7:06
13/04/2014
9:32
9:44
13/04/2014
12:10
12:18
13/04/2014
14:44
14:58
13/04/2014
17:24
17:34

Número de Reporte:**Fecha de Reporte: 15/04/2014****Revisado por:****Controlado por:**

Al pulsar el botón ZOOM, ver Figura 3.65, se habilita la barra ubicada en la parte inferior izquierda, la que sirve para realizar el zoom al gráfico y permitir al operador una mejor visualización de los datos.

En la parte inferior de la ventana, ver Figura 3.65, se puede observar los datos existentes entre las fechas colocadas, se puede desplazar de izquierda a derecha para visualizar los datos, están ordenados con la fecha, hora de inicio y hora final. Para salir de esta ventana dar clic en el botón salir.

Otra opción que existe dentro de las gráficas es la de generar tendencias por modalidad como se muestra en la Figura 3.66.



Figura 3.66: Botón Modalidad

MODALIDAD: En la ventana de la Figura 3.67 muestra al SubVI de GRAFICA MODALIDAD TODAS MÁQUINAS, el cual indica las tendencias de los tiempos de paros y de funcionamiento de todas las máquinas entre el tiempo propuesto, se debe seleccionar la modalidad, la fecha de inicio y la fecha final a la cual se desea obtener los datos, estos muestran las tendencias de los tiempos de paro y los tiempos de funcionamiento de las 12 hilas, manuar o mecheras de acuerdo a la modalidad que ingrese.

Puede seleccionar las máquinas a analizar dando clic en el nombre de la hila, mechera o manuar colocado en la parte derecha de la pantalla.

Estas gráficas están colocadas en una tabla de control, en la parte superior de la gráfica esta etiquetada con el nombre que corresponde a la misma.

Existen dos ventanas de gráficas, en la primera son los tiempos de paro y en la segunda son los tiempos de funcionamiento, se accede a las mismas dando clic en la tabla de control, sobre los nombres de las gráficas.

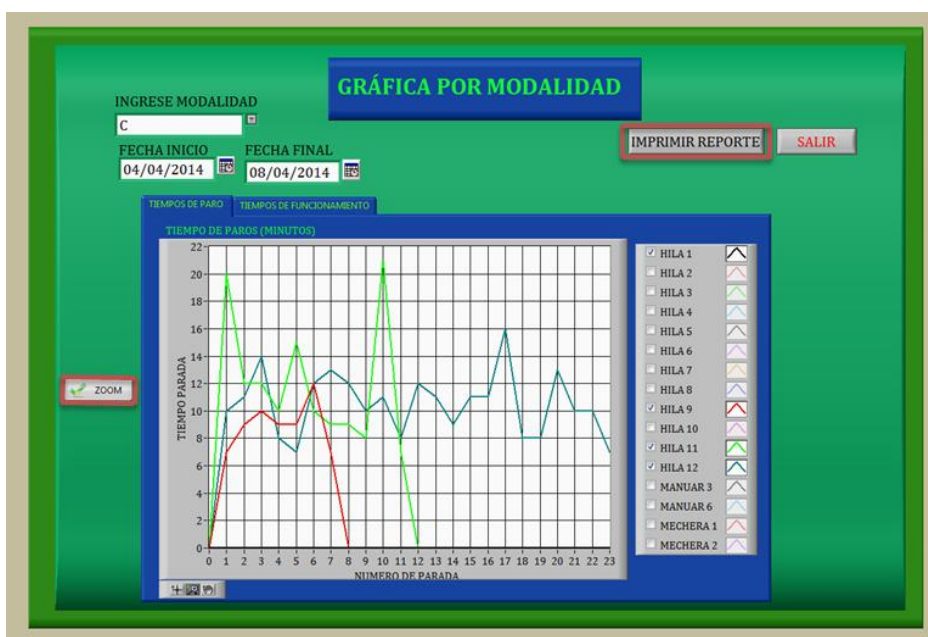


Figura 3.67: Ventana de modalidad.

El botón imprimir reporte, ver Figura 3.67 permite almacenar los datos en Microsoft Word para luego imprimir la información de las gráficas tanto del tiempo de paro como del tiempo de funcionamiento, un ejemplo de este reporte se muestra a continuación.

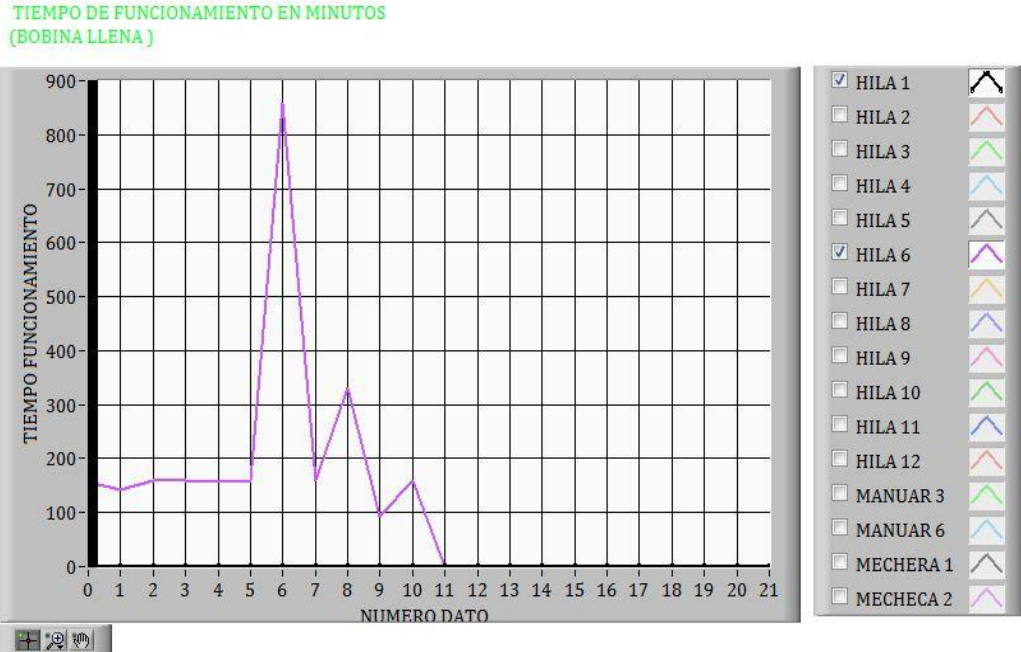
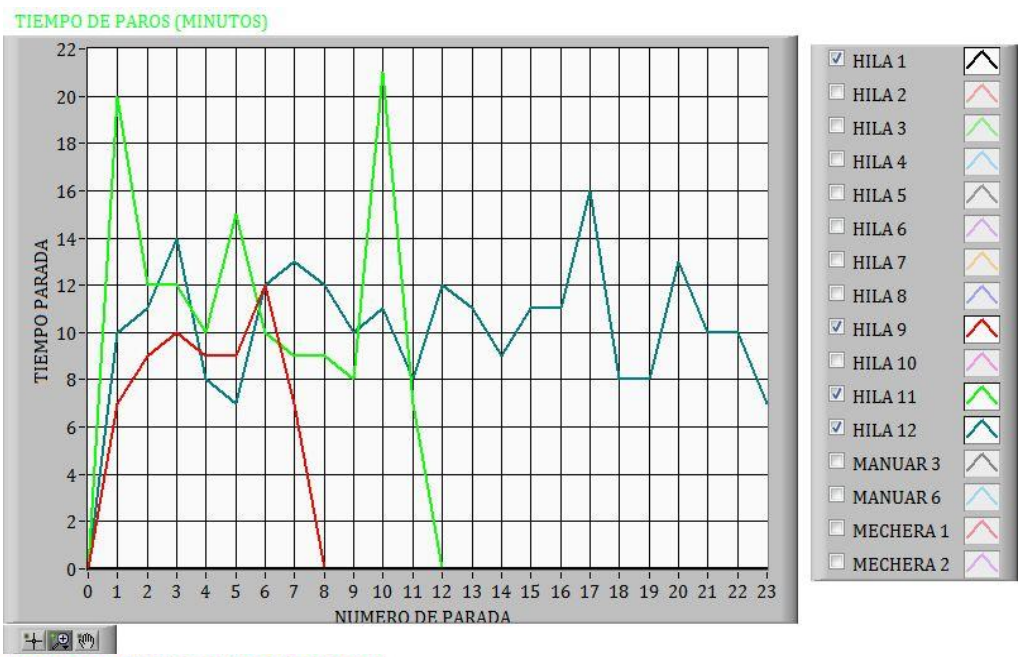


REPORTE DE EFICIENCIA

REPORTE POR MODALIDAD: MODALIDAD: C

FECHA INICIO: 04/04/2014

FECHA FINAL: 08/04/2014



Número de Reporte:

Fecha de Reporte: 15/04/2014

Revisado por:

Controlado por:

Al pulsar el botón ZOOM, ver Figura 3.67, se habilita la barra ubicada en la parte inferior izquierda, la que sirve para realizar el zoom al gráfico y permitir al operador una mejor visualización de los datos.

Para salir de esta ventana pulsar el botón salir.

La gráfica que permite visualizar las tendencias de las máquinas de forma individual se despliega al pulsar el botón máquina, como se muestra en la Figura 3.68.



Figura 3.68: Selección del botón máquinas.

MÁQUINA: En la ventana de la Figura 3.69 muestra el SubVI de GRAFICA MÁQUINAS, se debe seleccionar la hila, la fecha de inicio y la fecha final a la cual se desean obtener los datos, estos muestran las tendencias de los tiempos de paro y los tiempos de funcionamiento de cada máquina sin importar la modalidad. En la parte derecha de la pantalla muestra los datos de mayor relevancia indicado por el personal de control de calidad, estos datos son:

- **Numero de paros mayores a doce minutos:** Cuenta el número de paros que excede el tiempo máximo establecido por la empresa que es de doce minutos, según la regla establecida por el coordinador de planta.
- **Minutos excedidos:** Realiza la sumatoria de los minutos que se exceden en cada parada superior a los doce minutos.
- **Tiempo total de paros:** Realiza la sumatoria de todos los paros existentes entre las fechas colocadas.

- **Tiempo promedio de paros:** Saca el promedio entre el tiempo total de paro y el número de paradas realizadas.
- **Tiempo total de funcionamiento:** Es la sumatoria del tiempo transcurrido entre cada parada, este tiempo depende de la hila y va desde las 2 hora y media a 3 horas, en otras palabras, es el tiempo que ha permanecido encendida la máquina antes de un paro.
- **Tiempo promedio de funcionamiento:** Saca el promedio entre el tiempo total de funcionamiento y el número de dato de la hila.
- **Eficiencia teórica:** Es la eficiencia de las horas de funcionamiento de la máquina. Esta eficiencia viene dada en porcentaje.
- **Eficiencia real de turno:** Es la eficiencia de las horas de funcionamiento de la maquina transcurridas en 12 horas o 720 minutos. Esta eficiencia viene dada en porcentaje.

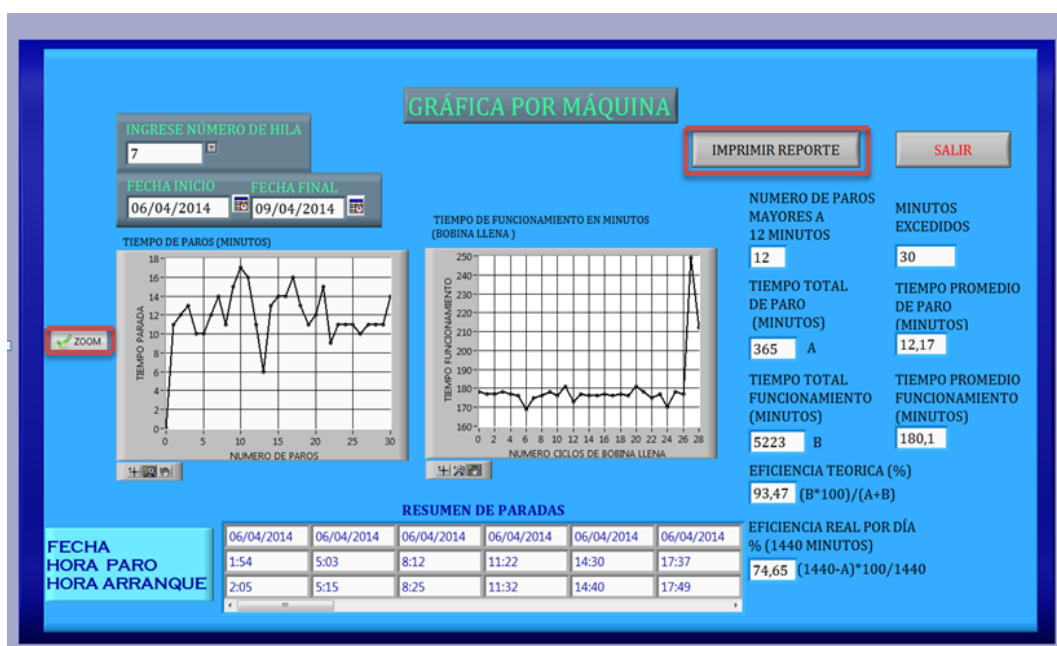


Figura 3.69: Ventana de máquina.

El botón imprimir de la Figura 3.69 reporte permite almacenar los datos en Microsoft Word para luego poder imprimir la información de las gráficas, los datos indicados en pantalla, además de los datos existentes entre las fechas ingresadas, a continuación se muestra un ejemplo.



