



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**Diseño de sistema SCADA aplicado a la planta de producción de
material gráfico de Editorial Don Bosco.**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

INGENIERO ELECTRÓNICO

Autores:

ANDRÉS MARCELO MACANCELA ARÍZAGA

DANNY FABIÁN VALENCIA FALCONÍ

Director:

SIMÓN BOLÍVAR MÉNDEZ RENGEL

CUENCA-ECUADOR

2015

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis para la obtención de mi Título Universitario a mis Padres por ser el pilar fundamental para la persona quien soy, brindándome su apoyo incondicional, confianza y consejos.

De la misma manera a mis amadas esposa e hija para quienes espero ser un ejemplo de lucha y perseverancia en el plano personal y profesional.

Andrés.

DEDICATORIA

Principalmente a Dios por darme salud, a mi familia por haberme siempre guiado por el camino correcto.

A mis padres por haberme formado e instruido, nunca me alcanzará la vida para agradecerles lo que han hecho y hacen día a día.

A mi amada esposa simplemente eres la mejor.

Danny

AGRADECIMIENTO

A Dios por habernos dado salud y perseverancia para poder culminar este sueño tan esperado de Graduarnos a pesar del tiempo transcurrido, es un gran logro que nos causa mucha satisfacción y orgullo para nosotros y nuestras familias.

Un agradecimiento mutuo para Andrés y Danny que con mucho esfuerzo y sacrificio logramos realizar este proyecto dándonos el tiempo necesario para dar forma a esta Tesis para la obtención de nuestro título, un peldaño más en nuestra vida personal y profesional.

Agradecemos de manera especial al Ingeniero Bolívar Méndez Rengel por su ardua labor como nuestro Director de Tesis, quien con sus conocimientos ha sido una guía importante para el desarrollo de este trabajo de Titulación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCIÓN	xix
CAPÍTULO I: SISTEMAS SCADA: ARQUITECTURAS Y EQUIPOS DE ADQUISICIÓN DE DATOS	1
1.1. Arquitectura de sistemas SCADA.....	2
1.1.1. Componentes de un sistema SCADA.....	2
1.1.2. Sistemas SCADA monolíticos.....	5
1.1.3. Sistemas SCADA distribuidos.....	6
1.1.4. Sistemas SCADA en red.....	7
1.1.5. Protocolos y estándares utilizados en SCADA.....	8
1.1.5.1. Protocolo IEC 60870-5	8
1.1.5.2. ANSI/ISA-95	9
1.1.5.3. OPC.....	11
1.2. Sistemas SCADA comerciales	12
1.2.1. SCADA Schneider Electric	13

1.2.2. SCADA Iconics	14
1.3. Sistemas SCADA gratuitos y de código abierto	16
1.3.1. OpenSCADA	16
1.3.2. Mango Automation SCADA	17
1.4. Comparación de opciones SCADA.....	19
1.5. Hardware de adquisición de datos.....	21
1.4.1. Fardux.....	21
1.4.2. Smart RTU Schneider Electric	23
1.4.3. DAQ National Instruments	24

CAPÍTULO II: LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LA EDITORIAL DON

BOSCO..... 26

2.1. Estado actual de la línea de producción.....	26
2.1.1. Flujo de producción.....	26
2.1.1.1. Diseño.....	27
2.1.1.2. Preprensa	28
2.1.1.3. Guillotinado.....	30
2.1.1.4. Impresión.....	30
2.1.1.5. Doblado	31
2.1.1.6. Cosido.....	32
2.1.1.7. Encolado	33
2.1.1.8. Terminado	33
2.2. Variables críticas de proceso	34
2.2.1. Presión de aire	35
2.2.2. Consumo de agua	35
2.2.3. Suministro eléctrico.....	36

2.2.4. Conteo de material procesado	36
2.3. Maquinaria existente y posibilidades de monitoreo	36
2.3.1. Preprensa	37
2.3.2. Máquina de corte	38
2.3.3. Prensa	40
2.3.4. Máquina de doblado	43
2.3.5. Máquina de cosido.....	44
2.3.6. Máquina de encolado.....	45
2.3.7. Máquina de terminado.....	47
2.3.8. Compresores generales.....	48
2.3.9. Suministro eléctrico y generación	49
2.3.10. Resumen de maquinaria	50
 CAPÍTULO III: DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA EN LABVIEW	
APLICABLE A LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LA EDITORIAL DON	
BOSCO.....	52
3.1. Variables de proceso a monitorear	52
3.1.1. Caudal	52
3.1.2. Contadores con sensores inductivos	54
3.1.3. Sensores de temperatura	54
3.1.4. Sensores de presión neumática	55
3.2. Variables de máquina a monitorear	56
3.2.1. Monitoreo de gases múltiples	56
3.2.2. PH en impresoras offset.....	57
3.2.4. Factor de potencia.....	59
3.3. Diseño de software SCADA en LabView	60
3.3.1. Modulo DSC (Datalogging, Supervisory and Control) en LabView.....	61

3.3.1.1. Base de datos.....	61
3.3.1.2. Creación y visualización de variables	62
3.3.1.3. Visualización del historial de variables, alarmas y eventos.....	65
3.3.1.4. Seguridad	67
3.3.2. Diseño de la interfaz de usuario.....	69
3.3.3. Monitoreo y registro de datos	71
3.4. Simulación.....	81

CAPÍTULO IV: ESTUDIO ECONÓMICO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SCADA DISEÑADO 84

4.1. Costos de implementación del diseño sugerido	84
4.1.1. Costo de sensores.....	84
4.1.2. Costo de sistema de adquisición de datos.....	90
4.1.3. Costo de software.....	92
4.2. Análisis de costos	94
4.2.1. Relación Beneficio Costo	95
4.2.1.1. Tiempo de maquinaria fuera de servicio.....	95
4.2.1.2. Costos de operación mantenimiento	97
4.2.1.3. Beneficio económico de la implementación del sistema SCADA.....	98
4.2.1.4. Costos de implementación	100
4.2.2. Valor Actual Neto y Tasa interna de retorno del proyecto	101
4.2.2.1. Valor Actual Neto (VAN).....	101
4.2.2.2. Tasa interna de retorno (TIR).....	103
4.2.3. Recuperación del capital.....	105

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 107

BIBLIOGRAFÍA	111
ANEXOS	117

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Arquitectura básica de un sistema SCADA (Inductive Automation, s.f.)	2
Figura 1.2. HMI de un sistema SCADA cosedora Müller Martini	3
Figura 1.3. Sistema de adquisición de datos de National Instruments (National Instruments, s.f.).....	3
Figura 1.4. PLC Simatic S7-1200 de Siemens (Siemens, 2011).....	4
Figura 1.5. Sistema SCADA monolítico (National Communication System, 2004)..	5
Figura 1.6. Sistema SCADA distribuido (National Communication System, 2004)..	6
Figura 1.7. Sistema SCADA en red (National Communication System, 2004)	7
Figura 1.8. Modelo de capas IEC 60870-5 (National Communication System, 2004)	8
Figura 1.9. Niveles determinados por ISA 95.01 (VL, 2010).....	10
Figura 1.10. Concepto de comunicación entre un PLC y el computador mediante OPC. (OPC Data Hub, s.f.)	12
Figura 1.11. Arquitectura para Clear SCADA de Schneider Electric (Schneider Electric, 2014).....	13
Figura 1.12. Equipos RTU para Clear SCADA (Schneider Electric, 2014).....	14
Figura 1.13. Visualización en 3D de un proceso en Graph WorX (Elmark, s.f.)	15
Figura 1.14. Interfaz gráfica de OpenSCADA (OpenSCADA, s.f.).....	17
Figura 1.15. Integración de PLC mediante Modbus en Mango (InfiniteAutomation Systems Inc, s.f.).....	18
Figura 1.16. Interfaz gráfica de Mango (InfiniteAutomation Systems Inc, s.f.).....	19
Figura 1.17. Datalogger IDEA (Fardux, s.f.)	22
Figura 1.18. Smart RTU de Schneider Electric (Schneider Electric, 2011)	23
Figura 1.19. Chasis NI cDAQ-9184 (National Instruments, s.f.)	25
Figura 2.1. Flujo de producción de la Editorial Don Bosco.....	27
Figura 2.2. Estaciones de trabajo utilizadas para el proceso de diseño.....	27
Figura 2.3. Máquina de preprensa.....	28
Figura 2.4. Placa de aluminio impresa por un equipo CTP (Anónimo, s.f.).....	29
Figura 2.5. Placas de imprenta con colores para impresión. (Colors Gate Printing House Ltd, s.f.).....	29

Figura 2.6. Operario ingresando los pliegos de papel en una guillotina. (Polar Inc, s.f.)	30
Figura 2.7. Máquina de prensado existente en la Editorial Don Bosco	31
Figura 2.8. Máquina de doblado existente en la Editorial Don Bosco.....	32
Figura 2.9. Máquina automática de cosido existente en la Editorial Don Bosco.....	32
Figura 2.10. Máquina de encolado existente en la Editorial Don Bosco	33
Figura 2.11. Máquina de terminado existente en la Editorial Don Bosco	34
Figura 2.12. Compresor de aire para alimentación de prensas	35
Figura 2.13. Prerensa PlateRite 8600E.	37
Figura 2.14. Sistema de ventilación	38
Figura 2.15. Máquinas de corte existentes en la Editorial Don Bosco. a) Guillotina Polar 115, b) Guillotina Polar 103, c) Guillotina Pivano 118.....	39
Figura 2.16. Máquinas de prensa existentes en la Editorial Don Bosco a) Heidelberg 2 y 4 colores b) Heidelberg 5 colores.....	40
Figura 2.17. Equipamiento a monitorear en el interior de cada máquina de prensa. A) Presión del sistema neumático, b) motor principal.	41
Figura 2.18. Abastecimiento de químicos.....	42
Figura 2.19. Máquina de doblado existente en la Editorial Don Bosco.....	43
Figura 2.20. Contador de dobleces ubicado en las máquinas de doblado.....	43
Figura 2.21. Máquina de cosido Müller Martini a) vista frontal de la máquina b) HMI.....	44
Figura 2.22. Máquina de encolado existente en la Editorial Don Bosco	45
Figura 2.23. Adhesivo Hot melt HM1952C para lomo de libros. (Adhepsa MS, Mesal, soluciones químicas, s.f.)	45
Figura 2.24. Control de fundición de adhesivos a) temporizador, b) controlador de temperatura.....	46
Figura 2.25. Máquina de terminado existente en la Editorial Don Bosco	47
Figura 2.26. Compresores generales utilizados para las prensas	48
Figura 2.27. Compresor general de la planta	48
Figura 2.28. Controlador de factor de potencia existente	49
Figura 2.29. Generador de respaldo	49

Figura 3.1. Transmisor de caudal de agua (Endress & Hauser Instruments International, s.f.)	52
Figura 3.2. Transmisor de caudal de químicos (The Valve Shop, 2015).....	53
Figura 3.3. Sensor inductivo (Sick Inc, s.f.)	54
Figura 3.4. Sensor de temperatura (Endress & Hauser Instruments International, s.f.)	55
Figura 3.5. Sensor de presión (Endress & Hauser International Instruments, s.f.)...	55
Figura 3.6. Sensor de gases múltiples (Oldham Inc, s.f.).....	56
Figura 3.7. Sensor de PH (Endress & Hauser. Instruments International AG, s.f.)..	57
Figura 3.8. Sensor de corriente (Phoenix Contact, s.f.)	58
Figura 3.9. Sensor de voltaje (Phoenix Contact, s.f.).....	58
Figura 3.10. Controlador de factor de potencia (Maschinenfabrik Reinhausen, s.f.)	59
Figura 3.11. Base de datos instalada en el computador encargado de ejecutar el SCADA	61
Figura 3.12. Menú de DSC para administrar bases de datos	62
Figura 3.13. Creación de una librería de variables en LabView	63
Figura 3.14. Creación de una variable en LabView	63
Figura 3.15. Configuración de alarmas para una variable	64
Figura 3.16. Árbol de variables para el SCADA de la Editorial Don Bosco	64
Figura 3.17. Visualización del estado de variables en el Distributed System Manager	65
Figura 3.18. Creación de visualizadores en Measurement & Automation a) Alarmas y eventos b) Traza de variables	66
Figura 3.19. Visualización del histórico de variables en Measurement & Automation	66
Figura 3.20. Histórico de alarmas y eventos en Measurement & Automation	67
Figura 3.21. Administrador de cuentas de dominio en LabView	68
Figura 3.22. Administración de usuarios y grupos en LabView.....	68
Figura 3.23. Interfaz de usuario	69
Figura 3.24. Modificación de botones en LabView	70
Figura 3.25. Cambio de imágenes en el programa.....	70
Figura 3.26. Pestaña del subprocesso de impresión	71

Figura 3.27. Panel frontal de monitoreo de alarmas graves	72
Figura 3.28. Código para lectura del grupo de variables críticas	73
Figura 3.29. Descripción detallada de alarmas en el SCADA	74
Figura 3.30. Código para la visualización de señales lumínicas de alarmas graves .	75
Figura 3.31. Utilización de elementos gráficos para monitoreo en el subproceso de encolado	76
Figura 3.32. Visualizador gráfico de trazo para los compresores de las impresoras offset.....	77
Figura 3.33. Código para generación de reporte con DSC	77
Figura 3.34. Reporte de alarmas y eventos generado por el usuario.....	78
Figura 3.35. Código en LabView del reporte automático para la presión del compresor general	78
Figura 0.36. Reporte automático de presión general.....	79
Figura 3.37. Generación del correo electrónico para la alarma de presión general ..	79
Figura 3.38. SubVI “Mail Alerta”	80
Figura 3.39. Configuración de variables en el programa de simulación para replicarlas en el programa principal	81
Figura 3.40. Pantalla principal del simulador	82
Figura 3.41. Código para el simulador en LabView	83
Figura 4.1. Listado de precios para el sensor de caudal Promag 10 (Endress & Hauser, s.f.)	86
Figura 4.2. Listado de precios para el sensor Burkert 8035 (The Valve Shop, 2015)	87
Figura 4.3. Precio del sensor IME 18 (PLC Center, s.f.)	87
Figura 4.4. Lista de precios de sensores de temperatura serie Omnigrad (Endress&Hauser, s.f.)	87
Figura 4.5. Precio del sensor de presión Cerabar M (USA Blue Book, s.f.)	88
Figura 4.6. Precio del sensor de gases múltiples Old Ham 43 (Oldham, s.f.)	88
Figura 4.7. Listado de precios de sensores de PH (Endress&Hauser, s.f.)	88
Figura 4.8. Precio del transmisor de voltaje Phoenix Contact (Digikey, s.f.).....	89
Figura 4.9. Precio del transmisor de corriente Phoenix Contact (Digikey, s.f.)	89

Figura 4.10. Listado de precios del controlador de factor de potencia (Zaubas, s.f.). Los precios están en rupias y se convierten a dólares americanos.....	89
Figura 4.11. Tarjeta de adquisición NI PCIe-6320 (National Instruments, s.f.).....	90
Figura 4.12. Listado de precios del sistema de adquisición de datos (National Instruments, s.f.).....	91
Figura 4.13. Lista de precios de software National Instruments (National Instruments, s.f.).....	93
Figura 4.14. Evolución del VAN en el tiempo.....	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Comparación de soluciones SCADA.....	20
Tabla 1.2. Características del Sistema DAQ de Fardux.....	22
Tabla 1.3. Características de SCADA Pack	24
Tabla 2.4. Resumen de maquinaria existente en la Editorial Don Bosco y variables de monitoreo.....	50
Tabla 4.1. Costo de sensores	85
Tabla 4.2. Costo de sistema de adquisición de datos	92
Tabla 4.3. Costo de software.....	94
Tabla 4.4. Horas de maquinaria fuera de servicio registradas por el departamento de mantenimiento de la Editorial Don Bosco durante el año 2014.....	95
Tabla 4.5. Costos por hora de utilización de maquinaria.....	96
Tabla 4.6. Costo por horas fuera de servicio de maquinaria.....	97
Tabla 4.7. Costos adicionales de mantenimiento y funcionamiento.....	98
Tabla 4.8. Beneficio anual de la aplicación del sistema SCADA diseñado.....	99
Tabla 4.9. Valor presente del beneficio del proyecto.....	100
Tabla 4.10. Costos totales de implementación.....	100
Tabla 4.11. Cálculo del VAN y el TIR del proyecto de implementación SCADA	104

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Codificación de maquinaria en la editorial	117
Anexo B: Ubicación general de maquinaria en la Editorial Don Bosco	120
Anexo C: Video demostrativo de la simulación del programa realizado en LabView	

**DISEÑO DE SISTEMA SCADA APLICADO A LA PLANTA DE PRODUCCIÓN
DE MATERIAL GRÁFICO DE EDITORIAL DON BOSCO**

RESUMEN

Se presenta una investigación bibliográfica sobre las arquitecturas de sistemas SCADA, y soluciones de software tanto comerciales, como libres, con lo que se seleccionó la mejor opción para la solución aplicable a la Editorial Don Bosco. Se realiza un análisis de los equipos más apropiados para la línea de producción y el estudio de factibilidad económica del proyecto.

La solución SCADA para la editorial Don Bosco se realizó en LabView utilizando el módulo DSC, además se muestran pruebas de funcionamiento del sistema mediante la simulación del mismo, adquiriendo los valores de los sensores presentes en las máquinas que intervienen en el proceso de producción de material gráfico.

Palabras Clave: SCADA, LabView DSC, Análisis de los equipos, Factibilidad económica.



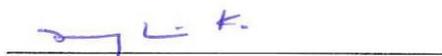
Simón Bolívar Méndez Rengel

Director de Tesis



Hugo Marcelo Torres Salamea

Director de Escuela



Danny Fabián Valencia Falconí



Andrés Marcelo Macancela Arízaga

Autores

SCADA SYSTEM DESIGN APPLIED TO THE PRODUCTION PLANT OF GRAPHIC MATERIAL AT *DON BOSCO* PUBLISHING COMPANY

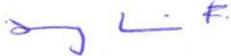
ABSTRACT

This paper presents a bibliographic research on SCADA systems architectures and commercial and free software solutions. As a result of this investigation, the best option for the solution to be applied at *Don Bosco* Publishing Company was selected. An analysis of the most suitable equipment for the production line and the economic feasibility study of the project were done. The SCADA solution for *Don Bosco* publisher was carried out in LabView using the DSC module. Additionally, tests of the system operation are shown by simulation, obtaining the values of the sensors on the machines used in the production process of graphic material.

Keywords: SCADA, LabVIEW, DSC, Equipment Analysis, Economic Feasibility.


Simón Bolívar Méndez Rengel
Thesis Director

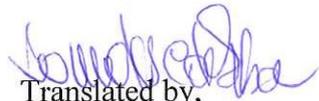

Hugo Marcelo Torres Salamea
School Director


Danny Fabián Valencia Falconí


Andrés Marcelo Macancela Arízaga

Authors


UNIVERSIDAD DEL
Cuzco
Dpto. Idiomas


Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Andrés Marcelo Macancela Arízaga

Danny Fabián Valencia Falconí

Ing. Simón Bolívar Méndez Rengel

Noviembre, 2015

DISEÑO DE SISTEMA SCADA APLICADO A LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE MATERIAL GRÁFICO DE EDITORIAL DON BOSCO.

INTRODUCCIÓN

El flujo de producción de material gráfico impreso existente en Editorial Don Bosco se lleva a cabo mediante la utilización de maquinaria manual, automática y semiautomática. Este flujo de producción actualmente se verifica de manera visual, es decir, no existe una retroalimentación en tiempo real de los parámetros de cada máquina.

Las fases del proceso de producción de material gráfico de Editorial Don Bosco son: pre prensa, impresión, encuadernación y acabados. Ninguna de las fases mencionadas cuentan con sistemas de monitoreo implementados por lo que se requiere el diseño de un sistema capaz de tomar datos de la maquinaria involucrada en cada fase.

Por lo tanto, para poder realizar el monitoreo de cada una de las fases del proceso de la editorial, se requiere de un estudio del tipo de maquinaria utilizado y de los sensores existentes en el proceso, así también como determinar los sensores requeridos. Los sensores deberán seleccionarse en función del material utilizado en el proceso, y en función del tipo de medición que se requiera monitorear. Así se deberán seleccionar sensores inductivos, reflectivos, de nivel, de caudal, etc., y visualizarlos para lograr un control preciso y cuantificable del proceso.

La no existencia de un sistema SCADA en el proceso de producción de Editorial Don Bosco, deriva en problemas asociados con la producción como desperdicio de

materia prima, paro de la producción por fallas en las fases del proceso, y costos por tiempos de mantenimiento correctivo. Por lo tanto, una solución que permita mitigar estos problemas es necesaria, así, el diseño de un sistema SCADA capaz de monitorear adecuadamente los parámetros de la producción permitirá al jefe de planta visualizar en tiempo real el desarrollo del proceso de producción, almacenar datos históricos de variables del proceso y mediante la gráfica de parámetros se podrá evitar paros no coordinados en la producción.

CAPÍTULO I

SISTEMAS SCADA: ARQUITECTURAS Y EQUIPOS DE ADQUISICIÓN DE DATOS

SCADA (*Supervisory control and data acquisition*, por sus siglas en inglés) se define como:

“Sistemas que permiten la gestión y control de cualquier sistema local o remoto gracias a una interfase gráfica que comunica al usuario con el sistema”. (Penin, 2007)

Estos sistemas son aplicables a procesos de producción complejos que requieren el monitoreo de ciertas variables y parámetros para así lograr la disminución del consumo de materia prima, aumentar la vida útil de la maquinaria mediante el monitoreo de vibraciones, presiones, etc. Los sistemas SCADA son el núcleo de varios sistemas de energía, agua potable, potencia y transporte. Pueden ser bastante simples como en el caso del monitoreo de una máquina, o muy complejos como en el caso del monitoreo de sistemas eléctricos de potencia.

El sistema SCADA consiste en la aplicación de software que permite al usuario visualizar las variables de un proceso de producción e interactuar con las mismas con el objetivo de controlar dicho proceso. Además, el SCADA recibe la información a través de unidades remotas o equipos programables de adquisición de datos para recibir las señales o variables que serán procesadas para las acciones de control. Por último, el SCADA mediante la aplicación de un algoritmo de control puede tomar decisiones sobre el proceso, o informar al usuario de que se requiere tomar una acción en particular.

1.1. Arquitectura de sistemas SCADA

Antes de profundizar en los diferentes tipos de arquitecturas SCADA debemos conocer los elementos que intervienen en dicho sistema, para lo cual conoceremos la arquitectura de hardware básica. La arquitectura básica de un sistema SCADA se muestra en la figura 1.1.

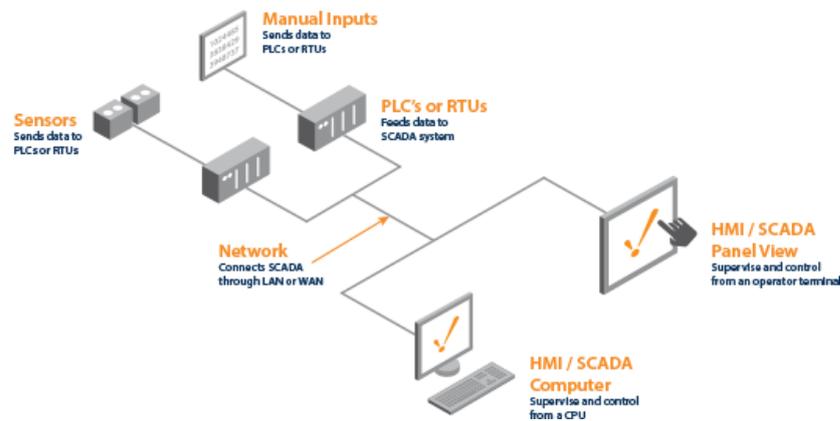


Figura 1.1. Arquitectura básica de un sistema SCADA

Fuente: (Inductive Automation, s.f.)

1.1.1. Componentes de un sistema SCADA

Interfaz Hombre Máquina (HMI).- Es la interfaz que presenta los datos procesados al usuario, y mediante esto, el usuario monitorea y controla el proceso (Electrical Engineering Portal, 2014). Puede ser un computador o un panel como en el caso de la figura 1.2. Las interfaces hombre-máquina pueden ser dispositivos únicamente de visualización como manómetros, o visualizadores digitales, y así también pueden permitir al usuario ingresar parámetros, variables o acciones de control en el proceso. En la figura 1.2 podemos observar la interfaz de usuario de un sistema SCADA:

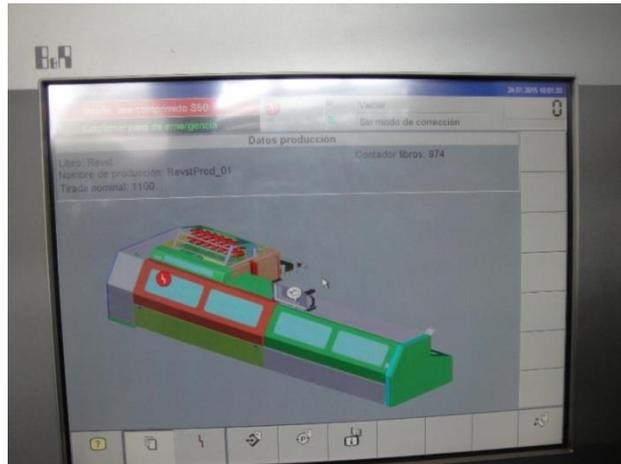


Figura 1.2. HMI de un sistema SCADA cosedora Müller Martini

Fuente: Autores

Sistema de supervisión.- Reside en un servidor (computador), se encarga de recopilar los datos del proceso y además envía comandos o controla el proceso

Unidades terminales remotas (RTUs).- Son los equipos que se conectan a los sensores en el proceso, convirtiendo las señales analógicas a señales digitales, y enviando los datos al sistema de supervisión. En la figura 1.3 se muestra un sistema de adquisición de datos comercial:



Figura 1.3. Sistema de adquisición de datos de National Instruments

Fuente: (National Instruments, s.f.).

Controladores Lógicos Programables (PLCs).- Se utilizan como dispositivos de campo pues resultan más económicos, versátiles, flexibles y configurables que RTUs de propósito específico. En la figura 1.4 se muestra un PLC común en el mercado.



Figura 1.4. PLC Simatic S7-1200 de Siemens

Fuente: (Siemens, 2011).

Sensores.- Son los elementos que se encargan de convertir las señales físicas de un proceso (como presión, temperatura, nivel de líquidos, etc.) en señales eléctricas o datos que serán transmitidos hacia el controlador SCADA principal para ser procesados.

Ingresos Manuales.- Permiten el control manual de variables y estados críticos de un proceso controlado por SCADA. Estas variables son ingresadas manualmente a los PLCs o a las RTUs con el objetivo de obtener una respuesta inmediata en el proceso.

Infraestructura de comunicación.- Provee conectividad entre el sistema de supervisión y las RTUs.

Una vez conocidos los elementos de un sistema SCADA básico se pueden analizar tres arquitecturas las cuales se diferencian según la topología de red del sistema aplicado (Electrical Engineering Portal, s.f.). Dichas arquitecturas se explican a continuación:

1.1.2. Sistemas SCADA monolíticos

Se basan en una arquitectura Maestro-Esclavo centralizada, es decir, la unidad principal se encarga de la concentración de recursos y datos, la cual se comunica con las RTUs mediante redes WAN. Funcionan sin conectividad con otros sistemas por lo que su aplicación es limitada al control particular de una máquina o de sistemas de producción simples.

Las redes WAN a las que se hace referencia en esta arquitectura se implementaron para comunicar las RTUs y sin ningún otro propósito, es decir, no son las redes WAN que se conocen en la actualidad, caso contrario, son una generación anterior a las actuales redes LAN. Fueron los primeros tipos de sistemas SCADA existentes. En la figura 1.5 se muestra la arquitectura de un sistema SCADA monolítico.

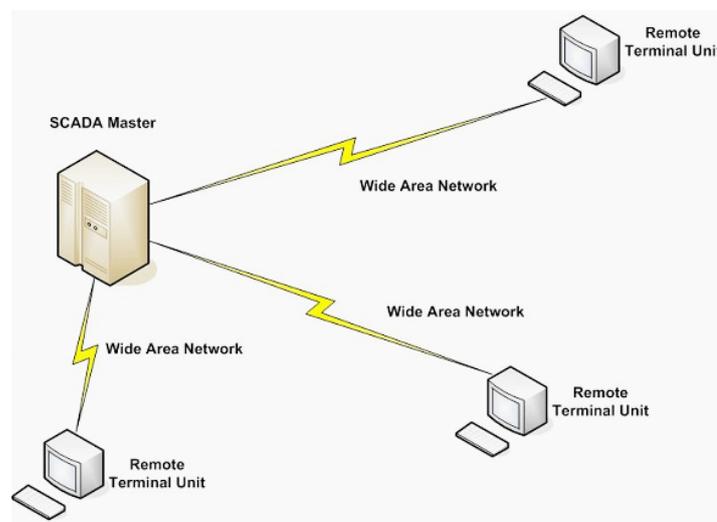


Figura 1.5. Sistema SCADA monolítico

Fuente: (National Communication System, 2004)

Los sistemas SCADA monolíticos utilizan redundancia mediante la implementación de un sistema idéntico de respaldo. Además los primeros sistemas SCADA monolíticos eran propietarios por lo que los protocolos de comunicación, y la infraestructura física del sistema dependía de cada fabricante.

1.1.3. Sistemas SCADA distribuidos

Es la segunda generación de arquitecturas de SCADA, la cual se basa en redes de área local o LAN (Local Área Networking por sus siglas en inglés). Este tipo de arquitectura basa su funcionamiento en la distribución de procesamiento a través de múltiples sistemas.

En esta arquitectura las funciones específicas del proceso se distribuyen entre múltiples estaciones de control, las cuales se conectan a una red LAN e intercambian información entre ellas en tiempo real. Por lo tanto, el sistema subdivide sus funciones en estaciones de comunicación, de interfaz de usuario, de almacenamiento de datos y de control de proceso. Este tipo de arquitectura se utiliza en procesos de mediana complejidad, donde la maquinaria involucrada se encuentra físicamente cerca del controlador SCADA y de los operarios. En la figura 1.6 podemos observar la arquitectura básica de un sistema SCADA distribuido.

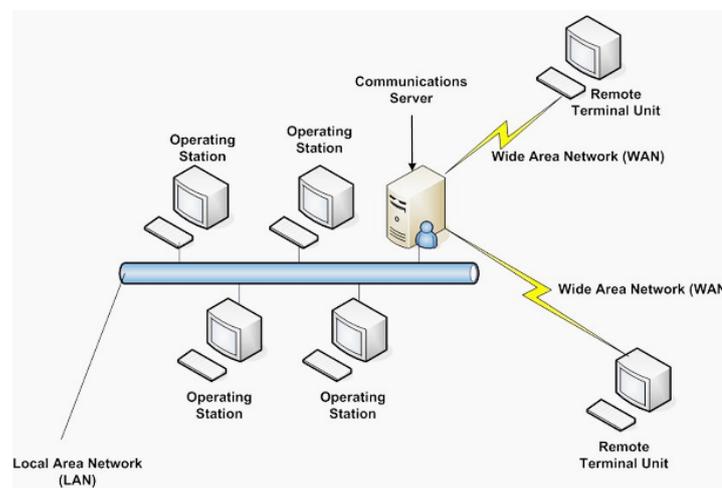


Figura 1.6. Sistema SCADA distribuido

Fuente: (National Communication System, 2004)

La utilización de este tipo de arquitectura permite mejorar la redundancia y la confiabilidad del sistema como un todo, evitando la salida de gran parte del proceso monitoreado por fallas en equipos. Además, los sistemas distribuidos también son

propietarios en su mayoría, por lo que algunos protocolos de comunicación son cerrados.

1.1.4. Sistemas SCADA en red

Es la arquitectura más utilizada actualmente en sistemas SCADA complejos, permitiendo la integración de sistemas de varios fabricantes mediante una arquitectura de sistema abierta y no controlada por los fabricantes como en los casos anteriores.

Los sistemas SCADA en red se basan en la utilización de protocolos abiertos como el IP (Internet Protocol por sus siglas en inglés) para la comunicación entre dispositivos. Esto permite que el usuario pueda escoger equipos de varios fabricantes y conectarlos a su red de monitoreo. Este tipo de arquitecturas se utiliza en sistemas complejos y físicamente grandes, como sistemas de agua potable, distribución eléctrica, gas, etc. En la figura 1.7 se muestra la arquitectura básica de un sistema SCADA en red.

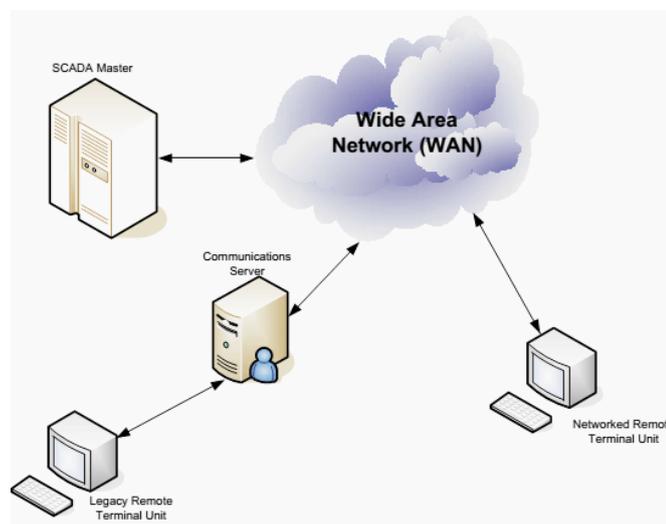


Figura 1.7. Sistema SCADA en red

Fuente: (National Communication System, 2004)

1.1.5. Protocolos y estándares utilizados en SCADA

En un sistema SCADA las RTUs son los equipos encargados de aceptar comandos del controlador principal, ejecutarlos y responder con los datos de mediciones que se requieran como estado de alarmas o señales, datos analógicos o digitales, etc. Para realizar esta actividad de enviar y recibir datos se utilizan protocolos de comunicación industriales, conocidos como protocolos RTU-to-IED (Intelligent Electronic Device o Dispositivo Electrónico Inteligente por sus siglas en inglés). El más utilizado es el protocolo IEC 60870-5 entre dispositivos de campo y el protocolo DNP3 para la comunicación de red.

1.1.5.1. Protocolo IEC 60870-5

El protocolo más utilizado en SCADA es el patrocinado por la Comisión Electrotécnica Internacional “IEC” (International Electrotechnical Commission por sus siglas en inglés), el cual se basa en un modelo de tres capas dentro del modelo OSI como se muestra en la figura 1.8.

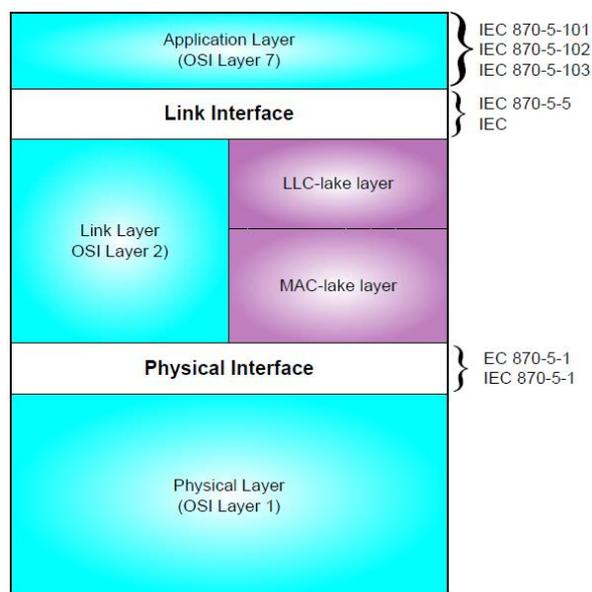


Figura 1.8. Modelo de capas IEC 60870-5

Fuente: (National Communication System, 2004)

Es un protocolo abierto, que permite la integración de equipos de diferentes fabricantes al sistema de monitoreo.

En los sistemas SCADA se utiliza en particular el protocolo IEC 60870-5-101, el cual es un perfil que define un grupo de parámetros para indicar cómo actúa un dispositivo dentro de la red. El perfil del estándar 101 realiza las siguientes funciones:

- Inicialización de la estación
- Transmisión cíclica de datos
- Interrogación general de parámetros
- Transmisión de comandos
- Adquisición de datos por votación
- Adquisición de eventos
- Carga de parámetros
- Transferencia de archivos
- Sincronización de reloj
- Transmisión de totales
- Procedimientos de pruebas

1.1.5.2.ANSI/ISA-95

El estándar ANSI/ISA-95 conocido como “Integración de sistemas de control empresariales” es un conjunto de direcciones para la administración e integración de sistemas de control, el cual determina la comunicación entre equipos de planta y de administración del sistema. Está compuesto por los siguientes estándares:

- ANSI/ISA 95.00.01-2000 “Integración de sistemas de control empresariales parte 1: Modelos y terminología”
- ANSI/ISA 95.00.02-2001 “Integración de sistemas de control empresariales parte 2: Atributos de objetos”

- ANSI/ISA 95.00.03 “Integración de sistemas de control empresariales parte 3: Modelos de actividad de Administración de operaciones de manufactura”.

ANSI/ISA-95 determina la comunicación entre equipos de diferentes niveles en la infraestructura tecnológica para el control de un proceso de producción.

En la figura 1.9 podemos observar los niveles determinados por ANSI/ISA 95.00.01.

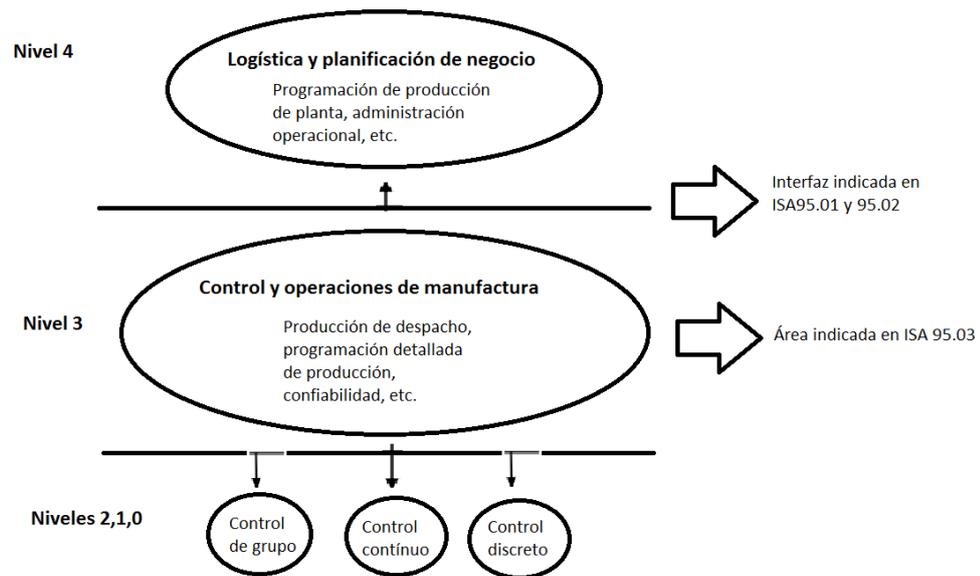


Figura 1.9. Niveles determinados por ISA 95.01

Fuente: (VL, 2010)

Nivel 4.- El nivel 4 permite la administración general del proceso de producción, en el cual se trata información de variables de producción como:

- Cantidad de materia prima utilizada
- Cantidad de productos terminados y pendientes
- Utilización de recursos, etc.

Es decir, se administra el proceso basándose en resultados.

Nivel 3.- Se encarga de recopilar información de los diferentes aspectos de la producción (personal, equipos, materiales y segmentos de producción) para entregar la información solicitada por el nivel 4. Recopila variables como:

- Expectativa de material producido – Material producido real
- Expectativa de materia prima requerida – Material consumido real
- Expectativa de personal requerido – Personal utilizado
- Expectativa de equipos requeridos – Equipos utilizados
- Parámetros de producción a alcanzar – Datos de producción real

Utiliza redes de comunicaciones entre computadores de administración y servidores informáticos.

Niveles 2, 1 y 0.- Son los niveles que tienen contacto directamente con el proceso de producción. Se encargan de recopilar información de sensores, equipos y maquinaria para enviarla al nivel 3 para su procesamiento.

Por lo tanto, cada nivel está a cargo de una actividad en particular dentro del proceso de producción, con el objetivo de descentralizar la administración de las variables de proceso administrativas (reportes, análisis de datos, y análisis financieros) del proceso general (sensores, máquinas y producción en general).

1.1.5.3.OPC

OPC (Object Linking and Embedding for Process Control o Vinculación de objetos para el control de procesos por sus siglas en inglés) es un estándar de interfaz de software basado en aplicaciones de Windows que permite comunicar dispositivos industriales con el sistema operativo (OPC Data Hub, s.f.) (Figura 1.10) del computador.

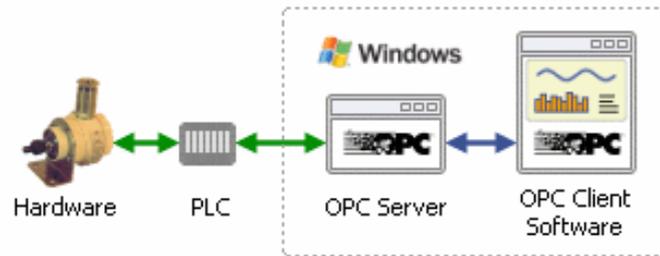


Figura 1.10. Concepto de comunicación entre un PLC y el computador mediante OPC.

Fuente: (OPC Data Hub, s.f.)

Es un estándar que especifica una comunicación maestro-esclavo entre PLCs y computadores con sistemas operativos Windows. OPC es un estándar abierto, por lo que se pueden integrar equipos de diferentes fabricantes. Utiliza dos elementos fundamentales:

- **Servidor OPC (OPC Server).**- El cual es un software que convierte la comunicación utilizada por el PLC en el protocolo OPC
- **Cliente OPC (OPC Client).**- Consiste en un paquete de software encargado de convertir los datos del protocolo OPC en información que pueda ser utilizada por otro programa que requiera visualizar o analizar dicha información (por ejemplo un HMI, o un SCADA).

El servidor OPC reside en el computador y se encarga de solicitar los datos de variables, y almacenarlos. El cliente OPC solicita la información que requiere para las aplicaciones y las entrega en un formato entendible para su posterior tratamiento.

1.2. Sistemas SCADA comerciales

En el mercado internacional existen varias soluciones de SCADA para la implementación de monitoreo y control en plantas de producción. A continuación revisaremos los más relevantes.

1.2.1. SCADA Schneider Electric

Schneider Electric posee una opción infraestructura SCADA Structure Ware (figura 1.11) basada en el software Clear SCADA (Schneider Electric, s.f.), el cual, es una plataforma abierta¹ que permite la integración de equipos de campo de manera escalable.

La infraestructura del sistema Clear SCADA se basa en una arquitectura distribuida como se muestra en la figura 1.11.

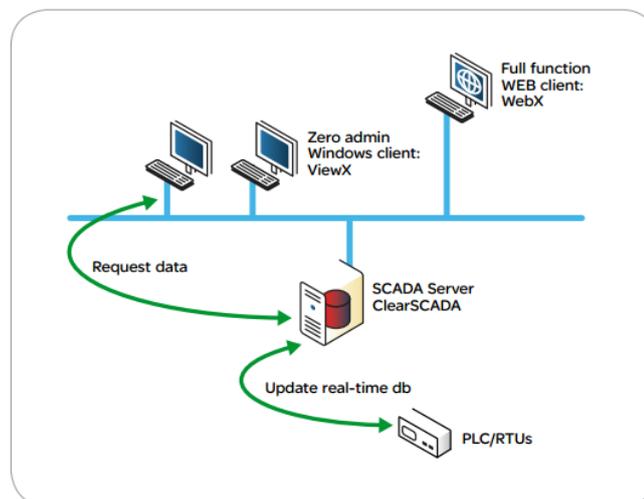


Figura 1.11. Arquitectura para Clear SCADA de Schneider Electric

Fuente: (Schneider Electric, 2014)

Una de las principales ventajas del sistema SCADA de Schneider Electric es la facilidad de programación para ingresar nuevos dispositivos, pues utiliza una aproximación basada en plantillas e instancias (muy similar a la programación en Java), con lo que el usuario puede crear plantillas (equipos base) e instanciarlos (copiarlos) a diferentes etapas del proceso.

Clear SCADA permite la integración de sistemas abiertos como los siguientes:

¹Al especificar una plataforma abierta, Schneider Electric hace referencia a que el SCADA se puede comunicar con equipos de otros fabricantes.

- SQL ODBC
- OLE-DB
- OPC (clientes y servidores)
- API y .NET
- GIS
- ERP

En cuanto a la infraestructura de hardware, Schneider Electric provee RTUs y equipos de radio frecuencia. Estos equipos utilizan protocolos DNP3, IEC60870 y Modbus (figura 1.12).

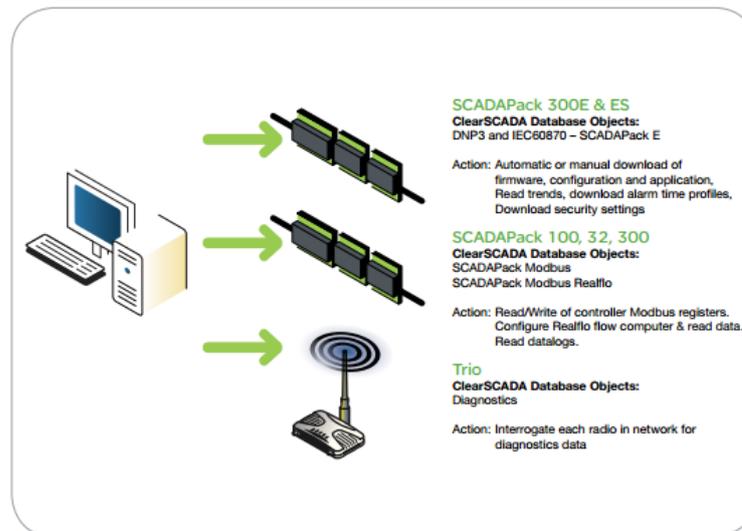


Figura 1.12. Equipos RTU para Clear SCADA

Fuente: (Schneider Electric, 2014)

1.2.2. SCADA Iconics

El Sistema SCADA de la empresa Iconics se conoce como GENESIS64 (Iconics Inc, s.f.). Este paquete de software (figura 1.13) permite la visualización de la maquinaria en tres dimensiones (3D) por parte del usuario, con lo que consiste en una alternativa muy adecuada desde el punto de vista visual y de facilidad de administración.

GENESIS 64 utiliza los siguientes módulos para la visualización de datos del proceso monitoreado:

- GraphWorX64.- permite la vectorización de imágenes en dos o tres dimensiones mediante la exportación de modelos en formatos DWG, DXF, XAML, DAE, 3DS, OBJ y 3D

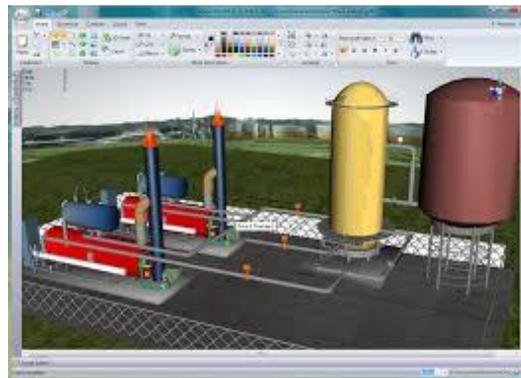


Figura 1.13. Visualización en 3D de un proceso en Graph WorX

Fuente: (Elmark, s.f.)

- Alarm WorX Display.- Utilizado para la visualización de alarmas del proceso
- Asset WorX.- Integrador de ANSI/ISA-95, e instanciador de equipos. Permite la creación de los perfiles de comunicación de cada equipo en particular.
- TrendWorX64.- Utilizado para la visualización de históricos de datos, tendencias y datos en tiempo real
- Earth WorX.- Módulo de geovisualización de equipo en la red de monitoreo
- FDD WorX.- Módulo de detección de fallas y diagnóstico de señales y equipos
- Grid WorX.- Módulo de visualización de base de datos
- Project WorX.- Módulo de generación de reportes de aplicación
- ScheduleWorX64.- Planificación de ejecución y lectura de eventos

GENESIS64 es un sistema abierto basado en la integración mediante OPC, que permite soporte para equipos con los siguientes protocolos y bases de datos:

- OPC DA, A/E, HDA, y UA
- BACnet
- Simple Network Management Protocol SNMP
- Base de datos Microsoft SQL, Oracle, MySQL, SAP, OLE DB, ODBC

Además, Iconics Inc., no es un proveedor de hardware, por lo que las RTUs para un sistema como GENESIS64 deben utilizar OPC para poder comunicarse con el servidor.

1.3. Sistemas SCADA gratuitos y de código abierto

Existen alternativas a los SCADA comerciales que nos permiten realizar el monitoreo de un proceso industrial de manera gratuita. Estas alternativas se conocen como de código abierto, y permiten a los usuarios (exceptuando salvedades de las licencias de los programadores) utilizar el software en ambientes industriales utilizando licencias gratuitas.

1.3.1. OpenSCADA

OpenSCADA (figura 1.14) es un sistema de código abierto basado en eclipse que permite la integración de sistemas de adquisición de datos que utilicen protocolos abiertos, específicamente con el protocolo IEC60870.

OPENSCADA se basa en dos módulos principales para su funcionamiento: ATLANTIS y UTGARD. ATLANTIS (OpenSCADA, s.f.) Es el servidor del sistema SCADA, en el cual se encuentran desarrolladas las siguientes características:

- Soporte IEC60870
- Módulos JAVA para OPC
- Soporte de PLCs S7 de Siemens
- Soporte de bases de datos de código abierto

El segundo módulo de OpenSCADA es UTGARD (OpenSCADA, s.f.), el cual es un cliente OPC que permite la comunicación entre ATLANTIS y PLCs. OpenSCADA permite el funcionamiento básico de un sistema SCADA, es decir, permite:

- Visualización de alarmas
- Análisis y tendencias de datos
- Monitoreo de variables y generación de reportes

Es decir, no posee algunas características avanzadas de SCADA comerciales como la visualización en 3D de equipos, o la integración con sistemas de geolocalización, pero ofrece el código de la aplicación con el objetivo de que los desarrolladores de la empresa que decida utilizar este SCADA puedan ampliar sus funcionalidades en función de sus requerimientos.

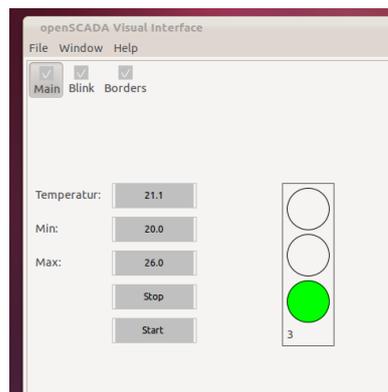


Figura 1.14. Interfaz gráfica de OpenSCADA

Fuente: (OpenSCADA, s.f.)

1.3.2. Mango Automation SCADA

Mango Automation SCADA (figura 1.15) es el software SCADA de código abierto de más prestaciones en el mercado. Mango SCADA ofrece las siguientes características (Infinite Automation Systems Inc, s.f.):

- Integración de equipos que soporten protocolos BACnet, Modbus, OPC, 1-wire, SNMP, DNP3
- Administración de usuarios, eventos y seguridad
- Ejecución de rutinas de control utilizando JavaScript
- Soporte multiplataforma (OsX, Linux y Windows)
- Análisis de datos, tendencias y reportes

Mango permite la integración de múltiples equipos, cada uno con diferentes protocolos con el objetivo de integrar la mayor parte de maquinaria, sensores y sistemas de adquisición de datos de diferentes fabricantes en una sola aplicación. En la figura 1.15 podemos observar la administración de un PLC mediante Modbus y la visualización de los datos de sus entradas y salidas, así como una gráfica de funcionamiento del equipo.



Figura 1.15. Integración de PLC mediante Modbus en Mango

Fuente: (InfiniteAutomation Systems Inc, s.f.)