REPORTE DE EFICIENCIA

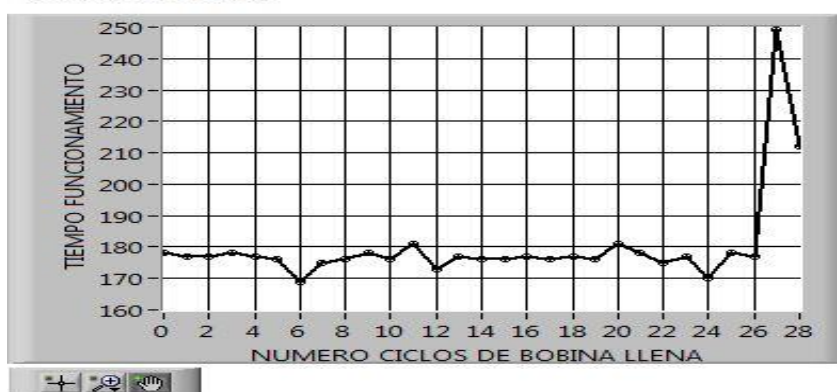
NÚMERO DE HILA: 7

FECHA INICIO: 06/04/2014 FECHA FINAL: 09/04/2014

TIEMPO DE PAROS (MINUTOS)



TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO EN MINUTOS
(BOBINA LLENA)



TIEMPO TOTAL DE FUNCIONAMIENTO (MINUTOS): 5223

NUMERO DE PAROS MAYORES A 12 MINUTOS: 12

TIEMPO TOTAL DE PARO (MINUTOS): 365

MINUTOS EXCEDIDOS EN PAROS: 30

TIEMPO PROMEDIO DE FUNCIONAMIENTO (MINUTOS): 180,103448

TIEMPO PROMEDIO DE PARO (MINUTOS): 12,166667

EFICIENCIA: 93,468146

EFICIENCIA (720MINUTOS): 74,652778

06/04/2014	07/04/2014	08/04/2014
1:54	9:20	16:51
2:05	9:36	17:06
06/04/2014	07/04/2014	08/04/2014
5:03	12:32	20:07
5:15	12:43	20:16
06/04/2014	07/04/2014	08/04/2014
8:12	15:44	23:14
8:25	15:50	23:25
06/04/2014	07/04/2014	09/04/2014
11:22	18:43	2:20
11:32	18:56	2:31
06/04/2014	07/04/2014	09/04/2014
14:30	21:53	5:28
14:40	22:07	5:39
06/04/2014	08/04/2014	09/04/2014
17:37	1:03	8:29
17:49	1:17	8:39
06/04/2014	08/04/2014	09/04/2014
20:45	4:13	11:37
20:59	4:29	11:48
06/04/2014	08/04/2014	09/04/2014
23:48	7:26	14:45
23:59	7:39	14:56
07/04/2014	08/04/2014	09/04/2014
2:54	10:35	19:05
3:09	10:46	19:16
07/04/2014	08/04/2014	09/04/2014
6:05	13:43	22:48
6:22	13:55	23:02

Número de Reporte:

Fecha de Reporte: 15/04/2014

Revisado por:

Controlado por:

En la parte inferior de la ventana de la Figura 3.69 se puede observar los datos existentes entre las fechas colocadas, se puede desplazar de izquierda a derecha para visualizar los datos, están ordenados con la fecha, hora de inicio y hora final. Para salir de esta ventana damos clic en el botón salir.

Al pulsar el botón ZOOM, ver Figura 3.69, se habilita la barra ubicada en la parte inferior izquierda, la que sirve para realizar el zoom al gráfico y permitir al operador una mejor visualización de los datos.

La última opción para realizar las gráficas es la de tendencias por periodo de todas las máquinas, para seleccionar esta ventana dar clic en el botón de la Figura 3.70.

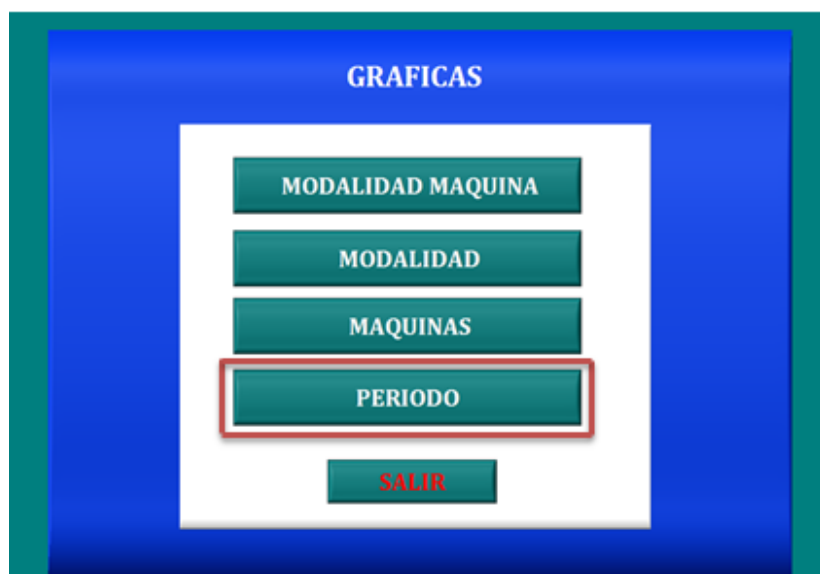


Figura 3.70: Selección del botón período.

PERÍODO: En la ventana de la Figura 3.71 se muestra el SubVI GRAFICA TODAS MÁQUINAS, se debe seleccionar la fecha de inicio y la fecha final a la cual se desea obtener los datos, estos muestran las tendencias de los tiempos de paro y los tiempos de funcionamiento de las 12 hilas, manual o mecheras.

Puede seleccionar las máquinas a analizar dando clic en el nombre de la hila, mechera o manual colocado en la parte derecha de la pantalla.

Estas gráficas están colocadas en una tabla de control, en la parte superior de la gráfica esta etiquetada con el nombre que corresponde a la misma.

Existen dos ventanas de gráficas, en la primera son los tiempos de paro y en la segunda son los tiempos de funcionamiento, se accede a las mismas dando clic en la tabla de control, sobre los nombres de las gráficas.



Figura 3.71: Ventana de período.

El botón imprimir reporte, ver Figura 3.71 permite almacenar los datos en Microsoft Word para luego poder imprimir la información de las gráficas tanto del tiempo de paro como del tiempo de funcionamiento, el ejemplo de reporte se muestra a continuación.

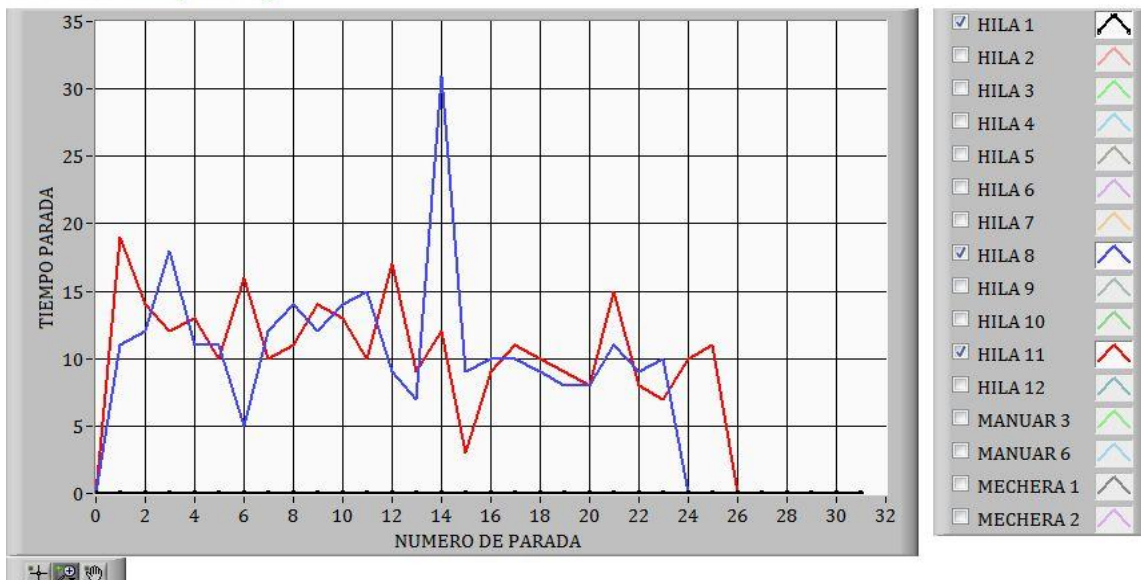


REPORTE DE EFICIENCIA

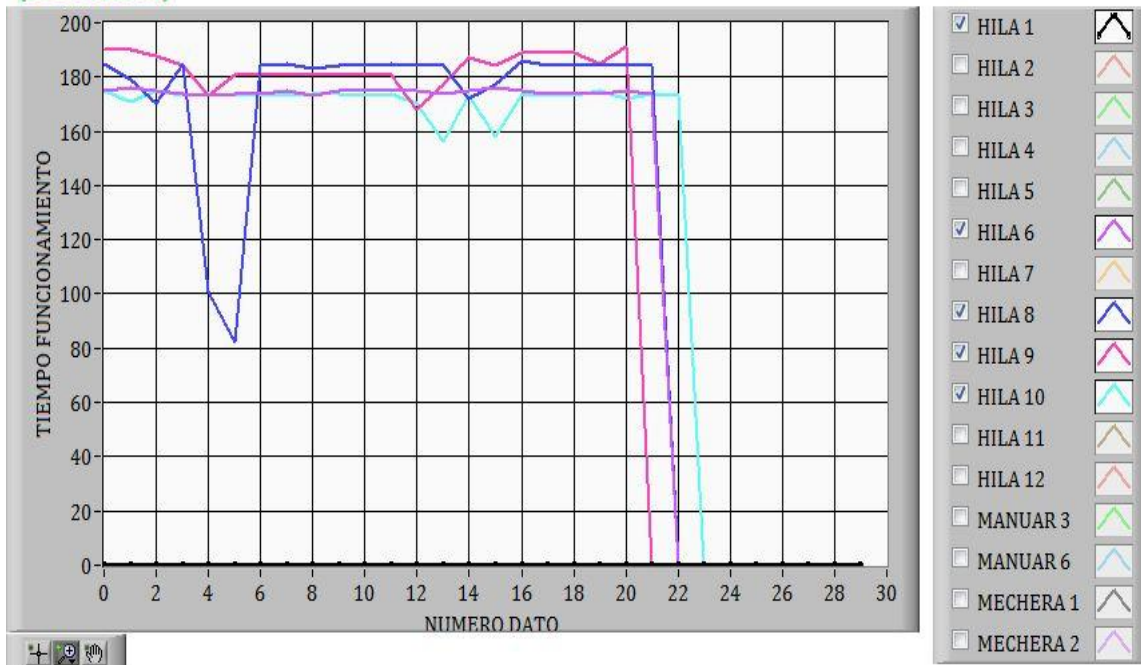
REPORTE PERIODO:

FECHA INICIO: 10/03/2014 FECHA FINAL: 12/03/2014

TIEMPO DE PAROS (MINUTOS)



TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO EN MINUTOS (BOBINA LLENA)



Número de Reporte:

Fecha de Reporte: 15/04/2014

Revisado por:

Controlado por:

Al pulsar el botón ZOOM, ver Figura 3.71, se habilita la barra ubicada en la parte inferior izquierda, la que sirve para realizar el zoom al gráfico y permitir al operador una mejor visualización de los datos.

Otra opción disponible en la pantalla principal del HMI es la de ver los datos de los últimos paros de las máquinas para esto damos clic en el botón ULTIMA PARADA, para seleccionarlo dar clic en el botón de la Figura 3.72.



Figura 3.72: Selección del botón última parada.

ÚLTIMA PARADA: Al pulsar este botón se despliega una nueva ventana, ver Figura 3.73, es el SubVI DATO PARADAS en esta ventana muestra los datos de las últimas cinco paradas que se ha producido en el transcurso del tiempo. Se debe seleccionar la hila a la cual se desea obtener los datos.

Este SubVI es implementado para la rápida visualización de las paradas ya que en las otras ventanas es necesario ingresar la fecha. La idea fue presentada por parte del personal de calidad.

DATOS DE ULTIMAS PARADAS					
INGRESE NÚMERO HILA					
9					
SALIR					
DATOS					
FECHA	25/03/2014	25/03/2014	25/03/2014	25/03/2014	25/03/2014
HORA INICIO	2:14	4:11	7:24	10:30	13:37
HORA FINAL	2:20	4:23	7:31	10:36	13:43

Figura 3.73: Ventana de ultimas paradas.

Otra última opción disponible en la pantalla principal del HMI es la de visualizar las características de las máquinas, para esto dar clic en el botón CARACTERÍSTICAS, para seleccionarlo dar clic en el botón de la Figura 3.74.



Figura 3.74: Selección de características.

CARACTERÍSTICAS: Al oprimir este botón se despliega la ventana de la Figura 3.75, es el SubVI de CARACTERÍSTICA aquí se muestra las características particulares de cada máquina. Se debe seleccionar la hila a la cual se desea obtener las características.

Esta ventana es implementada por la necesidad del personal de mantenimiento, obvia la búsqueda de características en los manuales de cada maquinaria, permitiendo la rápida y fácil visualización de las características de las máquinas.

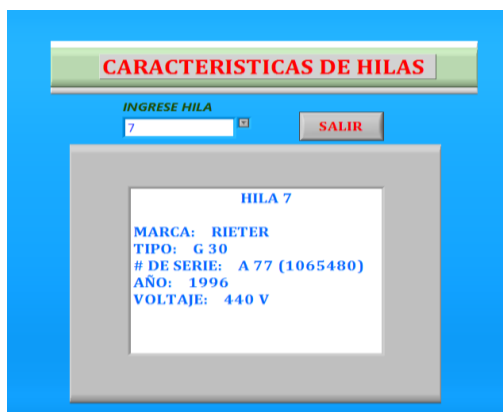


Figura 3.75: Ventana de características de las hilas.

El usuario administrador es el único que puede detener al programa principal, con solo pulsar el botón detener como se muestra en la Figura 3.76.