Mango posee una interfaz gráfica muy potente en comparación con otros paquetes de software de código abierto, pues permite ingresar imágenes para observar en tiempo real el funcionamiento del sistema monitoreado (figura 1.16).

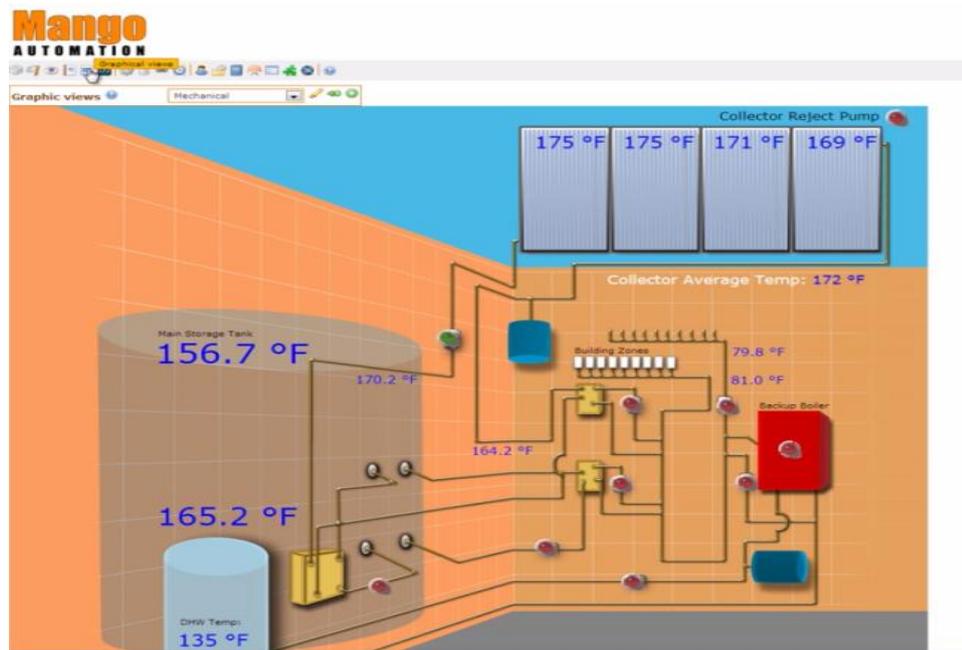


Figura 1.16. Interfaz gráfica de Mango

Fuente: (InfiniteAutomation Systems Inc, s.f.)

1.4. Comparación de opciones SCADA

En la tabla 1.1 se puede observar una comparación de las soluciones SCADA más relevantes del mercado, tanto en software propietario como software libre.

Tabla 1.1. Comparación de soluciones SCADA

	Clear SCADA	GENESIS 64	Open SCADA	Mango	DSC
Fabricante	Schneider Electric	Iconics	Open SCADA Group	Mango Automation	National Instruments
Software	Propietario	Propietario	Abierto, código libre	Abierto, código libre	Abierto o propietario, depende del programador
Arquitectura	Distribuida	Distribuida	Distribuida	Distribuida	Distribuida
Integración de protocolos	ODBC, OLE-DB, OPC, API, .Net, GIS, ERP	OPC, HDA, BACnet, SNMP, OLE-DB, ODBC	OPC	BACnet, OPC, SNMP	OPC, OLE-DB
Protocolos abiertos	DNP3, IEC60870, Modbus	DNP3, IEC60870, Modbus	DNP3, IEC60870, Modbus	DNP3, IEC60870, Modbus	DNP3, IEC60870, Modbus
HMI	SCADA en 2D clásico	SCADA en 3D	Programable	SCADA en 2D con gráficos reales de planta	Programable
Adicionales	-	Interfaz de exportación en DWG, 3DS, 3D, etc.	Sistema basado en web	Sistema basado en web	Integración con tarjetas de adquisición de National Instruments

Fuente: Autores

1.5. Hardware de adquisición de datos

El hardware de adquisición de datos utilizado en SCADA consiste en los equipos encargados de comunicarse con los sensores del proceso monitoreado para adquirir datos de su funcionamiento y la medición objeto del mismo. Los sistemas de adquisición de datos o DAQ (Data Acquisition por sus siglas en inglés) deben ser sistemas robustos, diseñados para funcionamiento continuo bajo condiciones industriales (humedad, ruido electromagnético, etc.) que aseguren la integridad de los datos de las mediciones realizadas por los sensores y además permitan el acceso a dicha información por parte del sistema SCADA.

El sistema DAQ debe comunicarse con los sensores y equipos de campo utilizando protocolos como:

- Fieldbus
- Modbus
- Profibus
- RS485
- Industrial Ethernet
- Ethernet, etc.

Los sistemas DAQ pueden ser equipos dedicados para la adquisición de datos o pueden compartir su funcionalidad con actividades de control, es decir, pueden ser PLCs que adquieren datos de sensores y los envían al SCADA a la vez que realizan el control de una parte del proceso, o también pueden ser RTUs que únicamente adquieren datos.

1.4.1. Fardux

El sistema Fardux utiliza equipos de adquisición IDEA (figura 1.17) los cuales adquieren señales analógicas o digitales de sensores y transmiten esa información a la base de datos del sistema SCADA.



Figura 1.17. Datalogger IDEA

Fuente: (Fardux, s.f.)

Los equipos IDEA brindan las características mostradas en la tabla 1.2:

Tabla 1.2. Características del Sistema DAQ de Fardux

Canales	12 (analógicos y digitales)
Conversión analógica a digital	16 bits
Micro procesador	89c52 con reloj en tiempo real
Software	IDEA Lite
Fuente de poder	110-240VAC ingreso, 24VDC salida
Contador de pulsos	Hasta 6 canales
Comunicación	RS232 y RS485
Memoria	1GB

Fuente: (Fardux Ltd, s.f.)

Los equipos de Fardux IDEA permiten la integración de sensores básicos, con salidas de corriente, voltaje o de contactos secos.

1.4.2. Smart RTU Schneider Electric

Como se mencionó en los subcapítulos anteriores, Schneider Electric ofrece una solución SCADA, la cual utiliza RTUs con comunicación DNP3 (figura 1.18) llamada SCADA Pack.



Figura 1.18. Smart RTU de Schneider Electric

Fuente: (Schneider Electric, 2011)

Las RTUs SCADA Pack son un punto medio entre un PLC y un DAQ, pues pueden realizar acciones de control y además adquirir datos en tiempo real para entregarlos al SCADA, pero con características limitadas en los dos aspectos. Estas características se muestran en la tabla 1.3:

Tabla 1.3. Características de SCADA Pack

Controlador	
Procesador	ARM 32 bits 32Mhz
Memoria	16MB
Capacidad de adquisición	20000 eventos
Entradas/salidas	
Entradas analógicas	5 0-10V o 0-20mA
Salidas analógicas	2 0-20/4-20mA 12 bits
Entradas/salidas digitales	8 por contacto sólido
Entrada de contador	1 0-10Hz
Comunicación	
Serial 1	RS485
Serial 2	RS485 o RS232
Serial 3	RS232
Protocolos	DNP3, IEC60870, Modbus, Ethernet: TCP, FTP

Fuente: (Schneider Electric, 2011)

1.4.3. DAQ National Instruments

National Instruments ofrece uno de los sistemas DAQ más avanzados y flexibles del mercado. Para procesos de mediana complejidad como el planteado en el presente tema de tesis, National Instruments ofrece un sistema DAQ basado en equipos cDAQ-9184 (figura 1.19).



Figura 1.19. Chasis NI cDAQ-9184

Fuente: (National Instruments, s.f.)

Ofrece las siguientes características:

- Medir hasta 128 canales de sensores, entradas y salidas analógicas y digitales
- Permite conectar 4 módulos de entrada/salida
- Integración con 50 módulos de entrada/salida que permiten su conexión en caliente.
- 7 eventos de medida
- Conexión mediante IEEE 802.3ab gigabit Ethernet
- contadores de propósito general de 32bits

Este sistema de NI es cerrado, es decir, únicamente se pueden utilizar equipos de National Instruments para la comunicación con el servidor, pero permite la integración con otros fabricantes de sensores mediante sus salidas y entradas analógicas y digitales.

CAPÍTULO II

LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LA EDITORIAL DON BOSCO

2.1. Estado actual de la línea de producción

La línea de producción presente en la editorial Don Bosco utiliza maquinaria especializada para el proceso de imprenta. Existen tanto máquinas nuevas de última tecnología, como así también se posee maquinaria que data de hace 10 a 25 años. La maquinaria existente es automática, semiautomática y manual, dependiendo del año de fabricación y las características técnicas de cada equipo, por lo que se requiere de personal especializado para la operación y mantenimiento de dicha maquinaria.

2.1.1. Flujo de producción

El proceso de impresión, ya sea de libros, afiches, hojas volantes, etc., mantiene un flujo similar de proceso, con sus respectivas peculiaridades en función específica de cada tipo de producto terminado. Un diagrama general del flujo de producción presente en la editorial Don Bosco se muestra en la figura 2.1.



Figura 2.1. Flujo de producción de la Editorial Don Bosco

Fuente: Autores

2.1.1.1. Diseño

Etapa del proceso donde se realiza el diseño del arte para su posterior impresión en el producto terminado. En esta etapa los diseñadores gráficos realizan el diseño final de impresión utilizando software especializado. En esta etapa se realiza la imposición y diagramado de la imagen que se imprime en el producto final (figura 2.2).



Figura 2.2. Estaciones de trabajo utilizadas para el proceso de diseño

Fuente: Autores

La etapa de diseño no tiene factores medibles, pues es un proceso dependiente de los diseñadores gráficos y el tiempo que se demoren en plasmar la idea creativa en el software de diseño.

2.1.1.2. Preprensa

Es la primera etapa “mecanizada” del proceso de producción de la editorial. En esta etapa se transfiere el diseño del computador a las placas utilizadas en la etapa de impresión.

La etapa de preprensa se subdivide en dos procesos dentro de una misma máquina: CTP y revelado. La máquina que realiza estos dos procesos se muestra en la figura 2.3.



Figura 2.3. Máquina de preprensa

Fuente: Autores

Computer to plate (CTP).- el proceso de CTP, consiste en la impresión del diseño creado en el computador en una placa de impresión de aluminio requerida por la prensa o máquina imprenta (figura 2.4). La impresión CTP utiliza placas sensibilizadas, que permiten grabar una imagen en su superficie mediante su exposición a la luz. La fuente de luz puede ser ultravioleta o diodos láser.



Figura 2.4. Placa de aluminio impresa por un equipo CTP

Fuente: (Anónimo, s.f.)

En el proceso se realizan impresiones en varias placas, una por cada color requerido en el proceso de prensado, normalmente son cuatro (cyan, magenta, amarillo y negro) como se muestra en la figura 2.5.



Figura 2.5. Placas de imprenta con colores para impresión.

Fuente: (Colors Gate Printing House Ltd, s.f.)

Revelado.- Es el proceso mediante el cual se retira el material fotosensible que no fue expuesto en el proceso CTP. Consiste en la aplicación de un baño de químicos que remueven el material fotosensible.

2.1.1.3. Guillotinado

El proceso de guillotinado o cortado consiste en el corte de las planchas de papel al formato requerido para el producto terminado. Se realiza con maquinaria semiautomática, en la cual se ingresa manualmente el papel y las medidas de corte requeridas (figura 2.6). La máquina se encarga de realizar los cortes programados por el operario.



Figura 2.6. Operario ingresando los pliegos de papel en una guillotina.

Fuente: (Polar Inc, s.f.)

2.1.1.4. Impresión

El proceso de impresión es la etapa en la cual se transfiere el diseño de las placas de aluminio al papel. Se utilizan equipos automáticos en los cuales se ingresan los pliegos de papel y mediante un sistema de torres de impresión y rodillos se impregna el diseño.

Las máquinas utilizadas son de impresión Offset, es decir, utilizan rodillos que transfieren el diseño al papel mediante un proceso similar al de serigrafía. El modelo de las máquinas depende del número de colores que se puedan imprimir. En la figura 2.7 se muestra una prensa existente en la Editorial Don Bosco, la cual cuenta con dos torres para impresión Bicolor.



Figura 2.7. Máquina de prensado existente en la Editorial Don Bosco

Fuente: Autores

2.1.1.5. Doblado

El proceso de doblado consiste en la aplicación de fuerzas transversales en los pliegos impresos con el objetivo de obtener la forma requerida en el producto terminado. Para esto se utiliza maquinaria especializada como la que se muestra en la figura 2.8.



Figura 2.8. Máquina de doblado existente en la Editorial Don Bosco

Fuente: Autores

2.1.1.6. Cosido

Proceso en el cual se unen las hojas de papel impresas mediante la utilización de hilo. Los pliegos de papel ingresan a la máquina automática (figura 2.9) y son cosidos para dar forma al producto terminado y evitar movimientos en el proceso de pegado.



Figura 2.9. Máquina automática de cosido existente en la Editorial Don Bosco.

Fuente: Autores

2.1.1.7. Encolado

El proceso de encolado consiste en la utilización de pegamentos para adherir las carátulas de libros al material impreso y cosido. La máquina existente trabaja de manera automática, diluyendo el pegamento utilizado y aplicándolo directamente sobre el lomo y los extremos del material previamente cosido (figura 2.10).



Figura 2.10. Máquina de encolado existente en la Editorial Don Bosco

Fuente: Autores

2.1.1.8. Terminado

Es la última parte del proceso, en la cual dependiendo del producto terminado requerido, se adhiere una capa de protección plástica al material gráfico (similar al proceso de enmicado). En la figura 2.11 se muestra la máquina de terminado existente.



Figura 2.11. Máquina de terminado existente en la Editorial Don Bosco

Fuente: Autores

2.2. Variables críticas de proceso

El proceso existente en la Editorial Don Bosco utiliza maquinaria manual, automática y semiautomática, con la peculiaridad de que no es un proceso continuo, es decir, se requiere del transporte manual de los productos terminados de cada etapa de producción a la siguiente.

Además, el proceso depende del tipo de producto requerido, por ejemplo, en el caso de la producción de afiches publicitarios, no se utiliza la etapa de cosido, pues son productos finales que requieren únicamente de pre prensa, prensa, doblado (en algunos casos particulares) y terminado. Así, en el caso de la elaboración de libros se utilizarán todas las etapas del proceso.

Por lo tanto, se concluyó que las variables críticas del proceso estarán en función de las alimentaciones neumáticas e hidráulicas de toda la planta. Así, se seleccionaron las siguientes variables críticas a monitorear.

2.2.1. Presión de aire

Las prensas utilizadas para el proceso de impresión utilizan compresores de aire. Dichos compresores deben asegurar una presión constante para el funcionamiento de las prensas, así, una falla en los mismos pararía por completo el proceso de impresión.

En Editorial Don Bosco existen compresores generales ubicados en el subsuelo del edificio, los cuales mediante el sistema neumático pertinente, ingresan a las cabinas de compresión de cada una de las prensas existentes (figura 2.12).



Figura 2.12. Compresor de aire para alimentación de prensas

Fuente: Autores

2.2.2. Consumo de agua

En pre prensa y prensas se utiliza constantemente un suministro de agua. En pre prensa, el agua se utiliza para eliminar los residuos del sustrato que cubre las placas de aluminio después del grabado. En prensas, el agua se utiliza para la mezcla de agua fuente y alcohol para el proceso químico de emulsión de tinta sobre el papel.

Una falla en el sistema de suministro detiene por completo los procesos de impresión y encolado. Además, el control de caudal de agua, permitiría a la empresa determinar la cantidad requerida para el proceso y determinar el presupuesto y abastecimiento requerido para el funcionamiento de la editorial.

2.2.3. Suministro eléctrico

Se deberá monitorear el suministro eléctrico de cada máquina presente en el proceso, con el objetivo de conocer el estado de funcionamiento de las mismas. El monitoreo eléctrico se basará en la medición de voltajes y corrientes en los motores principales, permitiendo al encargado del proceso monitorear el estado de encendido, apagado, y el consumo de corriente de la maquinaria.

2.2.4. Conteo de material procesado

Se deberá monitorear el total del material procesado en cada máquina con el objetivo de mantener un control del uso de la maquinaria, obtener estadísticas de rendimiento, y además obtener un referente para realizar el mantenimiento preventivo de elementos que sufran desgaste.

2.3. Maquinaria existente y posibilidades de monitoreo

Además de las variables críticas del proceso, se requiere el monitoreo de parámetros propios de cada máquina. Estos parámetros se monitorearán en función del subproceso comprometido, es decir, de cada etapa de producción.

Durante el mes de enero de 2015, el departamento de mantenimiento de la Editorial Don Bosco, realizó la codificación de la maquinaria existente. Dicha codificación se basa en la etapa del proceso general de la editorial. En el anexo A se puede observar

esta codificación. Esta codificación se basa en cada etapa del proceso general y en la ubicación física de la maquinaria, según se puede observar en el anexo B.

Como se mencionó anteriormente, no se requiere el monitoreo de todas las máquinas existentes en la editorial, sino únicamente las que presenten variables críticas de proceso. A continuación analizaremos la maquinaria existente en el proceso de producción de la Editorial Don Bosco, señalando las variables que se pueden monitorear en cada etapa y las limitaciones técnicas propias de cada máquina.

2.3.1. Preprensa

El proceso de preprensa cuenta con una máquina PlateRite 8600E, la cual se encarga de la impresión CTP y el revelado de la placa de aluminio (figura 2.13).



Figura 2.13. Preprensa PlateRite 8600E.

Fuente: Autores

La máquina posee un contador interno del número de placas impresas, pero esta información no puede ser adquirida pues el protocolo de comunicación es cerrado. La máquina utiliza abastecimientos de químicos y agua, los cuales pueden ser monitoreados mediante sensores de caudal.

El cuarto de preprensa es un ambiente cerrado, por lo que posee un sistema de ventilación, el cual es necesario pues el proceso de revelado del CTP emite gases nocivos. La activación del sistema de ventilación (figura 2.14) se realiza mediante un temporizador. Se puede medir parámetros y controlar la activación del sistema de ventilación, además instalar un sistema de monitoreo de gases para activar alarmas sonoras y prevenir el riesgo de intoxicación.



Figura 2.14. Sistema de ventilación

Fuente: Autores

En resumen, las opciones de monitoreo existente en esta etapa del proceso son:

- Estado de activación del sistema de ventilación
- Caudal de abastecimientos de agua y químicos
- Monitoreo de gases

2.3.2. Máquina de corte

Existen dos máquinas de corte marca POLAR (figura 2.15 a y b) y una máquina Pivano 118 (figura 2.15 c). Ninguna posee protocolos de comunicación o sensores asequibles al operador por lo que se utilizarán sensores inductivos ubicados en cerca del filo de corte de la máquina.



(a)



(b)



(c)

Figura 2.15. Máquinas de corte existentes en la Editorial Don Bosco. a) Guillotina Polar 115, b) Guillotina Polar 103, c) Guillotina Pivano 118

Fuente: Autores

En resumen, lo único que se puede monitorear en éstas máquinas es el conteo de cortes realizados. Este parámetro es importante pues permite al operario prever el desgaste y posterior afilado de la cuchilla de corte.

2.3.3. Prensa

Existen tres prensas utilizadas en el proceso de producción de la Editorial Don Bosco. Dos de ellas fueron adquiridas alrededor del año 2000, y una es de tecnología actual. Las prensas utilizadas son de marca Heidelberg de 2 (figura 2.16 a), 4 y 5 (figura 2.16 b) colores respectivamente.



(a)



(b)

Figura 2.16. Máquinas de prensa existentes en la Editorial Don Bosco a) Heidelberg 2 y 4 colores b) Heidelberg 5 colores

Fuente: Autores

De igual manera que en los casos anteriores, las máquinas no poseen protocolos abiertos para la comunicación de parámetros internos o de conteo. Si bien Heidelberg permite la integración de equipos mediante CanOpen, el protocolo de datos seguido por el fabricante no es abierto, por lo que no se puede realizar un monitoreo de manera directa. Las máquinas de prensa, como se mencionó anteriormente, son críticas para el proceso de la editorial, por lo que deben ser monitoreadas. Así, se monitoreará el abastecimiento de aire comprimido de la máquina (figura 2.17 a) y los parámetros eléctricos de los motores principales (figura 2.17 b).



(a)



(b)

Figura 2.17. Equipamiento a monitorear en el interior de cada máquina de prensa. A) Presión del sistema neumático, b) motor principal.

Fuente: Autores

Las prensas también utilizan un sistema de abastecimiento de químicos y agua para cada torre de impresión (figura 2.18). Las máquinas monitorean automáticamente niveles de PH y temperatura de los elementos químicos utilizados. De igual manera, no posee protocolos de comunicación, por lo que se pueden adicionar sensores para el caso. Y, además, estos sistemas también utilizan un abastecimiento de agua, el cual puede ser monitoreado con sensores de caudal.



Figura 2.18. Abastecimiento de químicos

Fuente: Autores

En resumen, se pueden monitorear los siguientes parámetros:

- Presión de sistema neumático
- Voltaje y corriente en motores
- PH y conductividad en el sistema de abastecimiento de agua
- Temperatura en el abastecimiento de químicos
- Caudal en sistemas de abastecimiento de agua

2.3.4. Máquina de doblado

Existen tres máquinas de doblado en la Editorial Don Bosco (figura 2.19), todas son de tipo semiautomática. Estas máquinas son completamente electromecánicas por lo que no poseen elementos electrónicos de comunicación.



Figura 2.19. Máquina de doblado existente en la Editorial Don Bosco.

Fuente: Autores

Los encargados de mantenimiento de la editorial diseñaron e implementaron un contador de dobleces en las máquinas, los cuales se pueden observar en la figura 2.20. Estos contadores se construyeron en base a un relé inteligente marca LOGO.



Figura 2.20. Contador de dobleces ubicado en las máquinas de doblado

Fuente: Autores

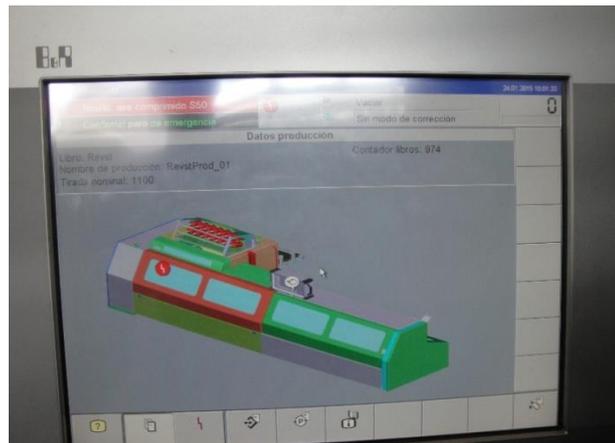
En resumen, el único parámetro en las máquinas de doblado que se requiere monitorear es el número de pliegos doblados. Este parámetro permitirá al encargado del mantenimiento prever el cambio de rodamientos en la máquina.

2.3.5. Máquina de cosido

La editorial Don Bosco consta con una máquina de cosido Müller Martini Ventura (figura 2.21 a), la cual funciona de manera semiautomática. Permite al usuario monitorear los parámetros de la máquina según una interfaz HMI incorporada, (figura 2.21 b) pero tampoco permite comunicar estos datos a un sistema externo.



(a)



(b)

Figura 2.21. Máquina de cosido Müller Martini a) vista frontal de la máquina b) HMI

Fuente: Autores

En este equipo se puede monitorear el número de libros cosidos con el objetivo de facilitar las acciones de mantenimiento preventivo.

2.3.6. Máquina de encolado

La editorial posee una máquina de encolado, encargada de aplicar el pegamento requerido para adherir las portadas de los libros a los lomos (figura 2.22).



Figura 2.22. Máquina de encolado existente en la Editorial Don Bosco

Fuente: Autores

La máquina de encolado requiere de adhesivo (figura 2.23) para su funcionamiento, el cual debe fundirse para poder ser aplicado en el proceso.



Figura 2.23. Adhesivo Hot melt HM1952C para lomo de libros.

Fuente: (Adhepsa MS, Mesal, soluciones químicas, s.f.)

Para controlar el tiempo de fundido del adhesivo se utiliza un temporizador encargado de activar y desactivar el proceso (figura 2.24 a). Además, se tiene un controlador de temperatura, el cual asegura que la temperatura de fundición sea la adecuada durante el proceso (figura 2.24 b). Además, se requiere del monitoreo y alarma de gases nocivos emanados al fundir el adhesivo.



(a)



(b)

Figura 2.24. Control de fundición de adhesivos a) temporizador, b) controlador de temperatura.

Fuente: Autores

La máquina no posee controles electrónicos, ni opciones de comunicación, por lo que se deben adicionar sensores externos. En resumen, se monitorearán los siguientes parámetros:

- Activación, desactivación y temperatura del proceso de fundido del adhesivo
- Medición de voltajes y corrientes en el motor de la banda de transporte de la máquina.
- Monitoreo de gases múltiples.

2.3.7. Máquina de terminado

La máquina de terminado existente en la editorial (figura 2.25) no posee elementos electrónicos para su monitoreo, por lo que se deberán adicionar sensores externos. Se requiere monitorear la temperatura utilizada en el proceso y el tiempo de activación de la máquina.



Figura 2.25. Máquina de terminado existente en la Editorial Don Bosco

Fuente: Autores

2.3.8. Compresores generales

Como se mencionó anteriormente, las prensas utilizan compresores generales ubicados en el subsuelo de la editorial (figura 2.26). En estos compresores se monitoreará la presión de funcionamiento. De igual manera se realizará el monitoreo del compresor de aire general de la planta (figura 2.27).



Figura 2.26. Compresores generales utilizados para las prensas

Fuente: Autores



Figura 2.27. Compresor general de la planta

Fuente: Autores

2.3.9. Suministro eléctrico y generación

Se monitoreará el factor de potencia del banco de capacitores existente. Para esto se tiene un equipo BELUK BLR-MC-12 (figura 2.28), el cual no permite monitorear sus parámetros de manera remota, pero puede ser sustituido para lograr una comunicación con el sistema SCADA.



Figura 2.28. Controlador de factor de potencia existente

Fuente: Autores

Por último se monitorearán parámetros eléctricos como voltaje, corriente y frecuencia del generador (figura 2.29).