Figura 3.76: Botón detener.

CAPÍTULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS

En el presente capítulo se desarrolla la validación del sistema SCADA, entre los principales aspectos están:

- El funcionamiento del sistema eléctrico y electrónico.
- Funcionalidad del HMI.
 - Verificación de datos.
 - Análisis de datos obtenidos.
- Análisis del impacto de la implementación del sistema SCADA.

Además de los antes descritos también se incluye el análisis cuantitativo y cualitativo de los resultados de operación antes y después de la implementación del sistema SCADA, principalmente los datos analizados son tiempos de paros y encendidos de la maquinaria.

Para validar el impacto productivo de la implementación del sistema se incluyen los análisis económicos.

4.1 Funcionamiento del sistema eléctrico y electrónico.

De acuerdo a los planos realizados para el cableado (ANEXO A), la implementación en un inicio no fue satisfactoria, debido a la gran extensión del cableado, al probar continuidad en cada una de las hilas en la mayoría fue satisfactoria pero en las hilas 5, 7, 8, 9, y 10 surgieron problemas, en unas, los hilos conductores estaban rotos por la fuerza que se ejerció para el tendido del mismo, para solucionar este inconveniente se reemplazó los cables, en los cables que tenían este inconveniente se detectó la ruptura y se reutilizó. En otros casos el contactor de la máquina era demasiado viejo

para cambiar de estado de forma inmediata, para solucionar este problema se cambió de contactor. El caso más impredecible que se tuvo en este proyecto fue que al inicio la hila 5 y 7 la recopilación de datos era satisfactoria pero después de varios días no funcionaban con normalidad, se cambió de contactor pero después de varios días el problema persistía, después de varias pruebas se resuelve limpiar los contactos con aire comprimido, dando con el problema que eran las virutas que se encuentran en el aire del área de trabajo la cuales ingresan en el tablero de control de las hilas.

Para evitar que las virutas del hilo ingresen al PLC, se decide colocarlo dentro de un tablero en el laboratorio de control, aquí la contaminación es mínima debido a la ventilación que posee. En el laboratorio de control también se encuentra ubicada la computadora con el HMI, en este lugar trabaja el personal de control de calidad, quienes son los encargados del manejo del sistema SCADA.

4.2 Funcionalidad del HMI.

Cabe indicar que para la implementación del HMI, nos regimos en las normas ISO 9241 y EN29241, las mismas que mencionan características como:

- Amigable al usuario.
- Fácil manejo.
- Seguridades.
- Colores estándares.

La implementación del HMI se realiza de acuerdo a las necesidades del personal que gestiona y toma decisiones directamente sobre los procesos como son jefe de planta, jefes de mantenimiento y personal de control de calidad.

Las principales necesidades y las que se validaron como satisfechas son la necesidad de colocar la información eléctrica de las máquinas en el HMI y la de colocar un switch para evitar adquirir datos de paradas debido a mantenimientos programados o a paros inesperados que duran varios días.

Como forma de validación del sistema implementado, se realizaron presentaciones continuas de la aplicación a:

- Jefe de planta.
- Personal de control de calidad.
- Personal de mantenimiento eléctrico.
- Supervisores de planta.
- Mecánicos y encargados de las máquinas de hilado.

En la Figura 4.1 se aprecia el personal de planta en la presentación del proyecto.



Figura 4.1: Capacitación personal de planta.

La presentación del sistema SCADA se realizó con el fin de dar a conocer los beneficios que tiene el sistema, además del manejo del respectivo HMI, ver Figura 4.2, Pero principalmente verificar que todos los requerimientos del sistema se cumplan, después de explicar el funcionamiento y el manejo del HMI, el personal fue capaz de manejarlo sin ningún problema, lo que demuestra que es totalmente amigable, aparte de la explicación respectiva existen dos manuales ver ANEXO C, uno es para los supervisores, este

manual es específicamente para el manejo del HMI y el otro es para el jefe de planta el mismo que decidirá quien tiene acceso a este manual, debido a que este manual tiene partes específicas para realizar modificaciones, cambios de estado a los switch's, entre otras aplicaciones. También se validó el manual, al identificar que el usuario tiene clara la operación de la aplicación.



Figura 4.2: Manejo del HMI.

4.2.1 Verificación de datos.

Una vez verificado que cumple condiciones básicas, en esta etapa se analiza y detallan los resultados arrojados por cada aplicación.

Este análisis es minuciosamente realizado por el jefe de planta, la explicación al resto de trabajadores fue satisfactoria debido a que son parámetros conocidos por el personal de planta.

Los datos presentados en la pantalla del HMI sirven para el análisis de tiempos de funcionamiento y en especial para verificar el número de paros que excede el tiempo reglamentario. El análisis de las gráficas es asimilado y aceptado con éxito ya que permiten verificar como se encuentran trabajando las diferentes modalidades tanto en el día como en la noche, ver Figura 4.3.

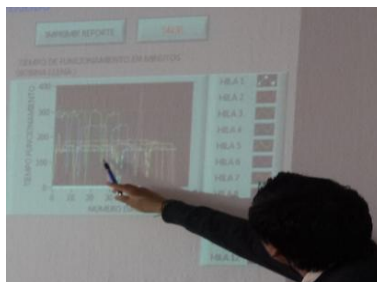


Figura 4.3: Análisis de gráficas.

Esta información es presentada de una manera amigable al usuario, mostrando cada dato con el nombre que el personal de planta reconozca de manera rápida y sencilla. Se puede analizar varias hilas en una misma gráfica verificando así la máquina que tuvo mayor eficiencia.

4.2.2 Análisis de datos obtenidos.

En un inicio la recopilación de información en la base de datos se realizaba de una manera sencilla, la información se guardaba en un solo archivo de Excel, pero debido a los extensos datos que se almacenaba en este archivo, los datos archivados eran de las doce hilas, la base de datos se colapsaba en pocos días, se resuelve almacenar la información de manera individual, cada una de las hilas contiene cuatro archivos de Excel el primero almacena datos en general sin importar la modalidad, el segundo tercero y cuarto archivo almacena los datos de la modalidad A, B y C respectivamente.

Como el cableado va junto a la red de alta tensión, existe mucho ruido produciendo que el almacenamiento de los datos sea repetitivo y erróneo, para la solución de este problema se activa los flancos de subida y de bajada en las entradas analógicas del PLC además el tiempo pregunta - respuesta del PLC se eleva al máximo y finalmente se procede a programar a cada uno de los SubVI de la hilas, con esto los errores se eliminan permitiendo una base de datos con información coherente, una vez almacenada la base de datos de forma eficiente es más fácil el manejo de los mismos, para el análisis de los tiempos de paro y arranque en la pantalla principal del HMI.

La validación de la base de datos es aceptada por parte de los tutores del proyecto, verificando que el almacenamiento de la información se realiza de manera eficiente y segura.

4.3 Análisis del impacto de la implementación del sistema SCADA.

Como se pudo observar en el capítulo 3, el HMI permite realizar un análisis de tiempos de paro y tiempos de funcionamiento, este análisis se lo realiza por cada hila. Partiendo de este despliegue de información se realiza la recopilación de datos de los meses febrero, marzo y abril del año en curso, el estudio es para cada mes y con las hilas 4 a la 12 debido a que estas son las más propensas a trabajos extensivos.

Cada hila consta de tres parámetros fundamentales, para el análisis como son tiempos de paros, tiempos excedidos (por paros), tiempos excedidos (por mantenimiento), los que se detallan a continuación:

- **Tiempos de parada:**
Indica el tiempo total que ha permanecido detenida la hila.
- **Tiempos excedidos (sacar parada):**
Representa los tiempos que se excede del tiempo reglamentario. Cuando sobrepasa el tiempo establecido por la empresa se pinta de color verde, indicando cuantos minutos se perdieron.
- **Tiempos excedidos (mantenimiento):**
Estos tiempos pueden ocasionarse por daños imprevistos o por el mantenimiento respectivo de la máquina. Se pinta de color rojo indicando que ha existido mantenimiento.

4.3.1 Análisis de resultados por período.

Dentro del análisis por periodo se va a tomar en cuenta la información obtenida para cada máquina por el HMI para los meses de Febrero, marzo y abril, estos análisis se detallan a continuación:

a. Análisis del mes de febrero.

Teniendo claro los parámetros a estudiar, obtenemos el análisis que nos arroja el HMI para cada una de las hilas, aquí no importa la modalidad, en las Tablas 4.1, 4.2 y 4.3 está colocado los valores pertinentes a cada hila. Debido a la gran cantidad de datos solo muestran valores de pocos días.

Tabla 4.1: Análisis del mes de febrero hilas 4, 5, 6.

HILA 4				HILA 5				HILA 6			
	Tiempos de parada	Tiempos excedidos sacar parada	Tiempos excedidos mantenim. daños		Tiempos de parada	Tiempos excedidos sacar parada	Tiempos excedidos mantenim. daños		Tiempos de parada	Tiempos excedidos sacar parada	Tiempos excedidos mantenim. daños
11/02/2014				10/02/2014				10/02/2014			
11:53				17:57				17:58			
11:53	0:00	0:00	0:00	17:57	0:00	0:00	0:00	17:58	0:00	0:00	0:00
11/02/2014				10/02/2014				10/02/2014			
14:49				18:52				19:37			
15:16	0:27	0:15	0:00	19:05	0:13	0:01	0:00	19:47	0:10	0:00	0:00
11/02/2014				10/02/2014				10/02/2014			
19:51				21:35				22:42			
20:20	0:29	0:17	0:00	21:48	0:13	0:01	0:00	22:51	0:09	0:00	0:00
12/02/2014				11/02/2014				11/02/2014			
1:03				0:17				1:45			
1:20	0:17	0:05	0:00	0:31	0:14	0:02	0:00	1:58	0:13	0:01	0:00
12/02/2014				11/02/2014				11/02/2014			
6:21				3:01				4:53			
6:35	0:14	0:02	0:00	3:14	0:13	0:01	0:00	5:02	0:09	0:00	0:00
12/02/2014				11/02/2014				11/02/2014			
11:27				5:44				7:56			
11:41	0:14	0:02	0:00	5:58	0:14	0:02	0:00	8:06	0:10	0:00	0:00
12/02/2014				11/02/2014				11/02/2014			
16:22				8:26				11:01			
16:35	0:13	0:01	0:00	8:40	0:14	0:02	0:00	11:09	0:08	0:00	0:00
12/02/2014				11/02/2014				11/02/2014			
21:06				11:09				14:03			
21:45	0:39	0:27	0:00	11:29	0:20	0:08	0:00	14:09	0:06	0:00	0:00
13/02/2014				11/02/2014				11/02/2014			
2:21				13:55				17:03			
16:53	14:32	0:00	14:20	14:11	0:16	0:04	0:00	17:22	0:19	0:07	0:00
15/02/2014				11/02/2014				11/02/2014			
16:54				16:40				20:10			
16:59	0:05	0:00	0:00	17:02	0:22	0:10	0:00	20:19	0:09	0:00	0:00
15/02/2014				11/02/2014				11/02/2014			
21:23				19:32				23:13			
21:37	0:14	0:02	0:00	19:47	0:15	0:03	0:00	23:21	0:08	0:00	0:00
16/02/2014				11/02/2014				12/02/2014			
2:01				22:17				2:15			
2:14	0:13	0:01	0:00	22:36	0:19	0:07	0:00	2:25	0:10	0:00	0:00

	sacar parada	mantenim. daños		sacar parada	mantenim. daños		sacar parada	mantenim. daños	
23:08:00	2:19	15:32		#####	4:15	0:00	12:53:00	1:14	1:17
	MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM			MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM		MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM
	482	932			532	0		311	77

Tabla 4.2: Análisis del mes de febrero hilas 7, 8, 9.

HILA 7				HILA 8				HILA 9			
	Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos		Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos		Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos
		sacar parada	mantenim. daños			sacar parada	mantenim. daños			sacar parada	mantenim. daños
10/02/2014				10/02/2014				10/02/2014			
18:21				18:20				18:18			
18:21	0:00	0:00	0:00	18:20	0:00	0:00	0:00	18:19	0:01	0:00	0:00
10/02/2014				10/02/2014				10/02/2014			
21:25				21:09				19:13			
21:36	0:11	0:00	0:00	21:31	0:22	0:10	0:00	19:26	0:13	0:01	0:00
11/02/2014				11/02/2014				10/02/2014			
0:47				0:30				22:29			
0:59	0:12	0:00	0:00	0:46	0:16	0:04	0:00	22:40	0:11	0:00	0:00
11/02/2014				11/02/2014				11/02/2014			
4:13				3:53				1:45			
4:23	0:10	0:00	0:00	4:06	0:13	0:01	0:00	1:58	0:13	0:01	0:00
11/02/2014				11/02/2014				11/02/2014			
7:34				7:08				5:03			
7:49	0:15	0:03	0:00	7:19	0:11	0:00	0:00	5:14	0:11	0:00	0:00
11/02/2014				11/02/2014				11/02/2014			
10:59				10:26				8:20			
13:32	2:33	0:00	2:21	11:38	1:12	0:00	1:00	8:30	0:10	0:00	0:00
11/02/2014				11/02/2014				11/02/2014			
17:01				14:41				11:23			
17:21	0:20	0:08	0:00	14:59	0:18	0:06	0:00	11:35	0:12	0:00	0:00
11/02/2014				11/02/2014				11/02/2014			
20:42				18:01				14:39			
20:55	0:13	0:01	0:00	18:13	0:12	0:00	0:00	14:51	0:12	0:00	0:00
12/02/2014				11/02/2014				11/02/2014			
0:24				21:16				17:53			
0:34	0:10	0:00	0:00	21:41	0:25	0:13	0:00	18:04	0:11	0:00	0:00
12/02/2014				12/02/2014				11/02/2014			
3:57				0:44				20:59			
4:13	0:16	0:04	0:00	0:57	0:13	0:01	0:00	21:17	0:18	0:06	0:00
12/02/2014				12/02/2014				12/02/2014			
7:44				4:00				0:13			
8:00	0:16	0:04	0:00	4:24	0:24	0:12	0:00	0:23	0:10	0:00	0:00
12/02/2014				12/02/2014				12/02/2014			
11:31				7:27				3:19			
11:51	0:20	0:08	0:00	7:43	0:16	0:04	0:00	3:30	0:11	0:00	0:00
		sacar parada	mantenim. daños			sacar parada	mantenim. daños			sacar parada	mantenim. daños
15:21:00	1:29	4:13		11:49:00	1:37	1:00		13:01:00	0:32	2:33	
	MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM			MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM			MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM	
	295	253			255	60			283	153	

Tabla 4.3: Análisis del mes de febrero hilas 10, 11, 12.