Figura 2.29. Generador de respaldo

Fuente: Autores

2.3.10. Resumen de maquinaria

En la tabla 2.4 se muestra el resumen de la maquinaria existente en la Editorial Don Bosco, y las variables que se desean monitorear.

Tabla 2.4. Resumen de maquinaria existente en la Editorial Don Bosco y variables de monitoreo

Etapa	Máquina	Variable de monitoreo
Preprensa	CTP	Estado de activación del sistema de ventilación
		Caudal de abastecimiento de agua
		Caudal de abastecimiento de químicos
		Monitoreo de gases
Corte	Polar 115	Sensor inductivo para conteo de corte
	Pivano 118	Sensor inductivo para conteo de corte
	Polar 103	Sensor inductivo para conteo de corte
Prensa	Heidelberg 2 colores	Presión neumática
		PH de agua fuente
		Temperatura de químicos y agua fuente
		Caudal de abastecimiento de agua
		Voltaje y corriente del motor principal
	Heidelberg 4 colores	Presión neumática
		PH de agua fuente
		Temperatura de químicos y agua fuente
		Caudal de abastecimiento de agua
		Voltaje y corriente del motor principal
	Heidelberg 5 colores	Presión neumática
		PH de agua fuente
		Temperatura de químicos y agua fuente
		Caudal de abastecimiento de agua

Etapa	Máquina	Variable de monitoreo
Doblado	Máquina de doblado 1	Sensor inductivo para conteo de pliegos doblados
	Máquina de doblado 2	Sensor inductivo para conteo de pliegos doblados
Cosido	Müller Martini Ventura	Sensor capacitivo para conteo de libros cosidos
Encolado	Máquina de encolado Müller	Estado de activación para fundido de adhesivo
		Temperatura de fundido de adhesivo
		Voltaje y corriente del motor principal
		Monitoreo de gases
Terminado	Máquina de terminado 1	Temperatura
		Tiempo de activación de la máquina
Compresores Generales	Compresor 1 (prensa)	Presión neumática
	Compresor 2 (prensa)	Presión neumática
	Compresor 3 (prensa)	Presión neumática
	Compresor general de planta	Presión neumática
Suministro Eléctrico y generación	Banco de capacitores	Factor de potencia
	Generador	Voltaje, corriente y frecuencia

Fuente: Autores

CAPÍTULO III

DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA EN LABVIEW APLICABLE A LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LA EDITORIAL DON BOSCO

3.1. Variables de proceso a monitorear

Para diseñar el software de monitoreo que se aplicará a la editorial Don Bosco se seleccionaron las variables generales de proceso en el capítulo anterior. Estas variables son las siguientes:

- Caudal de químicos y agua fuente en CTP e Impresoras Offset
- Número de elementos cortados, doblados y cosidos
- Temperatura de encolado y terminado
- Presión neumática en el compresor general

Para monitorear dichas variables se utilizarán los equipos que se describen a continuación.

3.1.1. Caudal

Para la medición de caudal agua fuente en las impresoras offset se utilizará un transmisor de caudal marca Endress & Hauser modelo Proline Promag 50W (figura 3.1). Este transmisor deberá instalarse en las líneas de alimentación hidráulica de cada equipo existente.



Figura 3.1. Transmisor de caudal de agua

Fuente: (Endress & Hauser Instruments International, s.f.)

Dicho transmisor tiene las siguientes características relevantes:

- Sensor de caudal de fluidos tipo magnético para flujo bidireccional
- Aplicable para medición de agua pura, aguas grises, o aguas negras.
- Medida de caudal hasta 484315 gal/min
- Temperatura de fluido de hasta +80°C
- Presiones de proceso de hasta 40bar
- Comunicación Hart, Profibus, y Modbus.

Para la medición de caudal de químicos reveladores en CTP e impresoras offset se utilizará un transmisor de caudal marca Burkert modelo 8035 (figura 3.2) con las siguientes características.



Figura 3.2. Transmisor de caudal de químicos

Fuente: (The Valve Shop, 2015)

- Sensor de flujo de fluidos tipo turbina
- Rango de medida desde 0.26gal/min
- Temperatura de fluido de hasta 80°C
- Presión máxima de funcionamiento de hasta 230PSI
- Comunicación 4-20mA, salida de pulsos.

3.1.2. Contadores con sensores inductivos

Para el conteo de pliegos procesados en las guillotinas, dobladoras y cosedoras se utilizarán sensores inductivos, montados en los actuadores de cada máquina en particular. Se utilizará el sensor inductivo marca SICK modelo IME18-05BNSZC0S (figura 3.3).



Figura 3.3. Sensor inductivo

Fuente: (Sick Inc, s.f.)

Los sensores inductivos propuestos presentan las siguientes características:

- Sensor inductivo de contacto
- Rango de detección de 5mm
- Conector tipo M12, 4 pines
- Contacto de salida normalmente abierto (tipo NPN)

3.1.3. Sensores de temperatura

Los sensores de temperatura que deberán ser instalados en la máquina de encolado y terminado serán marca Endress & Hauser modelo Omnigrad M TR10 (figura 3.4).



Figura 3.4. Sensor de temperatura

Fuente: (Endress & Hauser Instruments International, s.f.)

El sensor de temperatura presenta las siguientes características:

- Rango de medición desde -200 hasta 600°C
- Presión de funcionamiento hasta 75bar
- Comunicación 4-20mA, Hart, Profibus, Fieldbus

3.1.4. Sensores de presión neumática

Para monitorear la presión neumática de compresores se utilizará un sensor marca Endress & Hauser modelo Cerabar M PMC51 (figura 3.5).



Figura 3.5. Sensor de presión

Fuente: (Endress & Hauser International Instruments, s.f.)

El sensor indicado presenta las siguientes características relevantes:

- Sensor de presión absoluta para gases, líquidos y vapor
- Medición de nivel, volumen o masa en líquidos
- Temperatura de funcionamiento de hasta 400°C
- Presión de funcionamiento hasta 400bar
- Rango de medición desde 100mbar hasta 40 bar
- Comunicación 4-10mA, Hart, Profibus, Fieldbus

3.2. Variables de máquina a monitorear

Además de las variables de proceso, se deben monitorear los parámetros de funcionamiento de cada máquina. Entre las variables que deben monitorearse están las siguientes:

- Monitoreo de gases múltiples
- PH de agua fuente para impresoras offset
- Voltajes y corrientes de motores
- Factor de potencia y frecuencia eléctrica

3.2.1. Monitoreo de gases múltiples

El monitoreo de este parámetro se realizará utilizando un sensor de gases múltiples instalado en la parte superior de cada ambiente expuesto a gases tóxicos, específicamente en los espacios destinados a CTP y a encolado. Se utilizará un controlador de gases múltiples marca Oldham modelo MX43 (figura 3.6).



Figura 3.6. Sensor de gases múltiples

Fuente: (Oldham Inc, s.f.)

Además presenta las siguientes características:

- Recolección de datos hasta 32 detectores
- Comunicación RS-485
- Medición de Monóxido de carbono, ácido nítrico, dióxido de nitrógeno, metano, gas de petróleo, hidrógeno.

3.2.2. PH en impresoras offset

Se requiere la utilización de sensores de PH marca Endress & Hauser modelo Liquiline CM14 como los que se muestra en la figura 3.7.



Figura 3.7. Sensor de PH

Fuente: (Endress & Hauser. Instruments International AG, s.f.)

Estos sensores deben instalarse en los sistemas de abastecimiento de las impresoras offset, y presentan las siguientes características técnicas:

- Aplicable en tratamiento de aguas residuales, agua pura, y monitoreo de superficie
- Comunicación 4-20mA y salida de relé

3.2.3. Voltajes y corrientes de motores

Para realizar un adecuado mantenimiento preventivo en los motores principales de las impresoras offset, se utilizarán sensores de corriente marca Phoenix Contact, modelo 2813486 (figura 3.8).



Figura 3.8. Sensor de corriente

Fuente: (Phoenix Contact, s.f.)

El sensor tiene las siguientes características.

- Medición de corriente mediante efecto magnético
- Rango de medición desde 0A hasta 100^a
- Ajuste o ingreso de valores para corrientes máximas y mínimas
- Comunicación 4-20mA

Para medir el voltaje de los motores se utilizará un sensor marca Phoenix Contact modelo 2811103 (figura 3.9).



Figura 3.9. Sensor de voltaje

Fuente: (Phoenix Contact, s.f.)

El sensor tiene las siguientes características:

- Rango de medición desde 0VCA hasta 370VCA
- Resistencia de ingreso 370kOhm
- Comunicación 4-20mA y 0-10VDC

Los sensores permitirán al encargado de mantenimiento monitorear el correcto funcionamiento de los motores mediante el análisis de las curvas de carga del motor en funcionamiento.

3.2.4. Factor de potencia

Como se mencionó en el capítulo anterior, la Editorial Don Bosco cuenta actualmente con un controlador de factor de potencia BELUK BLR-CM-12, pero dicho equipo no posee opciones de comunicación, por lo que se requiere adquirir un equipo BELUK BLR-CM-12-MB (figura 3.10).



Figura 3.10. Controlador de factor de potencia

Fuente: (Maschinenfabrik Reinhausen, s.f.)

El controlador presenta las siguientes características:

- Detección automática de pasos de capacitores
- Modo manual y automático
- Operación de 4 cuadrantes

- Medición de armónicas hasta orden 31
- Medición de 50-530VAC, 45-65Hz
- Comunicación Modbus (opción –MB)

3.3. Diseño de software SCADA en LabView

El software de monitoreo y control para la Editorial Don Bosco se realizó utilizando LabView. El software diseñado presenta las siguientes características:

- Monitoreo de variables críticas de proceso
- Monitoreo de variables de máquina
- Control de encendido y apagado calendarizado del ventilador de CTP y de la máquina de encolado
- Visualización de alarmas graves en la pantalla principal, y de alarmas de máquina en sub pantallas
- Soporte de control de acceso de usuarios, con privilegios de visualización, y ejecución de parámetros programables
- Opciones de generación de reportes de alarmas, eventos y variables críticas para su posterior análisis
- Alarma mediante correo electrónico para variables críticas de proceso
- Monitoreo remoto de la pantalla principal mediante acceso web
- Interfaz de usuario diseñada con gráficos reales de los equipos con el objeto de facilitar la identificación de la maquinaria por parte del operario del sistema SCADA
- Visualización de tendencias (gráficas) de variables críticas de proceso

Además, una de las ventajas intrínsecas de diseñar un sistema de monitoreo en LabView es que el administrador del sistema tiene la libertad de modificar el código del software en función de los requerimientos del proceso, así también como utilizar un software diseñado en base a los requerimientos particulares del proceso.

3.3.1. Modulo DSC (Datalogging, Supervisory and Control) en LabView

Para realizar diferentes acciones de lectura y escritura de variables, así también como la utilización de bases de datos para el registro de alarmas y eventos, se utilizó el Modulo DSC de LabView. El módulo DSC es un conjunto de herramientas de programación que permite la ejecución de procedimientos de adquisición y registro de datos comunes en el diseño de sistemas SCADA. Específicamente se utilizaron los siguientes bloques de programación y herramientas de visualización de datos:

3.3.1.1. Base de datos

LabView utiliza por defecto una base de datos Citadel, la cual puede albergarse en el computador en el que se instale el SCADA o en un servidor en red. La base de datos funciona de manera similar a otras distribuciones como MySQL pero es de tipo propietario por lo que únicamente puede ser accedida mediante aplicaciones de National Instruments. En la figura 3.11 se muestra la base de datos instalada en el computador que ejecuta el SCADA diseñado.

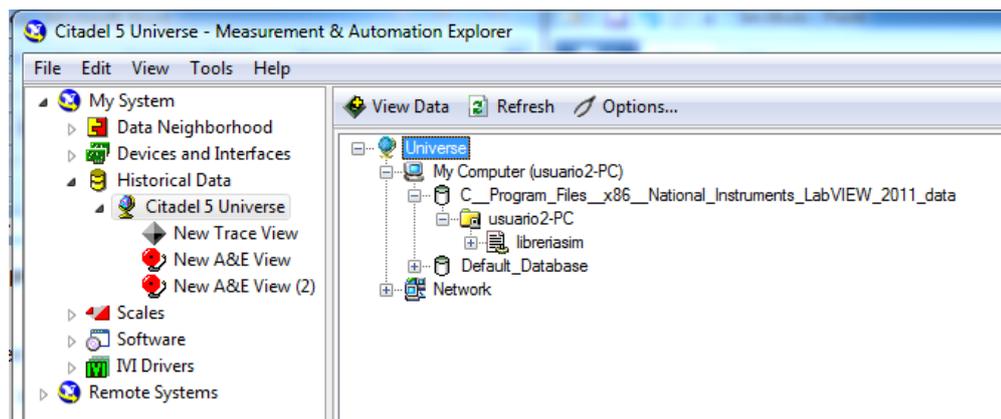


Figura 3.11. Base de datos instalada en el computador encargado de ejecutar el SCADA

Fuente: Autores

Para el acceso a la base de datos se pueden utilizar las herramientas de administración de la base de datos dentro del menú del módulo DSC (figura 3.12). Dichas herramientas permiten crear, leer, escribir y eliminar las bases de datos. Adicionalmente, se puede realizar este procedimiento utilizando el aplicativo Measurement & Automation.

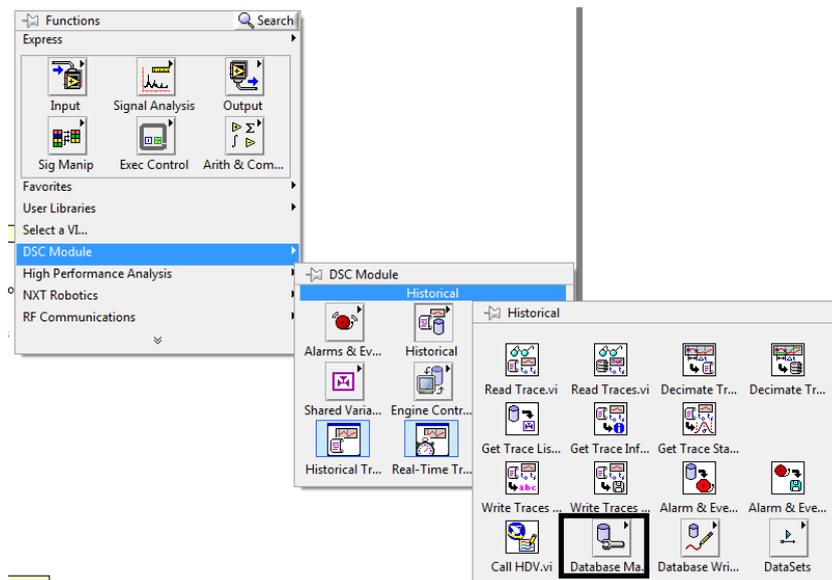


Figura 3.12. Menú de DSC para administrar bases de datos

Fuente: Autores

3.3.1.2. Creación y visualización de variables

La creación de variables se realiza en el proyecto para lo cual primero se debe crear una librería que contenga las direcciones y parámetros de cada variable (figura 3.13).

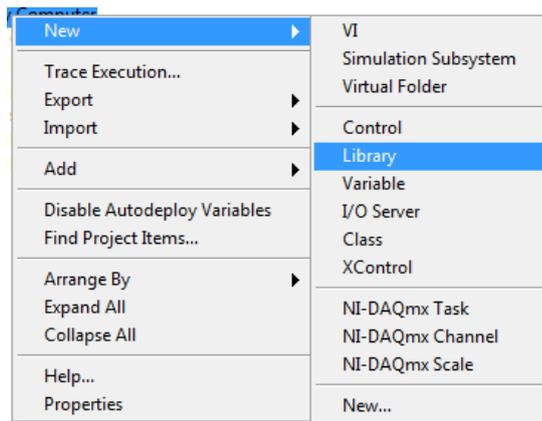


Figura 3.13. Creación de una librería de variables en LabView

Fuente: Autores

Una vez creada la librería se requiere crear la variable de monitoreo requerida (figura 3.14).

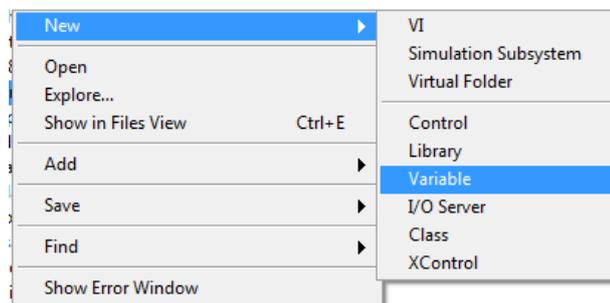


Figura 3.14. Creación de una variable en LabView

Fuente: Autores

Las variables deben configurarse para que puedan reportar las alarmas al SCADA. Esta configuración se realiza en el menú "Alarming", dentro del cual se selecciona el tipo de alarma requerida para la variable (figura 3.15).

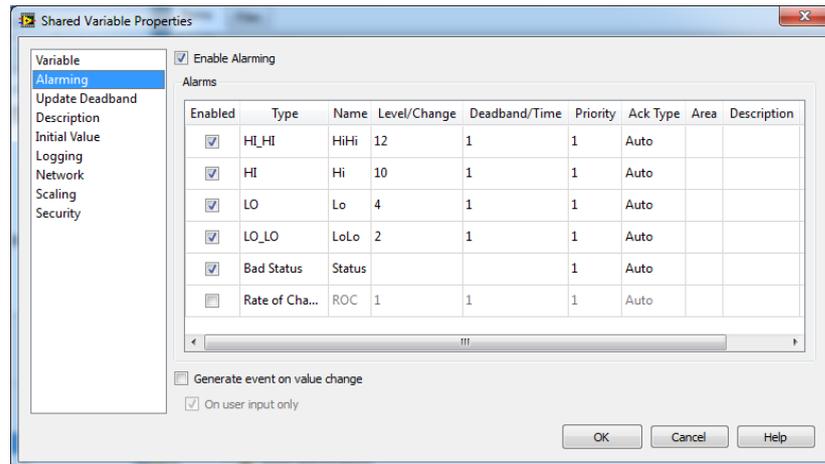


Figura 3.15. Configuración de alarmas para una variable

Fuente: Autores

Para el sistema diseñado, se clasificaron las variables en función del subprocesso requerido. Además se clasificaron según cada máquina y las variables internas de monitoreo como se muestra en la figura 3.16.

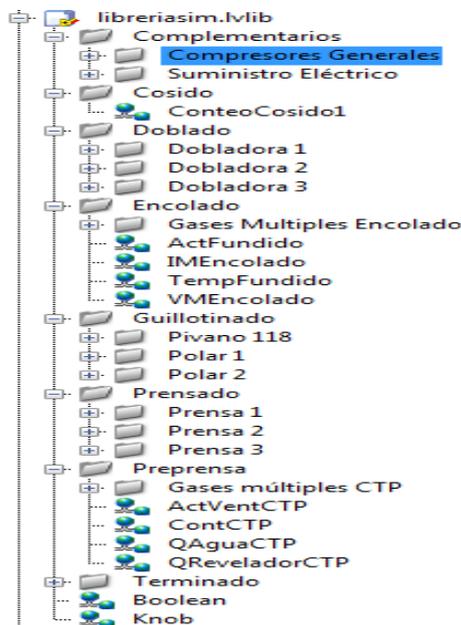


Figura 3.16. Árbol de variables para el SCADA de la Editorial Don Bosco

Fuente: Autores

Para visualizar los valores de cada variable se utiliza el aplicativo Distributed System Manager, en el cual se puede observar el estado de las variables (figura 3.17) dentro de la librería creada anteriormente.

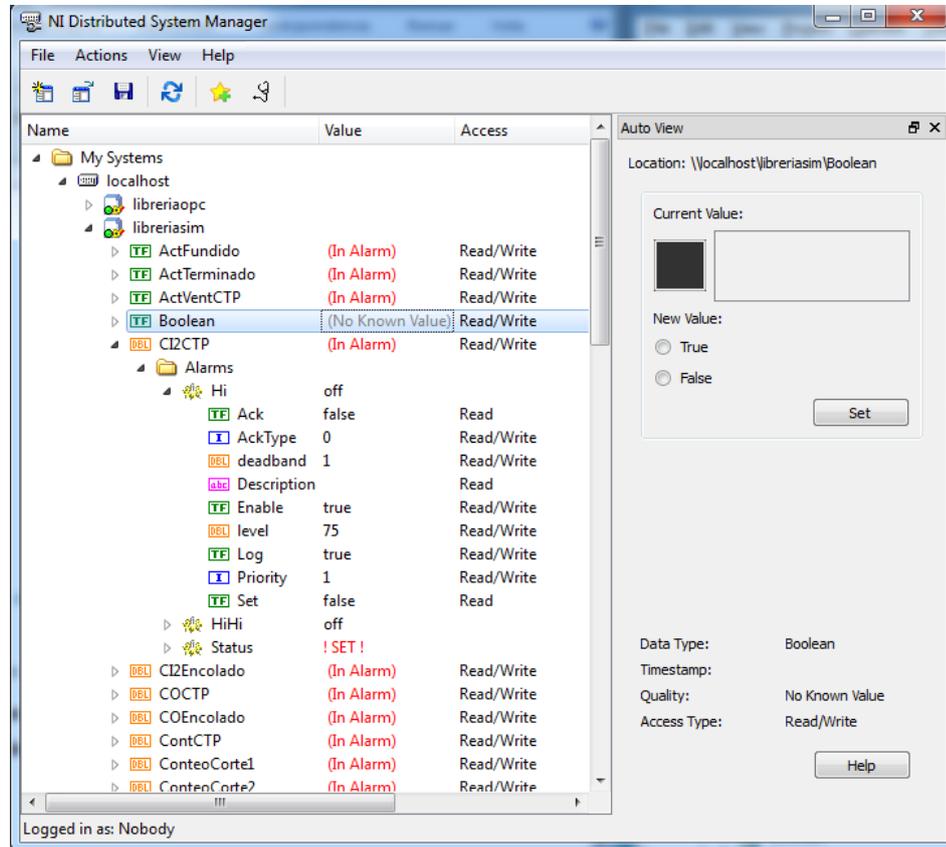


Figura 3.17. Visualización del estado de variables en el Distributed System Manager

Fuente: Autores

3.3.1.3. Visualización del historial de variables, alarmas y eventos

Para analizar los datos históricos de variables, alarmas y eventos se utiliza el explorador Measurement & Automation, dentro del cual se debe crear una vista de alarmas y eventos como se muestra en la figura 3.18a o una vista de trazos como se muestra en la figura 3.18b.

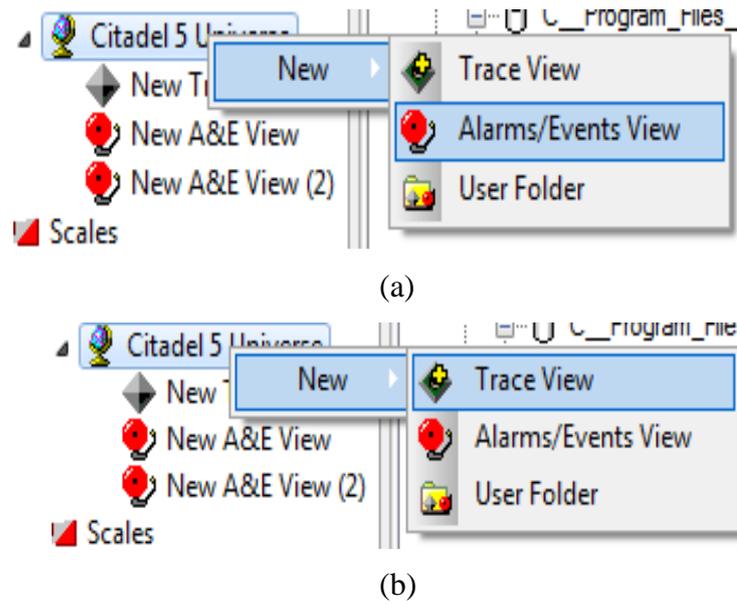


Figura 3.18. Creación de visualizadores en Measurement & Automation

a) Alarmas y eventos b) Traza de variables

Fuente: Autores

Para la visualización de variables, se puede elegir el nombre de la variable que se desea analizar y el periodo de tiempo de análisis como se muestra en la figura 3.19.

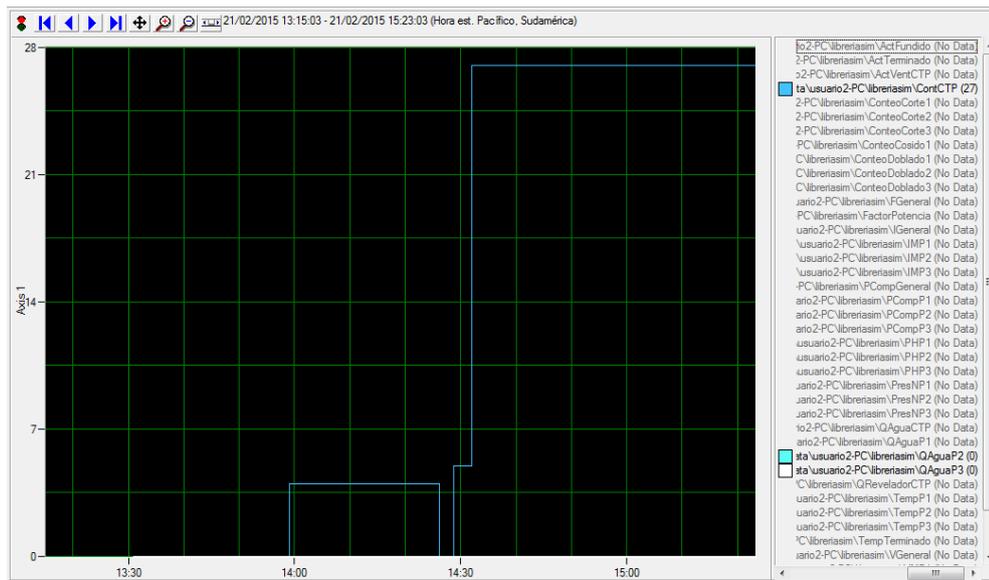


Figura 3.19. Visualización del histórico de variables en Measurement & Automation

Fuente: Autores

En el caso de alarmas y eventos, el programa presenta un registro textual de la activación o desactivación de alarmas, indicando el usuario validado en el momento de la generación de la alarma, la hora y fecha del evento y la dirección en la base de datos. Un ejemplo del histórico de alarmas se muestra en la figura 3.20.

Object Name	Set Time	Set User	Ack Time	Ack User	Clear Time	Clear User	Priority	A.	Value
\\usuario2-PC\libreriasim\ActVentCTP.Alarms.Boolean	11/03/2015 21:32:10,662	(Nobody)	11/03/2015 21:32:13,861	(Nobody)	11/03/2015 21:32:13,861	(Nobody)	1		1.000000
\\usuario2-PC\libreriasim\ActFundido.Alarms.Boolean	11/03/2015 21:23:43,940	(Nobody)	11/03/2015 21:23:44,040	(Nobody)	11/03/2015 21:23:44,040	(Nobody)	1		1.000000
\\usuario2-PC\libreriasim\ActFundido.Alarms.Boolean	11/03/2015 21:23:43,740	(Nobody)	11/03/2015 21:23:43,940	(Nobody)	11/03/2015 21:23:43,940	(Nobody)	1		1.000000
\\usuario2-PC\libreriasim\ActFundido.Alarms.Boolean	11/03/2015 21:23:43,540	(Nobody)	11/03/2015 21:23:43,740	(Nobody)	11/03/2015 21:23:43,740	(Nobody)	1		1.000000
\\usuario2-PC\libreriasim\ActFundido.Alarms.Boolean	11/03/2015 21:23:43,340	(Nobody)	11/03/2015 21:23:43,540	(Nobody)	11/03/2015 21:23:43,540	(Nobody)	1		1.000000
\\usuario2-PC\libreriasim\ActFundido.Alarms.Boolean	11/03/2015 21:23:43,140	(Nobody)	11/03/2015 21:23:43,340	(Nobody)	11/03/2015 21:23:43,340	(Nobody)	1		1.000000
\\usuario2-PC\libreriasim\ActFundido.Alarms.Boolean	11/03/2015 21:23:42,940	(Nobody)	11/03/2015 21:23:43,140	(Nobody)	11/03/2015 21:23:43,140	(Nobody)	1		1.000000
\\usuario2-PC\libreriasim\ActFundido.Alarms.Boolean	11/03/2015 21:23:42,840	(Nobody)	11/03/2015 21:23:42,940	(Nobody)	11/03/2015 21:23:42,940	(Nobody)	1		1.000000
\\usuario2-PC\libreriasim\PresNP3.Alarms.LoLo	11/03/2015 20:54:28,493	(Nobody)	11/03/2015 22:49:03,415	(Nobody)	11/03/2015 22:49:03,415	(Nobody)	1		0.000000

Figura 3.20. Histórico de alarmas y eventos en Measurement & Automation

Fuente: Autores

3.3.1.4. Seguridad

Dentro de un sistema SCADA, como se mencionó en el capítulo 1, se requiere administrar varios usuarios con diferentes beneficios para la adquisición, registro y análisis de datos. Para esto, LabView DSC permite la configuración de un dominio de usuarios dentro de la red en la que funciona el SCADA.

Para crear un dominio ingresamos al “administrador de cuentas de dominio” o “Domain Account Manager” por sus siglas en inglés, como se muestra en la figura 3.21.

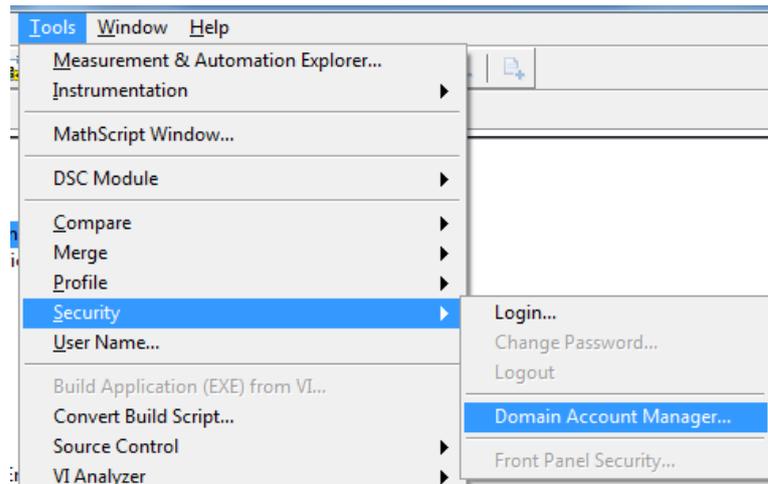


Figura 3.21. Administrador de cuentas de dominio en LabView

Fuente: Autores

Dentro del dominio, podemos crear grupos y usuario (figura 3.22) a los cuales se les puede asignar privilegios de lectura y escritura en variables.

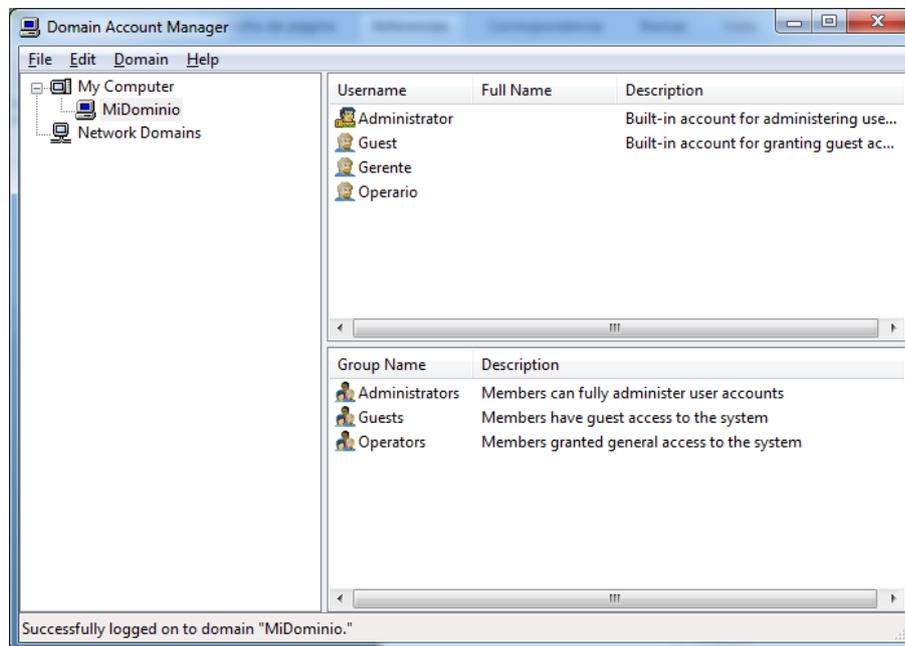


Figura 3.22. Administración de usuarios y grupos en LabView

Fuente: Autores

3.3.2. Diseño de la interfaz de usuario

La interfaz de usuario diseñada para la Editorial Don Bosco se basa en la utilización de pestañas para separar las variables críticas de proceso y las variables de máquina. En la figura 3.23 se puede observar la interfaz de usuario del software diseñado.



Figura 3.23. Interfaz de usuario

Fuente: Autores

La interfaz de usuario se diseñó utilizando imágenes reales de los equipos existentes con el objetivo de facilitar la identificación de la maquinaria y las alarmas de cada variable por parte del operario del sistema.

Para la navegación entre pantallas, el usuario puede seleccionar la pantalla del proceso que requiere monitorear, o hacer click sobre la imagen de la máquina a la cual desea acceder.

Para esto se utilizaron botones programados a medida, es decir, se modifica el botón por defecto en LabView según los requerimientos del programador. La modificación de botones se muestra en la figura 3.24.

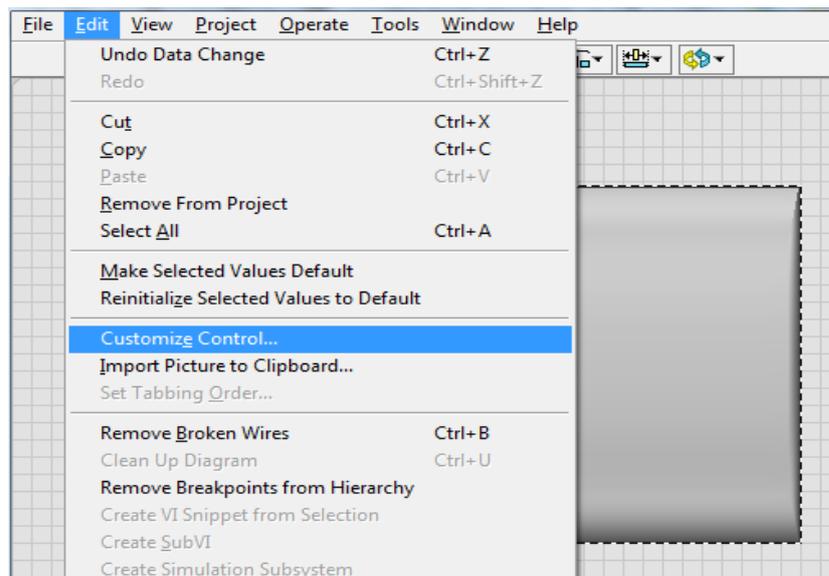


Figura 3.24. Modificación de botones en LabView

Fuente: Autores

Cada botón contiene una imagen de la máquina a la que representa. Las imágenes son cargadas de la carpeta del proyecto, la cual puede ser modificada por administrador del programa en el caso de requerir un cambio (figura 3.25).

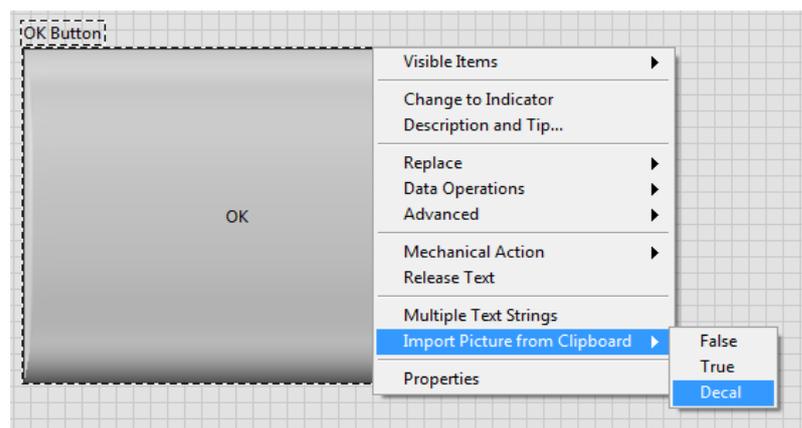


Figura 3.25. Cambio de imágenes en el programa

Fuente: Autores

Las pestañas de cada máquina presentan información más detallada de su funcionamiento. En la figura 3.26 se muestra la pestaña del subproceso de impresión, el cual muestra al operario los datos de caudales, PH, voltajes, corrientes y presiones en las impresoras offset.

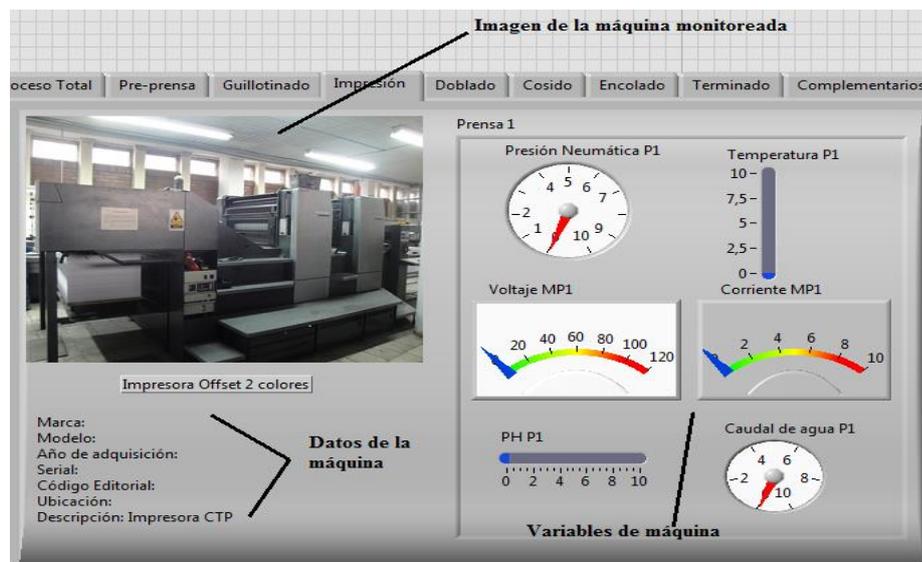


Figura 3.26. Pestaña del subproceso de impresión

Fuente: Autores

3.3.3. Monitoreo y registro de datos

Las alarmas de variables críticas del proceso se muestran en el panel izquierdo de la pestaña del proceso general (figura 3.27) donde el operario puede observar si existen alarmas activas y la alarma específica activada en ese momento.

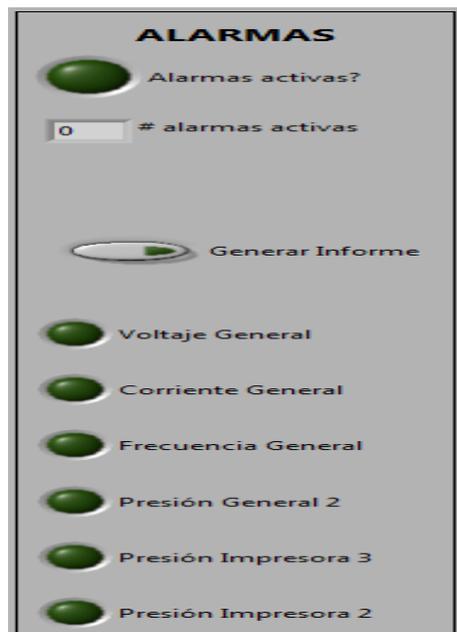


Figura 3.27. Panel frontal de monitoreo de alarmas graves

Fuente: Autores

Para leer el número de alarmas activas y la ocurrencia de las mismas se utiliza el código mostrado en la figura 3.28, el cual lee las variables del sistema, las convierte en un cluster, y las ingresa al SubVi de lectura de alarmas de DSC. Este SubVi tiene como salida los parámetros del conjunto de alarmas leído, indicando cuántas y cuáles de estas alarmas están activadas.

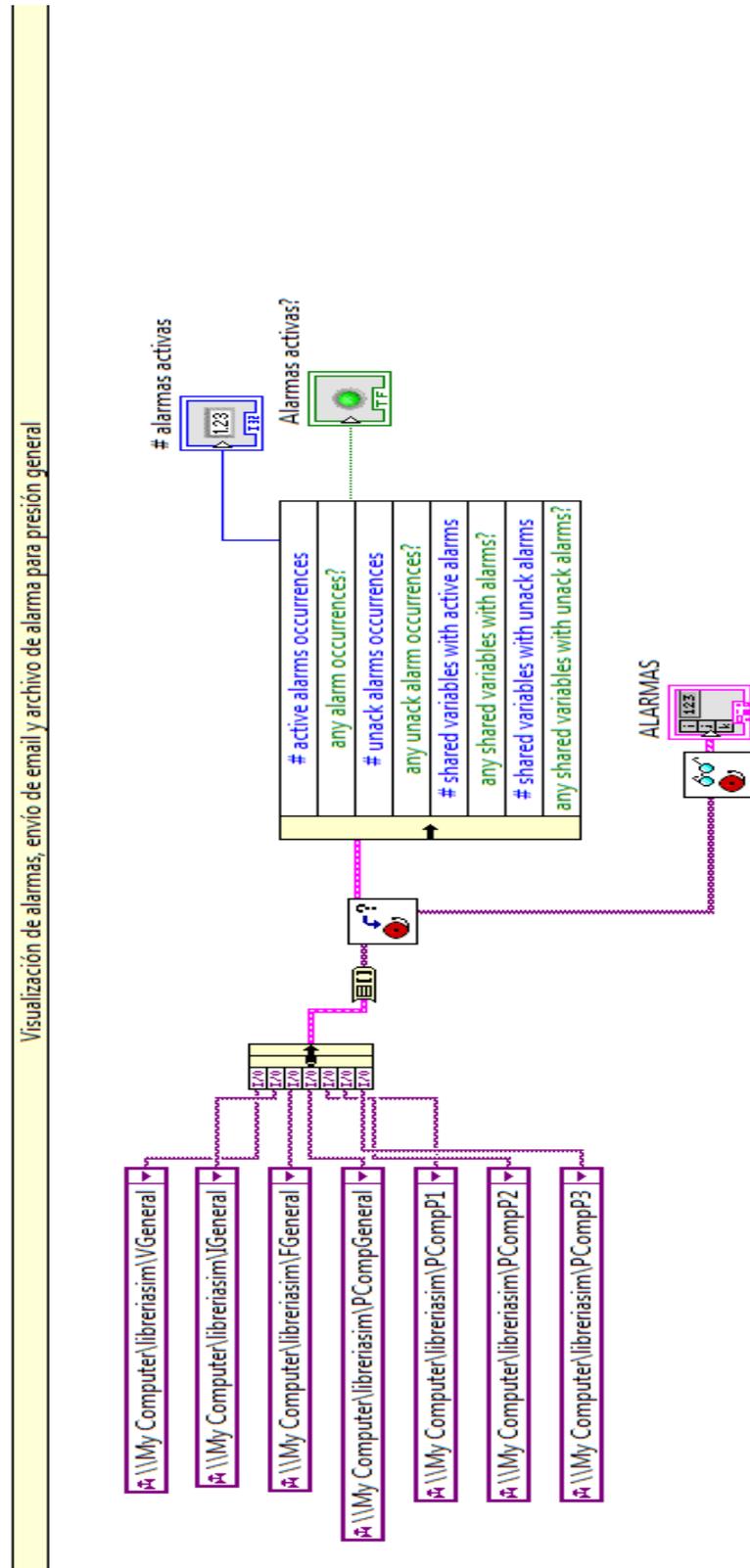


Figura 3.28. Código para lectura del grupo de variables críticas

Fuente: Autores

Además, el código mostrado en la figura 3.29, también permite la visualización de parámetros específicos de cada variable y alarma como:

- Dirección de la alarma
- Tiempo de ajuste de la alarma y usuario
- Tiempo de validación de la alarma y usuario
- Tiempo de despeje de la alarma y usuario
- Visualización de evento
- Punto base, valor actual y prioridad de la alarma
- Áreas y descripción de la activación de la alarma

The screenshot shows a SCADA alarm configuration window titled 'ALARMAS'. It contains the following fields and values:

- Path: \\usuario2-PC\libreriasim\VGeneral.Alarms.Status
- Dirección alarma: [Green indicator] Evento?
- Tiempo de seteo: 9:50:15, 25/03/2015
- Usuario seteo: (Nobody)
- Tiempo de validación: 00:00:00
- Usuario validación: [Empty]
- Tiempo de despeje: 00:00:00
- Usuario despeje: [Empty]
- Punto base: 0,00
- Valor: 64,00
- Prioridad: 1
- Area de alarma: [Empty]
- Descripción de alarma: [Empty]
- Comentario de despeje: [Empty]

Figura 3.29. Descripción detallada de alarmas en el SCADA

Fuente: Autores

El código de activación de las señales lumínicas de cada alarma por separado se muestra en la figura 3.30. Se utiliza el mismo principio que el código de lectura para múltiples variables, pero se visualiza únicamente la activación de alarmas.

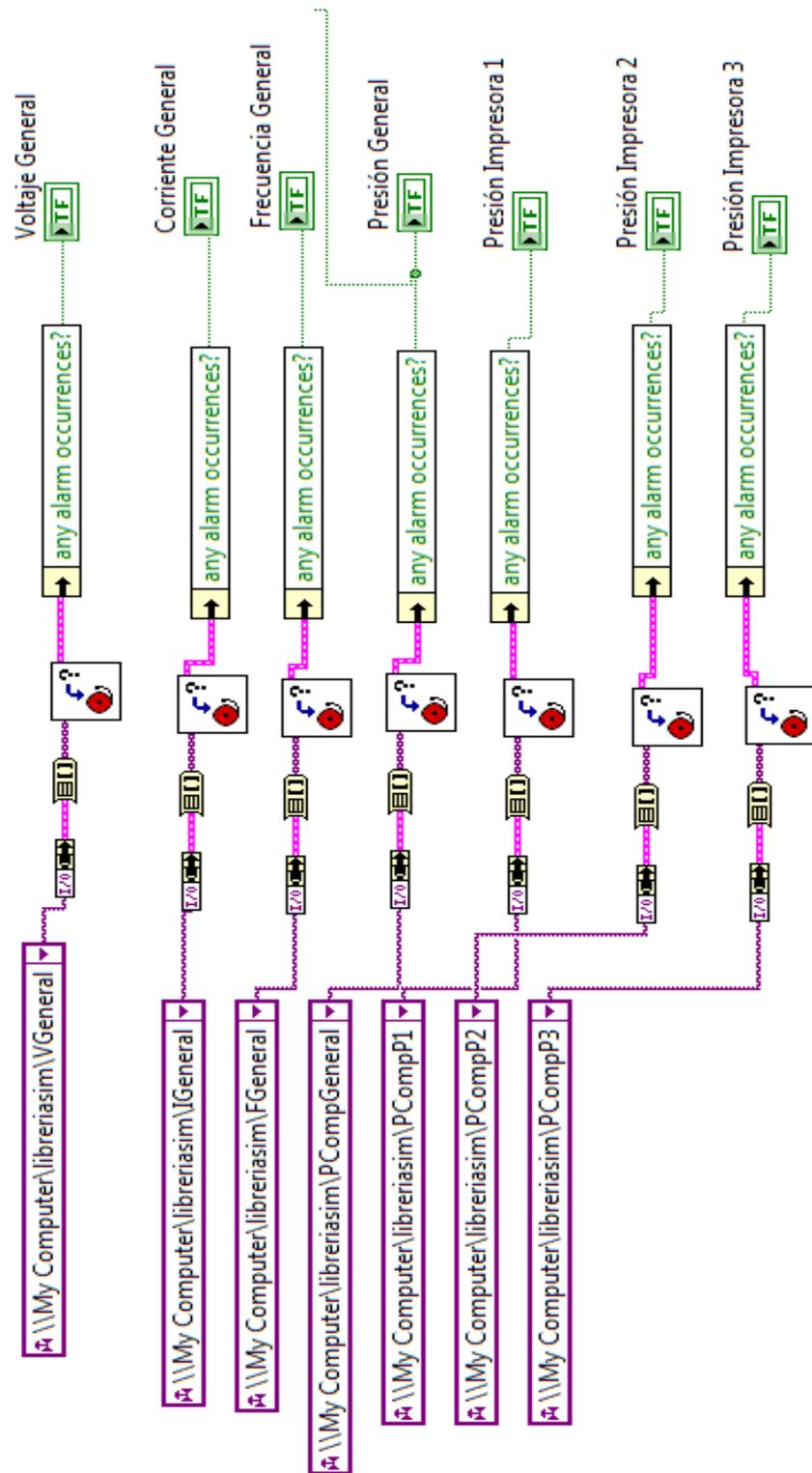


Figura 3.30. Código para la visualización de señales lumínicas de alarmas graves

Fuente: Autores

Para el monitoreo de variables se utilizan visualizadores gráficos como botones, señales luminosas, indicadores numéricos, etc. Un ejemplo del monitoreo utilizado para una máquina se muestra en la figura 3.31, en la cual se hace referencia a la máquina de encolado, donde se observa la utilización de botones para el control de encendido, indicadores gráficos en forma de termómetros para la temperatura y en escalas para los sensores de gases, etc.

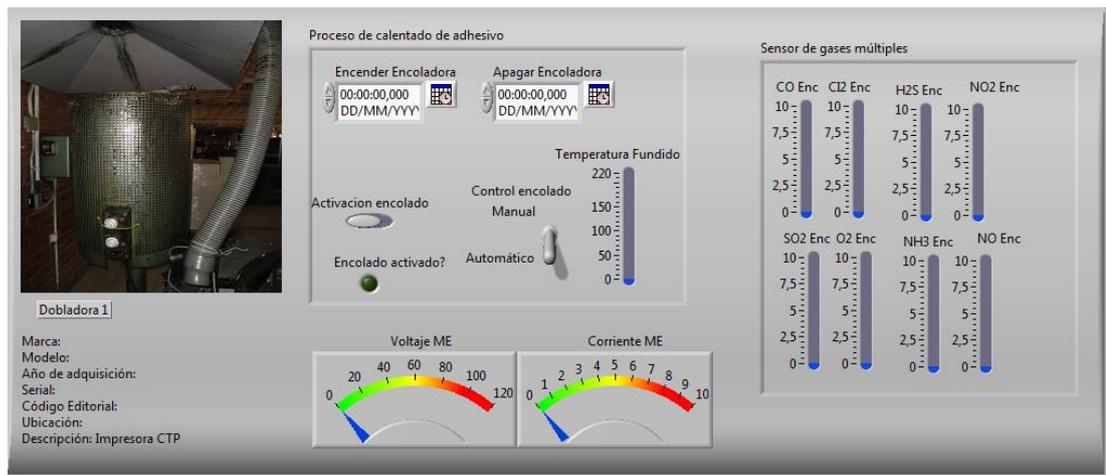


Figura 3.31. Utilización de elementos gráficos para monitoreo en el subproceso de encolado

Fuente: Autores

En el caso de variables críticas, se implementó un visualizador gráfico de trazo con el objetivo de visualizar en tiempo real el comportamiento de las variables monitoreadas y permitir su análisis en función de su historial de funcionamiento durante un tiempo determinado.

Este tipo de análisis es útil, pues permite ver tendencias de aumento o disminución de una variable, y así prever daños en la maquinaria o en los suministros. En la figura 3.32 se muestra el visualizador gráfico de trazo utilizado para las mediciones de los compresores neumáticos principales para las impresoras offset.