HILA 10				HILA 11				HILA 12			
	Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos		Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos		Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos
		sacar parada	mantenim. daños			sacar parada	mantenim. daños			sacar parada	mantenim. daños
10/02/2014				10/02/2014				10/02/2014			
18:18				18:17				18:16			
18:18	0:00	0:00	0:00	18:17	0:00	0:00	0:00	18:16	0:00	0:00	0:00
10/02/2014				10/02/2014				10/02/2014			
20:26				19:49				19:33			
20:40	0:14	0:02	0:00	20:01	0:12	0:00	0:00	19:46	0:13	0:01	0:00
11/02/2014				10/02/2014				11/02/2014			
0:01				22:55				1:23			
0:15	0:14	0:02	0:00	23:06	0:11	0:00	0:00	1:34	0:11	0:00	0:00
11/02/2014				11/02/2014				11/02/2014			
3:34				2:02				7:13			
3:47	0:13	0:01	0:00	2:14	0:12	0:00	0:00	9:29	2:16	0:00	2:04
11/02/2014				11/02/2014				11/02/2014			
7:07				5:08				11:51			
7:24	0:17	0:05	0:00	5:23	0:15	0:03	0:00	12:02	0:11	0:00	0:00
11/02/2014				11/02/2014				11/02/2014			
10:43				8:17				14:25			
10:52	0:09	0:00	0:00	8:31	0:14	0:02	0:00	14:39	0:14	0:02	0:00
11/02/2014				11/02/2014				11/02/2014			
14:12				11:25				17:01			
14:21	0:09	0:00	0:00	11:47	0:22	0:10	0:00	17:10	0:09	0:00	0:00
11/02/2014				11/02/2014				11/02/2014			
17:40				14:43				19:38			
17:50	0:10	0:00	0:00	14:59	0:16	0:04	0:00	19:51	0:13	0:01	0:00
11/02/2014				11/02/2014				11/02/2014			
21:06				17:54				22:18			
21:35	0:29	0:17	0:00	18:10	0:16	0:04	0:00	22:32	0:14	0:02	0:00
12/02/2014				11/02/2014				12/02/2014			
0:46				20:58				0:59			
1:02	0:16	0:04	0:00	21:09	0:11	0:00	0:00	1:21	0:22	0:10	0:00
12/02/2014				12/02/2014				12/02/2014			
4:18				0:04				3:47			
4:49	0:31	0:19	0:00	0:16	0:12	0:00	0:00	4:16	0:29	0:17	0:00
12/02/2014				12/02/2014				12/02/2014			
8:06				3:10				6:42			
8:17	0:11	0:00	0:00	3:24	0:14	0:02	0:00	7:03	0:21	0:09	0:00
		sacar parada	mantenim. daños			sacar parada	mantenim. daños			sacar parada	mantenim. daños
	5:59:00	1:08	0:40		#####	2:04	2:15		16:34:00	3:44	2:04
		MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM			MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM			MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM
		241	40			261	135			224	124

Se puede observar que los minutos de penalización hacia los obreros son considerables. Con el paso del tiempo se pretende disminuir los minutos penalizados a cero.

Al realizar la sumatoria de los minutos penalizados por cada hila da como resultado 2884 minutos, ver Figura 4.4, esta cifra indica que existe un problema muy grave en el trabajo de los obrero y los supervisores.

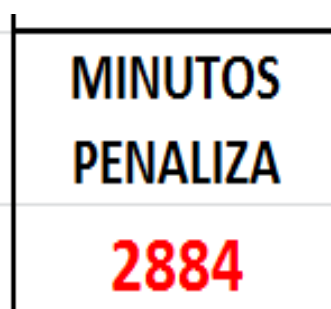


Figura 4.4: Total de minutos penalizados mes de febrero.

De acuerdo a los resultados alarmantes debido a la cantidad de minutos penalizados que se han suscitado en el transcurso del tiempo y sin tomar alguna acción sobre el asunto, el jefe de planta con la ayuda de los supervisores deciden capacitar al personal (obreros), para así tomar una acción correctiva sobre el problema.

b. Análisis del mes de marzo.

Para el mes de marzo los resultados se muestran en las Tablas 4.4, 4.5 y 4.6 en donde se indican los datos obtenidos en este mes. El análisis realizado tiene el mismo fin que el mes de febrero, se incluye los tiempos de paros que exceden el límite permitido, los paros debido a mantenimiento, los minutos excedidos por mantenimiento y el costo que este representa al final.

Tabla 4.4: Análisis del mes de marzo hilas 4, 5, 6.

HILA 4				HILA 5				HILA 6			
	Tiempos de parada	Tiempos excedidos sacar parada	Tiempos excedidos mantenim. daños		Tiempos de parada	Tiempos excedidos sacar parada	Tiempos excedidos mantenim. daños		Tiempos de parada	Tiempos excedidos sacar parada	Tiempos excedidos mantenim. daños
01/03/2014				01/03/2014				#####			
2:23				2:34				13:10			
2:37	0:14	0:02	0:00	2:48	0:14	0:02	0:00	15:38	2:28	0:00	2:16
01/03/2014				01/03/2014				#####			
6:26				5:31				16:01			
6:38	0:12	0:00	0:00	5:41	0:10	0:00	0:00	16:16	0:15	0:03	0:00
01/03/2014				01/03/2014				#####			
10:39				8:26				16:19			
10:51	0:12	0:00	0:00	8:39	0:13	0:01	0:00	18:34	2:15	0:00	2:03
01/03/2014				01/03/2014				#####			
14:56				11:24				18:49			
15:05	0:09	0:00	0:00	11:33	0:09	0:00	0:00	19:10	0:21	0:09	0:00
01/03/2014				01/03/2014				#####			
19:09				14:18				22:04			
19:27	0:18	0:06	0:00	14:31	0:13	0:01	0:00	22:22	0:18	0:06	0:00
01/03/2014				01/03/2014				#####			
23:30				17:15				1:16			
23:51	0:21	0:09	0:00	17:33	0:18	0:06	0:00	1:27	0:11	0:00	0:00
02/03/2014				01/03/2014				#####			
3:49				20:17				4:21			
4:00	0:11	0:00	0:00	20:32	0:15	0:03	0:00	4:31	0:10	0:00	0:00
02/03/2014				01/03/2014				#####			
7:55				20:53				7:28			
8:10	0:15	0:03	0:00	21:15	0:22	0:10	0:00	7:41	0:13	0:01	0:00
02/03/2014				01/03/2014				#####			
12:09				23:56				10:38			
12:22	0:13	0:01	0:00	0:09	#####	0:00	0:00	11:47	1:09	0:00	0:57
02/03/2014				02/03/2014				#####			
16:33				3:00				14:39			
16:48	0:15	0:03	0:00	3:13	0:13	0:01	0:00	14:55	0:16	0:04	0:00
02/03/2014				02/03/2014				#####			
20:44				6:01				17:50			
20:56	0:12	0:00	0:00	6:14	0:13	0:01	0:00	18:10	0:20	0:08	0:00
		sacar parada	mantenim. daños			sacar parada	mantenim. daños			sacar parada	mantenim. daños
	3:37:00	6:04	18:06		1:48:00	8:20	11:54		7:14:00	3:34	15:15
		MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM			MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM			MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM
		364	1086			500	714			214	915

Tabla 4.5: Análisis del mes de marzo hilas 7, 8, 9.

HILA 7				HILA 8				HILA 9			
	Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos		Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos		Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos
		sacar parada	mantenim. daños			sacar parada	mantenim. daños			sacar parada	mantenim. daños
01/03/2014				01/03/2014				01/03/2014			
2:47				0:21				0:34			
3:03	0:16	0:04	0:00	0:35	0:14	0:02	0:00	0:50	0:16	0:04	0:00
01/03/2014				01/03/2014				01/03/2014			
6:05				3:47				3:26			
6:16	0:11	0:00	0:00	4:02	0:15	0:03	0:00	3:40	0:14	0:02	0:00
01/03/2014				01/03/2014				01/03/2014			
9:21				7:14				6:23			
9:33	0:12	0:00	0:00	7:26	0:12	0:00	0:00	6:38	0:15	0:03	0:00
01/03/2014				01/03/2014				01/03/2014			
12:36				10:31				9:26			
12:45	0:09	0:00	0:00	10:53	0:22	0:10	0:00	9:40	0:14	0:02	0:00
01/03/2014				01/03/2014				01/03/2014			
15:48				13:56				12:28			
16:01	0:13	0:01	0:00	14:09	0:13	0:01	0:00	12:41	0:13	0:01	0:00
01/03/2014				01/03/2014				01/03/2014			
19:05				17:14				15:26			
19:19	0:14	0:02	0:00	17:30	0:16	0:04	0:00	15:37	0:11	0:00	0:00
01/03/2014				01/03/2014				01/03/2014			
20:18				20:20				18:24			
20:27	0:09	0:00	0:00	20:30	0:10	0:00	0:00	18:39	0:15	0:03	0:00
01/03/2014				01/03/2014				01/03/2014			
20:53				20:44				20:18			
21:05	0:12	0:00	0:00	21:03	0:19	0:07	0:00	20:27	0:09	0:00	0:00
01/03/2014				02/03/2014				01/03/2014			
22:40				0:08				20:53			
22:52	0:12	0:00	0:00	0:20	0:12	0:00	0:00	21:09	0:16	0:04	0:00
02/03/2014				02/03/2014				01/03/2014			
1:58				3:23				21:50			
2:10	0:12	0:00	0:00	3:43	0:20	0:08	0:00	22:02	0:12	0:00	0:00
02/03/2014				02/03/2014				02/03/2014			
5:14				6:41				0:48			
5:26	0:12	0:00	0:00	6:55	0:14	0:02	0:00	0:57	0:09	0:00	0:00
		sacar parada	mantenim. daños			sacar parada	mantenim. daños			sacar parada	mantenim. daños
	1:25:00	3:46	4:20		6:27:00	4:29	6:39		13:00:00	4:26	13:48
		MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM			MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM			MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM
		226	260			269	399			266	828

Tabla 4.6: Análisis del mes de marzo hilas 10, 11, 12.

HILA 10				HILA 11				HILA 12			
	Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos		Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos		Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos
		sacar parada	mantenim. daños			sacar parada	mantenim. daños			sacar parada	mantenim. daños
01/03/2014				01/03/2014				01/03/2014			
1:43				2:21				2:14			
1:54	0:11	0:00	0:00	2:37	0:16	0:04	0:00	2:23	0:09	0:00	0:00
01/03/2014				01/03/2014				01/03/2014			
4:20				5:04				5:00			
4:38	0:18	0:06	0:00	5:21	0:17	0:05	0:00	5:09	0:09	0:00	0:00
01/03/2014				01/03/2014				01/03/2014			
7:04				7:47				7:47			
7:20	0:16	0:04	0:00	7:57	0:10	0:00	0:00	8:04	0:17	0:05	0:00
01/03/2014				01/03/2014				01/03/2014			
9:48				10:23				10:45			
10:01	0:13	0:01	0:00	10:35	0:12	0:00	0:00	10:55	0:10	0:00	0:00
01/03/2014				01/03/2014				01/03/2014			
12:27				13:01				13:32			
12:44	0:17	0:05	0:00	13:11	0:10	0:00	0:00	13:41	0:09	0:00	0:00
01/03/2014				01/03/2014				01/03/2014			
15:12				15:38				16:16			
15:23	0:11	0:00	0:00	15:54	0:16	0:04	0:00	16:25	0:09	0:00	0:00
01/03/2014				01/03/2014				01/03/2014			
17:48				18:20				19:00			
18:01	0:13	0:01	0:00	18:31	0:11	0:00	0:00	19:09	0:09	0:00	0:00
01/03/2014				01/03/2014				01/03/2014			
20:19				20:18				20:18			
20:23	0:04	0:00	0:00	20:38	0:20	0:08	0:00	20:46	0:28	0:16	0:00
01/03/2014				01/03/2014				01/03/2014			
20:27				20:53				20:53			
20:41	0:14	0:02	0:00	21:04	0:11	0:00	0:00	21:06	0:13	0:01	0:00
01/03/2014				01/03/2014				01/03/2014			
20:53				21:27				22:26			
21:02	0:09	0:00	0:00	21:36	0:09	0:00	0:00	22:36	0:10	0:00	0:00
01/03/2014				02/03/2014				02/03/2014			
23:15				0:02				1:15			
23:25	0:10	0:00	0:00	0:13	0:11	0:00	0:00	1:25	0:10	0:00	0:00

	sacar parada	mantenim. daños		sacar parada	mantenim. daños		sacar parada	mantenim. daños	
15:52:00	3:21	6:12		6:17:00	7:02	6:39	#####	4:01	7:58
	MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM			MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM		MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM
	201	372			422	399		241	1918

Al realizar la sumatoria de los minutos penalizados por cada hila da como resultado 2703 minutos, ver Figura 4.5.



Figura 4.5: Total de minutos penalizados mes de marzo.