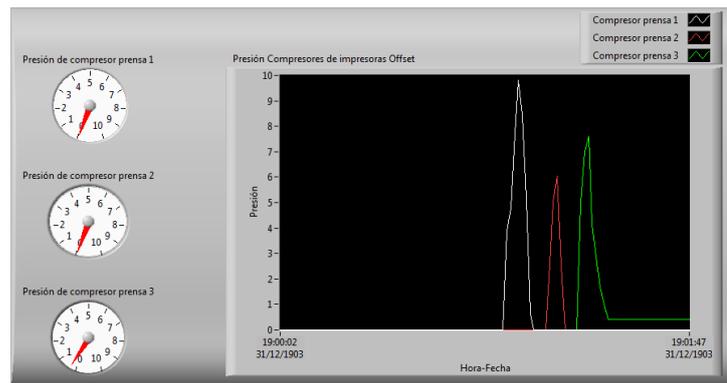


Figura 3.32. Visualizador gráfico de trazo para los compresores de las impresoras offset

Fuente: Autores

Se programaron dos reportes de alarmas, el primero utiliza la base de datos del módulo DSC y genera un archivo de Excel que contiene el registro total de eventos y alarmas del sistema. En la figura 3.33 se puede observar el código utilizado para la generación del reporte.

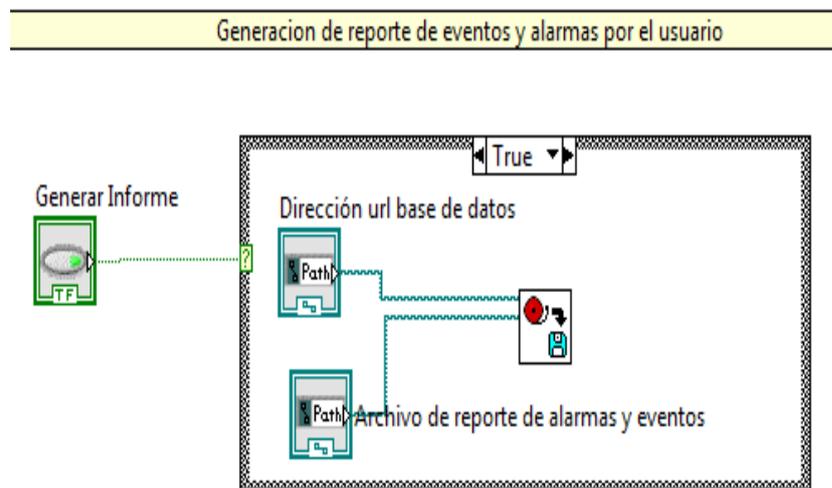


Figura 3.33. Código para generación de reporte con DSC

Fuente: Autores

El reporte generado se puede observar en la figura 3.34. Dicho reporte es el mismo que se puede obtener en el explorador Measurement & Automation de LabView.

Object Name	Set Time	Set User	Ack Time	Ack User	Clear Time	Clear User	Priority	Area	Value	Setpoint	De
\\Andres-PC\libreriasim\VMP3.Alarms.Lo	03/16/2015 07:59:57	(Nobody)						1	0	25	
\\Andres-PC\libreriasim\VMP3.Alarms.LoLo	03/16/2015 07:59:57	(Nobody)						1	0	10	
\\Andres-PC\libreriasim\VMP2.Alarms.Lo	03/16/2015 07:59:57	(Nobody)						1	0	25	
\\Andres-PC\libreriasim\VMP2.Alarms.LoLo	03/16/2015 07:59:57	(Nobody)						1	0	10	
\\Andres-PC\libreriasim\VMP1.Alarms.Lo	03/16/2015 07:59:57	(Nobody)						1	0	25	
\\Andres-PC\libreriasim\VMP1.Alarms.LoLo	03/16/2015 07:59:57	(Nobody)						1	0	10	
\\Andres-PC\libreriasim\VMEncolado.Alarms.Lo	03/16/2015 07:59:57	(Nobody)						1	0	25	
\\Andres-PC\libreriasim\VMEncolado.Alarms.LoLo	03/16/2015 07:59:57	(Nobody)						1	0	10	
\\Andres-PC\libreriasim\VGeneral.Alarms.Lo	03/16/2015 07:59:57	(Nobody)						1	0	25	
\\Andres-PC\libreriasim\VGeneral.Alarms.LoLo	03/16/2015 07:59:57	(Nobody)						1	0	10	
\\Andres-PC\libreriasim\TempTerminado.Alarms.Lo	03/16/2015 07:59:57	(Nobody)						1	0	25	

Figura 3.34. Reporte de alarmas y eventos generado por el usuario

Fuente: Autores

El segundo reporte se genera automáticamente cuando la presión del compresor general presenta una alarma. El reporte es un archivo de texto que contiene el valor de la variable, la hora y la fecha en la que se produce la alarma. En la figura 3.35 se muestra el código en LabView para la generación de dicho reporte.

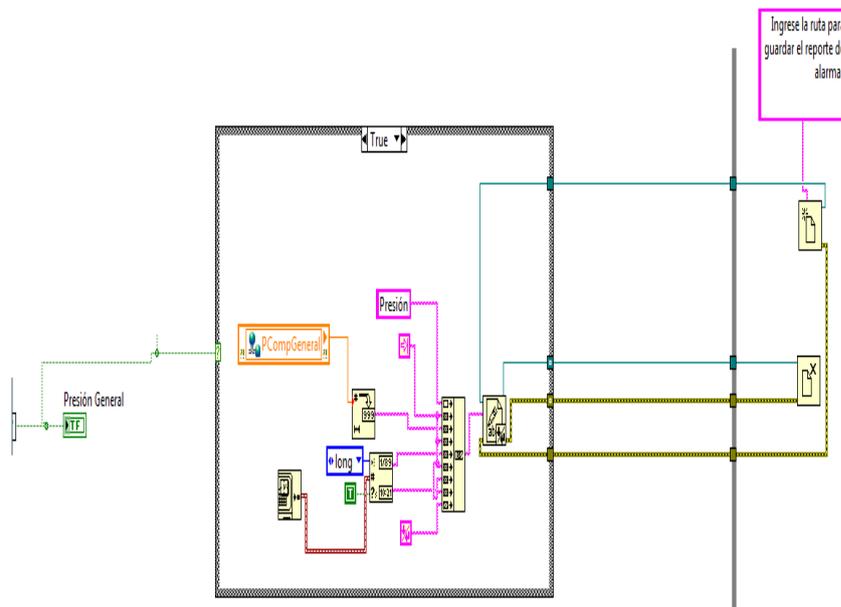


Figura 3.35. Código en LabView del reporte automático para la presión del compresor general

Fuente: Autores

El reporte automático generado se observa en la figura 3.36.

alarmas.txt: Bloc de notas						
Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda		
Presión 0		miércoles, 25 de marzo de 2015			12:52:33	
Presión 0		miércoles, 25 de marzo de 2015			12:52:33	
Presión 0		miércoles, 25 de marzo de 2015			12:52:33	
Presión 0		miércoles, 25 de marzo de 2015			12:52:33	
Presión 0		miércoles, 25 de marzo de 2015			12:52:33	
Presión 0		miércoles, 25 de marzo de 2015			12:52:34	
Presión 0		miércoles, 25 de marzo de 2015			12:52:34	
Presión 0		miércoles, 25 de marzo de 2015			12:52:34	
Presión 0		miércoles, 25 de marzo de 2015			12:52:34	
Presión 0		miércoles, 25 de marzo de 2015			12:52:35	
Presión 0		miércoles, 25 de marzo de 2015			12:52:35	
Presión 0		miércoles, 25 de marzo de 2015			12:52:35	
Presión 0		miércoles, 25 de marzo de 2015			12:52:35	
Presión 0		miércoles, 25 de marzo de 2015			12:52:35	
Presión 0		miércoles, 25 de marzo de 2015			12:52:36	
Presión 0		miércoles, 25 de marzo de 2015			12:52:36	
Presión 0		miércoles, 25 de marzo de 2015			12:52:36	
Presión 0		miércoles, 25 de marzo de 2015			12:52:36	
Presión 0		miércoles, 25 de marzo de 2015			12:52:37	
Presión 0		miércoles, 25 de marzo de 2015			12:52:37	

Figura 3.36. Reporte automático de presión general

Fuente: Autores

Por último, cuando la presión del compresor general entra en alarma, se envía un correo electrónico a una dirección configurada por el administrador del sistema. El correo electrónico indica el valor de la presión, la hora y la fecha de la alarma generada. En la figura 3.37 se puede observar el código utilizado para leer la alarma en el SCADA diseñado.

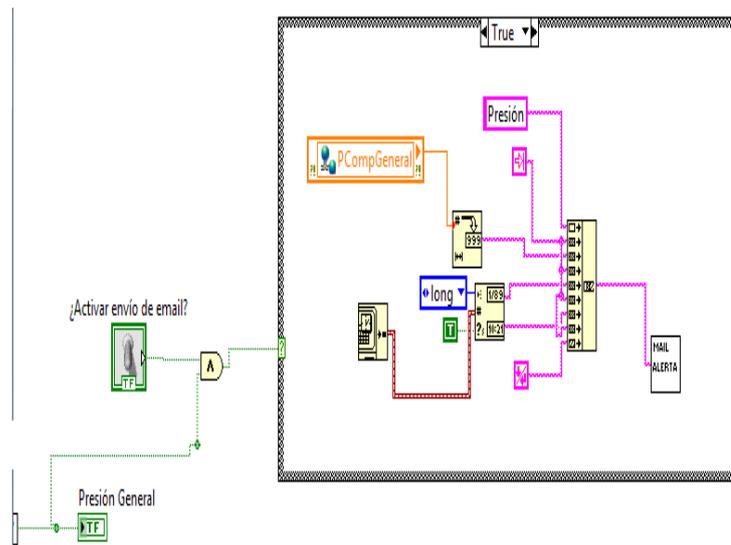


Figura 3.37. Generación del correo electrónico para la alarma de presión general

Fuente: Autores

3.4. Simulación

Como se planteó en el anteproyecto, el presente trabajo de tesis no contempla la implementación de sensores o equipos de comunicación en el proceso de la Editorial Don Bosco, por lo que se diseñó una plataforma de simulación que permita manipular cada una de las variables del sistema, con el objetivo de depurar el funcionamiento del SCADA con valores de alarmas y eventos poco probables durante el proceso. El simulador se programó en LabView, con el objetivo de mantener una coherencia en la programación y poder acceder directamente a las variables del proceso. La interfaz gráfica se basa, de igual manera que el programa principal, en pestañas que indican el proceso de la editorial.

El simulador funciona en un computador diferente al utilizado para ejecutar el programa principal. Los datos de variables se transmiten por Ethernet entre el programa principal y el programa de simulación. Para esto, se requiere que las variables en el VI de simulación apunten a la dirección del programa principal, lo cual se realiza dentro de las propiedades de cada una de las variables del sistema. A manera de ejemplo, en la figura 3.39, se muestra la configuración de la variable para el compresor general de la editorial.

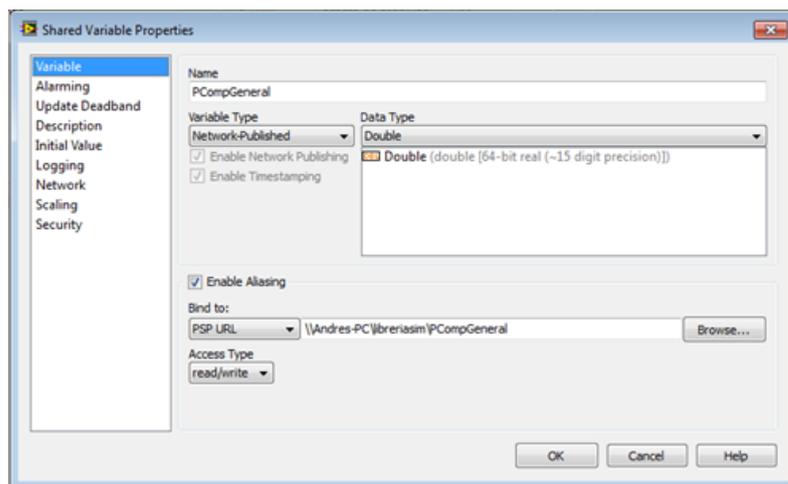


Figura 3.39. Configuración de variables en el programa de simulación para replicarlas en el programa principal

Fuente: Autores

En la figura 3.40 se muestra la pantalla principal del simulador, donde se pueden observar las pestañas de los subprocesos. Cada pestaña contiene las variables críticas del proceso y las variables de máquina.

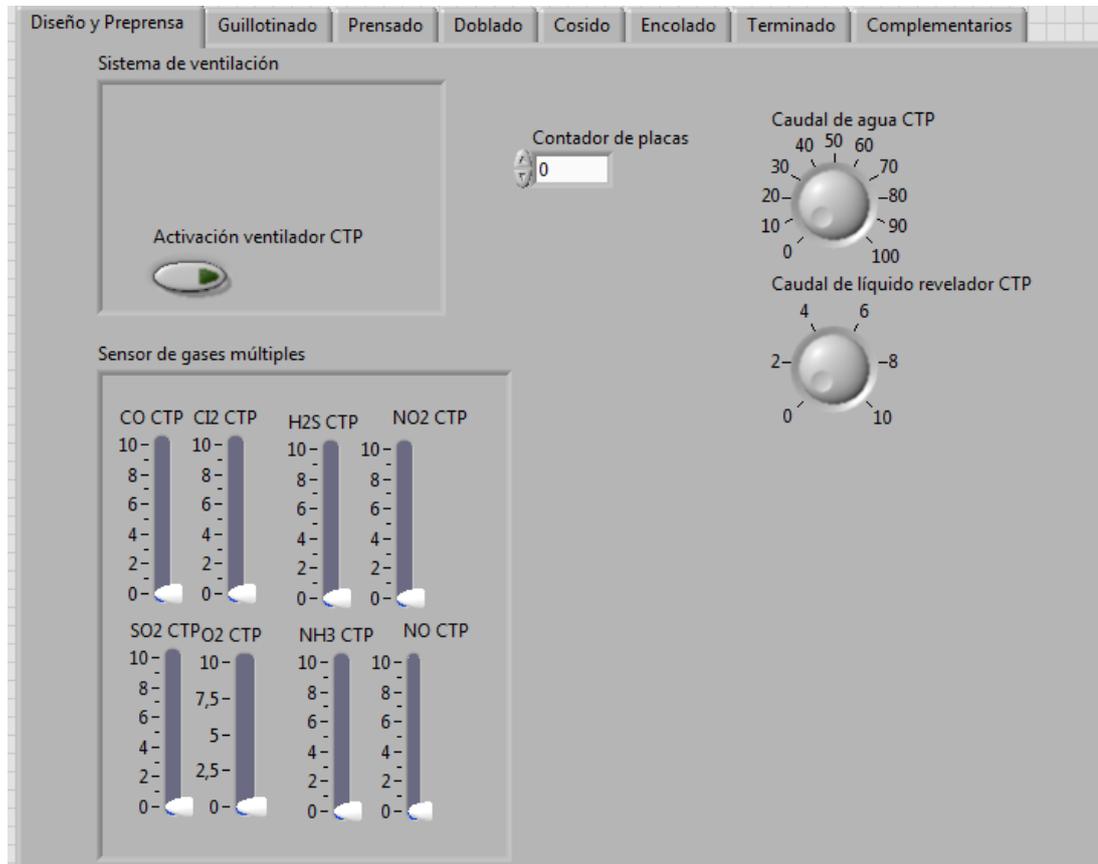


Figura 3.40. Pantalla principal del simulador

Fuente: Autores

En la figura 3.41 se muestra un extracto del código utilizado para el simulador. En general, se puede observar que el código lee los controladores gráficos de la interfaz de usuario y escribe los valores en las variables del sistema. No se realiza ningún tipo de control o acondicionamiento de señal en el software de simulación.

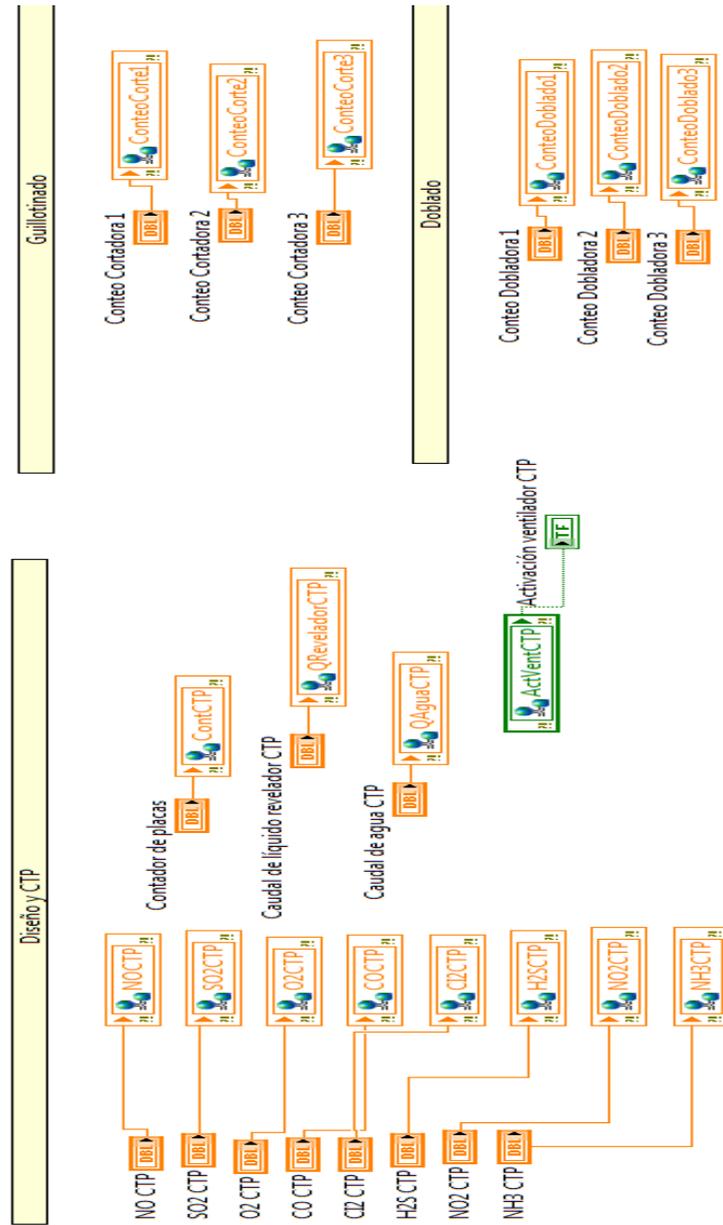


Figura 3.41. Código para el simulador en LabView

Fuente: Autores

CAPÍTULO IV

ESTUDIO ECONÓMICO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SCADA DISEÑADO

El análisis económico de un proyecto constituye un elemento de gran importancia para determinar y justificar la factibilidad económica de implementación.

Una vez diseñado el sistema SCADA para la editorial Don Bosco, se debe realizar la evaluación económica del proyecto, con el objetivo de entregar a los altos directivos una herramienta para la toma de decisiones.

4.1. Costos de implementación del diseño sugerido

El costo requerido para la implementación del proyecto se determina mediante lo siguiente:

- Costo de sensores
- Costo de sistema de adquisición de datos
- Costo de software

4.1.1. Costo de sensores

En la tabla 4.1 se muestran los costos de los sensores requeridos para el correcto funcionamiento del sistema SCADA diseñado. Debido a que no se encontró un distribuidor global para todos los equipos requeridos, los valores fueron tomados de las páginas de los fabricantes y de los principales distribuidores a nivel mundial.

Por esta razón se añadieron rubros de IVA (Impuesto al valor agregado) del 12%, salida de capitales del 5%, y además se consideró el transporte y desaduanización de

los equipos, cuyo valor ronda el 30% del total. Se han considerado las salvaguardias existentes en el Ecuador a partir del año 2015 por un valor del 15% adicional para equipos de medición de variables eléctricas, pero no para equipos de medición de caudal, presión, temperatura, y PH (Comité de comercio Exterior, s.f.).

Tabla 4.1. Costo de sensores

Detalle del sensor	Marca	Modelo	Cantidad	Valor Unitario	Valor total	Salva-guardias (15%)	Precio final
Transmisor de caudal	Endress & Hauser	Promag 10	3	\$ 2,921.00	\$ 8,763.00	\$ 0.00	\$ 8,763.00
Transmisor de caudal	Burkert	8035	3	\$ 765.00	\$ 2,295.00	\$ 0.00	\$ 2,295.00
Sensor inductivo	SICK	IME18	6	\$ 44.00	\$ 264.00	\$ 39.60	\$ 303.60
Transmisor de temperatura	Endress & Hauser	Omnigrad TR10	5	\$ 272.00	\$ 1,360.00	\$ 0.00	\$ 1,360.00
Transmisor de presión neumática	Endress & Hauser	Cerabar PMC51	7	\$ 1,014.16	\$ 7,099.12	\$ 0.00	\$ 7,099.12
Monitor de gases múltiples	Oldham	MX43	2	\$ 1,260.00	\$ 2,520.00	\$ 0.00	\$ 2,520.00
Transmisor de PH	Endress & Hauser	CM14	3	\$ 612.00	\$ 1,836.00	\$ 0.00	\$ 1,836.00
Transmisor de voltaje	Phoenix Contact	2813486	4	\$ 280.50	\$ 1,122.00	\$ 168.30	\$ 1,290.30
Transmisor de corriente	Phoenix Contact	2811103	4	\$ 532.50	\$ 2,130.00	\$ 319.50	\$ 2,449.50
Controlador de factor de potencia	Beluk	BLR-CM-12-MB	1	\$ 199.00	\$ 199.00	\$ 29.85	\$ 228.85
						Subtotal	\$ 28,145.37

	IVA (12%)	\$ 3,377.44
	Salida de divisas 5%	\$ 1,407.27
	Transporte y desaduanización (30%)	\$ 8,443.61
	TOTAL	\$ 41,373.69

Fuente: Autores

Desde la figura 4.1 hasta 4.10 se observan los precios publicados en las páginas de los distribuidores:

Electromagnetic flowmeter Promag 10D						
Power Supply; Display	Diameter	1 to 5	6 to 10	11+		Qty
85-250VAC; 2-line, push buttons	DN25	2,921.00	2,716.00	2,570.00	10D25-5CGA1AA0A4AAM1	<input type="text"/>
	DN40	2,921.00	2,716.00	2,570.00	10D40-5CGA1AA0A4AAM1	<input type="text"/>
	DN50	2,921.00	2,716.00	2,570.00	10D50-5CGA1AA0A4AAM1	<input type="text"/>
	DN65	3,128.00	2,909.00	2,753.00	10D65-5CGA1AA0A4AAM1	<input type="text"/>
	DN80	3,128.00	2,909.00	2,753.00	10D80-5CGA1AA0A4AAM1	<input type="text"/>
	DN100	3,316.00	3,084.00	2,918.00	10D1H-5CGA1AA0A4AAM1	<input type="text"/>
10-28VAC / 11-40VDC; 2-line, push buttons	DN25	2,921.00	2,716.00	2,570.00	10D25-5CGA1AA0A5AAM1	<input type="text"/>
	DN40	2,921.00	2,716.00	2,570.00	10D40-5CGA1AA0A5AAM1	<input type="text"/>
	DN50	2,921.00	2,716.00	2,570.00	10D50-5CGA1AA0A5AAM1	<input type="text"/>
	DN65	3,128.00	2,909.00	2,753.00	10D65-5CGA1AA0A5AAM1	<input type="text"/>
	DN80	3,128.00	2,909.00	2,753.00	10D80-5CGA1AA0A5AAM1	<input type="text"/>
	DN100	3,316.00	3,084.00	2,918.00	10D1H-5CGA1AA0A5AAM1	<input type="text"/>

Figura 4.1. Listado de precios para el sensor de caudal Promag 10

Fuente: (Endress & Hauser, s.f.)

Type 8025/SE30 Transmitter Electronics (SE30 attaches to S030 Fitting)			
Specification	Power	Unit Price	Select Part#
8025 Panel Mount Flow Transmitter with 4-20mA output, pulse output, and 2 totalizers	12-30VDC	\$765.00	418992Q
8025 Panel Mount Flow Transmitter with 4-20mA output, pulse output, 2 totalizers, 2 relays	12-30VDC	\$914.00	418994J
8025 Wall Mount Flow Transmitter with 4-20mA output, pulse output, and 2 totalizers	12-30VDC	\$911.00	418397T
8025 Wall Mount Flow Transmitter with 4-20mA output, pulse output, 2 totalizers, 2 relays	12-30VDC	\$1,078.00	418396S
8025 Wall Mount Flow Transmitter with 4-20mA output, pulse output, and 2 totalizers	115-230VAC	\$1,127.00	418400B
8025 Wall Mount Flow Transmitter with 4-20mA output, pulse output, and 2 totalizers, 2 relays	115-230VAC	\$1,284.00	418399D
SE30 Coil Sensor. For use only with 8025 Wall Mount Flow Indicator, 9V (418402Z)	N/A	\$130.00	423912C
SE30 Hall Sensor. For use with 8025 Flow Transmitters. Attaches to S030 Fitting	N/A	\$144.00	423914E

Figura 4.2. Listado de precios para el sensor Burkert 8035

Fuente: (The Valve Shop, 2015)



IME18-05BNSZC0S

Fabricado por SICK OPTIC ELECTRONIC (1040942); IME18-05BNSZC0S; STANDAR SN, FLUSH, NPN, NO, M12 CONNECTOR
Peso: 0.128 lbs

Precio de lista- \$44,00

Ahorre un 48 %, ver más abajo

Última actualización de precio: 09/01/2015

Ha visto esto por menos?

Figura 4.3. Precio del sensor IME 18

Fuente: (PLC Center, s.f.)

Product/Version	Price/pcs. in USD			Order code	Qty
RTD sensor TST187					
Terminal Type	Immersion Length L	1 to 5	6 to 10	11+	
Flying leads	120 mm	272.00	253.00	239.00	TST187-1A2A <input type="text"/>
	160 mm	272.00	253.00	239.00	TST187-1A2B <input type="text"/>
	250 mm	289.00	269.00	255.00	TST187-1A2C <input type="text"/>
	400 mm	289.00	269.00	255.00	TST187-1A2D <input type="text"/>
Terminal block	120 mm	286.00	266.00	252.00	TST187-1A3A <input type="text"/>
	160 mm	286.00	266.00	252.00	TST187-1A3B <input type="text"/>
	250 mm	303.00	282.00	267.00	TST187-1A3C <input type="text"/>
	400 mm	303.00	282.00	267.00	TST187-1A3D <input type="text"/>

[Back to top](#)

[Add to Cart](#)

Figura 4.4. Lista de precios de sensores de temperatura serie Omnigrad

Fuente: (Endress&Hauser, s.f.)