Se puede observar que los minutos de penalización han disminuido, la diferencia del mes de febrero con el mes de marzo es de 181 minutos, de acuerdo a las acciones correctivas que se ha realizado a los operadores es muy difícil, hablando económicamente, que los minutos penalizados disminuyan a cero de una forma drástica, por esta razón el jefe de planta toma nuevas decisiones, para ver los resultados es necesario el análisis del mes de abril.

c. Análisis del mes de abril.

Para verificar si existe avances en la reducción de tiempo muerto, se realiza el análisis del mes de abril con este estudio podemos ver si existe un incremento en la eficiencia de las máquinas y si el programa realizado está cumpliendo con el objetivo planteado desde el inicio. En las Tablas 4.7, 4.8 y 4.9 muestran los datos obtenidos en este mes.

Tabla 4.7: Análisis del mes de abril hilas 4, 5, 6.

HILA 4				HILA 5				HILA 6			
	Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos		Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos		Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos
		sacar parada	mantenim.			sacar parada	mantenim.			sacar parada	mantenim.
			daños				daños				daños
01/04/2014				01/04/2014				01/04/2014			
1:21				0:07				0:52			
1:33	0:12	0:00	0:00	0:19	0:12	0:00	0:00	1:07	0:15	0:03	0:00
01/04/2014				01/04/2014				01/04/2014			
6:19				2:37				3:44			
6:43	0:24	0:12	0:00	2:53	0:16	0:04	0:00	3:55	0:11	0:00	0:00
01/04/2014				01/04/2014				01/04/2014			
12:06				5:11				9:21			
12:17	0:11	0:00	0:00	5:29	0:18	0:06	0:00	9:25	0:04	0:00	0:00
01/04/2014				01/04/2014				01/04/2014			
17:13				7:47				11:42			
17:24	0:11	0:00	0:00	8:04	0:17	0:05	0:00	17:59	6:17	0:00	6:05
01/04/2014				01/04/2014				01/04/2014			
22:38				13:05				20:30			
22:50	0:12	0:00	0:00	14:56	1:51	0:00	1:39	20:54	0:24	0:12	0:00
02/04/2014				01/04/2014				01/04/2014			
4:11				15:31				23:31			
4:21	0:10	0:00	0:00	15:42	0:11	0:00	0:00	23:47	0:16	0:04	0:00
02/04/2014				01/04/2014				02/04/2014			
9:24				18:01				2:24			
10:46	1:22	0:00	1:10	18:10	0:09	0:00	0:00	2:36	0:12	0:00	0:00
02/04/2014				01/04/2014				02/04/2014			
11:34				18:17				5:12			
11:39	0:05	0:00	0:00	18:21	0:04	0:00	0:00	5:25	0:13	0:01	0:00
02/04/2014				01/04/2014				02/04/2014			
13:25				18:28				8:02			
13:37	0:12	0:00	0:00	19:19	0:51	0:00	0:39	8:13	0:11	0:00	0:00
02/04/2014				01/04/2014				02/04/2014			
16:34				19:20				10:50			
16:45	0:11	0:00	0:00	19:32	0:12	0:00	0:00	11:02	0:12	0:00	0:00
02/04/2014				01/04/2014				02/04/2014			
19:21				21:50				13:18			
19:33	0:12	0:00	0:00	22:04	0:14	0:02	0:00	13:28	0:10	0:00	0:00
		sacar parada	mantenim.			sacar parada	mantenim.			sacar parada	mantenim.
			daños				daños				daños
#####	4:22	4:35		6:33:00	4:16	5:26		13:19:00	3:36	11:13	
	MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM			MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM			MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM	
	262	275			247	326			216	673	

Tabla 4.8: Análisis del mes de abril hilas 7, 8, 9.

HILA 7				HILA 8				HILA 9			
	Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos		Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos		Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos
		sacar parada	mantenim. daños			sacar parada	mantenim. daños			sacar parada	mantenim. daños
01/04/2014				01/04/2014				01/04/2014			
13:26				2:47				2:13			
13:34	0:08	0:00	0:00	3:03	0:16	0:04	0:00	2:27	0:14	0:02	0:00
01/04/2014				01/04/2014				01/04/2014			
16:41				5:46				5:26			
16:52	0:11	0:00	0:00	5:57	0:11	0:00	0:00	5:38	0:12	0:00	0:00
01/04/2014				01/04/2014				01/04/2014			
19:57				8:34				8:41			
20:08	0:11	0:00	0:00	8:43	0:09	0:00	0:00	8:53	0:12	0:00	0:00
01/04/2014				01/04/2014				01/04/2014			
23:15				11:39				11:59			
23:34	0:19	0:07	0:00	11:43	0:04	0:00	0:00	12:08	0:09	0:00	0:00
02/04/2014				01/04/2014				01/04/2014			
2:40				14:37				15:17			
2:55	0:15	0:03	0:00	14:41	0:04	0:00	0:00	15:22	0:05	0:00	0:00
02/04/2014				01/04/2014				01/04/2014			
6:01				17:33				18:30			
6:17	0:16	0:04	0:00	17:43	0:10	0:00	0:00	18:39	0:09	0:00	0:00
02/04/2014				01/04/2014				01/04/2014			
9:18				20:35				21:47			
10:34	1:16	0:00	1:04	20:47	0:12	0:00	0:00	21:59	0:12	0:00	0:00
02/04/2014				01/04/2014				02/04/2014			
10:35				23:37				1:05			
10:47	0:12	0:00	0:00	23:55	0:18	0:06	0:00	1:14	0:09	0:00	0:00
02/04/2014				02/04/2014				02/04/2014			
13:43				2:46				4:20			
13:52	0:09	0:00	0:00	3:01	0:15	0:03	0:00	4:35	0:15	0:03	0:00
02/04/2014				02/04/2014				02/04/2014			
16:43				5:52				7:39			
16:54	0:11	0:00	0:00	6:08	0:16	0:04	0:00	7:51	0:12	0:00	0:00
02/04/2014				02/04/2014				02/04/2014			
19:51				8:56				10:50			
20:07	0:16	0:04	0:00	9:06	0:10	0:00	0:00	11:00	0:10	0:00	0:00
	sacar parada	mantenim. daños		sacar parada	mantenim. daños		sacar parada	mantenim. daños			
18:08:00	0:58	4:25		#####	5:51	12:22		21:52:00	1:40	6:46	
	MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM			MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM			MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM	
	236	265			351	742			221	406	

Tabla 4.9: Análisis del mes de abril hilas 10, 11, 12.

HILA 10				HILA 11				HILA 12			
	Tiempos de parada	Tiempos excedidos sacar parada	Tiempos excedidos mantenim. daños		Tiempos de parada	Tiempos excedidos sacar parada	Tiempos excedidos mantenim. daños		Tiempos de parada	Tiempos excedidos sacar parada	Tiempos excedidos mantenim. daños
01/04/2014				01/04/2014				01/04/2014			
1:30				12:00				1:03			
1:43	0:13	0:01	0:00	12:11	0:11	0:00	0:00	1:17	0:14	0:02	0:00
01/04/2014				01/04/2014				01/04/2014			
2:07				15:12				3:45			
2:56	0:49	0:00	0:37	15:16	0:04	0:00	0:00	3:59	0:14	0:02	0:00
01/04/2014				01/04/2014				01/04/2014			
5:07				18:14				6:27			
5:21	0:14	0:02	0:00	18:20	0:06	0:00	0:00	6:39	0:12	0:00	0:00
01/04/2014				01/04/2014				01/04/2014			
7:58				21:16				9:13			
8:06	0:08	0:00	0:00	21:30	0:14	0:02	0:00	9:22	0:09	0:00	0:00
01/04/2014				02/04/2014				01/04/2014			
8:38				0:26				11:58			
8:43	0:05	0:00	0:00	0:35	0:09	0:00	0:00	12:05	0:07	0:00	0:00
01/04/2014				02/04/2014				01/04/2014			
13:41				3:23				14:44			
13:49	0:08	0:00	0:00	3:37	0:14	0:02	0:00	14:55	0:11	0:00	0:00
01/04/2014				02/04/2014				01/04/2014			
16:23				6:28				17:33			
16:34	0:11	0:00	0:00	6:37	0:09	0:00	0:00	17:40	0:07	0:00	0:00
01/04/2014				02/04/2014				01/04/2014			
19:10				9:27				19:11			
19:22	0:12	0:00	0:00	9:41	0:14	0:02	0:00	6:54	#####	0:00	0:00
01/04/2014				02/04/2014				02/04/2014			
21:58				12:39				7:51			
22:12	0:14	0:02	0:00	13:22	0:43	0:31	0:31	7:55	0:04	0:00	0:00
02/04/2014				02/04/2014				02/04/2014			
0:47				16:18				7:59			
1:04	0:17	0:05	0:00	16:25	0:07	0:00	0:00	8:10	0:11	0:00	0:00
02/04/2014				02/04/2014				02/04/2014			
3:39				19:23				10:47			
4:00	0:21	0:09	0:00	19:29	0:06	0:00	0:00	10:58	0:11	0:00	0:00
	sacar parada	mantenim.			sacar parada	mantenim.			sacar parada	mantenim.	
	sacar parada	mantenim.			sacar parada	mantenim.			sacar parada	mantenim.	
		daños				daños				daños	
	13:23:00	3:01	6:25		#####	1:36	0:31		#####	1:16	9:52
		MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM			MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM			MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM
		198	385			184	31			232	592

Al analizar el mes de marzo con el mes de abril se puede identificar que existe disminución con los tiempos de perdida, con el análisis realizado se puede decir que existe un incremento en la eficiencia de las hilas, es decir, existe un incremento en la producción.

Al realizar la sumatoria de las hilas analizadas da como resultado 2147 minutos, ver Figura 4.6. La diferencia de los tiempos de penalización entre los meses de marzo y abril es de 556 minutos, estos minutos muestran que en el mes de abril existe una gran disminución de tiempos muertos.



Figura 4.6: Total de minutos penalizados mes de abril.

El análisis realizado en el transcurso de los tres meses, muestra una disminución de los minutos excedidos por paros en las maquinas como se muestra en la Tabla 4.10, esto quiere decir que la producción en la empresa aumentó considerablemente.

Tabla 4.10: Análisis de minutos excedidos por periodo.

Análisis por Periodo			
Mes	Febrero	Marzo	Abril
Minutos excedidos	2884	2703	2147

Con la implementación de este proyecto y con tan solo tres meses de puesta en marcha la empresa "Textiles La Escala" ha producido un incremento de 737 minutos en la producción, dando un aproximado de 12 horas. Con esto

se evidencia que el sistema SCADA cumple a cabalidad los requerimientos propuestos por el personal de planta.

4.3.2 Análisis de resultados por modalidad.

En el capítulo 3 se identificó con detalles los pasos a seguir para obtener los datos por modalidad. Los datos se podían obtener por modalidad A, B y C, además del análisis respectivo de dicha hila a analizar.

Partiendo de este análisis se obtiene los datos para las tres modalidades, en el periodo de un mes, para este caso el mes de marzo.

Para un estudio más minucioso, obtenemos los datos por modalidad con el fin de determinar cuál es el grupo con mayores tiempos de pérdida.

El estudio a realizar tiene el mismo fin que el anterior, con la diferencia que aquí se identifica cual es la modalidad que mayor pérdida de tiempo tiene.

Con este análisis el personal de dirección de la planta puede identificar con mayor exactitud la modalidad que no está cumpliendo con los requerimientos establecidos por la empresa, con esto el jefe de planta puede realizar un control de producción y minimizar las perdidas.

a. Análisis de la modalidad A.

Tiene el mismo principio que el análisis por periodo aquí se toma en cuenta la modalidad, se analiza el mes de marzo para tener una idea global de cómo está trabajando esta modalidad.

Obtenemos el contenido que nos arroja el HMI para cada una de las hilas, aquí seleccionamos por modalidad, en las Tablas 4.11, 4.12 y 4.13 está colocado los valores pertinentes a cada hila.

Tabla 4.11: Análisis del mes de marzo hilas 4, 5, 6, Modalidad A.

HILA 4				HILA 5				HILA 6			
	Tiempos de parada	Tiempos excedidos sacar parada	Tiempos excedidos mantenim. daños		Tiempos de parada	Tiempos excedidos sacar parada	Tiempos excedidos mantenim. daños		Tiempos de parada	Tiempos excedidos sacar parada	Tiempos excedidos mantenim. daños
01/03/2014				01/03/2014				05/03/2014			
2:23				2:34				18:49			
2:37	0:14	0:02	0:00	2:48	0:14	0:02	0:00	19:10	0:21	0:09	0:00
01/03/2014				01/03/2014				05/03/2014			
6:26				5:31				22:04			
6:38	0:12	0:00	0:00	5:41	0:10	0:00	0:00	22:22	0:18	0:06	0:00
01/03/2014				01/03/2014				06/03/2014			
19:09				20:17				1:16			
19:27	0:18	0:06	0:00	20:32	0:15	0:03	0:00	1:27	0:11	0:00	0:00
01/03/2014				01/03/2014				06/03/2014			
23:30				20:53				4:21			
23:51	0:21	0:09	0:00	21:15	0:22	0:10	0:00	4:31	0:10	0:00	0:00
02/03/2014				01/03/2014				06/03/2014			
3:49				23:46				21:04			
4:00	0:11	0:00	0:00	23:59	0:13	0:01	0:00	21:13	0:09	0:00	0:00
04/03/2014				02/03/2014				07/03/2014			
10:12				3:00				0:01			
10:24	0:12	0:00	0:00	3:13	0:13	0:01	0:00	0:09	0:08	0:00	0:00
04/03/2014				02/03/2014				07/03/2014			
14:28				6:01				3:02			
14:40	0:12	0:00	0:00	6:14	0:13	0:01	0:00	3:12	0:10	0:00	0:00
04/03/2014				04/03/2014				07/03/2014			
18:41				7:03				6:06			
18:56	0:15	0:03	0:00	7:15	0:12	0:00	0:00	6:14	0:08	0:00	0:00
05/03/2014				04/03/2014				09/03/2014			
11:13				10:06				7:10			
11:28	0:15	0:03	0:00	10:15	0:09	0:00	0:00	7:24	0:14	0:02	0:00
05/03/2014				04/03/2014				09/03/2014			
19:25				13:05				10:18			
23:46	4:21	0:00	4:09	13:16	0:11	0:00	0:00	10:25	0:07	0:00	0:00
06/03/2014				04/03/2014				09/03/2014			
3:34				16:08				13:20			
3:52	0:18	0:06	0:00	16:20	0:12	0:00	0:00	13:31	0:11	0:00	0:00
06/03/2014				05/03/2014				09/03/2014			
20:13				7:24				16:12			
20:26	0:13	0:01	0:00	7:38	0:14	0:02	0:00	17:24	1:12	0:00	1:00
	sacar parada	mantenim.	daños		sacar parada	mantenim.	daños		sacar parada	mantenim.	daños
	3:03:00	1:45	15:37		23:57:00	1:13	4:02		15:15:00	0:40	1:55
	MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM			MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM			MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM	
	105	937			73	242			40	115	

Tabla 4.12: Análisis del mes de marzo hilas 7, 8, 9, Modalidad A.

HILA 7				HILA 8				HILA 9			
	Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos		Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos		Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos
		sacar parada	mantenim. daños			sacar parada	mantenim. daños			sacar parada	mantenim. daños
01/03/2014				01/03/2014				01/03/2014			
2:47				0:21				0:34			
3:03	0:16	0:04	0:00	0:35	0:14	0:02	0:00	0:50	0:16	0:04	0:00
01/03/2014				01/03/2014				01/03/2014			
6:05				3:47				3:26			
6:16	0:11	0:00	0:00	4:02	0:15	0:03	0:00	3:40	0:14	0:02	0:00
01/03/2014				01/03/2014				01/03/2014			
19:05				20:20				6:23			
19:19	0:14	0:02	0:00	20:30	0:10	0:00	0:00	6:38	0:15	0:03	0:00
01/03/2014				01/03/2014				01/03/2014			
20:18				20:44				20:18			
20:27	0:09	0:00	0:00	21:03	0:19	0:07	0:00	20:27	0:09	0:00	0:00
01/03/2014				02/03/2014				01/03/2014			
20:53				0:08				20:53			
21:05	0:12	0:00	0:00	0:20	0:12	0:00	0:00	21:09	0:16	0:04	0:00
01/03/2014				02/03/2014				01/03/2014			
22:40				3:23				21:50			
22:52	0:12	0:00	0:00	3:43	0:20	0:08	0:00	22:02	0:12	0:00	0:00
02/03/2014				02/03/2014				02/03/2014			
1:58				6:41				0:48			
2:10	0:12	0:00	0:00	6:55	0:14	0:02	0:00	0:57	0:09	0:00	0:00
02/03/2014				04/03/2014				02/03/2014			
5:14				8:25				3:45			
5:26	0:12	0:00	0:00	9:34	1:09	0:00	0:57	4:04	0:19	0:07	0:00
04/03/2014				04/03/2014				04/03/2014			
9:44				12:38				9:05			
10:53	1:09	0:00	0:57	12:52	0:14	0:02	0:00	9:15	0:10	0:00	0:00
04/03/2014				04/03/2014				04/03/2014			
10:54				15:59				12:12			
11:03	0:09	0:00	0:00	16:08	0:09	0:00	0:00	12:22	0:10	0:00	0:00
04/03/2014				05/03/2014				04/03/2014			
13:58				8:25				15:19			
14:11	0:13	0:01	0:00	8:34	0:09	0:00	0:00	15:29	0:10	0:00	0:00
04/03/2014				05/03/2014				04/03/2014			
17:05				11:40				18:23			
17:24	0:19	0:07	0:00	11:52	0:12	0:00	0:00	18:39	0:16	0:04	0:00

	sacar parada	mantenim. daños		sacar parada	mantenim. daños		sacar parada	mantenim. daños		
#####	0:17	1:29		#####	1:02	0:57		2:45:00	1:39	9:56
	MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM			MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM			MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM
	17	89			62	57			99	596

Tabla 4.13: Análisis del mes de marzo hilas 10, 11, 12, Modalidad A.

HILA 10				HILA 11				HILA 12					
	Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos		Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos		Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos		
		sacar parada	mantenim. daños			sacar parada	mantenim. daños			sacar parada	mantenim. daños		
01/03/2014				01/03/2014				01/03/2014					
1:43				2:21				2:14					
1:54	0:11	0:00	0:00	2:37	0:16	0:04	0:00	2:23	0:09	0:00	0:00		
01/03/2014				01/03/2014				01/03/2014					
4:20				5:04				5:00					
4:38	0:18	0:06	0:00	5:21	0:17	0:05	0:00	5:09	0:09	0:00	0:00		
01/03/2014				01/03/2014				01/03/2014					
20:19				20:18				19:00					
20:23	0:04	0:00	0:00	20:38	0:20	0:08	0:00	19:09	0:09	0:00	0:00		
01/03/2014				01/03/2014				01/03/2014					
20:27				20:53				20:18					
20:41	0:14	0:02	0:00	21:04	0:11	0:00	0:00	20:46	0:28	0:16	0:00		
01/03/2014				01/03/2014				01/03/2014					
20:53				21:27				20:53					
21:02	0:09	0:00	0:00	21:36	0:09	0:00	0:00	21:06	0:13	0:01	0:00		
01/03/2014				02/03/2014				01/03/2014					
23:15				0:02				22:26					
23:25	0:10	0:00	0:00	0:13	0:11	0:00	0:00	22:36	0:10	0:00	0:00		
02/03/2014				02/03/2014				02/03/2014					
1:51				2:40				1:15					
2:02	0:11	0:00	0:00	2:50	0:10	0:00	0:00	1:25	0:10	0:00	0:00		
02/03/2014				02/03/2014				02/03/2014					
4:29				5:18				4:03					
4:39	0:10	0:00	0:00	5:27	0:09	0:00	0:00	4:13	0:10	0:00	0:00		
04/03/2014				04/03/2014				04/03/2014					
7:03				9:08				6:59					
7:13	0:10	0:00	0:00	9:20	0:12	0:00	0:00	7:08	0:09	0:00	0:00		
04/03/2014				04/03/2014				04/03/2014					
10:01				11:46				9:36					
10:13	0:12	0:00	0:00	11:58	0:12	0:00	0:00	9:46	0:10	0:00	0:00		
04/03/2014				04/03/2014				04/03/2014					
13:01				14:24				12:23					
13:14	0:13	0:01	0:00	14:38	0:14	0:02	0:00	12:34	0:11	0:00	0:00		
04/03/2014				04/03/2014				04/03/2014					
16:01				17:05				15:10					
16:14	0:13	0:01	0:00	17:19	0:14	0:02	0:00	15:21	0:11	0:00	0:00		
		sacar parada	mantenim. daños			sacar parada	mantenim. daños			sacar parada	mantenim. daños		
	15:58:00	1:03	2:00			20:18:00	1:24	2:43			2:48:00	1:13	9:27
		MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM			MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM			MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM		
		63	120			84	163			73	567		

El tiempo de penalización para el grupo A es de 616 minutos, como se indica en la Figura 4.7.

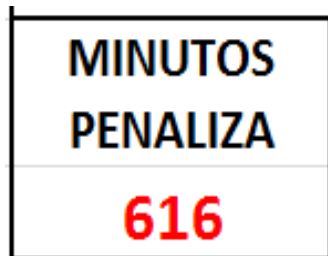


Figura 4.7: Total de minutos penalizados modalidad A.

Los minutos excedidos en la Modalidad A llegan a superar las 10 horas, lo que representa un exceso de tiempo perdido.

b. Análisis de la modalidad B.

Tiene el mismo principio que el análisis por periodo aquí se toma en cuenta la modalidad, se analiza el mes de marzo para tener una idea global de cómo está trabajando esta modalidad.

Seleccionamos la modalidad B y obtenemos los datos que nos arroja el HMI, estudiamos los datos para cada hila, en las Tablas 4.14, 4.15 y 4.16 está colocado los valores pertinentes a cada hila.

En las tablas se muestran los tres valores más importantes para el análisis, tiempos de parada, tiempos excedidos en sacar una parada y los tiempos en mantenimiento.

En la tabla no se muestra todos los datos del mes, debido a la intensidad de los datos, al final de cada tabla están contabilizadas los minutos de penalización para cada máquina, siendo estos los tomados en cuenta para el análisis final.

Tabla 4.14: Análisis del mes de marzo hilas 4, 5, 6, Modalidad B.

HILA 4				HILA 5				HILA 6			
	Tiempos de parada	Tiempos excedidos sacar parada	Tiempos excedidos mantenim. daños		Tiempos de parada	Tiempos excedidos sacar parada	Tiempos excedidos mantenim. daños		Tiempos de parada	Tiempos excedidos sacar parada	Tiempos excedidos mantenim. daños
01/03/2014				01/03/2014				05/03/2014			
10:39				8:26				13:10			
10:51	0:12	0:00	0:00	8:39	0:13	0:01	0:00	15:38	2:28	0:00	2:16
01/03/2014				01/03/2014				05/03/2014			
14:56				11:24				16:01			
15:05	0:09	0:00	0:00	11:33	0:09	0:00	0:00	16:16	0:15	0:03	0:00
02/03/2014				01/03/2014				05/03/2014			
20:44				14:18				16:19			
20:56	0:12	0:00	0:00	14:31	0:13	0:01	0:00	18:34	2:15	0:00	2:03
03/03/2014				01/03/2014				06/03/2014			
1:11				17:15				7:28			
1:21	0:10	0:00	0:00	17:33	0:18	0:06	0:00	7:41	0:13	0:01	0:00
03/03/2014				02/03/2014				06/03/2014			
5:12				21:38				10:38			
5:27	0:15	0:03	0:00	21:54	0:16	0:04	0:00	11:47	1:09	0:00	0:57
03/03/2014				03/03/2014				06/03/2014			
21:44				0:31				14:39			
21:57	0:13	0:01	0:00	0:42	0:11	0:00	0:00	14:55	0:16	0:04	0:00
04/03/2014				03/03/2014				06/03/2014			
1:45				3:27				17:50			
1:57	0:12	0:00	0:00	3:40	0:13	0:01	0:00	18:10	0:20	0:08	0:00
04/03/2014				03/03/2014				07/03/2014			
6:04				6:31				21:22			
6:15	0:11	0:00	0:00	6:48	0:17	0:05	0:00	21:31	0:09	0:00	0:00
05/03/2014				03/03/2014				08/03/2014			
15:18				18:46				0:25			
15:35	0:17	0:05	0:00	19:01	0:15	0:03	0:00	0:38	0:13	0:01	0:00
06/03/2014				03/03/2014				08/03/2014			
7:59				21:50				3:34			
8:14	0:15	0:03	0:00	22:07	0:17	0:05	0:00	3:42	0:08	0:00	0:00
06/03/2014				04/03/2014				08/03/2014			
12:06				0:57				6:36			
12:17	0:11	0:00	0:00	1:08	0:11	0:00	0:00	6:46	0:10	0:00	0:00
06/03/2014				04/03/2014				08/03/2014			
16:02				3:58				21:52			
16:20	0:18	0:06	0:00	4:13	0:15	0:03	0:00	22:02	0:10	0:00	0:00

	sacar parada	mantenim. daños		sacar parada	mantenim. daños		sacar parada	mantenim. daños	
15:00:00	2:51	1:57		1:43:00	3:30	4:20	18:31:00	1:04	5:16
	MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM		MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM		MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM	
	171	117		210	260		64	316	

Tabla 4.15: Análisis del mes de marzo hilas 7, 8, 9, Modalidad B.

HILA 7				HILA 8				HILA 9			
	Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos		Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos		Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos
		sacar parada	mantenim. daños			sacar parada	mantenim. daños			sacar parada	mantenim. daños
01/03/2014				01/03/2014				01/03/2014			
9:21				7:14				9:26			
9:33	0:12	0:00	0:00	7:26	0:12	0:00	0:00	9:40	0:14	0:02	0:00
01/03/2014				01/03/2014				01/03/2014			
12:36				10:31				12:28			
12:45	0:09	0:00	0:00	10:53	0:22	0:10	0:00	12:41	0:13	0:01	0:00
01/03/2014				01/03/2014				01/03/2014			
15:48				13:56				15:26			
16:01	0:13	0:01	0:00	14:09	0:13	0:01	0:00	15:37	0:11	0:00	0:00
02/03/2014				01/03/2014				01/03/2014			
21:31				17:14				18:24			
21:42	0:11	0:00	0:00	17:30	0:16	0:04	0:00	18:39	0:15	0:03	0:00
03/03/2014				02/03/2014				02/03/2014			
0:45				20:03				19:08			
0:55	0:10	0:00	0:00	20:13	0:10	0:00	0:00	19:16	0:08	0:00	0:00
03/03/2014				02/03/2014				02/03/2014			
4:00				23:16				22:04			
4:11	0:11	0:00	0:00	23:28	0:12	0:00	0:00	22:14	0:10	0:00	0:00
03/03/2014				03/03/2014				03/03/2014			
20:31				2:31				1:02			
20:50	0:19	0:07	0:00	2:44	0:13	0:01	0:00	1:15	0:13	0:01	0:00
03/03/2014				03/03/2014				03/03/2014			
23:53				5:47				4:02			
0:05	#####	0:00	0:00	6:04	0:17	0:05	0:00	4:21	0:19	0:07	0:00
04/03/2014				03/03/2014				03/03/2014			
3:11				19:15				20:18			
3:22	0:11	0:00	0:00	19:25	0:10	0:00	0:00	20:32	0:14	0:02	0:00
04/03/2014				03/03/2014				03/03/2014			
6:27				22:31				23:30			
6:45	0:18	0:06	0:00	22:43	0:12	0:00	0:00	23:44	0:14	0:02	0:00
05/03/2014				04/03/2014				04/03/2014			
15:09				1:49				2:45			
15:19	0:10	0:00	0:00	1:59	0:10	0:00	0:00	2:55	0:10	0:00	0:00
05/03/2014				04/03/2014				04/03/2014			
18:08				5:04				5:56			
18:20	0:12	0:00	0:00	5:19	0:15	0:03	0:00	6:06	0:10	0:00	0:00

	sacar parada	mantenim. daños		sacar parada	mantenim. daños		sacar parada	mantenim. daños		
#####	1:05	2:19		20:00:00	2:24	2:33		17:37:00	1:14	1:54
	MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM			MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM			MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM
	65	139			144	153			74	114

Tabla 4.16: Análisis del mes de marzo hilas 10, 11, 12, Modalidad B.