USA Blue Book
Get the Best Treatment™

Products | Contact Us | Resources

Now In: Level & Pressure / Pressure Transmitters / E+H Cerabar M PMC51 Pressure Transmitter, Bli

E+H Cerabar M PMC51 Pressure Transmitter, Blind, 0-60PSI
✉ E-mail this product to a friend

- Impervious to abrasion and deep vacuum conditions
- High accuracy to $\pm 0.1\%$ of set span
- Choose from blind transmitters or transmitters with LCD display

Item: 37238
Weight: 2.0 lbs
Catalog Price: **\$1,014.16**

Quantity: [Add to Cart](#) [Add to Wish List](#)

Figura 4.5. Precio del sensor de presión Cerabar M

Fuente: (USA Blue Book, s.f.)

Part numbers	Description	Price (Euros)
WMX43M-4-1-A-0-0-0	Wall mounted MX 43, 4 lines, menus in French, with strobe and horn	1,260
WMX43M-4-1-A-B-0-0	Wall mounted MX 43, 4 lines, menus in French, with strobe and horn, with battery	1,475
WMX43M-4-2-A-B-0-1	Wall mounted MX 43, 4 lines, menus in English, with strobe and horn, with battery and RS485 Modbus output	1,595
WMX43M-8-1-A-0-0-0	Wall mounted MX 43, 8 lines, menus in French, with strobe and horn	1,800
WMX43M-8-1-A-B-0-0	Wall mounted MX 43, 8 lines, menus in French, with strobe and horn, with battery	2,015
WMX43M-8-1-A-B-0-1	Wall mounted MX 43, 8 lines, menus in French, with strobe and horn, with battery and RS485 Modbus output	2,135
WMX43R-8-2-0-0-0-0	Rack MX 43, 8 lines, menus in English, and manual in English	1,620
WMX43R-8-2-0-0-0-1	Rack MX 43, 8 lines, menus in English, and manual in English and RS485 Modbus output	1,740
WMX43E-4-1-A-B-0-0	Wall mounted MX 43, 4 lines, with 4 analog-input kit, menus in French, with strobe and horn, with battery	1,805
WMX43E-8-2-A-B-0-0	Wall mounted MX 43, 8 lines, with 8 analog-input kit, menus in English, with strobe and horn, with battery	2,715

ISO 9001:2000 CERTIFIED | ISO 14001:2001 CERTIFIED

OLDHAM AMERICAS ASIA PACIFIC EUROPE

Figura 4.6. Precio del sensor de gases múltiples Old Ham 43

Fuente: (Oldham, s.f.)

Product / Version	Price / pcs. in EUR	Order code
pH measuring kits	1 to 3 4 to 10 11+	
CM14 pH-Kit 1 complete measuring loop Transmitter, 10m measuring cable, digital sensor pH comb.Electrode CPS11D,A-glass 1-12 pH Memosens	612.- 550.- 489.-	71136420 1 Add to cart
CM14 pH-Kit 2 complete measuring loop Transmitter, 10m measuring cable, digital sensor pH comb.Electrode CPS11D,B-glass 1-14 pH Memosens	612.- 550.- 489.-	71136421 1 Add to cart
CM14 pH-Kit 3 complete measuring loop Transmitter, 10m measuring cable, digital sensor conductivity sensor CPF 81D, 0-11 pH Memosens	706.- 635.- 564.-	71136419 1 Add to cart
Product / Version	Price / pcs. in EUR	Order code

Figura 4.7. Listado de precios de sensores de PH

Fuente: (Endress&Hauser, s.f.)

All prices are in US dollars.				
Digi-Key Part Number	277-5011-ND	Price Break	Unit Price	Extended Price
Quantity Available	Digi-Key Stock: 3 Can ship immediately	1	280.50000	280.50
		10	258.06000	2,580.60
	Factory Stock ⓘ : 69	50	238.42500	11,921.25
Manufacturer	Phoenix Contact			
Manufacturer Part Number	2813486			
Description	CURRENT MEASURING TRANS 4-20MA			
Lead Free Status / RoHS Status	Lead free / RoHS Compliant			

Quantity	Item Number ⓘ	Customer Reference	
<input type="text" value="1"/>	277-5011-ND	<input type="text"/>	<input type="button" value="Add to Cart"/>



Image shown is a representation only. Exact specifications should be obtained from the product data sheet.

Figura 4.8. Precio del transmisor de voltaje Phoenix Contact

Fuente: (Digikey, s.f.).

All prices are in US dollars.				
Digi-Key Part Number	277-4884-ND	Price Break	Unit Price	Extended Price
Quantity Available	Digi-Key Stock: 5 Can ship immediately	1	532.50000	532.50
		10	489.90000	4,899.00
	Factory Stock ⓘ : 34	50	452.62500	22,631.25
Manufacturer	Phoenix Contact			
Manufacturer Part Number	2811103			
Description	VOLT MEASURING TRANS 20-440VAC			
Lead Free Status / RoHS Status	Lead free / RoHS Compliant			

Quantity	Item Number ⓘ	Customer Reference	
<input type="text" value="1"/>	277-4884-ND	<input type="text"/>	<input type="button" value="Add to Cart"/>



Image shown is a representation only. Exact specifications should be obtained from the product data sheet.

When requested quantity exceeds displayed pricing table quantities, a lesser unit price may appear on your order. You may submit a [request for quotation](#) on quantities which are greater than those displayed in the pricing table.

Figura 4.9. Precio del transmisor de corriente Phoenix Contact

Fuente: (Digikey, s.f.).

Date	HS Code	Description	Destination	Port of Loading	Unit	Quantity	Value (INR)	Per Unit (INR)
27-Mar-2015	85364900	POWER FACTOR CONTROL RELAY , 90-550V , 1/5A , 50Hz , BLR CX 08 R , SL# 1194892-1194893	Iran	Banglore Air Cargo	NOS	2	27,280	13,640
21-Oct-2014	85364900	POWER FACTOR CONTROL RELAY POWER ANALYSER + HARMONIC ANALYSER S/N AS PER INV	France	Banglore Air Cargo	NOS	1	32,601	32,601
13-Oct-2014	85369010	BLR CM 12T MB POWER FACTOR CONTROL RELAY+ POWER ANALYSER + HARMONIC ANALYSER TRANSISTOR OUPUT+SINGLE CT SENSING RS 485	United Arab Emirates	Banglore Air Cargo	NOS	1	35,125	35,125

Figura 4.10. Listado de precios del controlador de factor de potencia. Los precios están en rupias y se convierten a dólares americanos

Fuente: (Zaub, s.f.).

4.1.2. Costo de sistema de adquisición de datos

Para el sistema de adquisición de datos se seleccionó una tarjeta de adquisición NI PCIe-6320 de National Instruments (figura 4.11). Esta tarjeta debe instalarse en los servidores de la Editorial Don Bosco.

La utilización de tarjetas de adquisición disminuye el costo total del sistema pues puede funcionar conjuntamente con otros servidores dentro del cuarto de telecomunicaciones de la editorial, sin la necesidad de instalar un sistema de adquisición propio para la maquinaria.



Figura 4.11. Tarjeta de adquisición NI PCIe-6320

Fuente: (National Instruments, s.f.)

La tarjeta de adquisición de datos NI PCIe-6320 tiene las siguientes características (National Instruments, s.f.):

- 16 entradas analógicas, 250 kS/s (1000 samples / second), resolución de 16 bits, ± 10 V
- 24 líneas de entradas y salidas digitales (8 temporizadas por hardware hasta 1 MHz)
- Cuatro contadores/temporizadores de 32 bits para PWM, codificador, contar eventos y más

- Temporización y disparo avanzados con la tecnología NI-STC3 de temporización y sincronización.
- Software controlador NI-DAQmx y software interactivo NI LabView Signal Express LE para registro de datos
- Soporte para Windows 7/Vista/XP/2000
- Tarjeta con factor de forma PCI Express
- Medición mediante codificadores de cuadratura, señales digitales, frecuencia y voltaje.
- Precisión: 69uV
- Rango de voltaje máximo: 5V para entradas digitales, -10 a 10V para entradas analógicas.

Información General
Especificaciones
Precios
Recursos

Cada NI PCIe-6320 requiere:
 Mueva los íconos a continuación y conozca por qué necesita cada producto en el paquete.


 1 Bloque Conector


 1 Cable


 NI PCIe-6320


 Software

NI PCIe-6320 y Accesorios

NI PCIe-6320 - 781043-01	Cant. <input style="width: 30px;" type="text" value="1"/>	\$ 580 cada uno
Accesorios Requeridos		
Bloque Conector - Terminal de Tornillo SCB-68A - 782536-01	Cant. <input style="width: 30px;" type="text" value="1"/>	\$ 360 cada uno
Cable - Blindado SHC68-68-EPM Cable (2m) - 192061-02 Seleccionar longitud: <input style="width: 100px;" type="text" value="2m"/>	Cant. <input style="width: 30px;" type="text" value="1"/>	\$ 155 cada uno

Cambiar Accesorios

Conozca todos los accesorios compatibles y obtenga recomendaciones de acuerdo a las necesidades de su aplicación.

Días Estimados de Envío: 5 - 7
Subtotal: \$ 1.095

Añadir al Carro >>

Figura 4.12. Listado de precios del sistema de adquisición de datos

Fuente: (National Instruments, s.f.).

En la tabla 4.2 se observa el detalle de precios de la tarjeta de adquisición seleccionada y los elementos requeridos para su instalación.

Tabla 4.2. Costo de sistema de adquisición de datos²

Descripción	Marca	Modelo	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Tarjeta de adquisición de datos 16 entradas analógicas, 24 entradas digitales	National Instruments	NI PCIe-6320	1	\$ 580.00	\$ 580.00
Bloque conector con terminales de tornillo	National Instruments	SCB-68 ^a	1	\$ 360.00	\$ 360.00
Cable blindado de conexión	National Instruments	SHC68-68-EPM	1	\$ 155.00	\$ 155.00
Subtotal					\$ 1,095.00
IVA (12%)					\$ 131.40
Salida de divisas (5%)					\$ 54.75
Transporte y desaduanización (30%)					\$ 328.50
Salvaguardias (15%)					\$ 164.25
TOTAL					\$ 1,773.90

Fuente: Autores

4.1.3. Costo de software

Adicional al sistema de adquisición de datos, se debe tomar en cuenta el software requerido para el diseño, implementación y mantenimiento del sistema SCADA, el cual está en función del diseño realizado en el capítulo anterior del presente tema de tesis.

Así, el software requerido consta de la suite de programación LabView de National Instruments, y el módulo DSC para la administración de alarmas y reportes. En la

² Las referencias de precios fueron tomadas directamente del fabricante en www.ni.com. Los precios fueron recuperados el 29 de abril de 2015.

tabla 4.3 se muestra el costo de los dos paquetes de software requeridos. De igual manera, en la figura 4.13 se observa la lista de precios del software requerido.

Usted puede seleccionar el software para su sistema. Haga clic en "Siguiente" para continuar.

[Regresar](#) [Ver Detalles](#) [Siguiente](#)

Programa de Servicio Estándar (SSP)	
Programa de Servicio Estándar (SSP)	1 Year(s) [editar]
Programación Gráfica con LabVIEW Ayuda para escoger	
LabVIEW Development Systems Precio (*incluye 1 año(s) de SSP)	
<input checked="" type="checkbox"/> Sistema de Desarrollo Profesional de LabVIEW para Windows Inglés ▾	\$ 5.500
<input type="checkbox"/> Sistema de Desarrollo Completo de LabVIEW para Windows Inglés ▾	\$ 3.300
LabVIEW Modules Precio (*incluye 1 año(s) de SSP)	
<input checked="" type="checkbox"/> LabVIEW Datalogging and Supervisory Control Module	\$ 2.935
Esta opción de software incluye 1 año(s) de Servicio Estándar (SSP) [editar]	
! 1 LabVIEW Datalogging and Supervisory Control Module(s) han sido añadidos a su configuración.	
<input type="checkbox"/> NI LabVIEW Real-Time Module	\$ 2.960
<input type="checkbox"/> Módulo LabVIEW FPGA	\$ 2.960
<input type="checkbox"/> LabVIEW Control Design and Simulation Module	\$ 2.330
<input type="checkbox"/> Módulo LabVIEW Statechart	\$ 1.710
<input type="checkbox"/> Vision Builder for Automated Inspection	\$ 2.220

Resumen

Mi Configuración

Inicie una sesión para obtener su No. de Configuración Beneficios

Precio Total: 8.435

Pasos Siguientes

- Cotización al Instante
- Añadir a Carro
- Guardar en la Lista de Productos
- Imprimir Resumen
- Descargar a Excel
- Guardar Configuración
- Enviar y Compartir

Figura 4.13. Lista de precios de software National Instruments

Fuente: (National Instruments, s.f.).

Cabe recalcar que no se considera el costo de licenciamiento de Microsoft Windows Server, pues se tiene como supuesto inicial que el sistema será instalado en los servidores actuales con los que cuenta la Editorial Don Bosco, caso contrario dicho costo debe ser considerado.

Tabla 4.3. Costo de software³

Descripción	Marca	Modelo	Cant.	Valor unitario	Valor total
LabView Professional Development System, Windows	National Instruments	776678-35	1	\$ 5,500.00	\$ 5,500.00
LabView DSC Module, Windows	National Instruments	778311-35	1	\$ 2,935.00	\$ 2,935.00
Subtotal					\$ 8,435.00
IVA (12%)					\$ 1,012.20
Salida de divisas (5%)					\$ 421.75
Transporte y desaduanización					\$ 2,530.50
TOTAL					\$ 12,399.45

Fuente: Autores

4.2. Análisis de costos

El análisis de costos se realizará tomando en cuenta los siguientes métodos:

- Relación Beneficio / Costo
- Valor Actual Neto (VAN) y Tasa interna de retorno (TIR)
- Recuperación de Capital

³Las referencias de precios fueron tomadas directamente del fabricante en www.ni.com. Los precios fueron recuperados el 08 de julio de 2015.

4.2.1. Relación Beneficio Costo

Mediante este análisis podemos cuantificar los beneficios generados al implementar el SCADA, los cuales se resumen en los siguientes puntos:

- Disminución del tiempo fuera de servicio de la maquinaria
- Disminución de gastos de operación y mantenimiento

Con estos parámetros podemos calcular la factibilidad costo-beneficio según la siguiente relación:

$$\frac{\text{Beneficio}}{\text{costo}} > 1$$

Donde se puede inferir que si la relación es mayor a uno, la implementación del sistema es factible.

4.2.1.1. Tiempo de maquinaria fuera de servicio

Se tomaron las horas de maquinaria fuera de servicio registradas durante el año 2014 por el departamento de mantenimiento de la Editorial Don Bosco. Las horas de maquinaria fuera de servicio, incluyendo tiempos de mantenimiento se puede observar en la tabla 4.4.

Tabla 4.4. Horas de maquinaria fuera de servicio registradas por el departamento de mantenimiento de la Editorial Don Bosco durante el año 2014

Maquinaria	Horas fuera de servicio
Prensas	300
Doblado	24
Encuadernación	178
Guillotina	23
Preprensa	62
TOTAL	587

Fuente: Autores

Los costos de utilización de máquinas y de trabajo del personal técnico por horas se muestran en la tabla 4.5.

Estos costos representan los volúmenes mínimos que pueden manejar las máquinas, costos de materia prima y de recursos adicionales (agua, aire comprimido, consumo de energía, etc.).

Tabla 4.5. Costos por hora de utilización de maquinaria

Máquina	Costo hora hombre	Mínimo por trabajo
Guillotina	\$ 3.54	\$ 15.00
Preprensa	\$ 3.74	\$ 3.00
Prensa	\$ 3.74	\$ 22.00
Dobladoras	\$ 3.38	\$ 20.00
Encoladora	\$ 3.37	\$ 50.00
Plastificadora	\$ 3.37	\$ 35.00
Cosedora	\$ 3.37	\$ 20.00
	* Encuadernación	

Fuente: Autores

La utilización de la maquinaria existente está en función del volumen de trabajo de la editorial, pero para poder calcular el costo por horas fuera de servicio se supone que la editorial está a carga máxima de producción.

Tomando en cuenta este particular, el costo por horas fuera de servicio se muestra en la tabla 4.6.

Tabla 4.6. Costo por horas fuera de servicio de maquinaria

Máquina	Costo por hora de funcionamiento	Horas fuera de servicio	Costo por horas fuera de servicio anual
Guillotina	18,54	23	\$ 426,42
Preprensa	\$ 6,74	62	\$ 417,88
Prensa	\$ 25,74	300	\$ 7.722,00
Dobladoras	\$ 23,38	24	\$ 561,12
Encuadernación	\$ 115,11	178	\$ 20.489,58
TOTAL DE COSTOS POR HORAS FUERA DE SERVICIO			\$ 29.617,00

Fuente: Autores

4.2.1.2. Costos de operación mantenimiento

Además, se consideran los costos adicionales generados por mantenimiento y funcionamiento de la maquinaria en la Editorial Don Bosco. Estos costos reflejan los parámetros que son afectados directamente por el sistema SCADA diseñado como son: Agua para prensas, control del factor de potencia, mantenimiento correctivo y preventivo, y control de maquinaria para evitar el desperdicio de materia prima. En la tabla 4.7 se observan los costos adicionales generados en el mes de marzo de 2015.

Tabla 4.7. Costos adicionales de mantenimiento y funcionamiento

Costos adicionales	Valor mensual	Valor anual
Consumo de agua	\$ 723,15	\$ 8.677,80
Multa por bajo factor de potencia	\$ 465,00	\$ 5.580,00
Costo por mantenimiento	\$ 6.200,00	\$ 74.400,00
Costo de desperdicio de materia prima	\$ 553,00	\$ 6.636,00
TOTAL	\$ 7.941,15	\$ 95.293,80

Fuente: Autores

4.2.1.3. Beneficio económico de la implementación del sistema SCADA

Para obtener el beneficio económico de la implementación del sistema SCADA diseñado para la Editorial Don Bosco se utilizará una aproximación descrita por Cegrell-Dahlfors para sistemas SCADA en sistemas eléctricos de potencia (T. & F., 1984), donde se establecen beneficios entre el 20% y 50% de ahorro al implementar un sistema SCADA. Resumiendo los valores descritos en los puntos anteriores podemos calcular el valor total mensual por mantenimiento y operación de la maquinaria, y aplicar un 20% de ahorro, con lo que obtenemos los valores mostrados en la tabla 4.8.

Tabla 4.8. Beneficio anual de la aplicación del sistema SCADA diseñado

Valores	Sistema actual	Sistema con SCADA	Beneficio anual
Costo por horas fuera de servicio	\$ 29.617,00	\$ 23.693,60	\$ 5.923,40
Costos adicionales de mantenimiento y funcionamiento	\$ 95.293,80	\$ 76.235,04	\$ 19.058,76
TOTAL	\$ 124.910,80	\$ 99.928,64	\$ 24.982,16

Fuente: Autores

Estos valores deben ser considerados como valores presentes, para lo cual se aplica la siguiente fórmula (Fiallos, 2004):

$$Vp = Va * \left(\frac{(1 + i)^n - 1}{i * (1 + i)^n} \right)$$

Donde:

Vp= valor presente

Va= valor anual

n= vida útil del proyecto, para el caso de la editorial será de 15 años

i= tasa de interés activa, tomada en base a las tasas establecidas por el Banco Central del Ecuador, la cual es de 7.31% para marzo del 2015 (Banco Nacional de Fomento, s.f.)

Aplicando la fórmula anteriormente descrita, y extrapolando los valores mensuales a valores anuales se tienen los datos mostrados en la tabla 4.9.

Tabla 4.9. Valor presente del beneficio del proyecto

Valor anual del beneficio calculado	Vida útil del proyecto	tasa de interés activa	Valor presente
\$ 24.982,16	15	7.31	\$ 34.166,20

Fuente: Autores

4.2.1.4. Costos de implementación

Sumando los costos de implementación descritos en el capítulo 4.1, obtenemos los valores mostrados en la tabla 4.10.

Tabla 4.10. Costos totales de implementación

Costo de sensores	\$ 41,373.69
Costo de sistema de adquisición de datos	\$ 1,773.90
Costo de software	\$ 12,399.45
Total de costo de implementación	\$ 55,547.04

Fuente: Autores

Con estos valores podemos calcular la relación costo-beneficio:

$$\frac{\text{Beneficio}}{\text{costo}} = \frac{34,166.20}{55,547.04} = 0.6151$$

Con lo que se puede deducir que no es rentable al corto plazo, pero para poder realizar una conclusión basada en el pago de la inversión durante los años, se requiere calcular el VAN y el TIR.

4.2.2. Valor Actual Neto y Tasa interna de retorno del proyecto

El valor actual neto y la tasa interna de retorno de un proyecto de inversión, son dos herramientas financieras que permiten a los empresarios evaluar la rentabilidad de un proyecto y la viabilidad del mismo.

4.2.2.1. Valor Actual Neto (VAN)

El valor actual neto de un proyecto permite conocer en términos actuales el valor total de un proyecto, basándose en la premisa de que el dinero cambia de valor con el paso del tiempo. Permite determinar si luego de pagar la inversión inicial en un proyecto de inversión, se genera o no una ganancia. Cuando se tienen varios proyectos de inversión, el valor actual neto nos permite decidir cuál de las opciones es la más viable.

El valor actual neto o VAN se calcula mediante los flujos de caja requeridos para el proyecto (beneficio) y la inversión para cada periodo de tiempo en el que dure el proyecto. Para el caso de la editorial, se consideró el gasto de mantenimiento mensual de \$6200 expresado en el subcapítulo anterior y un beneficio de \$24.982,16 ocasionados por el 20% en ahorro gracias al sistema SCADA. Además dicho valor está actualizado con el interés del 7.13% establecido por el Banco Central del Ecuador para marzo del 2015.

Para el cálculo del VAN se aplica la siguiente ecuación:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{R_t}{(1+i)^t}$$

Donde:

R_t = flujo neto efectivo de caja

i = tasa de interés activa (7.31%)

t = periodo del flujo de caja (años)

n = periodo total de la inversión (15 años)

El flujo neto efectivo de caja, o valor neto, es el resultado de restar los gastos de mantener la inversión (en el caso de la editorial es el costo de mantenimiento del sistema) del ingreso de caja (ingreso ocasionado por la inversión, o en el caso de la editorial, el ahorro ocasionado por la implementación del sistema SCADA).

De esta manera, el VAN se calcula desglosando la ecuación anterior de la siguiente manera:

$$VAN = -A + \frac{Q_1}{(1+i)^1} + \frac{Q_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{Q_t}{(1+i)^t}$$

Donde:

A = valor de la inversión

Q_t =valor neto =ingreso – gasto

i = tasa de interés activa (7.31%)

t = periodo del flujo de caja (años)

Para seleccionar si un proyecto es viable basándonos en el valor actual neto evaluaremos los siguientes criterios de elección (Área de Pymes, s.f.):

- Las inversiones realizables serán aquellas que nos proporcionen un VAN positivo.
- Las inversiones se graduarán de mayor a menor VAN.
- Tomaremos siempre como mejor inversión la que mayor VAN provoque.

4.2.2.2. Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno es “la tasa de descuento de un proyecto de inversión que permite que el beneficio neto anual sea menor que la inversión” (K., s.f.). Para el cálculo del mismo se debe igualar el VAN a cero, y despejar el interés.

$$\sum_{t=1}^n \frac{R_t}{(1+i)^t} = 0$$

Desglosando la ecuación anterior, la TIR se calcula siguiendo el siguiente procedimiento:

$$TIR = -A + \frac{Q_1}{(1+i)^1} + \frac{Q_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{Q_t}{(1+i)^t} = 0$$

Donde:

A= valor de la inversión

Qt=valor neto =ingreso – gasto

i= tasa de interés activa (7.31%)

t= periodo del flujo de caja (años)

Aplicando las ecuaciones anteriormente mencionadas, se tienen los datos mostrados en la tabla 4.11:

Tabla 4.11. Cálculo del VAN y el TIR del proyecto de implementación SCADA

Año	Ingresos	Gastos	Valor neto	VAN
0	\$ 0.00	\$ 55,547.04	(\$ 55,547.04)	(\$ 55,547.04)
1	\$ 24,982.16	\$ 6,200.00	\$ 18,782.16	\$ 10,850.47
2	\$ 24,982.16	\$ 6,200.00	\$ 18,782.16	\$ 6,268.32
3	\$ 24,982.16	\$ 6,200.00	\$ 18,782.16	\$ 3,621.22
4	\$ 24,982.16	\$ 6,200.00	\$ 18,782.16	\$ 2,091.98
5	\$ 24,982.16	\$ 6,200.00	\$ 18,782.16	\$ 1,208.54
6	\$ 24,982.16	\$ 6,200.00	\$ 18,782.16	\$ 698.17
7	\$ 24,982.16	\$ 6,200.00	\$ 18,782.16	\$ 403.34
8	\$ 24,982.16	\$ 6,200.00	\$ 18,782.16	\$ 233.01
9	\$ 24,982.16	\$ 6,200.00	\$ 18,782.16	\$ 134.61
10	\$ 24,982.16	\$ 6,200.00	\$ 18,782.16	\$ 77.76
11	\$ 24,982.16	\$ 6,200.00	\$ 18,782.16	\$ 44.92
12	\$ 24,982.16	\$ 6,200.00	\$ 18,782.16	\$ 25.95
13	\$ 24,982.16	\$ 6,200.00	\$ 18,782.16	\$ 14.99
14	\$ 24,982.16	\$ 6,200.00	\$ 18,782.16	\$ 8.66
15	\$ 24,982.16	\$ 6,200.00	\$ 18,782.16	\$ 5.00
VAN				\$ 81,233.98
TIR				33.36%

Fuente: Autores

Para observar la disminución del VAN en el tiempo, se muestra la evolución del mismo en la figura 4.14.