HILA 10				HILA 11				HILA 12			
	Tiempos de parada	Tiempos excedidos sacar parada	Tiempos excedidos mantenim. daños		Tiempos de parada	Tiempos excedidos sacar parada	Tiempos excedidos mantenim. daños		Tiempos de parada	Tiempos excedidos sacar parada	Tiempos excedidos mantenim. daños
01/03/2014				01/03/2014				01/03/2014			
7:04				7:47				7:47			
7:20	0:16	0:04	0:00	7:57	0:10	0:00	0:00	8:04	0:17	0:05	0:00
01/03/2014				01/03/2014				01/03/2014			
9:48				10:23				10:45			
10:01	0:13	0:01	0:00	10:35	0:12	0:00	0:00	10:55	0:10	0:00	0:00
01/03/2014				01/03/2014				01/03/2014			
12:27				13:01				13:32			
12:44	0:17	0:05	0:00	13:11	0:10	0:00	0:00	13:41	0:09	0:00	0:00
01/03/2014				01/03/2014				01/03/2014			
15:12				15:38				16:16			
15:23	0:11	0:00	0:00	15:54	0:16	0:04	0:00	16:25	0:09	0:00	0:00
01/03/2014				01/03/2014				02/03/2014			
17:48				18:20				20:55			
18:01	0:13	0:01	0:00	18:31	0:11	0:00	0:00	21:13	0:18	0:06	0:00
02/03/2014				02/03/2014				02/03/2014			
20:20				21:15				23:47			
20:31	0:11	0:00	0:00	21:31	0:16	0:04	0:00	0:02	#####	0:00	0:00
02/03/2014				02/03/2014				03/03/2014			
22:59				23:57				2:38			
23:12	0:13	0:01	0:00	0:16	#####	0:00	0:00	2:50	0:12	0:00	0:00
03/03/2014				03/03/2014				03/03/2014			
1:38				2:43				5:26			
1:58	0:20	0:08	0:00	3:01	0:18	0:06	0:00	5:38	0:12	0:00	0:00
03/03/2014				03/03/2014				03/03/2014			
19:07				5:27				19:40			
19:17	0:10	0:00	0:00	5:50	0:23	0:11	0:00	19:57	0:17	0:05	0:00
03/03/2014				03/03/2014				03/03/2014			
22:06				19:43				22:34			
22:17	0:11	0:00	0:00	20:12	0:29	0:17	0:00	22:41	0:07	0:00	0:00
04/03/2014				03/03/2014				04/03/2014			
1:05				22:40				1:18			
1:16	0:11	0:00	0:00	22:48	0:08	0:00	0:00	1:31	0:13	0:01	0:00
04/03/2014				04/03/2014				04/03/2014			
4:05				1:14				4:07			
4:13	0:08	0:00	0:00	1:26	0:12	0:00	0:00	4:21	0:14	0:02	0:00

	sacar parada	mantenim. daños		sacar parada	mantenim. daños		sacar parada	mantenim. daños	
12:54:00	1:12	0:00		#####	1:21	2:03	#####	1:40	21:34
	MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM			MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM		MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM
	72	0			81	123		100	1294

El tiempo de penalización para el grupo B es de 981 minutos, como se indica en la Figura 4.8.

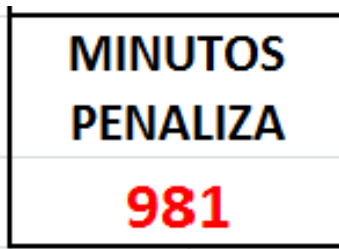


Figura 4.8: Total de minutos penalizados modalidad B.

Con relación a la modalidad anterior se nota un incremento de 365 minutos excedidos aproximadamente 6 horas desperdiciadas a pesar que el análisis fue realizado durante el mismo periodo tiempo que la modalidad anterior o sea un día incluyendo el día y la noche.

c. Análisis de la modalidad C.

Tiene el mismo principio que el análisis por periodo aquí se toma en cuenta la modalidad, se analiza el mes de marzo para tener una idea global de cómo está trabajando esta modalidad.

Seleccionamos la modalidad C y obtenemos los datos que nos arroja el HMI, estudiamos los datos para cada hila, en las Tablas 4.17, 4.18 y 4.19 está colocado los valores pertinentes a cada hila.

En las tablas se muestran los tres valores más importantes para el análisis, tiempos de parada, tiempos excedidos en sacar una parada y los tiempos en mantenimiento.

En la tabla no se muestra todos los datos del mes, debido a la cantidad de datos, al final de cada tabla están contabilizadas los minutos de penalización para cada máquina, siendo estos los tomados en cuenta para el análisis final.

Tabla 4.17: Análisis del mes de marzo hilas 4, 5, 6, Modalidad C.

HILA 4				HILA 5				HILA 6			
	Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos		Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos		Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos
		sacar parada	mantenim. daños			sacar parada	mantenim. daños			sacar parada	mantenim. daños
02/03/2014				02/03/2014				07/03/2014			
7:55				9:06				9:09			
8:10	0:15	0:03	0:00	9:22	0:16	0:04	0:00	9:16	0:07	0:00	0:00
02/03/2014				02/03/2014				07/03/2014			
12:09				12:12				12:11			
12:22	0:13	0:01	0:00	12:25	0:13	0:01	0:00	12:23	0:12	0:00	0:00
02/03/2014				02/03/2014				07/03/2014			
16:33				15:15				15:18			
16:48	0:15	0:03	0:00	15:40	0:25	0:13	0:00	15:30	0:12	0:00	0:00
03/03/2014				02/03/2014				07/03/2014			
7:30				18:30				18:25			
7:46	0:16	0:04	0:00	18:49	0:19	0:07	0:00	18:30	0:05	0:00	0:00
03/03/2014				03/03/2014				08/03/2014			
9:39				7:30				9:43			
9:53	0:14	0:02	0:00	7:43	0:13	0:01	0:00	9:51	0:08	0:00	0:00
03/03/2014				03/03/2014				08/03/2014			
13:44				9:51				12:46			
13:54	0:10	0:00	0:00	10:01	0:10	0:00	0:00	12:52	0:06	0:00	0:00
03/03/2014				03/03/2014				08/03/2014			
17:34				12:54				15:47			
17:45	0:11	0:00	0:00	13:02	0:08	0:00	0:00	15:55	0:08	0:00	0:00
04/03/2014				03/03/2014				08/03/2014			
22:50				15:50				18:49			
22:59	0:09	0:00	0:00	16:01	0:11	0:00	0:00	18:57	0:08	0:00	0:00
05/03/2014				04/03/2014				09/03/2014			
2:56				19:10				20:36			
3:06	0:10	0:00	0:00	19:24	0:14	0:02	0:00	20:48	0:12	0:00	0:00
05/03/2014				04/03/2014				09/03/2014			
6:46				22:14				23:43			
6:56	0:10	0:00	0:00	22:27	0:13	0:01	0:00	23:51	0:08	0:00	0:00
07/03/2014				05/03/2014				10/03/2014			
9:02				1:19				2:47			
9:16	0:14	0:02	0:00	1:31	0:12	0:00	0:00	2:56	0:09	0:00	0:00
07/03/2014				05/03/2014				10/03/2014			
13:32				4:22				5:51			
13:57	0:25	0:13	0:00	4:33	0:11	0:00	0:00	6:02	0:11	0:00	0:00

	sacar parada	mantenim. daños		sacar parada	mantenim. daños		sacar parada	mantenim. daños	
9:34:00	0:40	0:32		19:33:00	2:37	1:14	#####	1:07	1:59
	MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM			MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM		MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM
	40	32			157	74		67	119

Tabla 4.18: Análisis del mes de marzo hilas 7, 8, 9, Modalidad C.

HILA 7				HILA 8				HILA 9			
	Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos		Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos		Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos
		sacar parada	mantenim.			sacar parada	mantenim.			sacar parada	mantenim.
			daños				daños				daños
02/03/2014				02/03/2014				02/03/2014			
8:29				10:08				6:46			
8:44	0:15	0:03	0:00	10:25	0:17	0:05	0:00	7:01	0:15	0:03	0:00
02/03/2014				02/03/2014				02/03/2014			
11:48				13:29				9:57			
12:02	0:14	0:02	0:00	13:40	0:11	0:00	0:00	10:19	0:22	0:10	0:00
02/03/2014				02/03/2014				02/03/2014			
15:06				16:44				13:08			
15:25	0:19	0:07	0:00	17:00	0:16	0:04	0:00	13:22	0:14	0:02	0:00
02/03/2014				03/03/2014				02/03/2014			
18:22				7:30				16:10			
18:34	0:12	0:00	0:00	7:44	0:14	0:02	0:00	16:21	0:11	0:00	0:00
03/03/2014				03/03/2014				03/03/2014			
7:16				9:23				7:09			
7:43	0:27	0:15	0:00	9:36	0:13	0:01	0:00	7:22	0:13	0:01	0:00
03/03/2014				03/03/2014				03/03/2014			
10:49				12:42				7:30			
10:57	0:08	0:00	0:00	12:53	0:11	0:00	0:00	7:42	0:12	0:00	0:00
03/03/2014				03/03/2014				03/03/2014			
13:59				15:57				10:19			
14:09	0:10	0:00	0:00	16:10	0:13	0:01	0:00	10:26	0:07	0:00	0:00
03/03/2014				04/03/2014				03/03/2014			
17:15				19:12				17:04			
17:27	0:12	0:00	0:00	19:28	0:16	0:04	0:00	17:17	0:13	0:01	0:00
04/03/2014				04/03/2014				04/03/2014			
20:18				22:33				21:40			
20:31	0:13	0:01	0:00	22:45	0:12	0:00	0:00	21:50	0:10	0:00	0:00
04/03/2014				05/03/2014				05/03/2014			
23:25				1:49				0:51			
23:38	0:13	0:01	0:00	2:00	0:11	0:00	0:00	1:05	0:14	0:02	0:00
05/03/2014				05/03/2014				05/03/2014			
2:33				5:07				4:06			
2:47	0:14	0:02	0:00	5:20	0:13	0:01	0:00	4:17	0:11	0:00	0:00
05/03/2014				07/03/2014				07/03/2014			
5:43				7:09				9:40			
5:57	0:14	0:02	0:00	7:20	0:11	0:00	0:00	9:49	0:09	0:00	0:00

	sacar parada	mantenim.	daños		sacar parada	mantenim.	daños		sacar parada	mantenim.	daños
15:47:00	2:07	0:32		16:21:00	0:37	3:09		#####	0:42	1:58	
	MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM			MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM			MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM	
	127	32			37	189			42	118	

Tabla 4.19: Análisis del mes de marzo hilas 10, 11, 12, Modalidad C.

HILA 10				HILA 11				HILA 12			
	Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos		Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos		Tiempos de parada	Tiempos excedidos	Tiempos excedidos
		sacar parada	mantenim. daños			sacar parada	mantenim. daños			sacar parada	mantenim. daños
02/03/2014				02/03/2014				02/03/2014			
7:05				7:53				6:49			
7:21	0:16	0:04	0:00	8:04	0:11	0:00	0:00	7:02	0:13	0:01	0:00
02/03/2014				02/03/2014				02/03/2014			
9:47				10:31				9:37			
9:57	0:10	0:00	0:00	10:42	0:11	0:00	0:00	9:48	0:11	0:00	0:00
02/03/2014				02/03/2014				02/03/2014			
12:25				13:09				12:24			
12:35	0:10	0:00	0:00	13:26	0:17	0:05	0:00	12:43	0:19	0:07	0:00
02/03/2014				02/03/2014				02/03/2014			
15:01				15:52				15:19			
15:15	0:14	0:02	0:00	16:07	0:15	0:03	0:00	15:29	0:10	0:00	0:00
02/03/2014				02/03/2014				02/03/2014			
17:43				18:33				18:06			
17:53	0:10	0:00	0:00	18:48	0:15	0:03	0:00	18:17	0:11	0:00	0:00
03/03/2014				03/03/2014				03/03/2014			
4:24				7:30				7:30			
7:35	3:11	0:00	2:59	7:38	0:08	0:00	0:00	7:37	0:07	0:00	0:00
03/03/2014				03/03/2014				03/03/2014			
10:03				8:23				8:21			
10:17	0:14	0:02	0:00	8:54	0:31	0:19	0:00	8:40	0:19	0:07	0:00
03/03/2014				03/03/2014				03/03/2014			
10:40				11:23				11:18			
11:01	0:21	0:09	0:00	11:51	0:28	0:16	0:00	11:37	0:19	0:07	0:00
03/03/2014				03/03/2014				03/03/2014			
13:13				14:18				14:07			
13:22	0:09	0:00	0:00	14:32	0:14	0:02	0:00	14:17	0:10	0:00	0:00
03/03/2014				03/03/2014				03/03/2014			
16:09				16:59				16:52			
16:19	0:10	0:00	0:00	17:17	0:18	0:06	0:00	17:04	0:12	0:00	0:00
04/03/2014				04/03/2014				04/03/2014			
19:02				19:45				20:50			
19:14	0:12	0:00	0:00	19:56	0:11	0:00	0:00	21:03	0:13	0:01	0:00
04/03/2014				04/03/2014				04/03/2014			
22:00				22:22				23:41			
22:14	0:14	0:02	0:00	22:37	0:15	0:03	0:00	23:49	0:08	0:00	0:00

	sacar parada	mantenim. daños		sacar parada	mantenim. daños		sacar parada	mantenim. daños	
	8:46:00	0:36	3:35	#####	2:00	1:53	15:54:00	1:04	0:57
		MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM		MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM		MINUTOS PENALIZA	MINUTOS MANTENIM
		36	215		120	113		64	57

El tiempo de penalización para el grupo C es de 690 minutos, como se indica en la Figura 4.9.