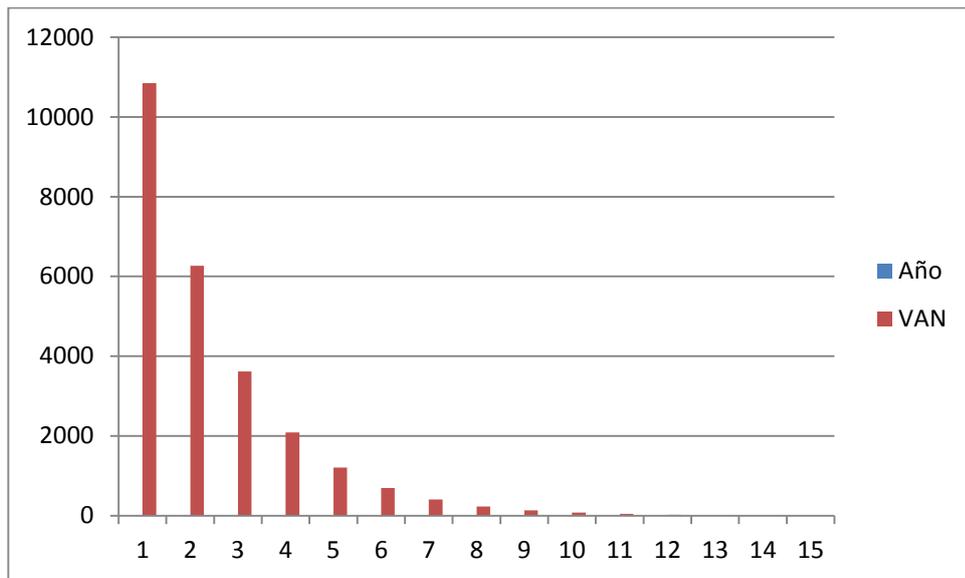


Figura 4.14. Evolución del VAN en el tiempo

4.2.3. Recuperación del capital

Para obtener el periodo de recuperación del capital invertido, se toma en cuenta el valor de la inversión, y los beneficios totales obtenidos por el proyecto, considerando su valor presente. De esta manera, se procede con el cálculo aplicando la siguiente ecuación:

$$RC = \frac{Co}{Bi}$$

Donde:

RC = Periodo de recuperación del capital

Co= Inversión inicial

Bi= Beneficios totales en valor presente

Entonces se tiene:

$$RC = \frac{55547.04}{34166,22}$$

$$RC = 1.63 \text{ años}$$

Con los resultados del cálculo del VAN, el TIR, y el tiempo de recuperación del capital, se concluye que la implementación del sistema SCADA para la Editorial Don Bosco, es económicamente viable.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- La aplicación de un sistema SCADA (*Supervisory control and data acquisition*) en el proceso de producción en la Editorial Don Bosco, permitirá la reducción de un 20% en los costos de mantenimiento. Además constituye una herramienta de apoyo para el personal, tanto de supervisión como del mantenimiento de la empresa, pues se podrá conocer el estado de funcionamiento de las máquinas en cualquier momento.
- Tomando en consideración la posibilidad de acceso remoto al sistema SCADA diseñado, permitiría a la persona responsable de mantenimiento de la Editorial, el acceso desde cualquier parte del mundo, lo que significa un control sin interrupciones de los parámetros más importantes de la maquinaria y del proceso.
- La utilización del módulo DSC (*Datalogging, Supervisory and Control*) en LabView facilita la programación de administración y gestión de eventos y alarmas en las variables de máquina y del proceso, permitiendo al administrador del sistema configurar los valores de disparo de alarmas de una manera sencilla, sin la necesidad de modificar el código fuente.
- Del análisis de costos directos para implementación de este proyecto, se desprende que la inversión en un sistema SCADA no es viable, debido a que los costos se recuperan a largo plazo, pero al momento de analizar otras herramientas financieras y considerando los costos indirectos como el tiempo de mantenimiento y el costo del tiempo de maquinaria parada, se concluye que una inversión de esta naturaleza es económicamente factible, permitiendo a la empresa recuperar dicha inversión en menos de dos años.

- La utilización de este sistema SCADA en LabView implica costos elevados de licenciamiento de software, pero debido a su facilidad de programación e integración a protocolos comunes en la industria, convierte a esta plataforma de programación en la mejor opción para implementar un SCADA en la Editorial Don Bosco, permitiendo a los administradores del sistema realizar cambios sin la necesidad de conversar con el fabricante o incurrir en gastos de integración entre diferentes marcas.

Recomendaciones:

- La implementación de un sistema SCADA permitirá a la editorial Don Bosco disminuir significativamente sus gastos directos e indirectos de mantenimiento, por lo que su aplicación se recomienda a la brevedad del caso.
- El software realizado está en su versión beta, lo que significa que deben realizarse las pruebas físicas de implementación. Si bien la simulación nos da un buen referente del funcionamiento del sistema, al momento de implementar la plataforma física de sensores se deberán hacer cambios para asegurar un funcionamiento estable.
- Al momento de actualizar la maquinaria existente o adquirir nuevos equipos, se recomienda tomar en consideración el SCADA diseñado, específicamente en temas de comunicaciones, conexión de sensores y el sistema de adquisición de datos propuesto, con el objetivo de dar continuidad a la solución de mantenimiento y monitoreo a implementar, persiguiendo que el sistema pueda desarrollarse conjuntamente con los cronogramas de adquisición.
- En el supuesto de implementación del SCADA diseñado, se recomienda dar seguimiento al histórico de datos obtenidos de la maquinaria, lo cual permitiría ajustar los tiempos de mantenimiento preventivo y mantenimiento predictivo. El historial de datos de cada máquina permitiría al encargado de mantenimiento predecir los cambios de elementos críticos de los equipos, con lo cual se puede ajustar el cronograma de mantenimiento y disminuir el tiempo de maquinaria fuera de servicio. Además, el análisis de históricos del consumo de químicos en el proceso de impresión permitirá determinar con exactitud el volumen que debe utilizarse en cada trabajo en particular, logrando una disminución de tiempos de preparación de máquina.

GLOSARIO

SCADA: *Supervisory control and data acquisition* o Control, Supervisión y adquisición de datos

HMI: *Human Machine Interface* o Interfaz Hombre Máquina

RTU: *Remote Terminal Unit* o Unidades terminales remotas

PLC: *Programmable Logic Controller* o Controladores Lógicos Programables

WAN: *Wide Area Network* o Red de Área Amplia

LAN: *Local Area Network* o Red de Área Local

IP: *Internet Protocol* o protocolo de internet

IED: *Intelligent Electronic Device* o Dispositivo Electrónico Inteligente

OPC: *Object Linking and Embedding for Process Control* o Vinculación de objetos para el control de procesos

DAQ: *Data Acquisition* o Adquisición de Datos

CTP: *Computer to plate* o Computador a placa

DSC: *Datalogging, Supervisory and Control* o Registro, supervisión y control

BIBLIOGRAFÍA

- ADHEPSA MS, Mesal, soluciones químicas. (s.f.). *Hot Melt: Adhesivos industriales que inspiran innovación*. Recuperado el 04 de Febrero de 2015, de http://www.adhepsa.com/hot_melt.html
- ANÓNIMO. (s.f.). *Imágenes de control en plancha de CTP*. Recuperado el 26 de Enero de 2015, de <http://agrega.educacion.es>
- ÁREA de Pymes. (s.f.). *Inversiones en inmovilizado o existencias – Valor Actual Neto - VAN*. Recuperado el 07 de Julio de 2015, de <http://www.areadepymes.com/?tit=inversiones-en-inmovilizado-o-existencias-valor-actual-neto-van&name=Manuales&fid=ef0bcae>.
- BANCO Nacional de Fomento. (s.f.). *Tasas del Banco Central*. Recuperado el 01 de Mayo de 2015, de https://www.bnf.fin.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=53%3Atasas-del-banco-central&catid=20%3Atransparencia-de-informacion&Itemid=90&lang=es
- COLORS Gate Printing House Ltd. (s.f.). *CTP COMPUTER TO PLATE*. Recuperado el 26 de Enero de 2015, de <http://www.colors-gate.com/portfolio/ctp-computer-to-plate/>
- COMITÉ de comercio Exterior. (s.f.). *Resolución No. 011-2015*. Recuperado el 08 de Julio de 2015, de <http://www.comercioexterior.gob.ec/wp-content/uploads/2015/03/Resoluci%C3%B3n-011-2015.pdf>
- DIGIKEY. (s.f.). *Phoenix Contact 2811103*. Recuperado el 08 de Julio de 2015, de http://www.digikey.com/product-search/en?Keywords=2811103&WT.z_header=search_go
- DIGIKEY. (s.f.). *Phoenix Contact 2813486*. Recuperado el 08 de Julio de 2015, de http://www.digikey.com/product-search/en?Keywords=%202813486&WT.z_header=search_go
- ELECTRICAL Engineering Portal. (30 de Noviembre de 2014). *An introduction to SCADA for Electrical Engineers - Beginners*. Obtenido de <http://electrical-engineering-portal.com/an-introduction-to-scada-for-electrical-engineers-beginners>

- ELECTRICAL Engineering Portal. (s.f.). *Three generations of SCADA system architectures*. Recuperado el 05 de Enero de 2015, de <http://electrical-engineering-portal.com/three-generations-of-scada-system-architectures>
- ELMARK. (s.f.). *GraphWorX64 sample display oil rig*. Recuperado el 07 de Enero de 2015, de www.support.elmark.com.pl
- ENDRESS & Hauser. (s.f.). *Flow measuring system: Proline Promag 10D*. Recuperado el 08 de Julio de 2015, de <https://products.endressdirect.us/flow/10dxx>
- ENDRESS & Hauser Instruments International. (s.f.). *Technical Information Omnigrad M TR10 Modular RTD assembly thermowell and neck tube, thread*. Recuperado el 20 de Marzo de 2015, de https://portal.endress.com/wa001/dla/5000499/1557/000/03/TI00256ten_0111.pdf
- ENDRESS & Hauser Instruments International. (s.f.). *The sensor with degree of protection IP68 (Type 6P enclosure) and a modular electronic concept*. Recuperado el 19 de Marzo de 2015, de <http://www.endress.com/en/Tailor-made-field-instrumentation/Flow-measurement-product-overview/Product-Electromagnetic-flowmeter-Proline-Promag-50W>
- ENDRESS & Hauser International Instruments. (s.f.). *Presión absoluta y relativa Cerabar PMC51*. Recuperado el 07 de Septiembre de 2015, de <http://www.es.endress.com/es/productos/medicion-presion/transmisor-presion-capacitivo>
- ENDRESS & Hauser. Instruments International AG. (s.f.). *Technical information Liquiline CM14: 4-wire-controller base don digital memosens technology for pH/ORP, conductivity and oxigen*. Recuperado el 20 de Marzo de 2015, de https://portal.endress.com/wa001/dla/5000446/0205/000/00/TI494CEN_0111.pdf
- ENDRESS & Hauser. (s.f.). *Complete measuring point for ph/Redox, conductivity and oxygen with Memosens technology*. Recuperado el 08 de Julio de 2015, de <http://www.e-direct.endress.com/by/en/cm14-ph-o2-conductivity-liquiline>
- ENDRESS & Hauser. (s.f.). *RTD thermometer*. Recuperado el 08 de Julio de 2015, de <https://products.endressdirect.us/temperature/tst187>

- FARDUX. (s.f.). *IDEA Lite: 12-channel data logger module*. Recuperado el 10 de Enero de 2015, de <http://www.fardux.co.uk/product-detail/idea-lite#.VLR3nCuG9ic>
- FARDUX Ltd. (s.f.). *IDEA Lite Data Logger*. Recuperado el 11 de Enero de 2015, de http://www.fardux.co.uk/docs/default-source/PDF-Product-Documents/lite_datasheet.pdf?sfvrsn=0
- FIALLOS, D. (2004). *Estudios de factibilidad para implementar un sistema SCADA de distribución de la Empresa Eléctrica de EMELORO*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- ICONICS Inc. (s.f.). *HMI SCADA Software Solutions*. Recuperado el 07 de Enero de 2015, de <http://www.iconics.com/Home/Products/HMI-SCADA.aspx#.VK6zKSuG9ic>
- INDUCTIVE Automation. (s.f.). *What is SCADA*. Recuperado el 01 de Diciembre de 2014, de <https://www.inductiveautomation.com/what-is-scada>
- INFINITE Automation Systems Inc. (s.f.). *Full Feature List*. Recuperado el 10 de Enero de 2015, de <http://infiniteautomation.com/index.php/software-mango/10-mango-automation/12-mango-features>
- INFINITE Automation Systems Inc. (s.f.). *Graphic Dashboards, GUI's and HMI's*. Recuperado el 10 de Enero de 2015, de <http://infiniteautomation.com/index.php/software>
- INFINITE Automation Systems Inc. (s.f.). *Mango features*. Recuperado el 10 de Enero de 2015, de <http://infiniteautomation.com/index.php/software>
- K., A. (s.f.). *El VAN y el TIR*. (Crece Negocios) Recuperado el 01 de Mayo de 2015, de <http://www.crecenegocios.com/el-van-y-el-tir/>
- MASCHINENFABRIK Reinhausen. (s.f.). *Power Factor Regulator BLR-CM Reference Guide*. Recuperado el 20 de Marzo de 2015, de <http://www.reinhausen.com/XparoDownload.ashx?raid=38661>
- NATIONAL Communication System. (2004). *Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Systems*. Communication Technologies Inc. doi:NCS TIB 04-1
- NATIONAL Instruments. (s.f.). *¿Por qué escoger NI DAQ?* Recuperado el 02 de Diciembre de 2014, de <http://www.ni.com/data-acquisition/why-choose/esa/>

- NATIONAL Instruments. (s.f.). *Configurador NI Compact DAQ: Seleccione su software*. Recuperado el 08 de Julio de 2015, de <http://ohm.ni.com/advisors/compactdaq/pages/common/classic/modules.xhtml?conversationContext=1>.
- NATIONAL Instruments. (s.f.). *How can I send Email from LabView via a secure SMTP server such as Gmail?* Recuperado el 21 de Marzo de 2015, de www.digital.ni.com/public.nsf/allkb/484272384C2960AA8625749E006512EE
- NATIONAL Instruments. (s.f.). *NI cDAQ-9184 4-Slot Ethernet NI CompactDAQ Chassis*. Recuperado el 10 de Enero de 2015, de <http://www.ni.com/datasheet/pdf/en/ds-427>
- NATIONAL Instruments. (s.f.). *NI PCIe-6320 Adquisición de Datos de la Serie X*. Recuperado el 29 de Abril de 2015, de <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/207404>
- OLDHAM Inc. (s.f.). *Gas detection control panel MX43*. Recuperado el 20 de Marzo de 2015, de http://www.oldhamgas.com/sites/oldhamgas.com/files/product-specs/MX43_A4_EN_1_09DEC2013_LOWRES.pdf
- OLDHAM. (s.f.). *OLDHAM Product Bulletin*. Recuperado el 08 de Julio de 2015, de https://www.gmiuk.com/wp-content/uploads/2014/05/MX43_PB_ENG_29-11-12.pdf
- OPC Data Hub. (s.f.). *What is OPC?* Recuperado el 08 de Diciembre de 2015, de <http://www.opcdatahub.com/WhatIsOPC.html>
- OPENSCADA. (s.f.). *OpenSCADA: ATLANTIS*. Recuperado el 10 de Enero de 2015, de <http://opencada.org/projects/atlantis/>
- OPENSCADA. (s.f.). *OpenSCADA: Screenshots*. Recuperado el 10 de Enero de 2015, de <http://opencada.org/screenshots/>
- OPENSCADA. (s.f.). *OpenSCADA: UTGARD*. Recuperado el 10 de Enero de 2015, de <http://opencada.org/projects/utgard/>
- PENIN, A. R. (2007). *Sistemas SCADA* (Segunda ed.). Mexico DF, Mexico: Marcombo.
- PHOENIX Contact. (s.f.). *Current transducers – MCR-SL-S-100-I-L-P-2813486*. Recuperado el 20 de Marzo de 2015, de

- <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/pi?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=2813486&library=pien&pck=P&tab=2>
- PHOENIX Contact. (s.f.). *Voltage measuring transducers – MCR-VAC-UI-O-DC-2811103*. Recuperado el 20 de Marzo de 2015, de <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/pi?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=2811103&library=pien&tab=1>
- PLC Center. (s.f.). *IME18-05BNSZC0S*. Recuperado el 25 de Marzo de 2015, de <http://www.plccenter.com/buy/SICK+OPTIC+ELECTRONIC/IME1805BNSZC0S>
- POLAR Inc. (s.f.). *High-speed cutter POLAR N 115*. Recuperado el 26 de Enero de 2015, de <http://www.polar-mohr.com/en/high-speed-cutter-polar-n-115/111881.html>
- SCHNEIDER Electric. (Agosto de 2011). *SCADAPack 350E|357E Smart RTU. Telemetry & Remote SCADA Solutions*.
- SCHNEIDER Electric. (2014). *Remote Management of Critical Infrastructure, Clear SCADA*. Canadá: Telemetric & Remote SCADA Solutions.
- SCHNEIDER Electric. (s.f.). *Structure Ware SCADA Expert Clear SCADA – SCADA software for telemetry and remote SCADA applications*. Recuperado el 06 de Enero de 2015, de <http://www.schneider-electric.com/products/ww/en/6000-telemetry-remote-scada-systems/6030-remote-scada-software/61264-struxureware-scada-expert-clearscada/>
- SICK Inc. (s.f.). *Inductive sensor, IME series, IME18, DC3-wire, Standard series, Flush*. Recuperado el 19 de Marzo de 2015, de http://www.alfacomponent.com/r_sick/PDF/IME18_en.pdf
- SIEMENS. (2011). *Delivery Release: Simatic S7-1200 Firmware versión 2.2*. Recuperado el 01 de Diciembre de 2014, de <https://support.industry.siemens.com/cs/document/57027057?lc=en-ww>
- T., C., & F., D. (1984). *125 computerized Power System Control Centres and Experience Base Future*. International conference on Large High Voltage Electric System .
- THE Valve Shop. (19 de Marzo de 2015). *Burkert 8035 Flowmeter*. Obtenido de <http://www.thevalveshop.com/menu/sensors/8035.html>

USA Blue Book. (s.f.). *E+H Cerabar M PMC51 Pressure Transmitter Blind, 0-60PSI*. Recuperado el 08 de Julio de 2015, de <http://www.usabluebook.com/p-327528-eh-cerabar-m-pmc51-pressure-transmitter-blind-0-60psi.aspx>

VL, P. (2010). *ISA 95 & IEC/ISO 62264 (based on a talk by D.Brandl & P. Owen)*. Alemania: Technische Universitat Dresden.

ZAUBA. (s.f.). *Detailed export data of power factor controller*. Recuperado el 08 de Julio de 2015, de <https://www.zauba.com/export-POWER+FACTOR+CONTROLLER+RELAY/hs-code-8536-hs-code.html>.

ANEXOS

Anexo A: Codificación de maquinaria en la editorial

CODIFICACION DE MAQUINARIA EDB	
CODIGO	DESCRIPCION
01-01	CPT SCREEN.
01-02	BANDA TRANSPORTADORA
01-03	REVELADOR DE PLACAS PROTECK
01-04	SISTEMA DE EXTRACTORES DE GASES CTP
01-05	PLOTTER EPSON
01-06	PLOTTER MIMAKI
01-07	COPIADORA XEROX
01-08	PLOTTER HP 5500
01-09	PLOTTER EPSON 9900

02-01	ROLAND PARVA
02-02	UV LAMPARA
02-03	SISTEMA EXTRACTOR DE GASES UV
02-03	TROQUELADORA HEIDELBERG

03-01	AFILADORA GOCKEL
03-02	GUILLOTINAS PIVANO 118
03-04	GUILLOTINAS PIVANO 103
03-05	GUILLOTINA POLAR N115
03-06	IGUALADORA DE PAPEL POLAR
03-07	ELEVADOR DE PILAS DE PAPEL PIVANO 118
03-08	ELEVADOR DE PILAS DE PAPEL POLAR N115

04-01	PRENSA HEIDELBERG SM 102-4
04-02	PRENSA HEIDELBERG SM 102-2P
04-03	PRENSA HEIDELBERG SX 52

04-04	PRENSA HEIDELBERG QM 46
04-05	PRENSA ROLAND 700
04-06	VOLTEADORA DE PAPEL CHALLENGE

05-01	DOBLADORAS STAHL K78
05-02	DOBLADORAS STAHL K66
05-03	DOBLADORAS STAHL K66
05-04	DOBLADORA HEIDELBERG TH 82

06-01	EMBUCHADORA MULLER MARTINI.
06-02	ENCOLADORA PONY MULLER MARTINI.
06-03	ALZADORA DE PLIEGOS MULLER MARTINI.
06-04	TRILATERAL MULLER MARTINI.
06-05	COSEDORA FRESCIA.
06-06	COSEDORA MULLER MARTINI VENTURA.
06-07	TRILATERAL PIVANO FG.
06-08	PERFORADORA MINI MAX PLUS.
06-09	PERFORADORA MINI MAX.
06-10	RETRACTILADORA.
06-11	ENFUNDADORA.
06-12	PLASTIFICADORA ECUADORLINE.
06-13	GRAPADORA ACCORD.
06-14	ESPIRALADORA.
06-15	PERFORADORA CHALLENGE.
06-16	SISTEMA DE EXTRACTOR DE GASES ENCUADERNACIÓN

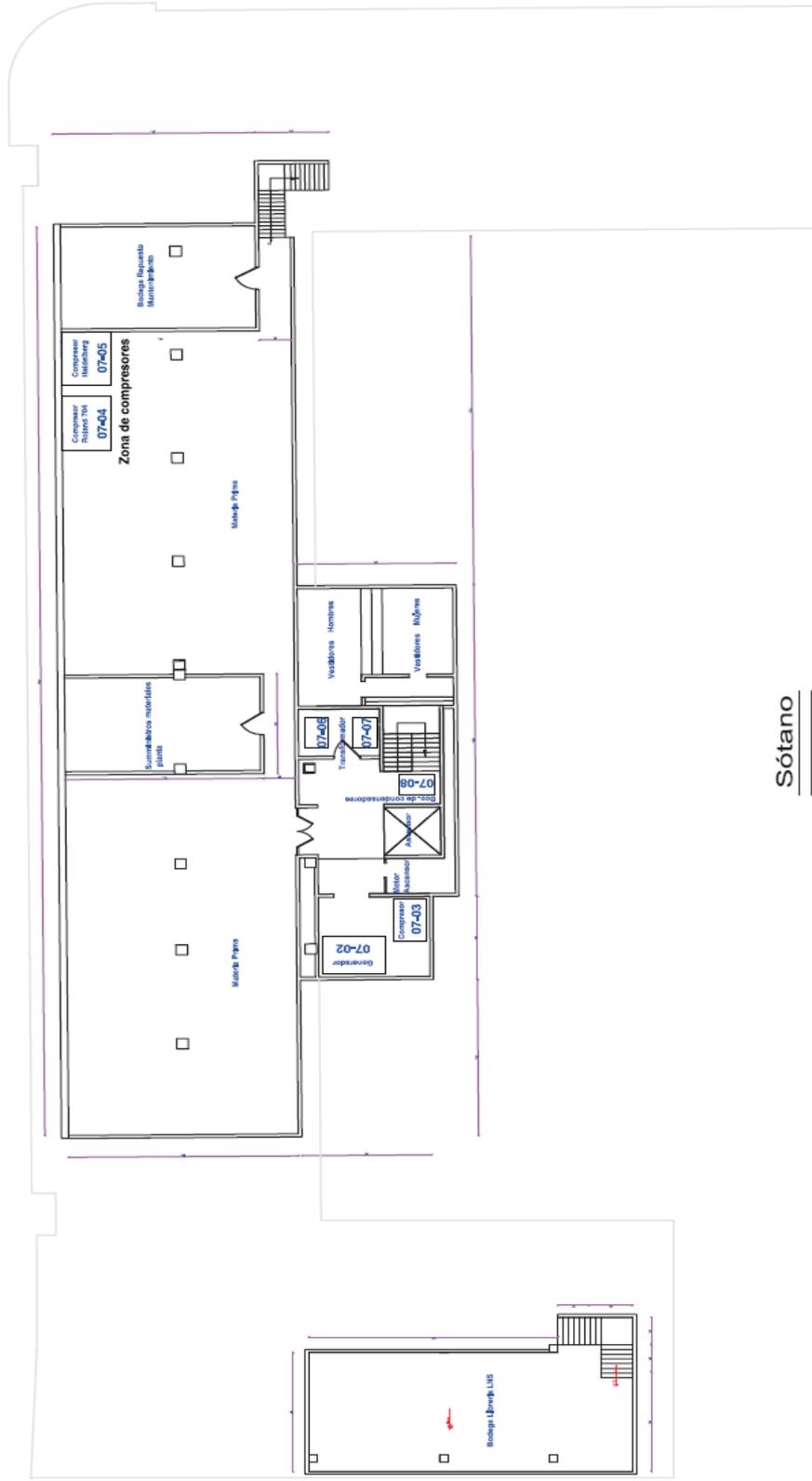
07-01	ASCENSOR DE CARGA.
07-02	GENERADOR KOHLER.
07-03	COMPRESOR INGERSOLL RAND GENERAL.
07-04	COMPRESOR INGERSOLL RAND ROLAND 700

07-05	COMPRESOR ATLAS COPCO HEIDELBERG SM 102-4
07-06	TRANSFORMADOR ALSTHOM 300 KVA.
07-07	TRANSFORMADOR ECUATRAN 300 KVA.
07-08	BANCO DE CONDENSADORES 1.
07-09	BANCO DE CONDENSADORES 2.
07-10	MONTACARGAS TOYOTA.

08-01	BOMBA DE AGUA CISTERNAS.
08-02	CISTERNAS TERRAZA.
08-03	CISTERNAS PLANTA BAJA.
08-04	SISTEMA HYDRONEUMATICO.

09-01	UPS DELTA 18 KVA
09-02	UPS 3 KVA LIBRERÍA
09-03	UPS DELTA 11 KVA
09-04	SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO COMPUTO

10-01	MOTOR PUERTA PRINCIPAL
-------	------------------------



Sótano