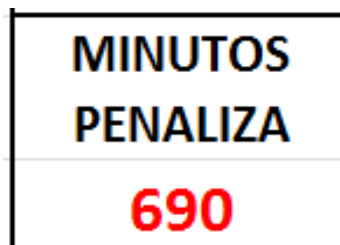


Figura 4.9: Total de minutos penalizados modalidad C.

De acuerdo al análisis, el grupo que presenta mayor ineficiencia es la modalidad B con 981 minutos, seguido por el grupo C con 690 minutos y por último se encuentra el grupo A con 616 minutos.

En la Tabla 4.20 se muestra la comparación de los minutos excedidos entre las modalidades.

Tabla 4.20: Análisis por modalidad.

Análisis por modalidad			
Modalidad	A	B	C
Minutos	616	981	690
Excedidos			

Para mejorar la eficiencia de todas las máquinas se tomaron nuevas decisiones por parte del jefe de planta entre las cuales mencionamos: la reestructuración del personal obrero, riguroso control a los supervisores de las modalidades A, B y C.

4.3.3 Análisis económico.

De acuerdo a los resultados arrojados en el estudio de los tiempos de pérdida, en este ítem se analiza la pérdida en dólares que ocasiona los paros que exceden el tiempo reglamentario.

El tiempo total de penalización obtenido en análisis anteriores es el parámetro primordial para este análisis además de otros parámetros que son considerados por la empresa.

Como primer punto se analiza los meses de febrero, marzo y abril, para este análisis no interesa la modalidad.

a. Análisis económico del mes de febrero.

Este mes es cuando el sistema SCADA empieza a funcionar, de acuerdo a los resultados obtenidos, se puede evidenciar las pérdidas que la empresa ha tenido durante el transcurso de varios años, se resalta que el pronóstico de pérdida por parte del jefe de planta era muy inferior a lo obtenido en la base de datos, debido a que los datos eran anteriormente manipulados por los operadores.

De acuerdo a la Figura 4.10 se puede evidenciar la pérdida producida en el mes de febrero, el costo total de penalización es de 2169,68 dólares.



Figura 4.10: Costo total de pérdida mes de febrero.

Para realizar la estimación del costo total se utilizó los siguientes datos:

Producción Nominal: 130000

Tiempo Mes min: 43200

Precio Kg 4.

Para calcular el costo perdido por minuto se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{costoxmin.} = \frac{\text{produccionnom.}}{\text{tiempomes*precioKg.}} \text{Ec. 4.1}$$

$$\text{costoxmin.} \frac{130000}{43200*4.} = 0.75 \quad \text{Ec. 4.2}$$

Para calcular la pérdida total se multiplica los minutos excedidos por el costo por minuto.

$$\text{perdida total} = 0.75 * \text{minutos excedidos} \quad \text{Ec. 4.3}$$

b. Análisis económico del mes de marzo.

Después de la capacitación a todo el personal de planta el mes de marzo tiende a disminuir los costos de pérdidas.

De acuerdo a la Figura 4.11 se puede evidenciar la perdida producida en el mes de marzo, el costo total de penalización es de 2033,51 dólares.



Figura 4.11: Costo total de pérdida mes de marzo.

Entre el mes de febrero y marzo la empresa tuvo una ganancia de 136,17 dólares.

c. Análisis económico del mes de abril.

Para este mes se puede evidenciar que las pérdidas han disminuido de forma satisfactoria que el mes anterior.

De acuerdo a la Figura 4.12 se puede evidenciar la perdida producida en el mes de abril, el costo total de penalización es de 1615,22 dólares.



Figura 4.12: Costo total de pérdida mes de abril.

Entre el mes de marzo y abril la empresa tuvo una ganancia de 418,29 dólares, cabe indicar que desde este mes existe multa para los trabajadores que no cumplan con las normas de los tiempos reglamentarios.

De acuerdo al análisis de los tres meses, se puede evidenciar que las pérdidas por costos han disminuido de forma paulatina y positiva.

Desde que fue implementado el sistema SCADA la empresa tuvo una ganancia de 554,46 dólares.

d. Análisis económico del mes de marzo modalidad A.

Mediante este estudio se puede identificar cuál de las tres modalidades es la que tiene mayores pérdidas económicas.

Se puede identificar que en la Figura 4.13 obtuvo una pérdida económica de 463,43 dólares



Figura 4.13: Costo total de pérdida modalidad A.

e. Análisis económico del mes de marzo modalidad B.

En el estudio económico de la modalidad B se evidencia una pérdida de 738,02 dólares, ver Figura 4.14.



Figura 4.14: Costo total de pérdida modalidad B.

f. Análisis económico del mes de marzo modalidad C.

Para la modalidad C se tiene una pérdida de 519,10 dólares, ver Figura 4.15.



Figura 4.15: Costo total de pérdida modalidad C.

Con este tipo de estudio se puede identificar, con mayor exactitud, a la modalidad con mayor pérdida económica. La modalidad B es la de mayor pérdida económica seguida por la modalidad C y como último tenemos a la modalidad A la cual es la de menor pérdida económica que ha tenido en el transcurso del mes de marzo.

g. Análisis económico de la inversión del proyecto.

El proyecto en sí costo un total de 2388.50dólares

Después del estudio realizado para los tres meses, el proyecto se autofinanciará en el transcurso de cinco a seis meses, desde que el sistema SCADA fue implementado.

Después de los seis meses la empresa empieza a tener ganancias netas, cabe indicar que con el transcurso del tiempo las pérdidas económicas se pretenden disminuir a cero, haciendo así que la producción de la empresa sea óptima y con mayores ingresos económicos.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.

- El sistema SCADA implementado en la empresa Textiles La Escala S.A. planta hilatura cumple a cabalidad con normas y estándares de seguridad, además de tener una intervención positiva en el ámbito de producción, mejorando la misma, permitiendo un crecimiento económico y en la empresa.
- Las consideraciones de diseño para pantallas de visualización, en cuanto a manejo de colores, principios de diseño, ubicación de elementos, simulaciones, coherencia y consistencia son establecidas por la normativa internacional ISO 9241 y EN29241 (Ergonomics requirements of visual display terminals used for office tasks).
- Dentro de los procesos que se realizan para obtener el hilo, el proceso de hilar es un cuello de botella lo que genera pérdidas, debido a los tiempos excedidos por fallas de los operarios, los mismos que en ocasiones superan los límites permitidos por la empresa.
- El puerto Profinet integrado en el PLC S7-1200 permite realizar también la comunicación Modbus TCP, mediante el cable de comunicación Ethernet, ya que este maneja la trama TCP/IP.
- Labview es un software de diseño HMI adecuado puesto que además de brindar las herramientas para la creación de HMI, permite manejar archivos de Microsoft Office, realizar comunicación Modbus TCP/IP

con otros dispositivos y la principal ventaja es que permite crear archivos del tipo ejecutable.

- La implementación de Modbus TCP/IP permite obviar el uso de un servidor OPC, logrando la comunicación directa entre el PLC Siemens S7-1200 y el software Labview, con esto se evita la adquisición de una licencia adicional reduciendo costos en la implementación.
- El sistema SCADA implementado es amigable al usuario, debido a que después de la capacitación brindada al personal este fue capaz de poner en marcha, manejar e interpretar los datos que se encontraban en el HMI.
- Se analizó la información obtenida por el HMI en el transcurso de tres meses, los resultados muestran un incremento en la eficiencia de la hilas, esto quiere decir que la producción en la empresa aumentó considerablemente.
- Con la implementación de este proyecto y con tan solo tres meses de puesta en marcha la empresa "Textiles la escala" ha producido un aumento de 737 minutos en la producción, aproximadamente 12 horas, evidenciando que el sistema SCADA cumple a cabalidad los requerimientos propuestos por el personal de planta.
- Al implementar el sistema SCADA la empresa tuvo una ganancia de 554,46 dólares desde que el proyecto fue puesto en funcionamiento.
- El análisis realizado en los tres meses, que el proyecto se autofinanciará en el transcurso de cinco a seis meses, desde que el sistema SCADA fue implementado.

5.2 Recomendaciones.

- Para realizar el diseño del sistema HMI se debe acudir a normativas para poder tener una guía de diseño y con esto asegurar que nuestro programa cumple con normativas internacionales.
- Para realizar proyectos de este tipo, se debe conocer primero la planta y el proceso que se va a manejar con el fin de determinar los puntos críticos y que necesiten un control específico.
- Para elegir un software de diseño de HMI se debe tomar en cuenta las necesidades, el diseño y los requerimientos del sistema, con el fin de crear un HMI amigable
- Para reducir costos por manejo de licencias se puede usar la librería propia de Labview que le permite realizar la comunicación Modbus TCP con otros dispositivos, para esto se debe manejar las direcciones asignadas por Labview tanto para entradas como para salidas.
- Se puede generar un archivo ejecutable del HMI desarrollado en Labview con la finalidad de reducir costos de implementación.
- Para comprobar los resultados de la implementación del sistema, se debe aplicar indicadores como en este caso la eficiencia de cada máquina de hilado.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Penin Aquilino Rodríguez, *Sistemas SCADA guía práctica*. Barcelona, España: MARCOMBO, S.A., 2007.
- [2] Luis Corrales, "Interfaces de comunicacion Industrial," Escuela Politecnica Nacional, Quito, 2007.
- [4] Marco Pérez, James Vernon, *Control Lógico Programable*. México.
- [7] Siemens, *Controlador Programable S7-1200 Manual.*, 2009.
- [10] MODICON, *Modbus Protocol Reference Guide*. Massachusetts, 1996.
- [11] Fernando Pascual, *MODBUS*, Centro Integrado Politécnico "ETI".
- [12] Andres Ruiz, *Implementación de una red Modbus/TCP.*, 2002.
- [14] Henry Rocancio, *Tutorial de LAbview*, Universidad Distrital "Francisco Jose de Caldas"., 2001.
- [17] Rieter, *Revista Link.*, 2008.

LINKOGRAFÍA

- [3] Ingeniería de control y automatización. Editores Online. [Online].
http://www.editores-srl.com.ar/anuario26/ingenieria_control/micro_automatizacion_industrial
- [5] Siemens. (2014) Controladores SIMATIC S7. [Online].
<http://www.automation.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/simatic-s7-controller/Pages/Default.aspx>
- [6] Siemens. (2009) Catálogo SIMATIC. [Online].
<https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/SIMATIC-CAT.PDF>
- [8] Koyo. (2013) Koyo Electronics Industries. [Online].
<http://www.koyoele.co.jp/english/product/plc/>
- [9] Rockwell Automation. (2014) Allen-Bradley. [Online].
<http://ab.rockwellautomation.com/es/Programmable-Controllers>
- [13] Patricio Rodríguez. Itescam. [Online].
<http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r94806.PDF>
- [15] Software Solutions. Wonderware. [Online]. <http://www.wonderware.es/contents/WonderwareInTouchHMI.asp>
- [16] Siemens. SIMATIC WinCC. [Online].
<http://www.automation.siemens.com/mcms/human-machine-interface/en/visualization-software/scada/simatic-wincc/Pages/default.asp>
- [18] Textiles Panamericano. Textiles Panamericano. [Online].
http://www.textilspanamericanos.com/Ediciones/2011/Enero-Febrero/Art%C3%ADculos/Autoconer_X5_Se_Enfrenta_A_Los_Retos_Textiles
- [19] Cabur. Catalogo Fuentes de alimentación. [Online].
<http://pdf.directindustry.es/pdf/cabur/fuentes-alimentacion/17780-175171.html>
- [20] TEM Electronics Components. (2013) [Online]. <http://www.tme.eu/es/details/my4-24ac/relés-electromagn-industriales/omron/my4-24vac-s/#>
- [21] voltech. (2013) [Online]. <http://www.voltech.com.mx/cables.php>
- [22] National Instruments. (2014) Biblioteca Modbus. [Online].

<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/201711>

- [23] Siemens. (2014) Industrial Ethernet Cable. [Online].
<http://www.automation.siemens.com/mcms/industrial-communication/es/ie/sistema-de-cableado/fc-cable-2x2/Pages/fc-cable-2x2.aspx>
- [24] Siemens. (2014) IE FastConnect RJ45 Plug. [Online].
<http://www.automation.siemens.com/mcms/industrial-communication/es/ie/sistema-de-cableado/fast-connect-rj45-plug/Pages/fast-connect-rj45-plug.aspx>

ANEXOS

CERTIFICACIÓN

Latacunga, Junio del 2014

ELABORADO POR:

GLADYS HERRERA PANCHI
C.C. 050362443-9

DIEGO CHECA LLAMBA.
C.C. 050335852-5

APROBADO POR:

ING. JOSÉ BUCHELI A.
**DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN**

CERTIFICADO POR:

DR. RODRIGO VACA
SECRETARIO ACADÉMICO
UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO