

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO EN
INGENIERÍA**

TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SOFTWARE LIBRE PARA LA SUPERVISIÓN Y MONITOREO DEL ÁREA DE FABRICACIÓN DE MUELLES EN LA EMPRESA PRODUCTOS PARAÍSO DEL ECUADOR S.A.

AUTORES:

JUAN CARLOS ACOSTA LLERENA
DANIEL FRANCISCO PROAÑO CHACÓN

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2012

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto de grado titulado “Diseño e implementación de un sistema de software libre para la supervisión y monitoreo del área de fabricación de muelles en la empresa Productos Paraíso del Ecuador S.A.” ha sido desarrollado en su totalidad por los Sres. Juan Carlos Acosta Llerena con C.C. 1713472866 y Daniel Francisco Proaño Chacón con C.C. 1719874354, bajo nuestra dirección.

Ing. Diego Morillo
DIRECTOR

Ing. Rodolfo Gordillo
CODIRECTOR

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme todos los días de vida, a mis padres que supieron guiarme y ofrecerme los estudios. A mi novia que siempre fue mi inspiración, mi apoyo y consejera. También agradezco a los docentes que transmitieron sus conocimientos a través de esta formación profesional.

Juan Carlos Acosta

El reconocimiento de este logro es principalmente para Dios y mis padres por su apoyo incondicional durante todas las etapas de mi vida, su cariño desinteresado y continuo aliento. Además a mis amigos, compañeros y profesores que me brindaron sus conocimientos para mi formación como profesional.

Daniel Proaño

DEDICATORIA

Este proyecto de grado lo dedico a toda mi familia especialmente a mis padres, hermano y mi futura esposa.

Juan Carlos Acosta

Dedico esta monografía a mis padres Diego y Susi, a mis abuelos, a mi hermana Sushi.

Daniel Proaño

PRÓLOGO

La empresa Productos Paraíso del Ecuador S.A. se ha visto en la necesidad de implementar sistemas automatizados para el control de rendimiento del personal y de las líneas de producción existentes en su planta. Por tal motivo en la línea de fabricación de resortes se ha dispuesto la implementación de un sistema de supervisión y monitoreo basado en software libre que permita conocer datos históricos y en tiempo real de los niveles de producción de las máquinas resortereras.

La incorporación de dispositivos en un proceso industrial que faciliten la obtención de la información más relevante ha sido una tendencia creciente en el mundo actual. La toma de datos históricos es un proceso que consiste en seleccionar los datos de interés real, la búsqueda del hardware adecuado para monitorear dichas señales, el diseño del software para el almacenamiento de los datos, la creación de bases de datos y la aplicación de sofisticadas herramientas de análisis.

El presente proyecto de titulación abarca el diseño, análisis e implementación de los distintos componentes necesarios para el correcto funcionamiento del sistema empleado con tecnologías de automatización y control.

Culminado este proyecto los beneficios para la empresa se verán reflejados en un mejoramiento en la productividad, control y condiciones de trabajo del personal y control de las cantidades del producto terminado en tiempos establecidos.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 1

INTRODUCCIÓN..... 1

1.1.	ANTECEDENTES	1
1.2.	JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	2
1.3.	OBJETIVOS.....	3
1.3.1.	Objetivo General.....	3
1.3.2.	Objetivos Específicos	3
1.4.	DESCRIPCIÓN GENERAL ACTUAL	4
1.5.	ALCANCE.....	4

CAPÍTULO 2 6

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL 6

2.1.	INTRODUCCIÓN	6
2.2.	MÁQUINAS RESORTERAS	10
2.2.1.	Shaoxing Huajian SX-80.....	11
2.2.2.	Shaoxing Huajian SX-60.....	13
2.2.3.	Fides MDC-60.....	14
2.2.4.	Fides MDC-66.....	16
2.3.	AUTÓMATA PROGRAMABLE	17
2.4.	REDES INDUSTRIALES	18
2.5.	SOFTWARE LIBRE [¶]	30
2.6.	BASE DE DATOS [¶]	31
2.7.	LENGUAJE SQL	33
2.8.	NORMAS NEC	37

CAPÍTULO 3 39

DISEÑO DEL HARDWARE DE SUPERVISIÓN..... 39

3.1.	DEFINICIÓN DE PARÁMETROS Y VARIABLES.....	39
3.2.	SELECCIÓN DE COMPONENTES.....	45
3.2.1.	PLC OMRON CPM2A	45

3.2.2.	<i>Módulo de comunicación RS-422 RS-485 OMRON CPM1-CIF11</i>	48
3.2.3.	<i>Tarjeta de acople de señales</i>	51
3.3.	DIAGRAMA DEL PLC	59
3.4.	DIAGRAMA DE COMUNICACIÓN	61
3.5.	DIAGRAMA DE CONEXIONES DE ARMARIO	62
CAPÍTULO 4		63
DISEÑO DEL SOFTWARE.....		63
4.1.	PROGRAMA DEL PLC	63
4.2.	CREACIÓN DEL PROGRAMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS	77
4.2.1.	<i>Intercambio de datos dinámicos</i>	78
4.2.2.	<i>Almacenamiento de datos</i>	86
4.3.	CREACIÓN DEL PROGRAMA DE MONITOREO Y CREACIÓN DE REPORTES	92
4.3.1.	<i>Consulta de datos</i>	93
4.3.2.	<i>Desarrollo de ventanas gráficas</i>	94
4.3.3.	<i>Creación de reportes en Excel</i>	100
CAPÍTULO 5		108
IMPLEMENTACIÓN.....		108
5.1.	IMPLEMENTACIÓN DEL DIAGRAMA ESQUEMÁTICO.....	108
5.1.1.	<i>Conexiones de Armario</i>	108
5.2.	INSTALACIÓN PLC OMRON	114
5.3.	ELECCIÓN DE CABLES.....	117
5.4.	INSTALACIÓN INTERFAZ COMUNICACIÓN	120
CAPÍTULO 6		124
PRUEBAS Y RESULTADOS.....		124
6.1.	PRUEBA DE TARJETA ADQUISICIÓN DE SEÑALES	125
6.2.	PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO PLC	126
6.3.	PRUEBA DE COMUNICACIÓN	127
6.4.	PRUEBA DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE DATOS	132
6.5.	PRUEBA DE MONITOREO TIEMPO REAL	137
6.6.	PRUEBA DEL SISTEMA REPORTES	140
6.7.	RESULTADOS	141

CAPÍTULO 7 145

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 145

7.1. CONCLUSIONES..... 145

7.2. RECOMENDACIONES 146

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS;ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

ANEXOS.....;ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

ANEXO 1;ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

CÓDIGO APLICACIONES JAVA;ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

Proyecto Adquisicion..... ;Error! Marcador no definido.

Proyecto P_Monitor..... ;Error! Marcador no definido.

ANEXO 2;ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO.....;ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

ANEXO 3;ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

MANUAL DE USUARIO;ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

ANEXO 4;ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

PLANOS ELÉCTRICOS.....;ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

ÍNDICE DE FIGURAS.....;ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

ÍNDICE DE TABLAS.....;ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

ÍNDICE DE LISTADOS DE CÓDIGO;ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

HOJAS TÉCNICAS DE LOS DISPOSITIVOS;ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Productos Paraíso del Ecuador es una empresa ecuatoriana dedicada a la producción de plásticos y colchones. Fue fundada en el año 1973 y sus instalaciones se encuentran ubicadas en Tambillo, cerca de la ciudad de Quito. La empresa es ampliamente reconocida dentro del mercado ecuatoriano por la fabricación de colchones de gran calidad, empleando procesos automatizados que permiten cumplir con los más altos estándares y exigencias.

El proceso de elaboración de muelles es parte fundamental en la fabricación de colchones, por lo que es necesario mantener operativa esta línea de trabajo durante largos periodos. La empresa ha implementado máquinas resorteras desde sus inicios, y debido a las exigencias del mercado ha considerado la importancia de adquirir máquinas tecnológicamente más avanzadas.

Cada máquina tiene una velocidad de producción de muelles establecida por su fabricante, el cual es actualmente controlado por un supervisor de planta que

registra la producción de cada uno de los operadores por turno. Con el objetivo de automatizar la supervisión, monitoreo y recopilación de datos, es necesario implementar un sistema de supervisión que almacene periódicamente la producción de cada una de las máquinas.

1.2. Justificación e Importancia

Para mejorar la eficiencia y eficacia institucional en ámbitos administrativos como técnicos es necesario implementar un sistema de supervisión y monitoreo por medio de software libre.

Por esta razón es necesario implementar un sistema de supervisión, monitoreo, recopilación y almacenamiento de datos de producción que permita conocer los niveles de producción, tiempos de funcionamiento, tiempos de para, flujo de materia prima en periodos de tiempo determinados. La realización de reportes que contengan toda la información necesaria de manera clara para el análisis de producción y rendimiento de las máquinas es una herramienta importante dentro de la planificación estratégica de la empresa.

La adquisición de datos en tiempo real facilitará el reconocimiento preventivo y correctivo de fallas, permitiendo conocer el comportamiento de las máquinas durante las diferentes jornadas laborales y el desempeño de los operadores, pretendiendo alcanzar en el corto plazo eficiencia en los procesos y disminución en los costos de operación.

Es necesario que el software a desarrollar sea libre (Lenguaje JAVA), debido a que de esta manera no se requiere el pago de licencias y permitiendo implementar sistemas similares en otros procesos de la empresa.

El almacenamiento histórico de la producción en una base de datos permitirá a la empresa conocer los niveles de producción, tendencias, flujo de material, a través de la realización de reportes diarios, semanales, mensuales, semestrales y anuales, los cuales facilitarán la toma de decisiones administrativas de la empresa, así como prevenir daños en las máquinas causados por sobre exigencias del operador.

Una vez culminado este proyecto la empresa obtendrá innegables beneficios tales como el mejoramiento en la productividad, renovación de las condiciones de trabajo del personal y control de las cantidades del producto terminado en tiempos establecidos.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema de software libre para la supervisión y monitoreo del área de fabricación de muelles en la empresa Productos Paraíso Del Ecuador S.A.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar la información y variables necesarios para comprender el funcionamiento real de las máquinas, analizando los planos eléctricos de las 10 máquinas resorteras.
- Dimensionar los elementos necesarios para implementar un sistema robusto mediante el estudio de normas y recomendaciones industriales.
- Definir el medio de comunicación para la transmisión de información desde el PLC al computador siguiendo estándares recomendados.

- Desarrollar un sistema de monitoreo para la producción de las máquinas resortereras mediante el uso de tecnologías de comunicación.
- Diseñar una interfaz para Microsoft Windows que permita visualizar el estado del funcionamiento de todas las máquinas resortereras empleando herramientas de software libre como Eclipse.

1.4. Descripción General Actual

Actualmente, en la línea de producción de resortes de la fábrica Productos Paraíso del Ecuador S.A. no existe supervisión de la producción de las diez máquinas resortereras, tan sólo un control de la materia prima que ingresa a esta línea de producción. La falta de información de los niveles de producción de estas máquinas ha impedido llevar un control claro de la fabricación de resortes, hecho que ha ocasionado la incorrecta manipulación de los equipos por parte de los operadores, los cuales por la necesidad de cumplir con una cantidad establecida de procesado de materia prima, aumentan la velocidad de la maquinaria causando averías en las mismas.

1.5. Alcance

El presente proyecto realizará el monitoreo y supervisión de las diez máquinas resortereras existentes en el área de producción de muelles, para lo cual considerando que las máquinas son de diferente fabricante y trabajan a diferentes niveles de voltaje, se diseñará una tarjeta electrónica que permita acoplar las señales que indican la producción de un resorte tomadas de los controladores de las resortereras.

Por requerimiento de la empresa se empleará un PLC OMRON modelo CPM2A, el cual cuenta con un número suficiente de entradas digitales para la realización del proyecto, además de un interfaz para la conexión de módulos de comunicación que

permitirá realizar la comunicación hacia el computador que se encuentra a una distancia aproximada de 300 metros.

La implementación de una base de datos contendrá la información de producción en intervalos de tiempo establecidos, los mismos que serán empleados para la realización de los reportes y del monitoreo.

Se diseñará en lenguaje JAVA una interfaz que permita realizar reportes y monitorización, empleando librerías que faciliten su utilización, permitan manejar la base de datos, crear gráficas en función del tiempo, y utilizar hojas de cálculo de Microsoft Excel. Adicionalmente, será necesario desarrollar una aplicación Java para el almacenamiento de la información automáticamente en la base de datos, la cual funcionará independientemente de la interfaz para realizar reportes.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. Introducción

En el presente capítulo se realiza una breve descripción de los elementos principales de hardware y software, así como de las tecnologías necesarias para la realización del proyecto. Es de vital importancia previo al desarrollo e implementación del proyecto conocer las tecnologías existentes para comprender como serán aplicadas al igual que las normas que rigen su funcionamiento. Este estudio previo permitirá tener una visión general de las temáticas a ser investigadas para satisfacer los requerimientos planteados por la empresa.

El colchón se ha convertido en un artículo indispensable para el buen vivir de los seres humanos. Su historia se remonta a la época de las Cruzadas en Europa, tras ser adoptada la costumbre de los países árabes los cuales dormían sobre cojines. Su nombre surge de la palabra latín *culcita*, la cual significa colcha o cobertura de cama.

En sus inicios, los materiales empleados para la fabricación de resortes eran orgánicos, como paja, lana, hojas, entre otros, los cuales requerían constante mantenimiento ya que en ellos se formaban nidos de insectos como pulgas, ácaros,

chinchas y garrapatas. Estos trabajos eran realizados por un artesano el cual era conocido como colchonero, quien daba mantenimiento aireando, rellenando y ahuecando estos colchones, principalmente los de la lana.

Posteriormente surgió el colchón de aire, el cual no gozó del éxito para su supervivencia, lo que dio paso a la creación de los primeros colchones de muelles, conformados por resortes cilíndricos que presentaban el inconveniente que no se comprimían verticalmente, teniendo una deformación hacia afuera.

Este inconveniente fue resuelto mediante la utilización de muelles cónicos, los cuales se comprimen verticalmente, en la década de 1850 iniciando una nueva era en la fabricación de colchones.

Medidas de los colchones

Las medidas más comunes en la actualidad han sido estandarizadas con las medidas que se muestran en la Tabla 2.1:

Nombre	Medidas [m]
Tres plazas	2.00 x 2.00
Dos plazas y media	1.60 x 2.00
Dos plazas	1.35 x 1.90
Plaza y media	1.05 x 1.90
Una plaza	0.80 x 1.90

Tabla. 2. 1. Medidas de colchones

Tipos de colchones

Colchón de lana

Fue la alternativa más popular para las clases populares en culturas latinoamericanas hasta inicios del siglo XX. Para su fabricación, se empleaban cámaras longitudinales contenidas en un material textil grueso que servía de soporte. Dentro de las cámaras se introducía la lana a presión luego de ser tratada y clasificada. Entre sus características se puede anotar su buena calidad térmica, su peso elevado y poca resistencia. En la actualidad sólo se lo encuentra en comunidades aisladas.

Colchón de plumas

Este tipo de colchón presenta buenas cualidades de resiliencia, por lo que es muy cotizado en la actualidad. Para la fabricación de este tipo de colchones se utilizan plumas de ganso, cisne y pato, siendo las más óptimas las de ganso, puesto que brindan confort y cualidades térmicas. Su costo es elevado debido a que estas aves son criadas en corrales a la espera de su muda.

Colchones de materiales vegetales

Son colchones muy delgados fabricados empleando fibras tales como el arroz, el tatami y la totora. La característica principal de este colchón es su rigidez, ya que no se deforma a la aplicación de una presión sobre el mismo. Son muy utilizados en culturales orientales como Japón, China y Corea. Una ventaja que ha presentado la utilización de este tipo de colchón a través del tiempo es menores índices de deformaciones en la columna vertebral.

Colchón de agua

Los colchones de agua se fabrican empleando un material plástico flexible y dilatante, por lo general se utiliza vinilo. El número de capas, que forman cámaras determinan el grado de estabilización del mismo. En la actualidad se han incorporado tecnologías térmicas que permiten controlar la temperatura del agua según las necesidades, permitiendo una relajación total del individuo, evitando dolores de espalda y contracturas.

Colchón de látex

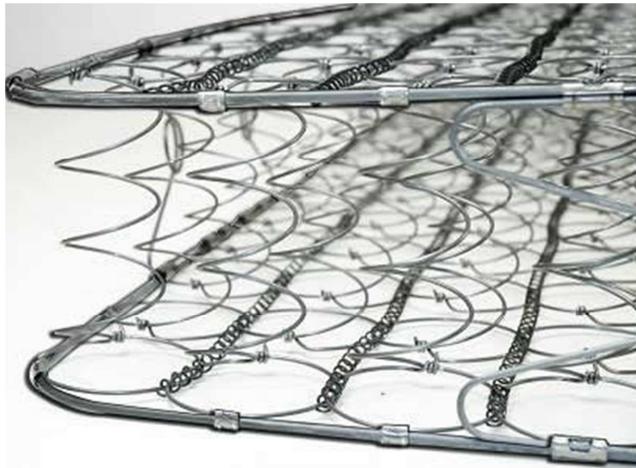
Para su fabricación se emplea un bloque de látex, obtenido de la sabia de ciertos árboles, el cual se envuelve en una funda acolchada. El látex se adapta más uniformemente al cuerpo humano, lo que permite un descanso cómodo y saludable gracias a su elasticidad y capacidad de recuperación. Independientemente de la presión ejercida, el colchón vuelve a su estado original sin deformarse. Entre sus ventajas cabe mencionar que es un material ecológico y antialérgico. En la actualidad este tipo de colchón es muy utilizado en hospitales donde los pacientes reposan en camas eléctricas.

Colchón de espuma viscoelástica

Se emplea un bloque de espuma de poliuretano flexible, el cual es material sintético desarrollado como parte del programa espacial de la NASA en los años sesenta. Este material permite al colchón tener una gran adaptabilidad así como una rigidez variable dependiente de la densidad de la espuma. El núcleo de los colchones viscolátex está formado por una doble capa de espumas diferentes, la externa es de material viscolástico que permite que el peso del individuo se distribuya uniformemente, en tanto que la capa interna da firmeza al colchón. Los colchones viscoelásticos son recomendados por profesionales de la salud para pacientes con asma, bronquitis crónicas y trastornos pulmonares ya que en ellos no suelen albergar insectos que producen reacciones alérgicas.

Colchón de muelles

El más común en mercado actual, con casi 80% del total del mercado, siendo así la opción más usual por los individuos. Este tipo de colchón ha mantenido un proceso de constante evolución debido a su creciente demanda. Su estructura consiste en una carcasa de muelles de acero fijados por un contorno como se muestra en la Figura 2.1. Este núcleo proporciona estabilidad y durabilidad al colchón.



1]

Figura. 2. 1. Armazón de colchón de muelles

Para proteger la carcasa se emplea un manto de fibras a la que generalmente se le añade una plancha de espuma de poliuretano. Para lograr el grado de firmeza deseado en el colchón de se pueden añadir más capas de espuma o látex, las cuales sirven como planchas amortiguadoras. Para mantener la circulación en el interior se implementan orificios o válvulas de ventilación en las caras laterales del colchón.

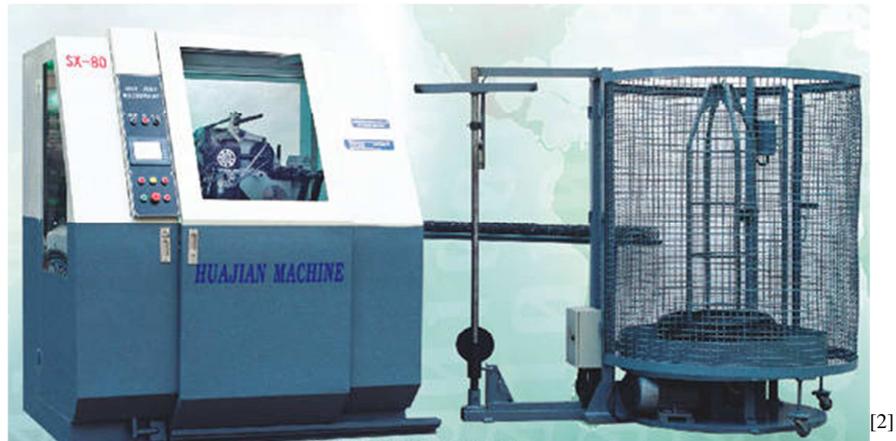
2.2. Máquinas Resortereras

^[1] Tecnología de fabricación de colchones INDUCOL [Online]. Habilitado: <http://www.soniarcolchones.com.uy/tecnologia.php>

El proceso de fabricación de resortes en la actualidad es realizado de manera automática por máquinas conocidas como resortereras, las cuales emplean tecnología mecánica, hidráulica, neumática, eléctrica y electrónica, por lo cual es fundamental conocer claramente a cada una de las máquinas involucradas, el procedimiento que estas realizan y sus características técnicas principales. Dentro de la línea de producción de interés del proyecto están instaladas diez máquinas resortereras, de dos fabricantes: Shaoxing y Fides. Existen máquinas con más de 20 años de funcionamiento en la empresa y otras que han sido adquiridas recientemente, por lo cual sus sistemas de control varían. A continuación se describen todos los modelos de las máquinas resortereras dispuestas en la línea de fabricación de muelles.

2.2.1. Shaoxing Huajian SX-80

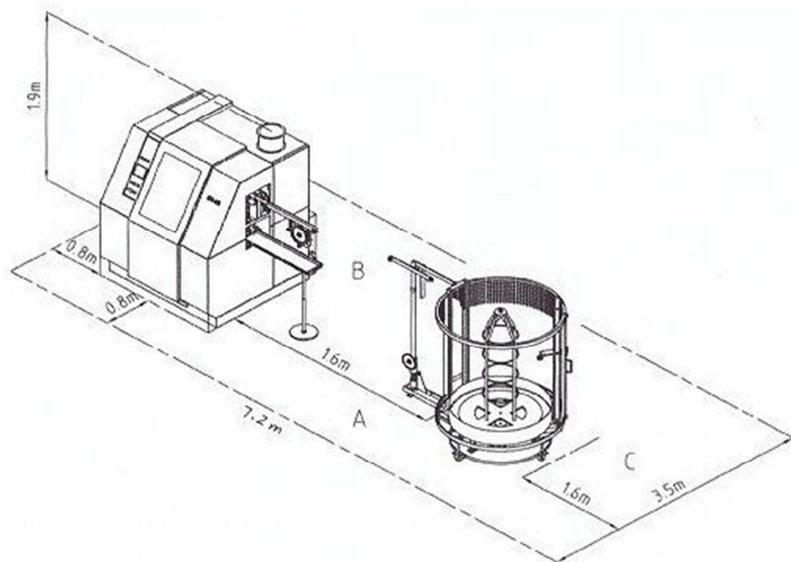
La máquina resortera SX-80 es una máquina de origen Chino de la marca Huajian (Figura 2.2). Es capaz de producir 80 piezas por minuto. Dentro del proceso que realiza la misma, se destaca el corte del alambre, el enrollado del mismo y de sus extremos y el tratamiento de calor que recibe. La resortera SX-80 emplea un PLC para su funcionamiento, donde se definen el ancho del cable empleado, la lubricación, el tratamiento térmico y funciones de auto protección. Las características técnicas se resumen en la Tabla 2.2.



[2]

Figura. 2. 2. Máquina SX-80

En la Figura 2.3 se notan las dimensiones de esta máquina.



[3]

Figura. 2. 3. Dimensiones Máquina SX-80

² Huajian Machine SX-80 [Online]. Habilitado: http://huajianmachinery.en.ec21.com/SX_80_the_Digital_Spring--4542233_4542234.html

^[3] Huajian Machine SX-80 [Online]. Habilitado: <http://www.mattressmachine.com.cn/English/Index.asp>

Características	
Capacidad	80PCS/MIN
Diámetro del alambre	1.8 – 2.4 mm
Tamaño del resorte	80-190 mm
Potencia	16.2 KVA
Requerimientos Eléctricos	380V,3fases,50-60HZ (Opción: 415V-480V, 220V)
Peso	2730 Kg

Tabla. 2. 2. Características máquina SX-80

2.2.2. Shaoxing Huajian SX-60

La máquina resortera SX-60 de la marca Shaoxing (Figura 2.4) proveniente de China, es una máquina diseñada para la fabricación de resortes de colchón. Esta combina los procesos de corte, bobinado y calentamiento de los resortes. Su velocidad nominal es de 60 resortes por minuto. Posee una estructura robusta que garantiza una productividad estable. Permite utilizar varios diámetros de alambre y tamaños de resorte. Las principales características se describen en la Tabla 2.3.



Figura. 2. 4. Máquina Sx-60

Características	
Capacidad	60PCS/MIN
Diámetro del alambre	2 – 2.4 mm
Tamaño del resorte	100-180 mm
Potencia	16.2 KVA
Requerimientos Eléctricos	380V,3fases,50-60HZ (Opción: 415V-480V, 220V)
Peso	2520 Kg

Tabla. 2. 3 Características máquina SX-60

2.2.3. Fides MDC-60

^[4] Huajian Machine SX-60 [Online]. Habilitado: http://es.tradekey.com/product_view/id/452263.htm

Máquina resortera italiana (Figura 2.5) , con un sistema de control basado en relés y otros elementos eléctricos. Garantiza la producción de 60 resortes por minuto con un diámetro de cable adecuado. La máquina es capaz de cumplir todas las etapas del proceso (corte, enrollado y tratamiento de calor) sin la presencia de un operador todo el tiempo. Su funcionamiento y calibración dependen del ajuste mecánico de sus piezas. Sus características más relevantes se detallan a continuación (Tabla 2.4)



[5]

Figura. 2. 5. Máquina MDC-60

Características	
Capacidad	60PCS/MIN
Diámetro del alambre	1.9 – 2.4 mm
Tamaño del resorte	140-150 mm
Potencia	15 KVA
Requerimientos Eléctricos	380V,3fases,50-60HZ (Opción: 415V-480V, 220V)
Peso	1720 Kg

Tabla. 2. 4. Características máquina MDC-60

[5]

Fides

MDC-66

[Online].

Habilitado:

http://www.spuhl.ch/fileadmin/redakteure/Federkernmaschinen/Dateien/RZ_Prosekt_Fides.pdf

2.2.4. Fides MDC-66

La resortera MDC-66 (Figura 2.6) es una máquina de la marca Fides, desarrollada en Italia, la cual ha sido diseñada para la fabricación de 66 resortes por minuto. Ha sido provista de un PLC Siemens S7-200 para el control de las funciones de corte, enrollado y calentamiento. Posee un panel sencillo para configurar el tipo de alambre a utilizar así como la longitud del resorte. Su construcción robusta permite su funcionamiento durante largas jornadas. Se resumen en la Tabla 2.5 las especificaciones técnicas de esta resortera.



Figura. 2. 6. Máquina MDC-66

Características	
Capacidad	66PCS/MIN
Diámetro del alambre	1.9 – 2.4 mm
Tamaño del resorte	120-150 mm
Potencia	18 KVA
Requerimientos Eléctricos	380V,3fases,50-60HZ

	(Opción: 415V-480V, 220V)
Peso	1840 Kg

Tabla. 2. 5. Características Máquina MDC-66

2.3. Autómata Programable

El Controlador Lógico Programable (PLC) es un dispositivo de estado electrónico apto para el control de una máquina o proceso, utilizando la información recibida de sus módulos de entrada digital o análogo; esta información es procesada internamente por el programa cargado en la memoria del PLC y envía a los módulos de salida los resultados que actuarán sobre los actuadores del proceso.

Los sistemas de control a menudo utilizan autómatas programables por su alto grado de adaptabilidad con sistemas de control, monitoreo y supervisión y por la capacidad de comunicación con ordenadores. La instalación de estos equipos de control no involucra un nivel de complejidad alto ya que han sido diseñados para trabajar en un ambiente hostil y cumplen con las normas de instalaciones eléctricas industriales.

Las características del PLC cumplen con las necesidades del proyecto, ya que permite adaptar un módulo de comunicación para transmitir la información necesaria a la PC en tiempo real. También permite trabajar con rangos de voltaje utilizados a nivel industrial, ya sean de corriente continua o alterna y ofrecen las características de seguridad y protección al equipo.

En la actualidad existen varias empresas dedicadas a la fabricación de autómatas programables, así como dispositivos periféricos para su implementación dentro de la industria. Entre las marcas más prestigiosas se puede mencionar: Siemens, Allen-Bradley, Omron, Mitsubishi, Telemecanique, entre otros.

El controlador lógico programable es empleado en un campo de aplicación extenso. La evolución tanto de hardware como de software permite su utilización en una amplia gama de procesos industriales sobretodo para remplazar sistemas de control, maniobra, señalización, supervisión, entre otros. En la actualidad los fabricantes procuran reducir sus dimensiones para facilitar el montaje dentro de gabinetes estandarizados, facilitar la comunicación con otros dispositivos de control, crear y almacenar programas para su utilización, la modificación o alteración de los mismos. Por estas y otras características el PLC es empleado en procesos con necesidades como: producción periódicamente variable, procesos secuenciales, procesos extensos y complicados, control, señalización, monitoreo, maniobra de maquinaria.

2.4. Redes Industriales

Los sistemas de comunicación están compuestos de un transmisor, un receptor y un medio de comunicación, que permite el envío de la información o mensaje. Para lograr establecer una comunicación entre el transmisor y el receptor, ambos deben compartir y conocer los siguientes factores:

- Tipo de señales eléctricas.
- Códigos que identifican los símbolos.
- El significado de los símbolos.
- Flujo de control de datos
- Detección de errores.

La transferencia de información se realiza de dos formas: paralelo o serie.

Comunicación paralela

En la comunicación paralela un bus de datos conecta al transmisor y al receptor formado por tantas líneas como bits tenga la palabra de trabajo. Por lo general una palabra de trabajo está conformada por 8 bits, los cuales son transmitidos simultáneamente.

La comunicación paralela en comparación de la comunicación serie es más rápida, teniendo como desventajas su mayor complejidad y costo debido al enlace físico. Adicionalmente, es más sensible a ruidos e interferencias debido a la proximidad entre las líneas lo que obliga disminuir la distancia entre los dispositivos por la capacitancia creando entre conductores.

Algunos ejemplos de tecnologías de comunicación paralela se citan a continuación:

- Buses de computadora: ISA, ATA, SCSI, PCI y Front side.
- Puerto de impresora IEEE-1284.

Comunicación serie

En la comunicación serie la información es transmitida por una línea de bit en bit secuencialmente. La transmisión puede ser síncrona o asíncrona, dependiendo de la utilización o no de una señal de reloj. En la comunicación síncrona se utiliza una línea para la transmisión de los datos y la otra para enviar la señal de pulsos de reloj que indica cuando un dato es válido. A este tipo de comunicación pertenecen los protocolos:

- SPI (Serial Peripheral Interface)
- I2C (Inter Integrated Circuit)

Por otro lado, la comunicación serial asíncrona no requiere la utilización de una señal de reloj, ya que la duración de cada bit es determinada por la velocidad con la que se comunican los datos.

La principal ventaja de la comunicación serie es bajo costo de implementación ya que solo requiere un par de líneas.

Algunos ejemplos de tecnologías de comunicación serie se citan a continuación:

- RS-232
- RS-422
- RS-485
- USB
- FireWire
- Ethernet
- Canal de Fibra
- InfiniBand
- MIDI (control de instrumentos musicales)
- Serial Attached SCSI
- Serial ATA
- PCI Express
- SONET y SDH
- T-1, E-1

En todos los medios de comunicación, existen tres modos de transmisión de datos los cuales se muestran en la Tabla 2.6:

Modo de transmisión	Descripción
Simplex	La información es enviada en una sola dirección.
Half-Duplex	La información fluye en ambas direcciones, pero solo una dirección en cada instante de tiempo.
Full-Duplex	La información fluye en ambas direcciones en cualquier instante de tiempo.

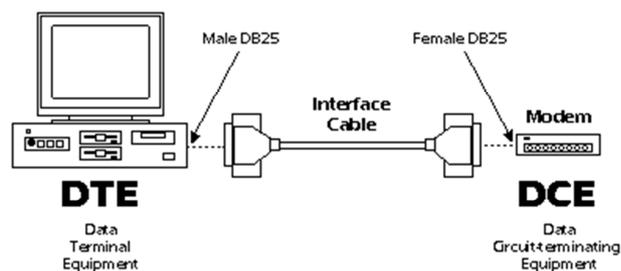
Tabla. 2. 6. Modos de transmisión serial

Todas estas características son definidas por los diferentes estándares de interfaces de comunicación. Los principales estándares de interfaces de comunicación a nivel industrial son:

- Estándar de Interfaz EIA-232.
- Estándar de Interfaz EIA-422.
- Estándar de Interfaz EIA-485.

Estándar de Interfaz EIA-232

La norma EIA-232 creada por la EIA (Electronics Industry Association) por la necesidad de comunicar equipos de diferentes fabricantes. Este estándar define la interface mecánica, los pines, las señales y los protocolos que se han de cumplir para la comunicación serial entre un equipo terminal de datos (DTE Data Terminal Equipment) y un equipo de comunicación de datos (DCE Data communication Equipment). En la Figura 2.7 se indica un los equipos para la comunicación RS-232.



[6]

Figura. 2. 7. Equipos comunicación RS-232

El estándar RS-232 está compuesto de tres componentes, los cuales definen:

- Las características eléctricas de las señales: Definen los niveles de voltaje y la referencia entre las señales que se intercambian y sus circuitos asociados.
- Las características mecánicas de la interface entre el DTE y el DCE.
- La descripción funcional de los circuitos de intercambio de información, por ejemplo, las señales de control de flujo, la función de los datos, y el tiempo de transmisión y recepción usado en la interfaz entre el DTE y el DCE.

^[6] Digital Communication[Online]. Habilitado:<http://digital.hamradioindia.com/rs232.html>

Características eléctricas de las señales

El estándar de comunicación serial RS-232 define los niveles de voltaje para que los datos binarios puedan ser reconocidos tanto por el transmisor como por el receptor. A continuación en la Tabla 2.7 se muestra los rangos de voltaje.

	Transmisor	Receptor
0 Lógico	+5 V a +15 V	+3 V a +25 V
1 Lógico	-5 V a -15 V	-3 V a -25 V

Tabla. 2. 7. Voltajes comunicación RS-232

Características Mecánicas de la Interfaz

Los conectores DB-25 y DB- 9 son relacionados generalmente para el estándar RS-232, aunque ellos no están especificados en la norma. A continuación en la Figura 2.8, se indica los pines correspondientes al conector DB-25, y en la Figura 2.9 del conector DB-9.

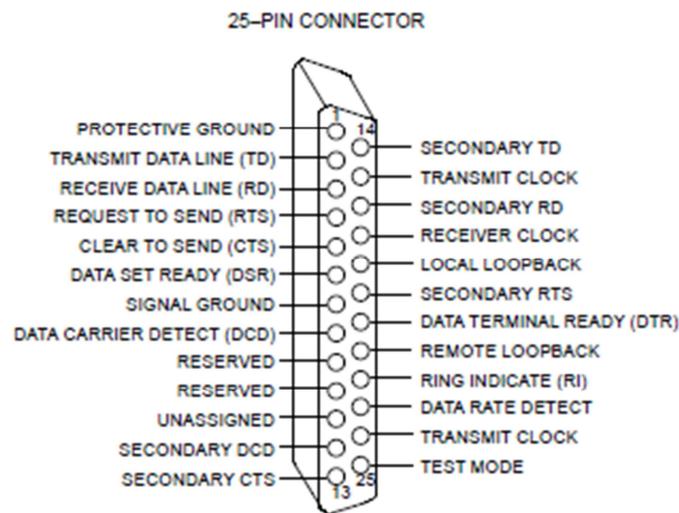


Figura. 2. 8. Conector DB25

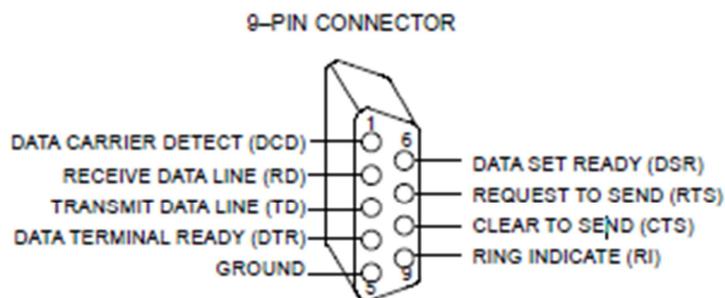


Figura. 2. 9 Conector DB-9

Desventajas del estándar RS-232

Las desventajas de este estándar son:

- Solo se puede establecer una comunicación punto a punto, imposibilitando tener varios dispositivos intercomunicados.
- El estándar presenta baja protección al ruido al no ser un estándar balanceado.
- Limitaciones de distancia entre los dispositivos, cuando la separación entre ambos supera los 20 metros.
- La velocidad de transmisión puede resultar insuficiente para diversas aplicaciones.

En la Tabla 2.8 se indica un resumen con las características principales de esta norma.

Características de RS-232	
Formato de dato	5 a 8 bits
Tipo de transferencia	Asíncrona
Manejo de errores	Bit de paridad opcional
Conector	DB-9 o DB-25
Longitud máxima	20 metros

^[7] Fundamentos de comunicación serial[Online]. Habilitado: <http://www.pacontrol.com/download/RS232.pdf>

Velocidad de transmisión	20 kb/s
--------------------------	---------

Tabla. 2. 8. Características RS-232

Estas desventajas han obligado a buscar alternativas como los estándares RS-422, RS-423 y RS-485, entre otros, los cuales tienen mejores prestaciones que las indicadas en la interfaz de comunicación RS-232.

Estándar de Interfaz EIA-485

Este estándar también ha sido definido por la EIA, como un sistema en bus de transmisión multipunto diferencial, en la cual se incluyen las especificaciones eléctricas. No es un protocolo de datos, solo hace referencia a las características eléctricas para la comunicación entre dispositivos. En la Tabla 2.9 se observan los rangos de voltaje empleados para los distintos estados posibles.

Las principales características del estándar RS-485 son:

- Distancia de comunicación serial hasta 1200 metros a 100 kbps.
- Velocidad de transmisión hasta 35 Mbps a 12 metros.
- Transmisión balanceada diferencial.
- Permite generar una red de hasta 32 receptores por un mismo canal.
- Modo de operación half-duplex.
- Alimentación única de +5V.
- Tres estados de operación: 0 lógico, 1 lógico y alta impedancia.
- Se puede emplear como sistemas de 2 o 4 hilos.

	Rangos
0 Lógico	+1.5 V a + 6 V
1 Lógico	-1.5 V a - 6 V
Alta Impedancia	-1.5 V a 1.5 V

Tabla. 2. 9. Rangos Voltaje RS-485

Estándar de Interfaz EIA-422

Este estándar también conocido como interface de circuitos eléctricos balanceados diferenciales, permite el envío de cada señal en un par conductores trenzados para reducir ruido. La utilización de voltaje diferencial elimina el ruido introducido en el canal, y permite mayores tasas de transferencia y longitud entre los dispositivos.

Las principales características del estándar RS-422 son:

- Distancia de comunicación serial hasta 1200 metros a 100 kbps.
- Velocidad de transmisión hasta 10 Mbps a 12 metros.
- Transmisión balanceada diferencial.
- Permite generar una red de hasta 10 receptores por un mismo canal.
- Modo de operación half-duplex.

A continuación en la Tabla 2.10 se muestra los rangos de voltaje.

	Transmisor	Receptor
0 Lógico	+2 V a +6 V	+200 mV a +6 V
1 Lógico	-2 V a -6 V	-200 mV a -6 V

Tabla. 2. 10. Rangos de voltaje RS-422

En la Tabla 2.11 se presenta una comparación de los tres estándares antes mencionados:

	RS-232	RS-422	RS-485
Cableado	Punto a punto	Punto a punto Multipunto	Multipunto
Número de dispositivos	1 emisor 1 receptor	1 emisor 10 receptores	32 emisores 32 receptores
Modo de comunicación	Full duplex Half duplex	Half duplex	Half dúplex

Longitud máxima	15 m	1200 m	1200 m
Velocidad máxima	20 Kbps	10 Mbps	35 Mbps
Tipo de señal	Ref a masa	Diferencial balanceada	Diferencial balanceada
Nivel lógico "1"	-5 V a -15 V	-2V a -6 V	-1.5 V a -5 V
Nivel lógico "0"	5 V a 15 V	2V a 6 V	1.5 V a 5 V

Tabla. 2. 11 Comparación entre estándares seriales

La red de comunicación industrial otorga los medios mediante los cuales se puede transferir datos desde y hacia diferentes lugares en un entorno industrial. Los medios usados pueden ser cable, ondas electromagnéticas, fibra, entre otros. El medio de propagación más empleado a nivel industrial es el cable de cobre. En las últimas décadas la utilización de redes de computadores en la industria ha permitido la implementación de sistemas de supervisión y monitoreo distantes de las líneas de producción. El desarrollo de una red industrial se refleja en los niveles de la pirámide de automatización y control, que se muestra en la Figura 2.10.

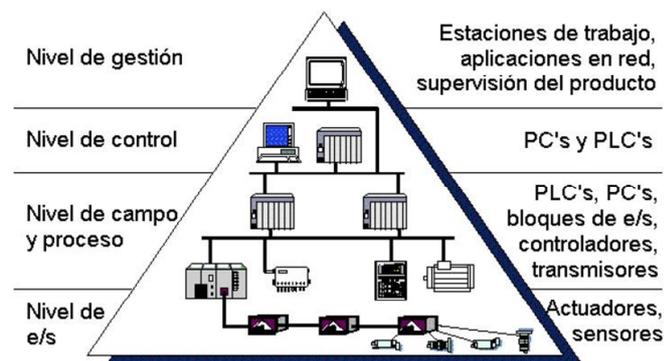


Figura. 2. 10. Niveles de una red industrial

Las ventajas de la implementación de una red industrial son:

- Control distribuido.

- Flexibilidad.
- Integración de dispositivos inteligentes.
- Reducción de costo de cableado y cajas de conexión.
- Visualización y supervisión de todo el proceso productivo.
- Tiempo real en la adquisición de datos
- Mejora del rendimiento del proceso
- Capacidad de intercambio de datos e información
- Automatización de procesos industriales.
- Integración con sistemas SCADA.
- Programación remota.

TOPOLOGIAS DE RED

La disposición física de la red se denomina topología física. Los diferentes tipos de topología son:

- Topología de bus
- Topología de estrella
- Topología en anillo
- Topología de árbol
- Topología de malla

Topología de bus

La topología de bus (Figura 2.11) es la manera más sencilla para implementar una red. La característica principal de este tipo de topología es que todos los dispositivos comparten el mismo canal para comunicarse entre sí. La ventaja de este tipo de topología es su facilidad de construcción y crecimiento. Sin embargo, presenta limitaciones en la longitud del canal y rendimiento debido a colisiones.

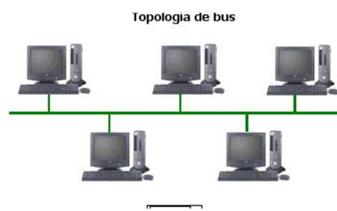


Figura. 2. 11. Topología de bus

[8]

Topología de estrella

Los dispositivos o nodos están a un dispositivo central (Figura 2.12) denominado concentrador, el cual se encargará de establecer y organizar el tráfico de la red. Las principales desventajas son la alta vulnerabilidad de la red debido a que dependen del funcionamiento del nodo central y el costo elevado debido al cableado. Sus ventajas son la fácil reconfiguración de dispositivos a la red, centralización del flujo de datos y facilidad para prevenir conflictos.



Figura. 2. 12. Topología en estrella

Topología en anillo

En la topología en anillo (Figura 2.13) los nodos utilizan un testigo para definir cual tiene el turno para transmitir. Cada dispositivo de la red tiene un receptor y un trasmisor, y cada estación está únicamente conectada a sus vecinos inmediatos. En esta topología no existen colisiones, sin embargo la desconexión de un dispositivo afectará a todo el funcionamiento de la red.

[8] Clasificación de redes por Topología [Online]. Habilitado:
<http://classteleco.wordpress.com/2011/02/13/clasificacion-de-las-redes-por-topologia/>

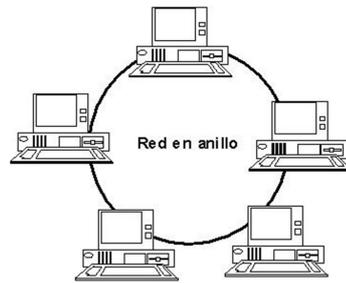


Figura. 2. 13. Topología en anillo

Topología en árbol

Topología resultante de la combinación de las topologías de bus y estrella, se presenta como un grupo de subredes de tipo estrella conectadas a un bus principal por medio de un concentrador central (Figura 2.14).

Su principal ventaja es la fácil expansión de la red, y sus desventajas son su dificultad en la configuración, y la dependencia del funcionamiento del concentrador principal.



Figura. 2. 14. Topología de árbol

Topología en malla

En la topología de malla (Figura 2.15) todos los nodos se encuentran totalmente interconectados, dando así una redundancia en los enlaces de la red, ya que si un enlace se cae existen otros canales que permiten mantener la conectividad del dispositivo. Su costo de implementación es elevada debido a la cantidad de conductores requeridos para interconectar los nodos.

Debido a los requerimientos del proyecto, se empleará la interfaz de comunicación EIA 422, la cual es un estándar que permite transmitir información a varios Mbps en distancias de hasta 1000 metros, en redes punto a punto o en anillo. La comunicación es half-dúplex, voltajes de hasta 6V.

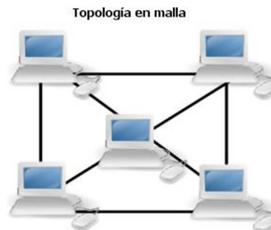


Figura. 2. 15. Topología de malla

2.5. Software Libre^[9]

El software según Free Software Foundation es la libertad que permite ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, modificar un programa. Existen herramientas que permiten el desarrollo de programas de código abierto en lenguaje JAVA como son NetBeans y Eclipse.

La empresa pionera en el desarrollo del lenguaje de programación Java fue Sun Microsystems, establecida California, Estados Unidos en la década de los 90. En sus inicios estuvo orientado para el diseño de aplicaciones para controlar electrodomésticos tales como microondas, refrigeradoras, lavadoras, teléfonos móviles, entre otros, ya que era independiente de la plataforma donde se ejecutase el código. La creación de componentes interactivos integrados en páginas Web y programación de aplicaciones independientes como son los applets fue el área de mayor desarrollo por parte de los programadores. La evolución de Java ha permitido la incorporación de servicios HTTP, servidores de aplicaciones, acceso a bases de

^[9] Conozca más sobre la tecnología Java [Online]. Habilitado: <http://www.java.com/es/about/>

datos (JDBC), creación de aplicaciones móviles, entre otras, adaptándose a los requerimientos de un mundo globalizado. En la actualidad más de 4500 millones de dispositivos utilizan la tecnología Java. Las principales ventajas al usar esta tecnología son la versatilidad, eficiencia, portabilidad y la seguridad que brinda para aplicaciones que van desde el desarrollo de redes, creación de juegos, sistemas industriales, aplicaciones para dispositivos móviles y superequipos científicos.

El lenguaje Java fue creado con cinco objetivos principales, que conforman su filosofía:

- Usar la metodología de la programación orientada a objetos.
- Permitir la ejecución de una aplicación en múltiples plataformas.
- Incluir soporte para trabajo en red.
- Diseñarse para ejecutar código en sistemas remotos de forma segura.
- Ser fácil de usar y tomar lo mejor de otros lenguajes orientados a objetos.

Las principales razones por las que los desarrolladores de software eligen la tecnología JAVA son:

- Costo bajo de adquisición.
- Desarrollo en una plataforma para ejecutar en otras.
- Crear aplicaciones para que funcionen en un navegador y servicios web.
- Adaptabilidad y personalización del software.
- Innovación tecnológica.
- Libertad de actualización del código fuente.
- Utilización de librerías prediseñadas.

2.6. Base de Datos^[10]

^[10] M. Sabana Mendoza. “Modelamiento e implementación de base de datos”. Ed., Megabyte.

En los sistemas industriales actuales es necesario conocer el estado de funcionamiento de cada una de las variables de proceso lo cual involucra un flujo de datos. Los sistemas de supervisión, control y adquisición de datos además de controlar el funcionamiento del proceso son utilizados para la toma de decisiones administrativas y operativas mediante el análisis de los datos históricos del comportamiento del sistema. Para esto se requiere el almacenamiento, acceso y gestión a dichos datos, tanto a nivel gerencial y de planta. Debido al desarrollo tecnológico se emplean bases de datos que almacenan y gestionan la información en formato digital que permite el manejo de un gran volumen de datos.

Una base de datos es un conjunto de información o datos organizados que comparten algún vínculo o relación, los cuales son almacenados para su uso posterior. Al ser un sistema de archivos electrónicos permite almacenar grandes cantidades de información de forma organizada y así poder acceder de forma ágil a uno o varios datos.

Las principales características de una base de datos son:

- Independencia lógica y física de los datos
- Redundancia mínima
- Acceso a la información de varios usuarios
- Seguridad de datos
- Optimización en las consultas
- Recuperación y respaldo
- Acceso a través de lenguajes de programación estándar

Para el almacenaje y posterior administración de los datos existen los sistemas gestores de bases de datos, denominados SGBD los cuales permiten acceder de forma rápida y estructurada a toda la información almacenada. Por lo tanto el objetivo principal de un sistema de gestión de base de datos, es permitir a las aplicaciones el acceder a los datos sin necesidad de conocer la forma en la que están almacenados.

Los elementos que conforman un sistema de base son:

- **Datos:** Información a almacenar de un determinado proceso.
- **Hardware:** Servidor donde se almacenan los datos.
- **Software:** Sistema para gestionar los datos de la base de datos.
- **Usuarios:** Aplicaciones que requieren los datos.

Existen diferentes sistemas gestores de base de datos, entre estos podemos destacar:

- **MySql:** es una base de datos con licencia GPL basada en un servidor. Se caracteriza por su rapidez.
- **PostgreSql y Oracle:** Son sistemas de base de datos poderosos. Administra muy bien grandes cantidades de datos. Suelen ser utilizadas en intranets y sistemas de gran calibre.
- **Access:** Es una base de datos desarrollada por Microsoft. Esta base de datos, debe ser creada bajo el programa Access, el cual crea un archivo .mdb con la estructura ya explicada.
- **Microsoft SQL Server:** Es una base de datos más potente que Access desarrollada por Microsoft. Se utiliza para manejar grandes volúmenes de información.

La necesidad de intercambiar información entre diferentes sistemas de manera confiable ha hecho de que las bases de datos formen parte de todos los aspectos de nuestra vida cotidiana y sus características las han convertido en esenciales para cualquier proyecto de supervisión y monitoreo de procesos industriales.

2.7. Lenguaje SQL

El lenguaje de consulta estructurado (SQL) es un lenguaje gestor de bases de datos que permite especificar diversos tipos de operaciones en estas utilizando diferentes motores.

Para la realización de consultas de una base de datos, así como cambios dentro de ella, se emplea el álgebra y el cálculo relacional.

El lenguaje SQL está formado por comandos, cláusulas, operadores y funciones de agregado. Estos elementos se combinan en las instrucciones para crear, actualizar y manipular la información de las bases de datos.

Comandos

Existen dos tipos de comandos SQL:

- Los DDL que permiten crear y definir nuevas bases de datos, campos e índices.
- Los DML que permiten generar consultas para ordenar, filtrar y extraer datos de la base de datos.

Comandos DDL

Comando	Descripción
CREATE	Utilizado para crear nuevas tablas, campos e índices
DROP	Empleado para eliminar tablas e índices
ALTER	Utilizado para modificar las tablas agregando campos o cambiando la definición de los campos.

Tabla. 2. 12. Comandos DDL

Comandos DML

Comando	Descripción
SELECT	Utilizado para consultar registros de la base de datos que satisfagan un criterio determinado
INSERT	Utilizado para cargar lotes de datos en la base de datos en una única operación.

UPDATE	Utilizado para modificar los valores de los campos y registros especificados
DELETE	Utilizado para eliminar registros de una tabla de una base de datos

Tabla. 2. 13. Comandos DML

Cláusulas

Las cláusulas son condiciones de modificación utilizadas para definir los datos que desea seleccionar o manipular.

Comando	Descripción
FROM	Utilizada para especificar la tabla de la cual se van a seleccionar los registros
WHERE	Utilizada para especificar las condiciones que deben reunir los registros que se van a seleccionar
GROUP BY	Utilizada para separar los registros seleccionados en grupos específicos
HAVING	Utilizada para expresar la condición que debe satisfacer cada grupo
ORDER BY	Utilizada para ordenar los registros seleccionados de acuerdo con un orden específico

Tabla. 2. 14. Cláusulas SQL

Operadores Lógicos

Operador	Uso
AND	Es el “y” lógico. Evalúa dos condiciones y devuelve un valor de verdad sólo si ambas son ciertas.
OR	Es el “o” lógico. Evalúa dos condiciones y devuelve un valor

	de verdad si alguna de las dos es cierta.
NOT	Negación

Tabla. 2. 15. Operadores Lógicos SQL

Operadores de Comparación

Operador	Uso
<	Menor que
>	Mayor que
<>	Distinto
<=	Menor o igual que
>=	Mayor o igual que
BETWEEN	Utilizado para especificar un intervalo de valores
LIKE	Utilizado en la comparación de un modelo
In	Utilizado para especificar registros de una base de datos

Tabla. 2. 16. Operadores de comparación SQL

Funciones de Agregado

Las funciones de agregado se usan dentro de una cláusula **SELECT** en grupos de registros para devolver un único valor que se aplica a un grupo de registros.

Comando	Descripción
AVG	Utilizada para calcular el promedio de los valores de un campo determinado
COUNT	Utilizada para devolver el número de registros de la selección
SUM	Utilizada para devolver la suma de todos los valores de un campo determinado
MAX	Utilizada para devolver el valor más alto de un campo especificado
MIN	Utilizada para devolver el valor más bajo de un campo

	especificado
--	--------------

Tabla. 2. 17. Funciones de agregado SQL

2.8. Normas NEC

Para la implementación de cualquier proyecto eléctrico o electrónico es indispensable sujetarse a los estándares y normas internacionales que garanticen el óptimo funcionamiento de los equipos, así como la seguridad de los mismos y del personal responsable de su instalación. De igual forma, el empleo de dichas normas facilita la comprensión por parte de personal ajeno al proyecto. La norma que será utilizada para el desarrollo e implementación del presente proyecto será la NEC, la cual contempla el dimensionamiento del alambrado, protección de equipos, canalización y recomendaciones para la instalación eléctrica.

La NEC (National Electrical Code), es un estándar americano para la instalación de equipos eléctricos y alambrado. Forma parte de las normas de prevención de incendios de la NFPA (National Fire Protection Association).

A continuación se presenta la estructura de la norma NEC, donde se tratan los temas presentados en la Tabla 2.18.

Sección	Tema
Introducción	Información de carácter general
Capítulo 1 - 4	Definiciones y normas de instalación, circuitos y protección, materiales para el cableado y uso general de equipos, entre otros
Capítulo 5 - 7	Equipos especiales, condiciones especiales
Capítulo 8	Requisitos adicionales para sistemas de comunicación
Capítulo 9	Tablas de propiedades de conductores, cables y conductos
Anexos	Normas de referencia, cálculos, ejemplos y tablas adicionales para aplicación del código.

Tabla. 2. 18. Artículos NEC utilizados

Un aspecto fundamental que se considera en las instalaciones eléctricas es la seguridad, tanto de los equipos como de las personas. Garantizar la seguridad en un proyecto implica considerar los siguientes aspectos:

- Normas de seguridad en instalaciones eléctricas
- Clasificación de accidentes eléctricos.
- Protecciones generales.
- Peligros principales de la electricidad.

El diseño de una instalación eléctrica debe ser claramente documentado, donde se deben tomar en cuenta las normas que resultan de la recopilación de experiencias, pruebas y resultados de la implementación de proyectos previos alrededor del mundo. Algunas especificaciones que se deben considerar para el diseño son:

- Definición de conceptos
- Clasificación de ambientes
- Normas de dibujo
- Simbología
- Descripción del diseño (memoria técnica)

Para la implementación de una instalación eléctrica se deben considerar los siguientes aspectos:

- Métodos
- Materiales utilizados

CAPÍTULO 3

DISEÑO DEL HARDWARE DE SUPERVISIÓN

Para el desarrollo del presente proyecto se requiere identificar las señales eléctricas que permitan a un controlador lógico programable conocer los niveles de producción de cada una de las 10 máquinas resorteras existentes en el área de producción de colchones. Se dispondrá de un PLC con entradas digitales las cuales habilitarán contadores, y adicionalmente que tenga la capacidad de transmitir dicha información a un computador para el manejo de esta información ubicado a una distancia aproximada de 180 metros. Para esto ha sido fundamental conocer los procesos envueltos en la fabricación y el área de trabajo, así como la trayectoria más apropiada para el cableado.

3.1. Definición de Parámetros y Variables

Previo a la obtención de una señal eléctrica adecuada para el monitoreo de la producción de muelles es fundamental comprender el proceso realizado por las 10 máquinas resorteras para la fabricación de los mismos.

El proceso de manufactura de muelles consiste en un ciclo compuesto por varias etapas que son descritas a continuación (Figura 3.1):

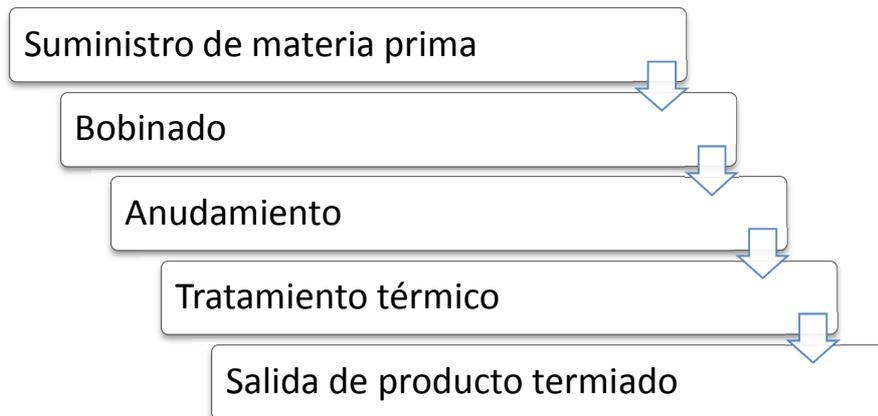


Figura. 3. 1. Etapas fabricación muelles

- **Suministro de materia prima**

La primera etapa del proceso automático de fabricación de muelles es el suministro de materia prima, en el cual el cable de acero proveniente de un rollo, ingresa a la máquina resortera mediante un proceso mecánico que estira el alambre desde la zona de carga de la materia prima. El alambre empleado es de tipo trefilado de alto carbono, de sección transversal circular el cual es empleado en aplicaciones muy específicas donde se necesita una gran resistencia. Este tipo de alambre cumple normas como DIN, INEN, ASTM, AISI, entre otras. Su fabricación especial le otorga propiedades tales como resistencia al desgaste, a la tracción y al doblado. Su usos más comunes son la fabricación de resortes para colchones, tapicería, muebles y automotrices. En la Tabla 3.1 que se presenta a continuación se indican los diámetros disponibles en el mercado y sus resistencias.

Diámetro [mm]	Resistencia Mínima [N/mm ²]	Resistencia Máxima [N/mm ²]
1,30	1680	1935
1,37	1660	1900
2,30	1515	1730
3,76	1280	1480
4,57	1255	1460

5,00	1320	1510
5,50	1300	1490
6,00	1280	1470

Tabla. 3. 1. Diámetro de cables y resistencias

[11]

En la Figura 3.2 se muestra la acción realizada por la máquina resortera para proveer de materia prima al proceso de fabricación del muelle.

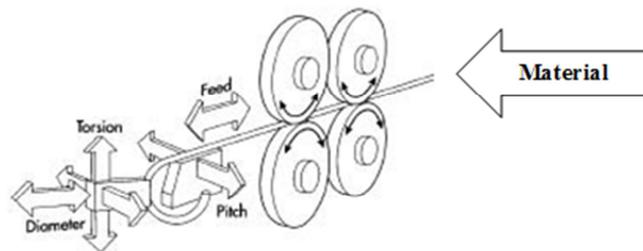


Figura. 3. 2. Suministro de material

- **Bobinado**

Una vez que el alambre estirado se encuentra dentro de la resortera, se procede con el proceso de bobinado, en el cual toma una forma cónica. Debido a que el proceso está diseñado a la fabricación de resortes para colchones se requiere que el muelle tenga diferentes diámetros, por lo que un eje ajustable enrolla el cable con el número de espiras y el diámetro especificado para posteriormente ser cortado (Figura 3.3).

[11] Catalogo de productos Ideal Alambrec [Online]. Habilitado: http://idealalambrec.beaert.com/es-MX/Industriales/~media/BrandSites/Ideal%20Alambrec/PDF%20documents/Prod_Industriales_IdealA1_2011.ashx



Figura. 3.3. Proceso de bobinado

- **Anudamiento**

Una vez cortado el alambre bobinado, el muelle es sujetado por un manipulador mecánico de seis brazos (Figura 3.4) el cual sujeta la pieza y lo traslada hacia la siguiente etapa, en la cual ambos extremos del resorte son anudados para evitar sus puntas cortantes y que el resorte tenga las dimensiones preestablecidas.

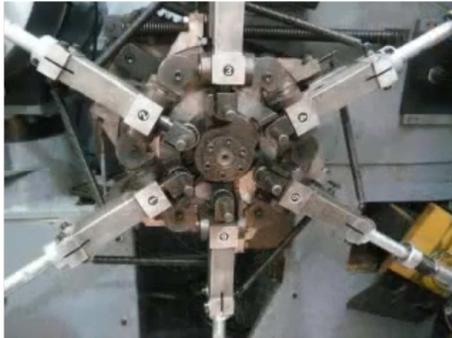


Figura. 3.4. Anudamiento del cable

- **Calentamiento térmico**

Para que la pieza finalice el proceso de fabricación se la somete a un tratamiento térmico. Este proceso al cual son sometidos los metales permite mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, principalmente la dureza, resistencia y elasticidad. Para realizar este proceso (Figura 3.5) se requiere calentar la bobina a una temperatura elevada en un período de tiempo corto, es así como somete a la pieza a una temperatura de 300°C durante un segundo para que este adquiera las propiedades físicas de un resorte.



Figura. 3. 5. Calentamiento térmico

- **Resorte en canaleta**

Una vez finalizado el proceso de fabricación el manipulador mecánico coloca el resorte en la canaleta (Figura 3.6) donde se acumulan todos los productos terminados, los cuales son retirados por el operador de la máquina cuando existan suficientes resortes.



Figura. 3. 6. Salida el resorte

Una vez comprendido el proceso de manufactura de muelles, ha sido necesario buscar en todos los controladores de las máquinas resorteras una señal común que permita registrar que un resorte haya sido fabricado.

Después de observar el funcionamiento de cada una de las máquinas, se ha escogido la señal de activación del solenoide para el tratamiento térmico. Esta señal fue

obtenida analizando los diagramas eléctricos y verificando los niveles de voltaje que emplean.

A continuación en la Figura 3.7 se detalla el tipo de señal obtenido, así como el nivel de voltaje en cada uno de los controladores de las máquinas.

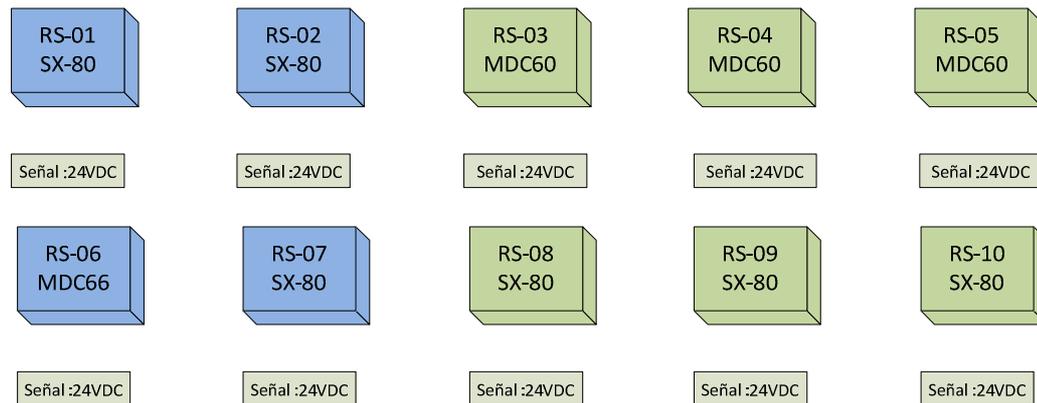


Figura. 3. 7. Resorterías y señales obtenidas

En las máquinas 3, 4 y 5 pertenecientes al modelo Fides MDC-60, las señales que activan al solenoide para el proceso de tratamiento térmico al resorte tiene una lógica inversa, es decir envían 0VDC para realizar este proceso.

A continuación en la Figura 3.8 se observa la distribución de los principales componentes del sistema, definiendo la relación de parámetros existente entre los mismos para comprender y resolver posibles problemas de una sistemática, confiable y ágil.

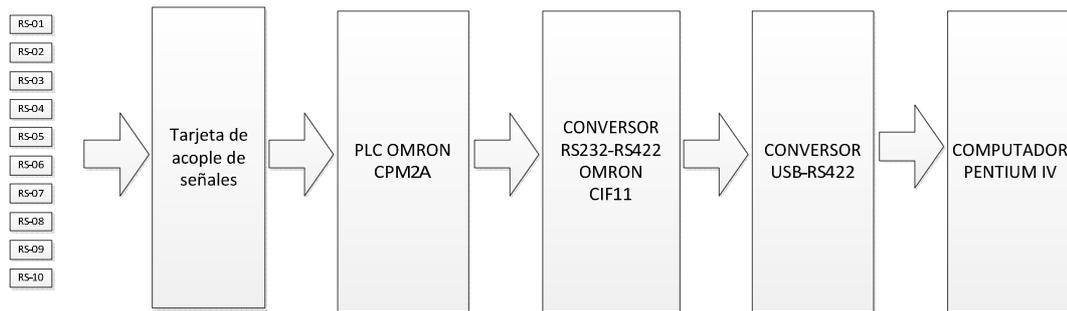


Figura. 3. 8. Componentes del sistema

3.2. Selección de Componentes

Debido a las condiciones del área de trabajo donde se va a implementar el sistema, se ha optado por realizar la selección de componentes que garanticen el funcionamiento óptimo. La protección a las personas y a los equipos es de vital importancia para el correcto funcionamiento del proyecto. Por requerimientos de la empresa se ha optado por emplear un PLC de la marca OMRON.

3.2.1. PLC OMRON CPM2A

En los proyectos de control y automatización con PLCs es de gran importancia elegir el autómatas más adecuado de acuerdo con los requerimientos, como es, número de entradas y salidas necesarias con sus respectivos voltajes y corrientes que se vayan a manejar, posibilidad de expansión, memoria necesaria para cargar el programa, tipo de comunicación, fuente de alimentación necesaria, etc. Considerando estas características, las más importantes en el momento de elegir un PLC son el número de entradas que tiene al igual que las salidas, capacidad de los módulos para expansión, capacidad de memoria de datos y programa, voltaje requerido para su funcionamiento, que puerto de comunicación posee, niveles de voltaje y corriente máximos para sus entradas y salidas.

En este proyecto no se pudo escoger el PLC más conveniente porque la empresa pidió que se utilice para el desarrollo de este con el CPM2A de OMRON, por tal motivo se tuvo que elaborar el proyecto con este modelo de PLC, por ello se verificó las características que tiene estén acorde con lo que se necesita. En este caso se necesitan 10 señales de 24 VDC, que son las salidas de la tarjeta de acoplamiento para las entradas del PLC, al igual que el módulo de comunicación sea compatible con el estándar de comunicación RS-422. No se necesita utilizar las salidas del PLC ya que no se dispone dispositivos a controlar. Para realizar un análisis y ver si el PLC CPM2A de OMRON cumple con los requisitos del proyecto, se indica un resumen de las características del mismo. Una breve descripción de las partes de este controlador lógico programable alecciona en la Figura 3.9.

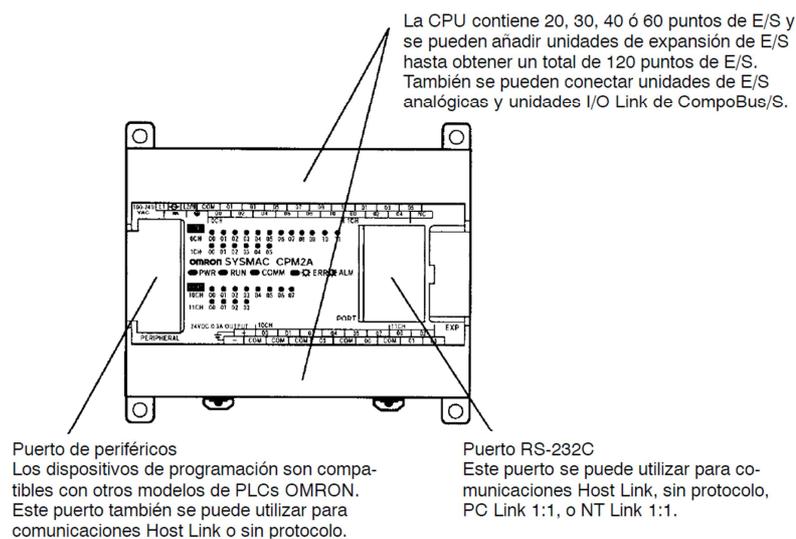


Figura. 3. 9. Partes PLC OMRON CPM2A

Características CPM2A

Dentro de la familia de PLC CPM2A existen diferentes opciones según el tipo de CPU que se elija entre estos tenemos de 20, 30, 40 o 60 puntos de E/S, en este caso la empresa dispone el de 20 puntos el cual se puede expandir hasta un total de 120 puntos de E/S con módulos de expansión. El voltaje de alimentación para este

dispositivo es de 24 VDC. El rango de voltaje de operación está presente desde 20.4 a 26.4 VDC. Esta sujeto a IEC61000-4-4, la cual garantiza la inmunidad al ruido. Con respecto a la temperatura de operación en la que el controlador lógico programable no presenta ningún inconvenientes es te 0 a 55 grados centígrados. Tiene un peso de 650 g. siendo así un dispositivo fácil de transportar y montar. El tipo de lenguaje para la programación es por medio de diagrama de escalera el cual permite una programación estructurada y de cómodo entendimiento. La capacidad del programa es de 4.096 palabras y la memoria de datos del usuario es de 2.048 palabras. Las dimensiones son 130 x 55 x 90 mm (Figura 3.10).

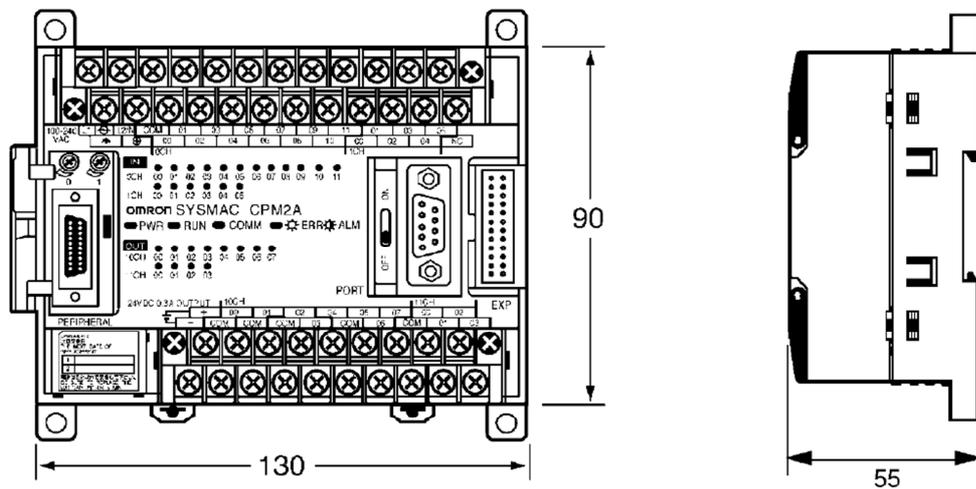


Figura. 3. 10. Dimensiones PLC OMRON CPM2A

Una de las ventajas al trabajar con el PLC OMRON CPM2A CPU 20 es que presentar diferentes áreas de memoria (Tabla 3.2) para guardar la información que tiene, al cuál su acceso es de forma directa solamente indicando a donde se desea ingresar. A continuación se indican todas las áreas disponibles:

Bits Especiales (área SR)	448 bits: SR 22800 a SR25515(palabras IR228 a IR255)
Bits temporales (área TR)	8 bits (TR0 a TR7)
Bits tendencia (área HR)	320 bits: HR 0000 a HR1915 (palabras HR00 a HR19)

Bits auxiliares (área AR)	384 bits: AR 0000 a HR2315 (palabras AR00 a AR23)
Bits de enlace (área LR)	256 bits: LR 0000 a LR1515 (palabras LR00 a LR15)

Tabla. 3. 2. Espacios de memoria PLC

3.2.2. Módulo de comunicación RS-422 RS-485 OMRON CPM1-CIF11

El PLC OMRON CPM2A posee un puerto de comunicación RS232 el cual permite su programación y monitoreo mediante el software CX-Programmer, además de un puerto para la conexión de periféricos para comunicación serial.

Para comunicaciones de tipo industrial OMRON ofrece el adaptador CPM1-CIF11 el cual convierte al puerto periférico en un puerto de comunicaciones RS-422 el cual se ajusta a los requerimientos del proyecto.

Las características de este adaptador de comunicación se describen en la Tabla 3.3

Nombre	<p style="text-align: center;">CPM1-CIF11</p>  <p style="text-align: center;">CPM1-CIF11</p>
Funciones	Conversión entre nivel CMOS (PLC) a RS-422
Protección	El periférico de comunicación esta aislado por un convertor DC/DC y un optoacoplador
Fuente de alimentación	Provista por el PLC
Consumo de energía	0.3 A máx
Velocidad de transmisión	38.4 kbits/s máx
Temperatura de	0°C – 55°C

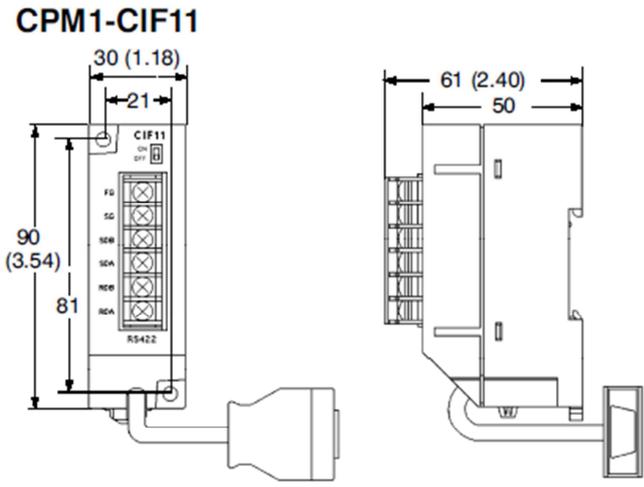
trabajo	
Humedad relativa	10% - 90%
Peso	200 g
Dimensiones	 <p>The technical drawing shows two views of the CPM1-CIF11 module. The front view on the left indicates a total height of 90 (3.54) and a width of 30 (1.18). A specific section of the front panel is 21 units wide and 81 units high. This section contains a 'CIF11 ON OFF' switch, a 'FG' indicator, a 'SG' indicator, and four 'SXA' indicators. Below these is an 'RS422' port. The side view on the right shows a total width of 61 (2.40) and a depth of 50 units. A cable is shown connected to the bottom of the module.</p>

Tabla. 3. 3. Características módulo CPM1-CIF11

Para realizar la comunicación entre el PLC y el computador se utilizará el protocolo Host Link, el cual es un protocolo propietario de OMRON que trabaja sobre enlaces seriales. Se lo puede realizar a través del puerto RS-232C o del puerto de periféricos del PLC. Un terminal programable conectado en modo Host Link puede realizar operaciones como lectura/ escritura de datos en la memoria de E/S del PLC o lectura/cambio del modo de operación del PLC. EL computador se encarga de establecer una comunicación maestro esclavo con el PLC. Entre las propiedades de este protocolo se destacan:

- Protocolo común para todos los PLCs OMRON.
- Facilita la conexión directa de PLCs sin necesidad de un módulo.
- Permite implementar sistemas de supervisión, programación y monitorización de PLCs.

A continuación en la Figura 3.11 se muestra la conexión entre el autómata CPM2A con el ordenados mediante las utilización del adaptador CPM1-CIF11 utilizando el protocolo Host Link.

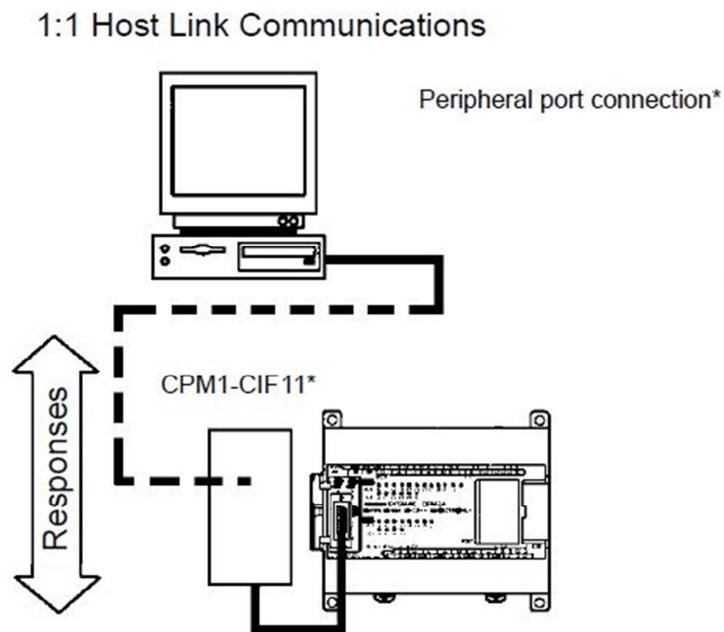


Figura. 3. 11. Conexión protocolo Host Link

Con estas características mencionadas del PLC OMRON CPM2A CPU20, se puede concluir que si satisface los requerimientos del proyecto, se puede observar lo mencionado en la Tabla 3.4

Características	Requerimientos del Proyecto	PLC OMRON CPM2A CPU20
Número de entradas	10	20
Voltaje de Alimentación	24 VDC	20.4 a 26.4 VDC
Voltaje para Entradas	24 VDC	24 VDC ^{+10%} / _{-15%}
Corriente para Entradas		5 mA.
Módulos de Expansión	A futuro	3
Comunicación con PC	Puerto RS-422	CPM1-CIF11

		(Adaptador RS-422/RS-485)
Funciones especiales	Contadores, temporizadores y áreas de almacenamiento	Si Posee
Dimensiones	(150 x 70 x 100) mm	(130 x 55 x 90) mm

Tabla. 3. 4. Requerimientos del proyecto y características PLC

3.2.3. Tarjeta de acople de señales

La tarjeta de acoplamiento de señales se diseñó porque se necesita que las señales tengan una referencia común así proteger las entradas del PLC. La necesidad principal de la elaboración de esta tarjeta surge por las características del canal de entrada del controlador en el cual cada entrada lógico programable pueda emplear en su canal de entradas.

El diseño de la tarjeta de acoplamiento se realizó mediante optoacopladores los cuales facilitan el acoplamiento de las señales provenientes de las máquinas resorteras, mediante un dispositivo que emite la luz (LED) y un fotoreceptor (fototransistor) que permite activar la salida, como lo haría al activar un interruptor normal para así tener entre los dos circuitos el contacto de un haz de luz protegiendo los equipos de control. Estos dispositivos no tienen rebote, el tiempo y la velocidad de conmutación comparando a un relé es mayor.

El optoacoplador implementado en este proyecto es el PC826B el cual tiene dos canales, maneja una corriente de saturación mínima de 5 mA y máxima de 50 mA, tienen un bajo costo y sus dimensiones son pequeñas ya que viene en un encapsulado tipo DIP. En la Figura 3.12 se detalla las dimensiones y el diagrama de conexión interno del optoacoplador.

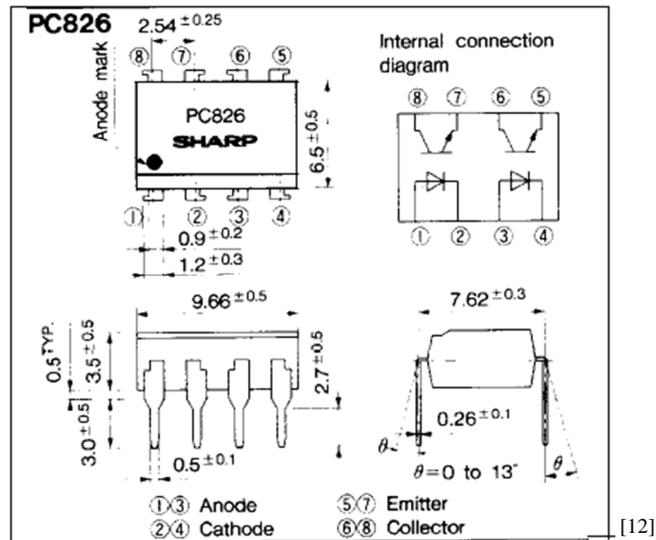


Figura. 3. 12. Dimensiones optoacoplador

El cálculo de las resistencias de entrada de los optoacopladores se realizó el siguiente cálculo, en el cual se considera el funcionamiento del optoacoplador como un diodo led.

$$R_{in} = \frac{V_{in} - V_D}{I_{Sat}} \text{ (Ecuación 3.1)}$$

Donde:

R_{in} → Resistencia de entrada

V_{in} → Voltaje de entrada

V_D → Voltaje del diodo

I_{Sat} → Corriente de saturación

$$R_{in} = \frac{24[V] - 0.6[V]}{20 [mA]}$$

$$R_{in} \approx 1.1 [K\Omega]$$

[12] PC826 Sharp Optoacoplador [Online]. Habilitado: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/82907/SHARP/PC826.html>

Como se puede observar, el valor obtenido como resultado de la Ecuación 3.1 no corresponde a un valor comercial disponible en el mercado, por lo que se optó por utilizar a resistencia de valor comercial más cercana que corresponde a 1[KΩ].

Debido al cambio del valor óhmico de la resistencia, es necesario volver a realizar los cálculos para verificar que los parámetros requeridos para el funcionamiento óptimo del optoacoplador se mantengan dentro de su rango.

$$I = \frac{V_{in} - V_D}{R_{in}}$$

Donde:

$I \rightarrow$ Corriente a través de la resistencia de entrada

$R_{in} \rightarrow$ Resistencia de entrada

$V_{in} \rightarrow$ Voltaje de entrada

$V_D \rightarrow$ Voltaje del diodo

$$I = \frac{24[V] - 0.6[V]}{1[K\Omega]} \text{ (Ecuación 3.2)}$$

$$I = 23.4[mA]$$

Se puede observar por los resultados obtenidos en la Ecuación 3.2 que la corriente de entrada al optoacoplador no varió demasiado y se mantiene dentro del rango requerido para su operación.

Es fundamental conocer siempre la potencia que consumirán los elementos dentro del diseño de un circuito eléctrico por lo que se realizó el cálculo de la potencia disipada en la resistencia de entrada.

$$P = I^2 \times R_{in} \text{ (Ecuación 3.3)}$$

Donde:

$P \rightarrow$ Potencia disipada en la resistencia de entrada

$I \rightarrow$ Corriente a través de la resistencia de entrada

$R_{in} \rightarrow$ Resistencia de entrada

$$P = 23.4[mA]^2 \times 1[K\Omega]$$

$$P = 0.54 [w]$$

El valor obtenido de la potencia permite seleccionar la resistencia adecuada para la entrada del optoacoplador, considerando los valores comerciales se ha optado por la resistencia 1[K Ω] a 1 vatio.

Como se mencionó anteriormente el optoacoplador funciona como un conmutador, que permitirá alimentar las entradas del PLC con voltajes que representen un 0 o 1 lógico. Las características del canal de entradas del autómata programable indican que el voltaje para detectar un 1 lógico es de 24 VDC ^{+10%} / _{-15%}, por lo que se dispuso una fuente de 24 VDC en la salida del optoacoplador. La resistencia de salida es de 2.2 [K Ω] obteniendo una corriente de colector de 10 [mA].

A continuación en la Figura 3.13, se muestra la simulación del funcionamiento del circuito diseñado para la tarjeta de acoplamiento de señales cuando la señal proveniente de una de las máquinas resorteras es 0[VDC] (switch abierto), podemos observar que la salida del optoacoplador tiene un voltaje de 24[VDC] ideal para la entrada al PLC.

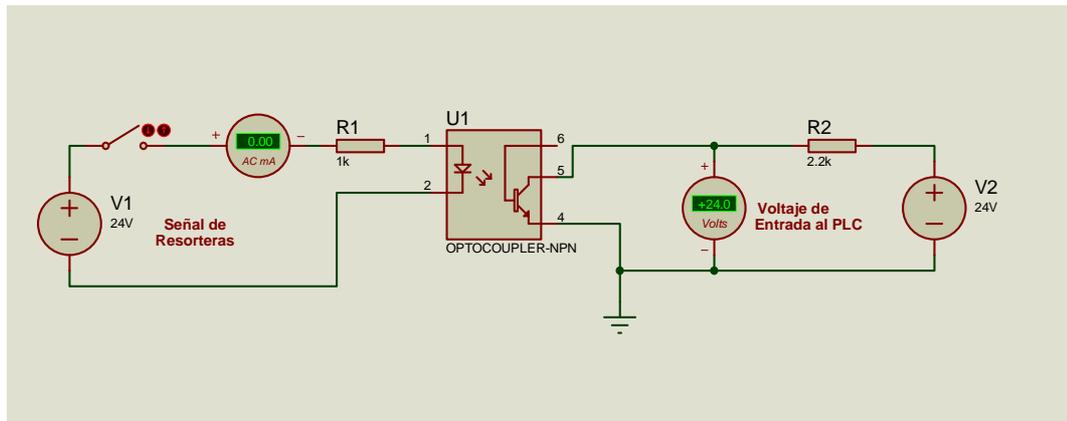


Figura. 3. 13. Simulación circuito acoplamiento (switch abierto)

En la Figura 3.14, se observa el comportamiento del circuito cuando la señal proveniente de una de las máquinas resorterías es 24[VDC] (switch cerrado), donde la salida del optoacoplador tiene un voltaje de 1.76 [VDC] el cual será reconocido por el canal de entradas del autómata programable como un cero lógico.

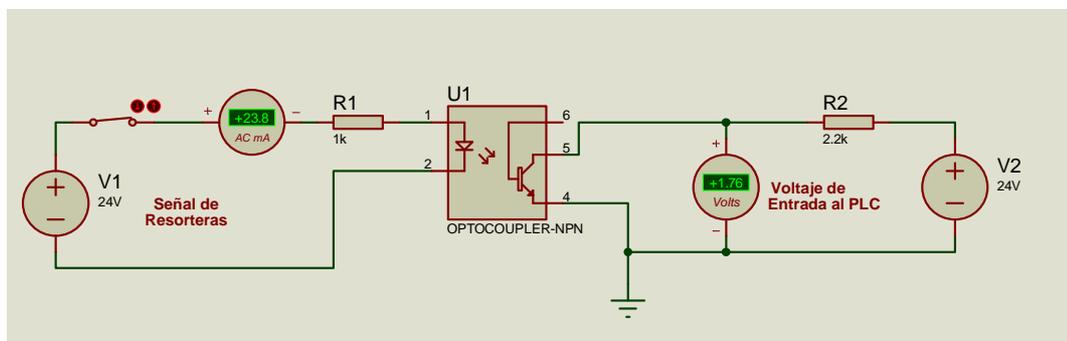


Figura. 3. 14. Simulación circuito acoplamiento (switch cerrado)

El correcto diseño y selección de los componentes permite garantizar el funcionamiento ininterrumpido del proyecto, por lo que se comprobó que el circuito diseñado cumple con los requerimientos planteados siendo apto para su implementación dentro del sistema de supervisión y monitoreo del área de fabricación de muelles.

Se estableció el siguiente diagrama esquemático, el cual es una herramienta muy útil para facilitar la comprensión de las conexiones en las entradas de la tarjeta de acoplamiento con las señales provenientes de las máquinas resorteras (Figura 3.15).

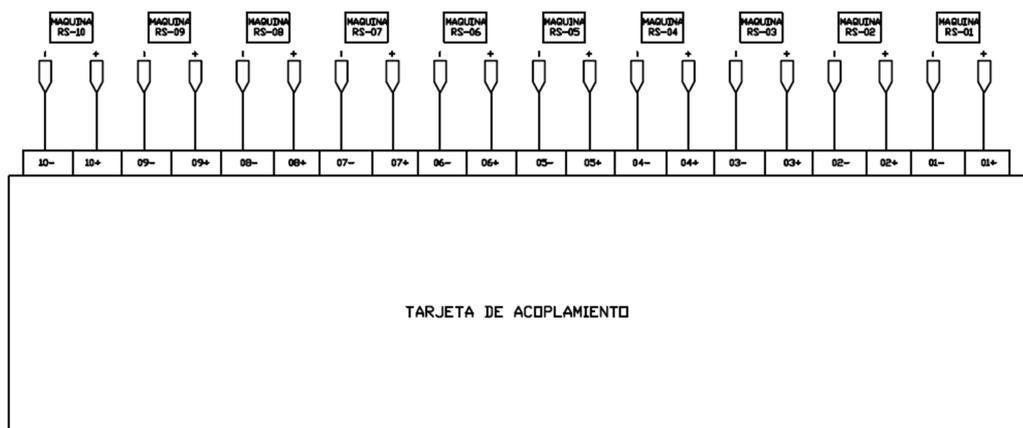


Figura. 3. 15. Diagrama de conexiones entrada de tarjeta de acoplamiento

En la Tabla 3.5, se indican las conexiones realizadas en la entrada de la tarjeta de acoplamiento, donde cada máquina requiere de dos señales correspondientes a la referencia y a la señal de activación del proceso de tratamiento térmico.

Entrada Tarjeta	Señal	Máquina
10 + 10 -	V + V -	Máquina 10
9 + 9 -	V + V -	Máquina 9
8 + 8 -	V + V -	Máquina 8
7 + 7 -	V + V -	Máquina 7
6 + 6 -	V + V -	Máquina 6
5 + 5 -	V + V -	Máquina 5

3 + 3 -	V + V-	Máquina 4
2 + 2 -	V + V-	Máquina 3
1 + 1 -	V + V-	Máquina 2
4 + 4 -	V + V-	Máquina 1

Tabla. 3. 5. Conexiones entrada tarjeta de acoplamiento

Para un eventual cambio de una de las máquinas solamente es necesario cambiar la resistencia en la entrada realizando el cálculo para que exista una corriente de saturación considerando el voltaje de la señal obtenida de la nueva máquina y teniendo en cuenta las características del controlador lógico programable.

Para proteger los elementos y dispositivos de la tarjeta de acoplamiento de señales, se ha considerado la importancia de disponer de un fusible de 2[A] en la alimentación, como se puede notar en el diagrama esquemático de la Figura 3.16. Adicionalmente, en este diagrama se observa las conexiones de las salidas de la tarjeta están disponibles en un bornera.

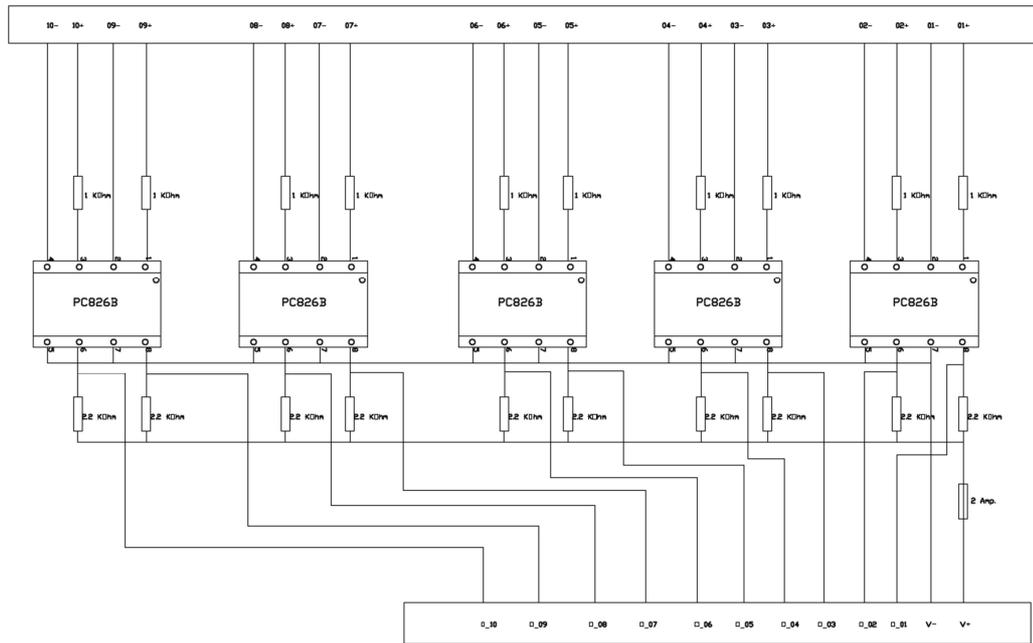


Figura. 3. 16. Diagrama tarjeta de acoplamiento

Las conexiones de las salidas de la tarjeta hacia las entradas del PLC, así como su alimentación eléctrica se pueden observar en el diagrama de la Figura 3.17.

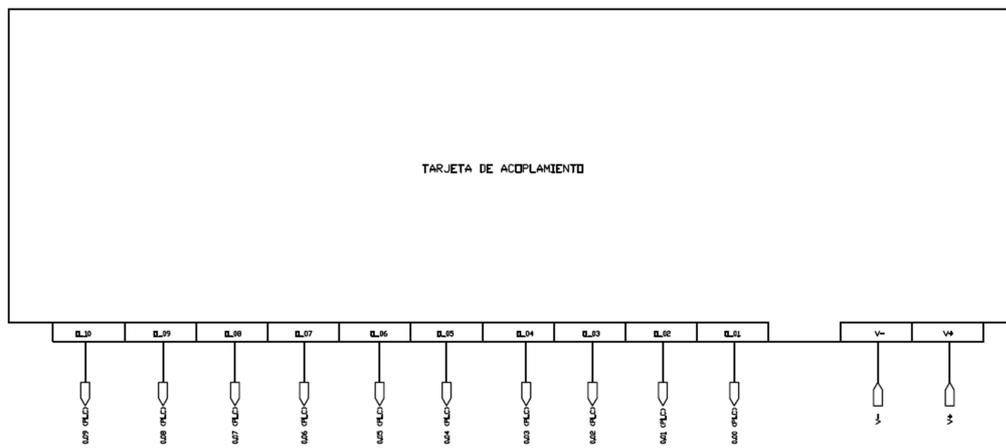


Figura. 3. 17. Diagrama de conexiones salida de tarjeta de acoplamiento

En la Tabla 3.6, se puede observar las conexiones realizadas desde salida de la tarjeta de acoplamiento hacia las entradas del PLC, las cuales corresponden a las señales de salida de los optoacopladores, que están en función de las señales provenientes de cada una de las máquinas resorteras.

Salida Tarjeta	Entrada PLC
O_10	0.09
O_09	0.08
O_08	0.07
O_07	0.06
O_06	0.05
O_05	0.04
O_04	0.03
O_03	0.02
O_02	0.01
O_01	0.00

Tabla. 3. 6. Conexiones Tarjeta PLC

3.3. Diagrama del PLC

En el canal de entradas del autómata programable se conectarán las señales de salidas provenientes de la tarjeta de acoplamiento, teniendo estas una referencia común. Cada una de estas señales indica que un muelle ha sido elaborado y son registradas mediante contadores dentro de la programación del PLC que almacenan esta información, en períodos de 60 segundos. Como entradas del PLC también tenemos el puerto periférico al cual se conectará el adaptador CPM1-CIF11 para la comunicación RS-422. En la Figura 3.18 se puede observar la conexión de estas entradas así como la alimentación eléctrica de 24VDC.

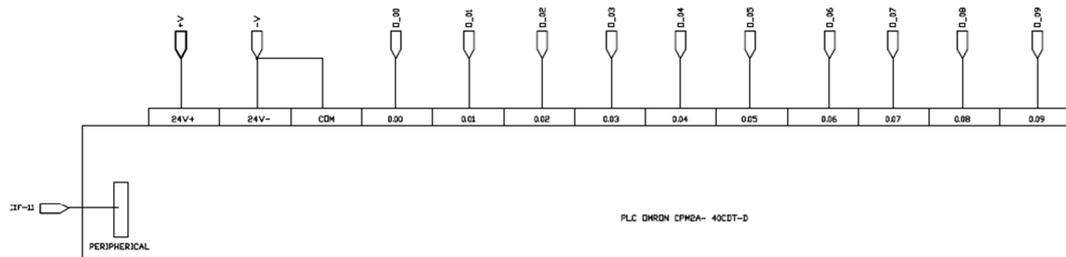


Figura. 3. 18. Conexiones de entrada PLC

En el canal de salidas del PLC no se realizará ninguna conexión, debido a que no se realizará el control sobre ningún actuador o dispositivo. En la Figura 3.19, se muestra el canal de salidas del PLC.

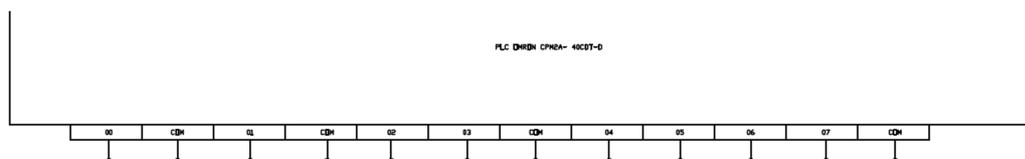


Figura. 3. 19. Conexiones salida PLC

Adicionalmente para el montaje del sistema se ha considerado la necesidad de los siguientes dispositivos que permitirán brindar seguridad al sistema, realizar un montaje que cumpla con las normas NEC y siguiendo los requerimientos planteados por la empresa.

- Fuente de alimentación 24VDC de 60W 220VAC
- Canaletas plásticas ranuradas
- Rieles Din C
- 2 Portafusibles 10,3 x 38
- 2 Fusibles 2 A tipo cartucho 10,3 x 38
- 6 Borneras para riel DIN
- Luz indicadora 220 VAC color amarilla

- Conmutador 2 posiciones montable en gabinete
- Gabinete de 510x410x190 mm
- Computador de escritorio con los siguientes requerimientos mínimos (Tabla 3.7):

Característica	Requerimiento
Procesador	Pentium IV 1.8 GHz
Memoria RAM	512 MB
Espacio libre en disco duro recomendado	10 GB
Sistema Operativo	Win XP Professional SP2
Software	Microsoft Office 2010
Resolución de video	800 x 600

Tabla. 3. 7. Características mínimas computador

3.4. Diagrama de Comunicación

Para facilitar la comprensión del sistema de comunicación del proyecto que ha sido implementado para este trabajo, se planteó el siguiente diagrama (Figura 3.20) que muestra la relación existente entre los dispositivos esenciales para realizar la comunicación utilizando el estándar RS-422.

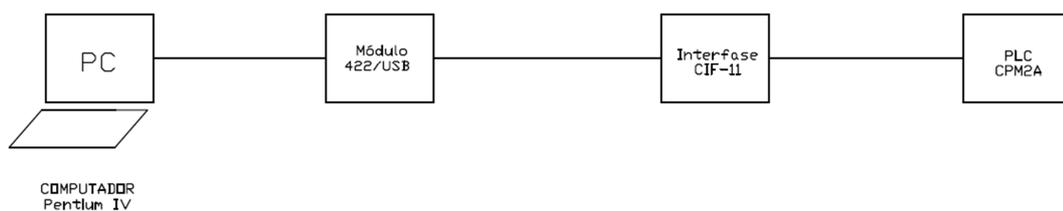


Figura. 3. 20. Diagrama conexión entre dispositivos

Este diagrama es gran utilidad para el departamento de mantenimiento eléctrico y electrónico de la empresa ya que en caso de suscitarse alguna anomalía en el sistema de comunicación entre el computador y el PLC ayudará a encontrar rápidamente la posible causa de falla y repararla.

3.5. Diagrama de Conexiones de Armario

Para garantizar el correcto funcionamiento del sistema se requiere inicialmente realizar un diagrama (Figura 3.21) que permita identificar claramente cada una de las conexiones eléctricas a ser realizadas entre cada uno de los dispositivos.

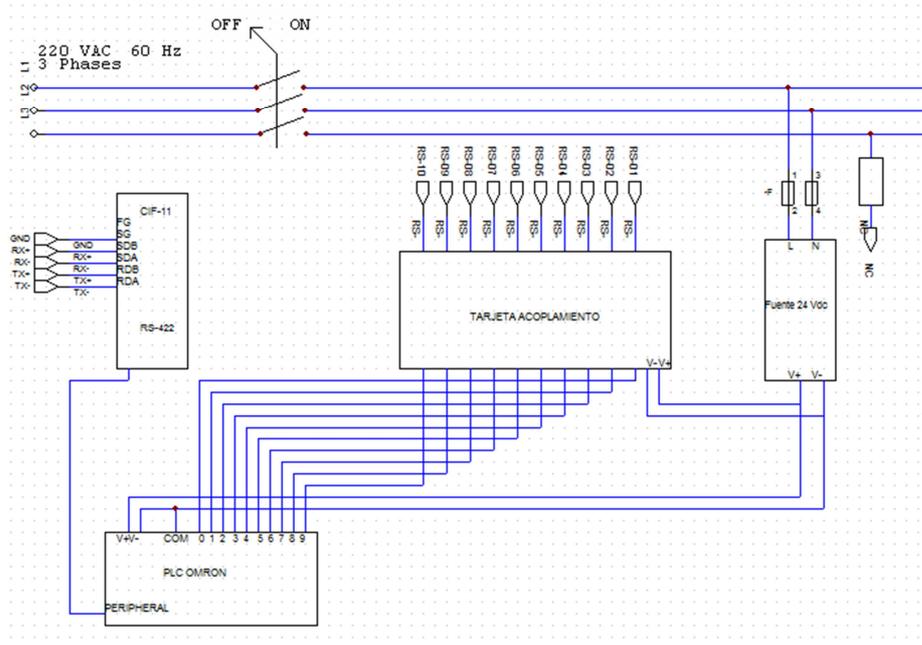


Figura. 3. 21. Diagrama de conexiones de armario

CAPÍTULO 4

DISEÑO DEL SOFTWARE

En el presente capítulo se realiza una descripción detallada del diseño de los distintos programas desarrollados que serán implementados tanto en el PLC como en el computador. Se explican los programas usados para la programación, así como las variables, tecnologías y procesos diseñados.

4.1. Programa del PLC

Para registrar la producción de la sección de resorteras se ha empleado un PLC OMRON CPM2A, cuyas características fueron descritas en el capítulo anterior. Empleando el software CX-Programmer 9.2 se ha creado el programa ha ser cargado en el PLC, cuya función será de contar el número de pulsos en un minuto en 10 entradas y almacenar la información de dichos contadores dentro de áreas especiales dentro de la memoria del PLC.

SOFTWARE CX-ONE

Es el paquete que integra todo el software necesario para la configuración de los productos de la línea OMRON, en el cual se incluyen herramientas para la programación, creación de redes, movimientos, accionamiento, regulación y conmutación.

El software CX-One permite desarrollar a los usuarios aplicaciones para dispositivos como PLCs, Terminales Programables, sistemas Motion Control y redes. En la Figura 4.1 se observa las principales herramientas dentro del paquete CX-One V4.



Figura. 4. 1. Herramientas paquete CX-ONE

En las Tabla 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4 se detallan los programas y herramientas existentes dentro del paquete CX-One.

Programación	CX-Programmer cx-ones	Ofrece una plataforma de software PLC común para todos los tipos de controladores de PLC OMRON, desde microPLCs, hasta sistemas con procesadores dúplex. Permite una sencilla conversión y reutilización de código entre los distintos tipos de PLCs y la reutilización total de los programas de control creados mediante software de programación de PLC antiguo.
	CX-Simulator	Es posible conseguir un entorno de depuración equivalente al actual entorno de sistema PLC mediante la simulación del funcionamiento de un PLC serie CS/CJ con un PLC virtual en el ordenador. CX-Simulator hace posible evaluar el funcionamiento de los programas, comprobar el tiempo de ciclo y reducir el tiempo de depuración antes del montaje del equipo.

	CX-Designer	CX-Designer se utiliza para crear datos de pantalla para los terminales programables de la serie NS. CX-Designer permite, además, comprobar en el ordenador el funcionamiento de los datos de pantalla que se han creado. CX-Designer ofrece un proceso de desarrollo eficiente para la creación de pantallas, simulación y desarrollo de proyectos. Los usuarios pueden desarrollar pantallas de forma más eficaz con el software de programación fácil de usar. CX-Designer tiene alrededor de 1.000 objetos funcionales estándar con gráficos asociados y funciones avanzadas, de modo que incluso los usuarios que lo utilicen por primera vez pueden crear pantallas fácilmente con tan sólo organizar objetos funcionales en una pantalla.
--	-------------	--

Tabla. 4. 1. Herramientas de programación

Redes	CX-Integrator	CX-Integrator es el software de configuración principal para CX-One. Permite el funcionamiento sencillo de multitud de operaciones, como el control del estado de la conexión de varias redes, la configuración de parámetros y el diagnóstico de redes.
	CX-ConfiguratorFDT	CX-ConfiguratorFDT se basa en la tecnología FDT/DTM y puede usarse para configurar los dispositivos de cualquier proveedor conectado a una red PROFIBUS. Este concepto se ampliará en un futuro para admitir muchas más redes que utilicen esta tecnología.
	CX-Protocol	Crea procedimientos de comunicaciones de datos (macros de protocolo) para intercambiar datos entre los dispositivos serie estándar y el PLC utilizando una unidad o placa de comunicaciones serie.
	Network Configurator	Network Configurator para EtherNet/IP permite configurar unidades EtherNet/IP y data links entre controladores.

Tabla. 4. 2. Herramientas de redes

Regulación y conmutación	CX-Thermo	CX-Thermo es un producto de configuración y control para los controladores de temperatura de la serie E5CN y E5ZN. Ofrece una configuración sencilla, un registro de datos online y un control en tiempo real. Los usuarios pueden crear, editar y descargar parámetros por lotes desde un ordenador personal, lo que reduce el trabajo necesario para
---------------------------------	-----------	--

		configurar parámetros. Es posible controlar al mismo tiempo los datos de hasta 31 controladores de temperatura.
	CX-Process	CX-Process simplifica, en todos los aspectos, el control de lazo, desde la creación y transferencia de bloques de funciones hasta el funcionamiento de placas y unidades, así como el proceso de depuración (ajustes de parámetros PID, etc.). Los programas de bloques de funciones pueden crearse fácilmente pegando los bloques de funciones en la ventana y realizando conexiones de software con el ratón.
	CX-Sensor	CX-Sensor permite configurar y controlar la gama de sensores ZX de Omron por medio de una serie de pantallas fáciles de utilizar. El gráfico permite comprobar y comparar de forma simultánea el rendimiento de varios sensores, lo que permite la configuración de procesos complejos. Además, el software incluye un controlador que permite el acceso a los datos de sensor a través de una unidad de control serie de Omron (SCU) y desde otras aplicaciones de Omron como CX-Supervisor. Con la ayuda de la aplicación CX-Server OPC de Omron se puede incluso controlar los datos de los sensores en tiempo real desde Microsoft Excel.

Tabla. 4. 3. Herramientas de regulación y conmutación

Movimiento y accionamiento	CX-Motion Pro	CX-Motion Pro facilita y acelera el proceso de programación del control de movimiento.
	CX-Motion	CX-Motion puede usarse para crear, editar e imprimir los múltiples parámetros, datos de posición y programas de control de movimiento (código G) necesarios para manejar los controladores de movimiento, transferir los datos a las unidades de control de movimiento y controlar el funcionamiento de las unidades de control de movimiento. Aumentar la productividad de cada uno de los pasos del proceso de control de movimiento, desde el desarrollo del programa de control de movimiento hasta el funcionamiento del sistema.
	CX-Drive	Este software abarca todo el rango de corriente de los servos y variadores Omron Yaskawa, con total acceso a todos los parámetros (con 3 niveles de operador disponibles). Además, se incluye información general sobre los parámetros, con

		filtros para mostrar valores que sean: distintos a los predeterminados, distintos a los del variador o ajustes no válidos. Además, hay disponibles gráficos con información general para facilitar aún más la configuración de algunos parámetros más específicos como frecuencias de salto, perfiles v/f y configuración analógica.
	CX-Position	CX-Position simplifica el control de posición en todos sus aspectos, desde la creación y edición de los datos que se usan en las unidades de control de posición (unidades NC) hasta la comunicación online y el control del funcionamiento. El software está equipado con funciones que pueden mejorar la productividad, como la generación automática de datos de proyecto y la reutilización de datos existentes.
	CX-Motion NCF	Cree rápidamente soluciones de movimiento punto a punto gracias a este software de configuración integrado para sistemas basados en Mechatrolink II.
	CX-Motion MCH	Programe aplicaciones de movimiento avanzadas utilizando las unidades de control de movimiento CS1W-MCH71 y CJ1W-MCH71, y configurando los parámetros de sistema, datos de posición, programas de movimiento y datos de leva.

Tabla. 4. 4. Herramientas de movimiento y accionamiento

[13]

La herramienta empleada para el desarrollo del programa del PLC es CX-Programmer (Figura 4.2). Esta herramienta es el programador de los controladores lógicos programables de OMRON, dando la posibilidad de proyectar, probar, depurar, controlar y configurar todos los modelos desde micro PLC hasta la gama alta. Permite la creación de complejos sistemas de control mediante el uso de lenguajes de relés (ladder) o lista de instrucciones.

^[13]Omron. Un único software para su sistema de Automatización [Online]. Habilitado:<http://automatizacion-industrial-omron.mx/productos/inspeccion-optica-automatizada/software/cx-one/>

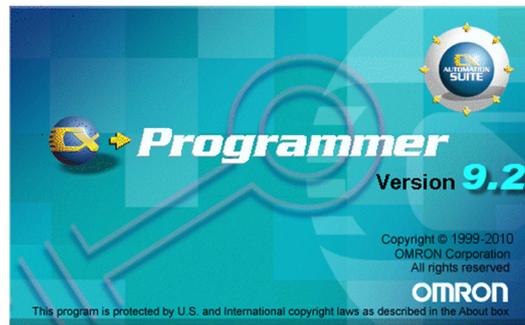


Figura. 4. 2. Ventana Inicial CX-Programmer

La programación del PLC se lo desarrolla mediante instrucciones que se ejecutan secuencialmente, para lo cual se empleó la lógica de relés, también conocida como lenguaje de escalera. Este permite desarrollar de manera fácil y ordenada la lógica que se desea implementar en el programa del PLC. El funcionamiento del programa es descrito a continuación en el siguiente gráfico de control de etapas de transición (Figura 4.3).

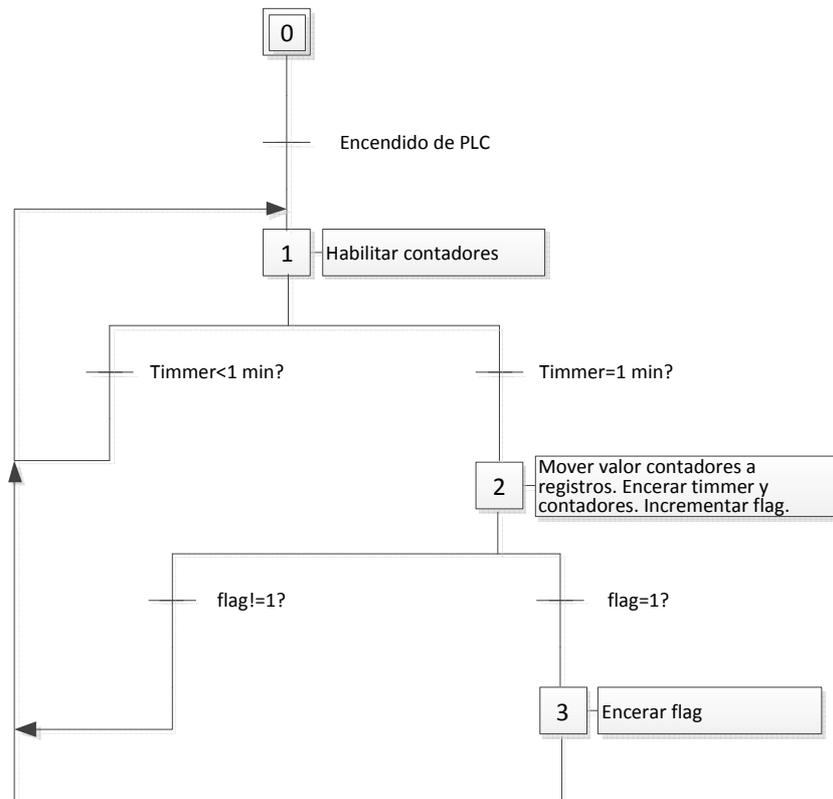


Figura. 4. 3. Diagrama del funcionamiento programa PLC

En la primera etapa del programa del PLC es desarrollada por 10 contadores, los cuales utilizan como señal para incrementar su valor una de las entradas del controlador y como señal para su reseteo la señal del timer que indica que ha transcurrido 1 minuto.

Para la realización del programa del PLC, es conveniente comprender las instrucciones que van a ser empleadas, sus parámetros y funcionamiento. Las principales instrucciones que se utilizarán son contadores, timers y bloques para mover registros, las cuales son descritas a continuación.

Instrucción Contador Reversible CNTR(12)

Esta instrucción permite realizar un conteo incremental o decremental, a diferencia del contador estándar que tan sólo permite llevar una cuenta descendente. En la Figura 4.4 se muestra el símbolo de esta instrucción en CX-Programmer.

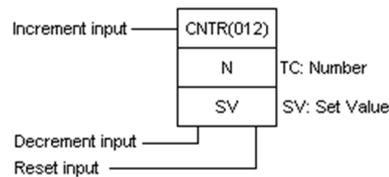


Figura. 4. 4. Símbolo Contador Reversible

Esta instrucción tiene 3 entradas de control:

- Entrada de cuenta ascendente UP: Incrementa el valor de contador
- Entrada de cuenta descendente DOWN: Decrementa el valor de contador
- Entrada de reset (RESET): Resetea la cuenta a #0000

Dos variables que deben ser definidas para la utilización de esta instrucción son TC, la cual corresponde al número del contador y SV que corresponde al valor deseado (Set Value). Adicionalmente, el valor del acumulador se almacena dentro de PV (valor actual).

Instrucción Temporizador TIM

Opera un temporizador de disminución en unidades de 100 milisegundos. Su rango de funcionamiento para el valor seleccionado fluctúa entre 0 a 999,9 segundos. En la Figura 4.5 se presenta el símbolo en lenguaje ladder empleado en CX-Programmer.

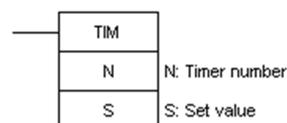


Figura. 4. 5. Símbolo Temporizador

Mientras la entrada de activación del temporizador está en estado ON, el contador interno decrementa su valor desde el valor deseado en intervalos de 0.1 segundos hasta que alcanza el valor de cero, momento en el cual se activa el indicador de finalización. La Figura 4.6 ilustra la relación entre la entrada del temporizador, el valor presente y el indicador de finalización.

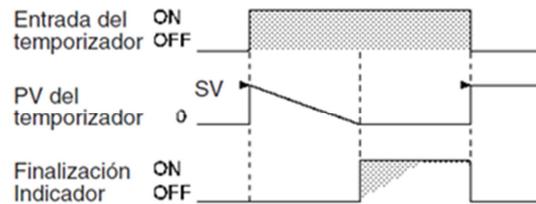


Figura. 4. 6. Funcionamiento Temporizador

Esta instrucción presenta dos parámetros a configurarse para su funcionamiento como son:

- N: equivale al número de contador (de TC000 a TC015)
- S: correspondiente valor deseado (Set Value).

Instrucción de Movimiento de datos MOV(21)

Esta instrucción ayuda a transferir los datos almacenados en una dirección de memoria hacia otro espacio de memoria especificada. Se despliega el símbolo de esta instrucción en la Figura 4.7.

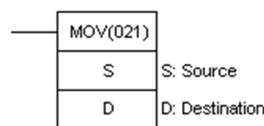


Figura. 4. 7. Símbolo de Instrucción de movimientos de datos

Los parámetros que deben ser establecidos para la utilización de esta instrucción son:

- S: origen de la información
- D: destino de la información

Si la entrada de activación de la instrucción está en estado ON, se copia la información de la dirección de fuente hacia el destino, como se indica en la Figura 4.8.

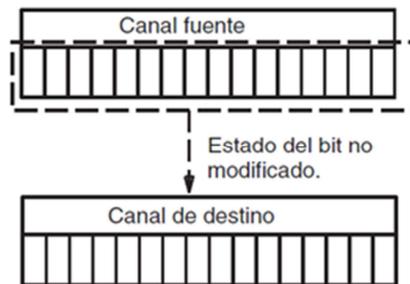


Figura. 4. 8. Funcionamiento instrucción MOV

Instrucción de Finalización END(001)

Esta instrucción es requerida para la finalización de cualquier programa o subrutina. Cualquier línea de programación añadida después de la instrucción END no se ejecutará. En caso de que no exista esta instrucción en el programa, ninguna instrucción será ejecutada y aparecerá el mensaje de error “NO END INST”. La simbología en lenguaje de escalera para esta sentencia se presenta en la Figura 4.9.



Figura. 4. 9. Símbolo Instrucción END

Una vez entendidas las principales instrucciones necesarias para el desarrollo del programa del PLC, se procederá a la explicación del programa en el siguiente apartado.

Las entradas del PLC, pertenecientes al canal 0CH de entradas, son identificadas con los contactos como se detalla en la Tabla 4.5, donde la activación de las

máquinas Fides MDC-60, identificadas como RS-03, RS-04 y RS-05 envían un pulso de cero lógico cuando realizan un resorte.

Contacto	Valor	Modelo
0.00	Máquina 1	SX-80
0.01	Máquina 2	SX-80
0.02	Máquina 3	MDC60
0.03	Máquina 4	MDC60
0.04	Máquina 5	MDC60
0.05	Máquina 6	MDC-66
0.06	Máquina 7	SX-60
0.07	Máquina 8	SX-80
0.08	Máquina 9	SX-60
0.09	Máquina 10	SX-80

Tabla. 4. 5. Entradas PLC

En la Figura 4.10 se muestra los contadores para las 2 primeras máquinas, en las cuales los contactos para incremento del acumulador son normalmente abiertos y corresponden a las entradas 0.00 para el contador 005 y 0.01 para el contador 006. En tanto, en la entrada de control de cuenta descendente se ha colocado el contacto normalmente cerrado de la variable P_ON que siempre estará activada durante la ejecución de un programa en el PLC.

Para resetear el acumulador de los contadores se utilizará la señal de finalización del ciclo de temporizador, el cual realizará una cuenta durante 60 segundos. La lógica implementada para las máquinas de la 6 a la 10 es la misma por lo que no se detalla en esta sección.

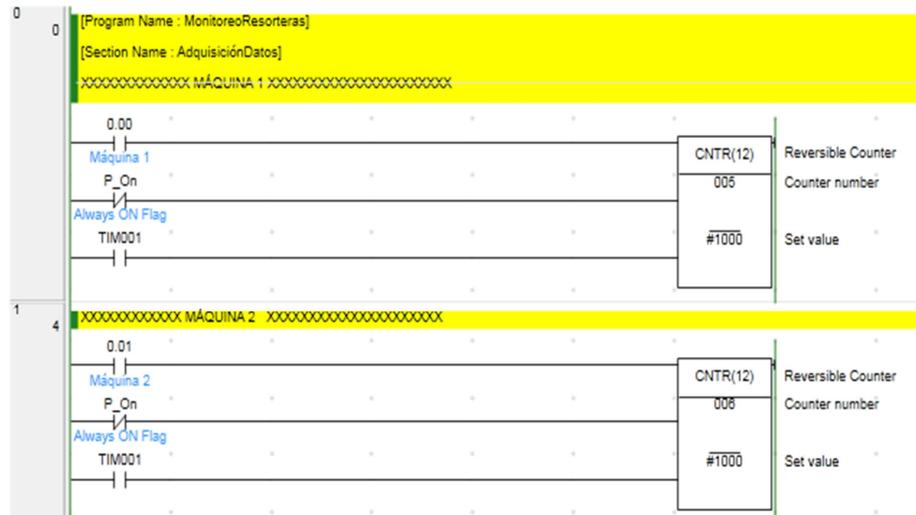


Figura. 4. 10. Programación Contadores PLC

Los contadores de las máquinas 3,4 y 5 se muestran en la Figura 4.11, donde cae recalcar que sus contactos son normalmente cerrados, dado que la señal obtenida tiene un valor de 1 lógico (24VDC) cuando no está fabricando un muelle, y 0 lógico (0VDC) cuando está realizando el proceso térmico.

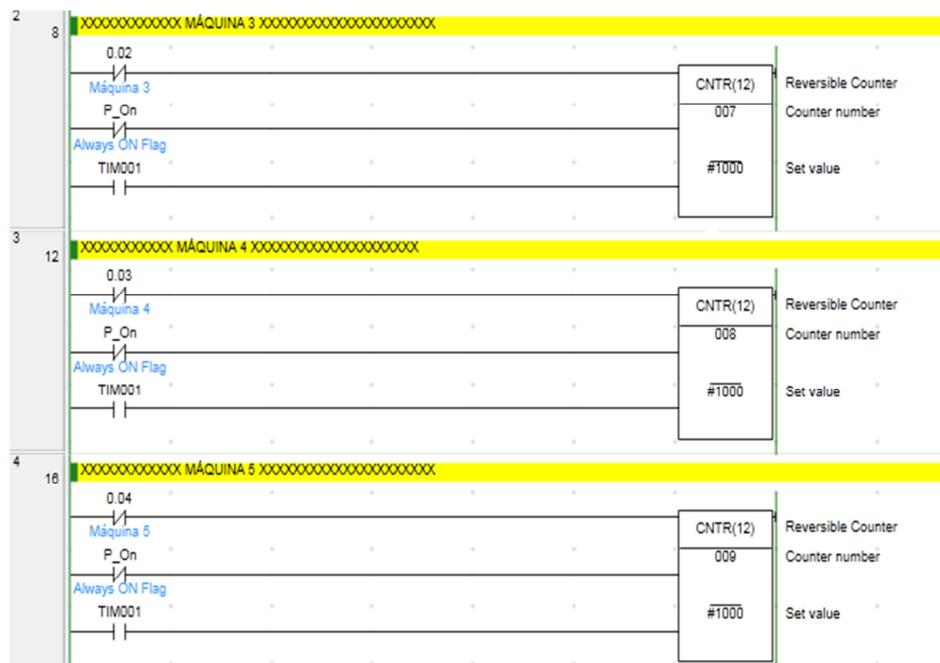


Figura. 4. 11. Contadores máquinas 3,4 y 5

El timer empleado para resetear los contadores, tiene como señal de activación un contacto normalmente cerrado de la finalización de su ciclo, lo que permite reiniciar el conteo una vez finalizado. La línea de programación de esta instrucción se muestra a continuación en la Figura 4.12:



Figura. 4.12. Programación temporizador PLC

Se emplea una bandera para permitir al programa en ejecución del computador almacenar los datos; esta bandera ha sido programada empleando un contador (Figura 4.13) que incrementa su valor cuando el timer alcanza un minuto y encera su valor al llegar al valor de 1.

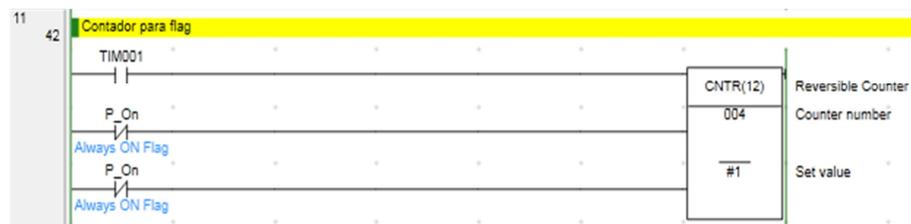


Figura. 4.13. Programación contador flag

Cuando el temporizador alcanza el valor prefijado, se mueven los valores de los acumuladores de los contadores a registros prefijados para ser transferidos al computador (Tabla 4.6).

Contador	Registro	Comentario
CNT4	LR0	Flag
CNT5	LR1	Máquina 1
CNT6	LR2	Máquina 2
CNT7	LR3	Máquina 3
CNT8	LR4	Máquina 4
CNT9	LR5	Máquina 5
CNT10	LR6	Máquina 6
CNT11	LR7	Máquina 7
CNT12	LR8	Máquina 8
CNT13	LR9	Máquina 9
CNT14	LR10	Máquina 10

Tabla. 4. 6. Registros de contadores

El comando MOV es empleado para realizar esta operación antes descrita. En la Figura 4.14 se muestra la programación empleada para mover los valores de los 3 primeros contadores hacia espacios de memoria del PLC.

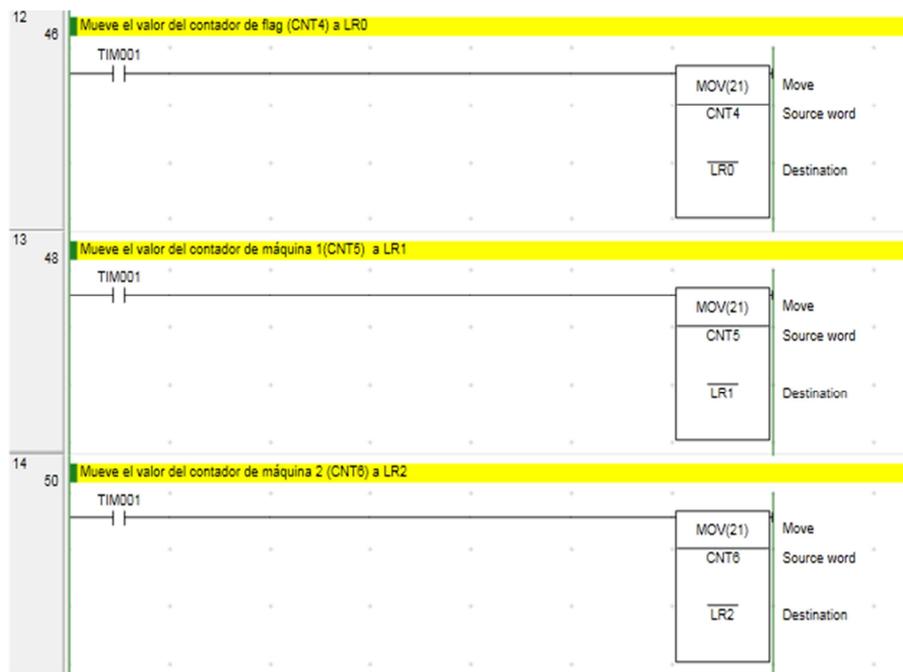


Figura. 4. 14. Programación MOVs

Finalmente para indicar la finalización del programa se coloca la instrucción END en la última línea de programación, como se indica en la Figura 4.15.



Figura. 4. 15. Programación END

4.2. Creación del programa de adquisición de datos

Este proyecto requiere la creación de una interfaz que permita almacenar los datos provenientes del PLC en una base de datos, para lo cual se optó por el desarrollo de una aplicación en lenguaje Java. Esta aplicación deberá ser capaz de comunicarse con las herramientas que la línea OMRON ofrece para el manejo de los datos en intervalos de tiempo preestablecidos y recopilar esta información en una base de datos.

Para el desarrollo de aplicaciones en lenguaje Java existen varias plataformas de entorno de desarrollo integrado de código abierto como son NetBeans IDE, Eclipse o IntelliJ.

El proyecto fue desarrollado en Eclipse Indigo, el cual permite desarrollar aplicaciones Java ¹⁴ utilizando librerías creadas de código abierto para satisfacer los requerimientos del proyecto. Para el desarrollo de interfaces gráficas cuenta con una herramienta Window Builder desarrollada por Google que brinda una amplia gama de opciones para el diseño de ventanas.

^[14]L. Joyanes y M. Fernández, Ed., Osborne, “Java 2 Manual de Programación”. McGraw-Hill.

En la Figura 4.16 se ilustra las clases a ser creadas para la aplicación llamada *Adquisicion*, misma que funcionará continuamente para registrar los datos procedentes del PLC OMRON CPM2A en una base de datos.

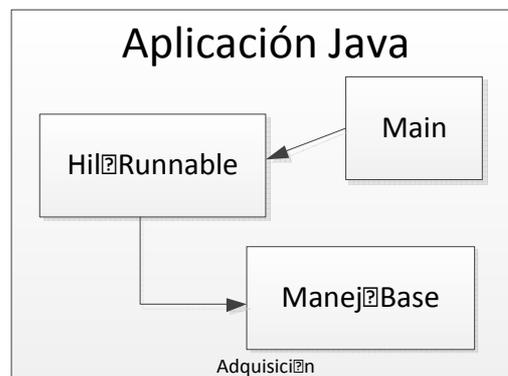


Figura. 4. 16. Aplicación *Adquisicion*

4.2.1. Intercambio de datos dinámicos

Una de las tecnologías de comunicación empleadas para la transferencia de datos entre diferentes aplicaciones funcionando bajo un sistema de operativo Windows es el intercambio dinámico de datos DDE. A pesar que en la actualidad existen nuevas tecnologías más avanzadas para realizar el intercambio de datos como OLE (Object Linking and Embedding), estas no han sido totalmente adoptadas debido a su mayor dificultad en la programación. A nivel industrial es común emplear programas que soportan la tecnología DDE ya que los fabricantes proveen software que facilita su manejo.

La tecnología DDE adicionalmente a la transferencia de datos, permite el control de una aplicación desde otra mediante el envío de comandos. Por lo general, la aplicación incluye el método para que el usuario establezca el enlace.

Dos aplicaciones funcionando bajo Windows como se muestra en la Figura 4.17 establecen una conversación DDE transfiriendo mensajes bidireccionalmente entre

ellos; a estos programas se los conoce como cliente y servidor. El cliente es el programa que requiere de los datos del servidor y es el encargado de iniciar la conversación. El programa servidor contiene los datos que otros programas puedan requerir. Una aplicación puede establecer varias conversaciones DDE, ya sea como cliente o servidor en cada una de ellas.



Figura. 4. 17. Elementos conversación DDE

Para establecer la conversación DDE, el protocolo utiliza una jerarquía de tres niveles para identificar los datos transmitidos. Esta jerarquía está conformada por aplicación, tema e ítem. Al inicio de cada conversación DDE, el cliente y el servidor identifican este enlace mediante el nombre de la aplicación y el ‘topic’.

Los elementos de la conversación DDE son descritos en la siguiente Tabla 4.7.

Elementos	Descripción
Aplicación	Nombre del servidor DDE, generalmente nombre de la aplicación o ejecutable.
Tópico	Nombre del archivo creado en el servidor DDE, en el que se ha configurado el servicio.
Ítem	Dirección para identificar el dato.

Tabla. 4. 7. Parámetros conversación DDE

Una amplia gama de necesidades pueden ser satisfechas mediante la utilización de DDE:

- Transferencia de información en tiempo real, por ejemplo manejo de instrumentos científicos, manejo de stock en almacenes o control de procesos.
- Creación de documentos compuestos como documentos de texto que incluya tablas con datos generados por otra aplicación.
- Consultas entre aplicaciones, por lo general asociado con la utilización a base de datos.

Una de las herramientas de Omron en su paquete de aplicaciones CX-ONE es CX-Server DDE Manager el cual permite transferir datos almacenados en el PLC hacia aplicaciones de Windows, mediante la creación de variables o puntos. En esta herramienta actúa como servidor en la conversación y es allí donde definimos los enlaces a ser empleados en el programa cliente. A continuación en la Figura 4.18 mostramos el entorno gráfico de la herramienta.

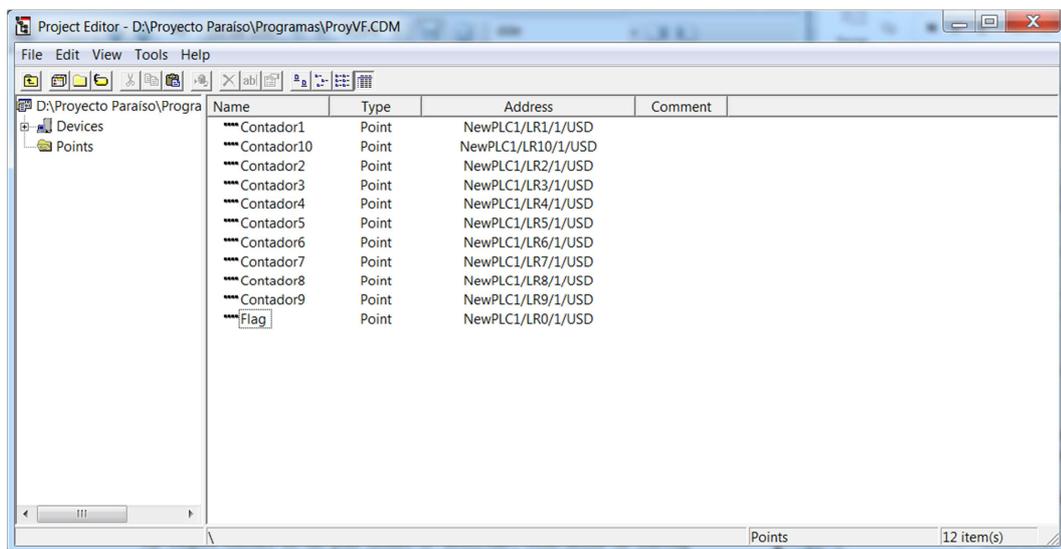


Figura. 4. 18. Ventana DDEManager

Para definir cada uno de los puntos es necesario indicar su dirección, compuesta por el nombre del controlador o PLC, la ubicación dentro de la memoria del autómata, y el tipo de dato. En la Tabla 4.8 se muestra la configuración de cada uno de los enlaces definidos.

Enlace	Dirección PLC	Tipo de Dato
Flag	LR0	Single Word Unsigned BCD
Contador1	LR1	Single Word Unsigned BCD
Contador2	LR2	Single Word Unsigned BCD
Contador3	LR3	Single Word Unsigned BCD
Contador4	LR4	Single Word Unsigned BCD
Contador5	LR5	Single Word Unsigned BCD
Contador6	LR6	Single Word Unsigned BCD
Contador7	LR7	Single Word Unsigned BCD
Contador8	LR8	Single Word Unsigned BCD
Contador9	LR9	Single Word Unsigned BCD
Contador10	LR10	Single Word Unsigned BCD

Tabla. 4. 8. Enlaces DDE

Esta comunicación permite transferir la información almacenada en el PLC hacia una base de datos, empleando como cliente una aplicación desarrollada en lenguaje JAVA, la cual servirá de interfaz entre la herramienta DDE Manager y la Base de Datos, como se muestra en la Figura 4.19.



Figura. 4. 19. Conectividad entre aplicaciones

La aplicación desarrollada en lenguaje Java está compuesta por tres clases, Main, HiloRunnable y ManejoBase, las cuales incluyen funciones para la conversación DDE y la conexión con la base de datos para el almacenamiento de la información. En la Figura 4.20 podemos observar la relación de cada una de las clases y el flujo de información.

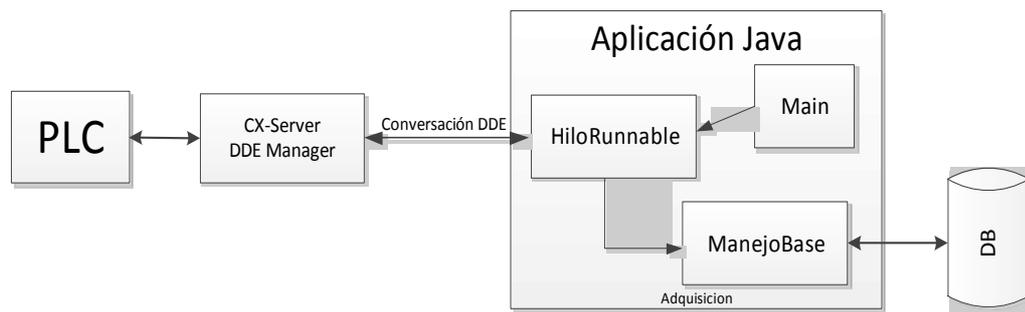


Figura. 4. 20. Relación elementos aplicación *Adquisicion*

La clase Main simplemente se encarga de la creación de un objeto de la clase HiloRunnable, mediante la ejecución de la función start() (Listado de código 4.1).

```
new Thread(new HiloRunnable(), "Rutina").start();
```

Listado de código. 4. 1. Inicialización de hilo

La clase HiloRunnable, la cual es implementada de la clase abstracta Runnable, incorpora una función para la consulta de los datos provistos del servidor DDE, y su funcionamiento es explicado en la Figura 4.21.

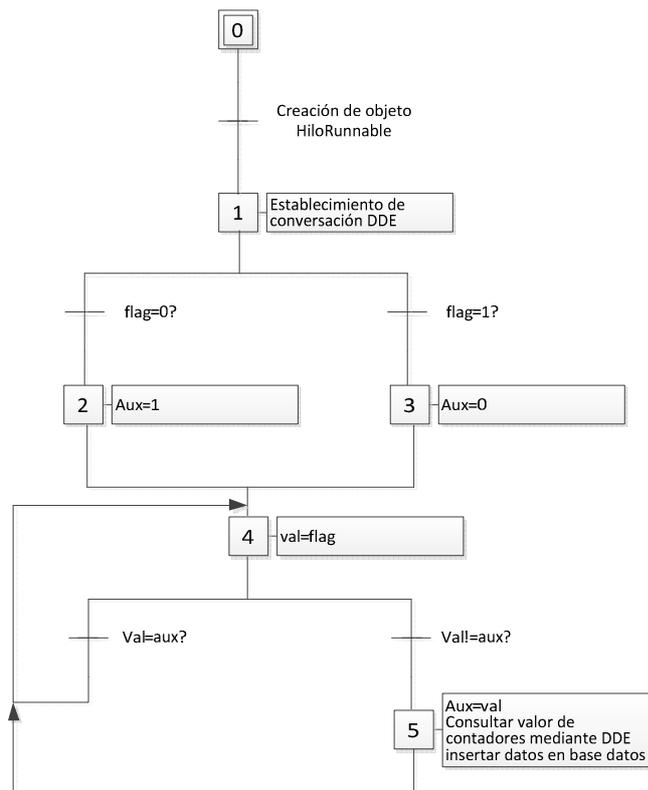


Figura. 4. 21. Funcionamiento Hilo

Para establecer la conversación en una aplicación desarrollada en lenguaje JAVA, ha sido necesario utilizar la librería JDDE desarrollada por Pretty Tools, la cual es una interfaz nativa de Java de código abierto. Esta librería permite crear objetos tipo DDEClientConversation y DDEClientException, las cuales posibilita la configuración de una aplicación Java como cliente de una conversación DDE.

Las funciones existentes en la clase DDEClientConversation se muestran en la siguiente Tabla 4.9:

Función	Descripción
connect(String service, String topic)	Establece la conversación DDE
disconnect()	Termina la conversación DDE
setTimeout(int Timeout)	Especifica el tiempo máximo que el

	cliente espera por la llegada de datos desde el servidor
request(String item)	Solicita la información de un ítem seleccionado

Tabla. 4. 9. Funciones DDEClientConversation

Para establecer la conversación DDE empleando la librería antes explicada, son necesarias las siguientes líneas de programación () (Listado de código 4.2):

```
String programa = "CDMDDE";
String topic = "ProyVF.cdm";
static DDEClientConversation conversation = new DDEClientConversation(
    try {
        conversation.disconnect();
        conversation.setTimeout(10000);
        conversation.connect(programa, topic);
    }
    catch (DDEClientException e) {
        try {
            this.finalize();
            Thread.sleep(1000);
        } catch (Throwable e1) {
            e1.printStackTrace();
        }
        this.run();
    }
}
```

Listado de código. 4. 2. Establecimiento conversación DDE

Para iniciar la lectura de datos es necesario conocer el valor de flag, el cual varía en el PLC con intervalos de 1 minuto con valores de 0 a 1. Este valor es almacenado en una variable llamada aux empleando la función request() de la librería JDDE (Listado de código 4.3).. Cabe indicar que cada llamado a la función request lleva asociado una excepción, por lo cual deberá ser llamado dentro de un bloque try catch.

```
if (Integer.parseInt(conversation.request("Flag").trim()) == 1)
{
    aux = 0;
}
else
{
    aux = 1;
}
```

Listado de código. 4. 3. Inicialización variable aux

Una vez almacenado el valor de flag al inicializar el sistema, el programa entra en un bucle que realiza la adquisición de los valores de los contadores del PLC según la variación que tome flag, es decir, cada minuto. Al final de la lectura de los 10 contadores, se llama a la función `ins_produccion(int c[])`, la cual está implementada en la clase ManejoBase, que será explicada en la siguiente sección (Listado de código 4.4).

```
while (true) {
val = Integer.parseInt(conversation.request("Flag").trim());
if (val != aux) {
int c[] = new int[10];
aux = val;
c[0] = Integer.parseInt(conversation.request("Contador1")
                        .trim());
c[1] = Integer.parseInt(conversation.request("Contador2")
                        .trim());
c[2] = Integer.parseInt(conversation.request("Contador3")
                        .trim());
c[3] = Integer.parseInt(conversation.request("Contador4")
                        .trim());
c[4] = Integer.parseInt(conversation.request("Contador5")
                        .trim());
c[5] = Integer.parseInt(conversation.request("Contador6")
                        .trim());
c[6] = Integer.parseInt(conversation.request("Contador7")
                        .trim());
```

```
c[7] = Integer.parseInt(conversation.request("Contador8")
                        .trim());
c[8] = Integer.parseInt(conversation.request("Contador9")
                        .trim());
c[9] = Integer.parseInt(conversation.request("Contador10")
                        .trim());
C.ins_produccion(c);
```

Listado de código. 4. 4. Bucle conversación DDE

4.2.2. Almacenamiento de datos

Bajas en la productividad industrial muchas veces puede ser atribuida a la falta de datos fiables, lo cual imposibilita a las empresas realizar una correcta toma de decisiones. La aplicación e implementación de herramientas que permitan un correcto análisis ha sido una política que empresas grandes han adoptado, mas no en la pequeña y mediana empresa.

La incorporación de dispositivos en un proceso industrial que faciliten la obtención de la información más relevante, lo cual requiere un conocimiento previo del funcionamiento del proceso, las variables y su relación, ha sido una tendencia creciente en el mundo actual. La toma de datos históricos es un proceso que consiste en seleccionar los datos de interés real, la búsqueda del hardware adecuado para sensar dichas señales, el diseño del software para el almacenamiento de los datos, la creación de bases de datos y la aplicación de sofisticadas herramientas de análisis.

El incremento en la producción, la reducción de residuos y tiempo muertos y el ahorro de dinero son las principales metas que pueden ser alcanzadas a través de un sistema adecuado de adquisición y análisis de datos. La comprensión clara de la información permite conocer el funcionamiento real será la base para la planificación de medidas y planificación del mantenimiento de las líneas de producción.

Existen paquetes de software especializado capaces de realizar las tareas de adquisición, almacenamiento y la presentación de datos históricos, los cuales son capaces de obtener los datos de fuentes como controladores lógicos programables, sistemas de control distribuido, sistemas SCADA y servidores OPC, ofreciendo características que permiten seleccionar, agregar o eliminar datos, y mostrar datos al usuario en displays, líneas de tendencias, o informes. Como principales desventajas de estos paquetes se pueden mencionar el costo elevado debido a la adquisición de licencias que permitan su funcionamiento continuo y la dificultad para manipular el funcionamiento del sistema.

El almacenamiento de los datos es realizado por un programa interfaz que mantiene una conexión entre los dispositivos de adquisición de datos y la base de datos previamente creada, donde los nuevos valores de interés y el tiempo de colección son enviados a un archivo de datos para su historización. El tiempo de muestreo de los datos dependerá de las necesidades para el análisis del proceso.

El acceso y la presentación de la información histórica tienen igual importancia que los datos en si mismos, por lo cual el diseño de una interfaz clara y fácil de manejar para el usuario ha sido tema de gran desarrollo y estudio en las últimas décadas.

La base de datos para este proyecto ha sido creada empleando el sistema de gestión MySQL el cual permite el acceso desde diferentes lenguajes como C, C++, Pascal, Delphi, Java entre otros. Para esto se ha utilizado el software MySQL Community Server, el cual es un administrador que permite agregar, acceder a y procesar datos guardados en un computador. Adicionalmente utilizamos MySQL Workbench, una herramienta de desarrollo gráfico para la creación de la base de datos, en el cual se define parámetros de la base de datos y conexión, así como el esquema a ser empleado. Estos parámetros se muestran en la Tabla 4.10.

Parámetro	Valor
Nombre de la conexión	Producción

Método de conexión	TCP/IP
Hostname	127.0.0.1 (localhost)
Puerto	3306
Usuario	root
Password	root

Tabla. 4. 10. Parámetros conexión base de datos

Dentro de la conexión llamada Producción, se crea un esquema o base de datos a la cual se ha dado por nombre *base*, misma que contiene la tabla *producción* en la cual se almacenará un registro de la producción de cada una de las máquinas con intervalos de 1 minuto. Las columnas utilizadas en esta tabla se describen a continuación (Tabla 4.11).

Columna	Tipo de dato	Descripción
idproduccion	INT(11)	Identificador de columnas
Maquina_ID	VARCHAR(45)	Contiene identificador de máquina
Fecha	DATETIME	Contiene la fecha en la cual se registra el dato de producción
Cantidad	INT(11)	Contiene el valor de la producción registrado

Tabla. 4. 11. Columnas base de datos

A continuación se muestra los elementos ingresados en la tabla *producción* en el entorno gráfico de MySQL Workbench en la Figura 4.22.

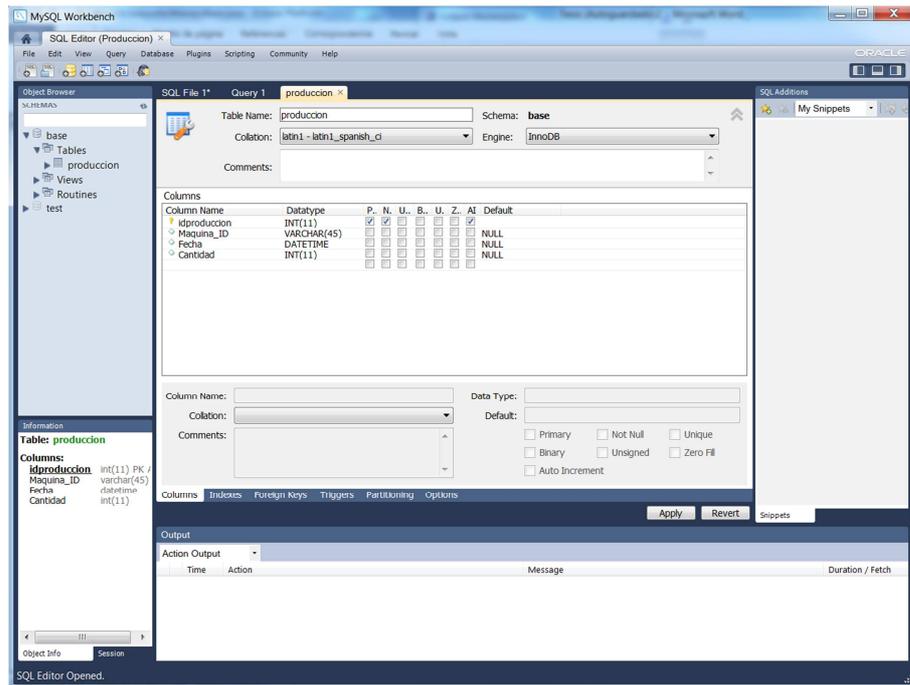


Figura. 4. 22. Ventana MySQL Workbench

Así el esquema base queda definido como se muestra a continuación en la Figura 4.23.

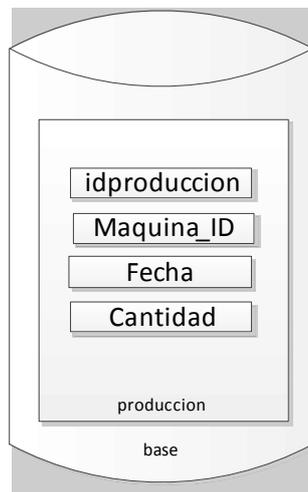


Figura. 4. 23. Esquema base de datos

La creación de un programa que sirva de interfaz para almacenar los valores de los contadores hacia la base de datos, ha sido implementado en una aplicación JAVA empleando una interfaz de programación de aplicaciones (API) desarrollado por Sun Microsystems la cual sirve de driver para permitir la ejecución de operaciones en bases de datos tales como ingreso o consulta de datos. Para emplear una base de datos se crea el programa con la biblioteca de conexión según el modelo de la base de datos, y se establece la conexión. Las tareas que pueden ser realizadas desde el programa son consulta, actualización, creación, modificación y borrado de tablas.

El conector provisto por Sun Microsystems es JDBC por sus siglas en inglés *Java Database Connectivity*. JDBC es un conjunto de clases e interfaces escritos en Java que ofrecen una API completa para la programación y manipulación de bases de datos de varios proveedores (Microsoft SQL Server, Oracle, MySQL, Interbase, Microsoft Access, IBM DB2, PostgreSQL) usando instrucciones SQL.

Las funciones que realiza son:

- Conexión a bases de datos (local o remota)
- Envío de sentencias SQL
- Manipulación de los registros de la base datos
- Captura los resultados de la ejecución de las sentencias SQL

Para su utilización es necesario conocer las clases que esta librería contiene. Estas son explicadas en la Tabla 4.12:

Clase	Descripción
DriverManager	Permite cargar el driver adecuado
Connection	Permite establecer conexión a una base de datos
Statement	Permite ejecutar sentencias en lenguaje SQL
ResultSet	Almacena el resultado de las sentencias SQL

Tabla. 4. 12. Clases librería JDBC

Esta librería es utilizada en la clase ManejoBase, en la cual se establece la comunicación con la base de datos y se ejecuta las sentencias en lenguaje SQL para que los datos se almacenen. La definición de las variables y objetos a ser empleados en esta clase se realiza en las siguientes líneas (Listado de código 4.5).

```
SimpleDateFormat formato = new SimpleDateFormat("yyyy-MM-dd HH:mm:ss");
String factual;
ResultSet rs;
Statement st;
```

Listado de código. 4. 5. Inicialización de variables

La conexión con la base de datos se establece mediante las siguientes líneas de programación (Listado de código 4.6):

```
String url = "jdbc:mysql://localhost:3306/base";
Class.forName("com.mysql.jdbc.Driver");
Connection con = DriverManager.getConnection(url, "root", "root");
```

Listado de código. 4. 6. Establecimiento parámetros conectividad a base de datos

Para ejecutar los comandos SQL se ha implementado la función `ins_produccion(int a[])`, la cual toma como argumento un vector de 10 números que contiene los valores de la producción de las máquinas resortereras. A continuación mostramos el código de dicha función (Listado de código 4.7).

```
public void ins_produccion(int a[]) {
    factual = formato.format(Calendar.getInstance().getTime());
    try {
        st = (Statement)con.createStatement();
        st.executeUpdate("INSERT INTO `base`.`produccion` (`Maquina_ID`,
`Fecha`, `Cantidad`) VALUES ('RS-01', '"
+ factual + "'," + a[0] + ")");
        st.executeUpdate("INSERT INTO `base`.`produccion` (`Maquina_ID`,
`Fecha`, `Cantidad`) VALUES ('RS-02', '"
+ factual + "'," + a[1] + ")");
        st.executeUpdate("INSERT INTO `base`.`produccion` (`Maquina_ID`,
`Fecha`, `Cantidad`) VALUES ('RS-03', '"
+ factual + "'," + a[2] + ")");
    }
}
```

```

...
...
...
    st.executeUpdate("INSERT INTO `base`.`produccion` (`Maquina_ID`,
`Fecha`, `Cantidad`) VALUES ('RS-10', '"
                                + factual + "'," + a[9] + ")");
    con.close();
} catch (SQLException e) {
    e.printStackTrace();
} catch (ClassNotFoundException e) {
    e.printStackTrace();
}
}

```

Listado de código. 4. 7. Insertar información en base de datos

4.3. Creación del programa de monitoreo y creación de reportes

Para visualizar los datos obtenidos por el sistema de adquisición, se optó por el desarrollo de una aplicación en lenguaje JAVA, la cual mantiene comunicación con la base de datos y permite visualizar el estado de la producción de las máquinas en tiempo real, así como la creación de reportes en hojas de cálculo en Microsoft Excel. En la Figura 4.24 se explica la estructura de la aplicación llamada *P_Monitor*, con cada una de las clases creadas así como su relación.

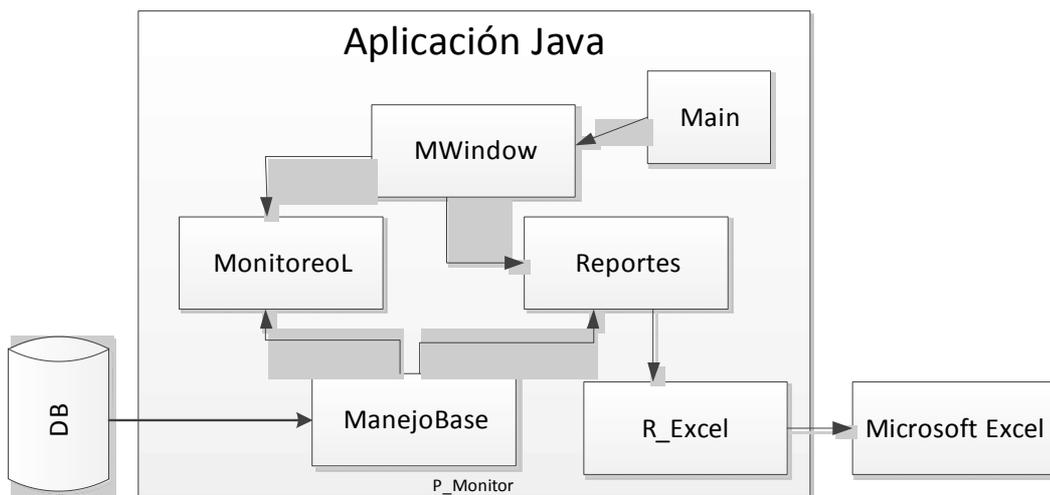


Figura. 4. 24. Aplicación *P_Monitor*

La creación de una aplicación con varias clases permite hacer el llamado a funciones según las necesidades del programa. En la Tabla 4.13 se muestra la función de cada una de las clases de la aplicación.

Clase	Función
Main	Clase principal para ejecución de la aplicación.
MWindow	Clase gráfica que contiene la ventana del menú principal de la aplicación.
MonitoreoL	Clase que contiene la ventana para la visualización de la producción empleando una trend con la librería jFreeChart.
Reportes	Clase que contiene la ventana para la realización de reportes diarios, semanales, mensuales, semestrales y anuales.
ManejoBase	Clase que contiene las funciones para realizar consultas a la base de datos mediante el driver JDBC.
R_Excel	Clase que contiene los métodos para la creación de reportes en Microsoft Excel empleando la librería Apache Poi.

Tabla. 4. 13. Clases aplicación *P_Monitor*

4.3.1. Consulta de datos

Para la consulta de los datos almacenados en la base de datos, se implementó la clase *ManejoBase*, misma que empleando la librería JDBC se encarga de la gestión de la información requerida. En esta clase se han creado funciones para la consulta de datos que serán llamadas dentro de las otras clases. Para la clase *MonitoreoL* se creó la función *monitoreo(Calendar a, int n)*, cuyas parámetros son la fecha actual y el número de máquina y como resulta devuelve los datos de manufactura realizada en la última hora (Anexo 1).

Los datos requerido para la generación de informes son obtenidos desde la base de datos mediante la función *reporte(Calendar a, char fg)*, la cual permite seleccionar

el tipo de informe a realizar así como la fecha del mismo. La consulta es efectuada mediante las funciones incorporadas en el driver de conectividad entre Java y MySQL, el cual maneja un lenguaje de consulta estructurado más conocido como SQL. Para facilitar la ejecución del comando `executeQuery` se ha creado un String (Listado de código 4.8) el cual tiene como variables las fechas entre las que se realizará el informe, y el formato empleado para agrupar los datos de la consulta.

```
String consulta ="select Maquina_ID maquina,  
date_format(fecha,"+sqlformato+") fecha, sum(Cantidad) cantidad " +"from  
produccion p, maquinas m " +"where p.Maquina_ID = m.codigo " +"and  
Fecha between '" + fprevia + "' and '"+factual+"' " +"group by  
maquina,date_format(fecha,"+sqlformato+") order by maquina ";
```

Listado de código. 4. 8. Sentencia de consulta SQL

La información resultante de la consulta se almacena en dos listas, las cuales contienen las fechas y las cantidades de producción. Las sentencias empleadas para esta consulta se indican a continuación (Listado de código 4.9):

```
Statement st = (Statement) con.createStatement();  
ResultSet rs = st.executeQuery(consulta);  
this.cantidades.clear();  
this.fechas.clear();  
while (rs.next()) {  
    this.cantidades.add(rs.getInt("cantidad"));  
    this.fechas.add(rs.getString("fecha"));  
}
```

Listado de código. 4. 9. Almacenamiento de datos de consulta

4.3.2. Desarrollo de ventanas gráficas

El desarrollo de una interfaz fácil de comprender que permita realizar reportes y el monitoreo de la producción fue desarrollado empleando la librería Window Builder. La ventana de inicio de la aplicación *Monitoreo* fue implementada dentro de la clase *MWindow*, cuyo código fuente se encuentra en el Anexo 1.

A continuación se muestra el diseño final de la ventana principal de la aplicación (Figura 4.25), en la cual están accesibles las ventanas tanto del monitoreo como la generación de reportes en hojas de cálculo de Microsoft Excel.



Figura. 4. 25. Ventana Principal

4.3.2.1. Monitoreo

Al seleccionar la opción *Monitoreo* en la ventana principal, se habilita un JFrame perteneciente a la clase *MonitoreoL* en la cual se puede visualizar el estado de producción de cada una de las 10 máquinas resorterías durante la última hora. En esta clase se ha empleado la librería *jFreeChart*, herramienta que permite la implementación de gráficas complejas de una manera sencilla, dando al usuario la capacidad de visualizar información claramente.

JFreeChart incluye en su librería componentes que permiten la creación de distintos tipos de gráficos como son:

- Gráficos XY con eje de tiempo
- Gráfico circular
- Gráfico de barras
- Histogramas

- Diagrama de Gantt
- Gráfica polar
- Entre otros

En la Figura 4.26 se puede observar algunos ejemplos de gráficas creadas utilizando la librería JFreeChart.



Figura. 4. 26. Tipos de gráficas jFreeChart

Para la creación de una línea de tendencia (trend) para la visualización de la producción se ha optado por utilizar la clase `XYPlot`, traza un gráfica XY cuya información viene dada por un par de pares ordenados. Adicionalmente posee parámetros para su personalización como son nombre de los ejes, título de la gráfica, rango, color de la gráfica, tipo de letra, tamaño, entre otros.

Como se requiere realizar el monitoreo de la última hora se empleó las clases `TimeSeries` y `TimeSeriesCollection` en las cuales se almacena los pares ordenados mediante la instrucción que se muestra en las siguientes líneas de programación.

- Creación de las clases (Listado de código 4.10)

[15] JFreeChart ejemplos y soportes [Online]. Habilitado: <http://www.jfree.org/jfreechart/samples.html>

```

this.series = new TimeSeries("Producción", Second.class);
final TimeSeriesCollection dataset =
new TimeSeriesCollection(this.series);

```

Listado de código. 4. 10. Creación de clases jFree

- Ingreso de datos (Listado de código 4.11)

```

ManejoBase a = new ManejoBase();
a.monitoreo(Calendar.getInstance(), tabs.getSelectedIndex()+1);
for (int i = 0; i < a.cantidades.size(); i++) {
    series.addOrUpdate(new Second(new
    Date(a.fecha.get(i)),a.cantidades.get(i)));
}

```

Listado de código. 4. 11. Ingreso de datos para gráfica jFree

A continuación en la Figura 4.27 se explica cada uno de los elementos incorporados en la ventana de monitorización.

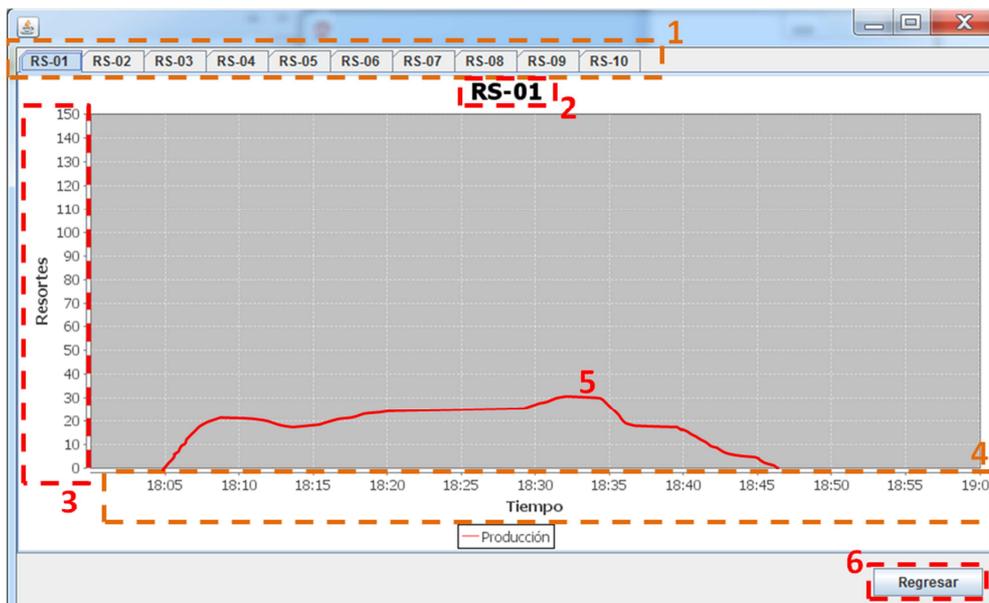


Figura. 4. 27. Elementos ventana de monitorización

1. Tabs para seleccionar máquina a monitorear.
2. Máquina actual
3. Número de resortes producidos por minuto
4. Hora de muestreo
5. Gráfico de producción

6. Botón para regresar al menú principal

4.3.2.2. Reportes

Al seleccionar la opción *Reportes* en la ventana principal, se habilita un `JInternalFrame` el cual contiene las opciones para seleccionar el tipo de reporte a generar ya sea Diario, Semanal, Mensual, Semestral o Anual. Esta ventana se ilustra en la Figura 4.28.



Figura. 4. 28. Ventana de Reportes

Al escoger una de estas opciones, se crea un objeto de la clase *Reportes* el cual habilita una nueva ventana según el tipo de reporte que se desea realizar. Esta nueva ventana contiene objetos de la librería `jCalendar`, los cuales han sido necesarios para facilitar la utilización de la aplicación.

La librería `jCalendar` incluye componentes que permiten escoger gráficamente un día, mes, año y ha sido publicada como una librería de código abierto que no requiere licencia. Los componentes empleados en el proceso de diseño de esta ventana son `JCalendar`, `JYearChooser` y `JMonthChooser`.

JCalendar

Permite escoger el año, mes y día gráficamente (Figura 4.29). También permite visualizar el día de la semana correspondiente a cada fecha, al igual que la semana del año para facilidad del operador del sistema.



Figura. 4. 29. Objeto jCalendar

JYearChooser

Permite escoger el año ingresando mediante teclado o usando las flechas para incrementar o decrementar hasta llegar al año deseado. (Figura 4.30).



Figura. 4. 30. Objeto jYearChooser

JMonthChooser

Mediante un lista que se despliega en un ComboBox o usando las flechas de incremento o decremento permite escoger un mes deseado. (Figura 4.31).

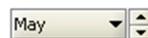


Figura. 4. 31. Objeto jMonthChooser

Se ilustra el resultado de la creación de las ventanas para la elaboración de reportes implementadas en la clase *Reportes* en la Figura 4.32. Como una opción rápida se dispuso un botón que permite crear reportes del ciclo anterior al actual, así por ejemplo del día, semana, mes y año previo.

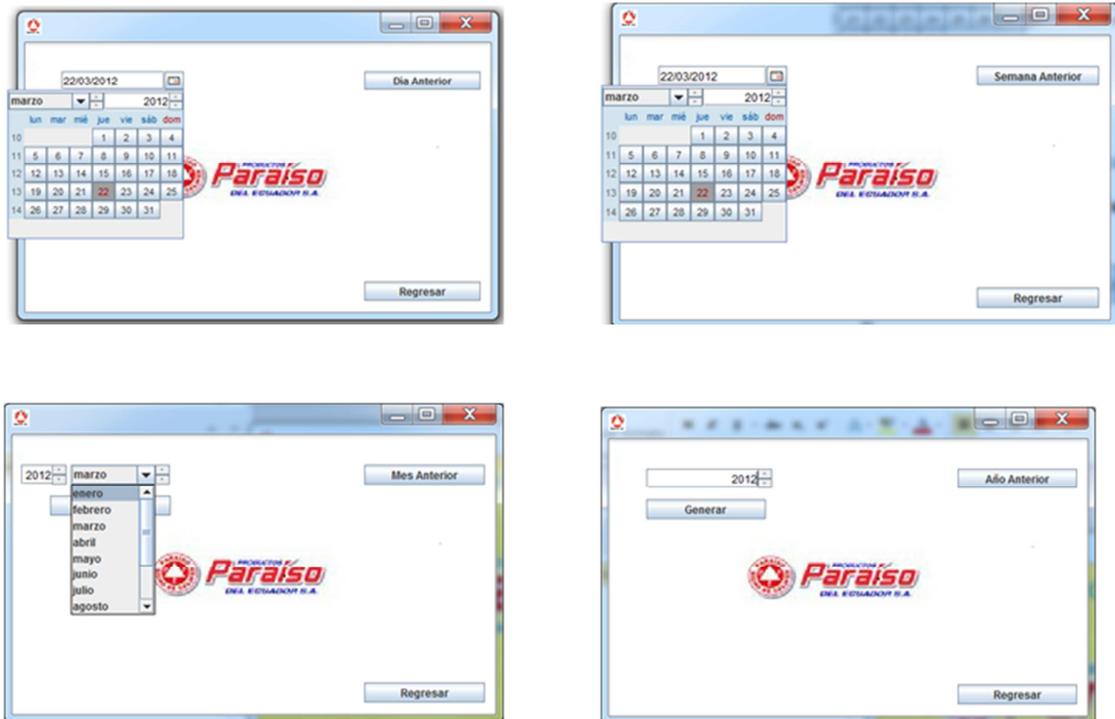


Figura. 4. 32. Ventana Reportes

4.3.3. Creación de reportes en Excel

Una vez seleccionada la fecha de la cual se desea realizar el reportes, se programó el botón *Generar*, el cual emplea la clase llamada *R_Excel* que posibilita la generación de reportes en Microsoft Excel mediante la utilización de la librería Apache POI. Esta opción también es llamada desde el botón de rápido acceso al ciclo anterior.

Apache POI es una librería de código abierto creada por la Fundación de Software Apache, la cual provee herramientas para escritura y lectura de archivos de Microsoft Office, como son Excel, Word y PowerPoint.

Este proyecto se oriento a la creación de reportes en hojas de cálculo en Microsoft Excel 2010, para esto se creó un objeto de la clase *XSSFWorkbook*, que ayuda a la manipulación de archivos .xlsx y xslm.

Dentro de la clase R_Excel se ha creado una función llamada *guardar_informe*(*List<Integer> cantidades, List<String> fechas, String fecha, int tp[], int tf[],int nr[]*), que tiene como parámetros una lista con los datos de producción y otra con las fechas de cada dato de producción, la fecha del informe, vectores con los tiempos de parada y funcionamiento de cada una de las máquinas, y el número total de resortes producidos.

Los datos serán almacenados en una plantilla previamente diseñada en Excel, la cual debe ser accedida mediante la librería java.io que permite la lectura, escritura y gestión de ficheros.

A continuación se expone parte del código de la función guardar informe (Listado de código 4.12):

```
FileInputStream arc;
Sheet sheet;
Row row1;
try {
    arc = new FileInputStream("F:\\Documents and
        Settings\\Administrador\\plantilla.xlsm");
    Workbook wb = new XSSFWorkbook(arc);
    int a = cantidades.size() / 10;
    sheet = wb.getSheet("InformeProducción");
    for (int j = 1; j <= a; j++) {
        row1 = sheet.createRow((short) j);
        row1.createCell(1).setCellValue(cantidades.get(j - 1));
        row1.createCell(2).setCellValue(cantidades.get(j - 1 + a));
        row1.createCell(3).setCellValue(cantidades.get(j - 1 + 2 * a));
        row1.createCell(4).setCellValue(cantidades.get(j - 1 + 3 * a));
        ...
        ...
        ...
    }
    sheet = wb.getSheet("ResumenProducción");
    row1 = sheet.createRow((short) 4);
}
```

```

row1.createCell(0).setCellValue("Tiempo de Funcionamiento [min]");
for (int i = 0; i < tp.length; i++) {
    row1.createCell(i + 1).setCellValue(tf[i]);
}

row1 = sheet.createRow((short) 5);
row1.createCell(0).setCellValue("Tiempo de Parada [min]");
for (int i = 0; i < tp.length; i++) {
    row1.createCell(i + 1).setCellValue(tp[i]);
}
row1 = sheet.createRow((short) 6);
row1.createCell(0).setCellValue("Número de Resortes");
for (int i = 0; i < nr.length; i++) {
    row1.createCell(i + 1).setCellValue(nr[i]);
}
row1 = sheet.createRow((short) 7);
row1.createCell(0).setCellValue("Velocidad [res/min]");
for (int i = 0; i < nr.length; i++) {
    row1.createCell(i +
1).setCellValue(Math.round(((double)nr[i]*100.0/(double)tf[i])/100.0);
}

row1 = sheet.createRow((short) 8);
row1.createCell(0).setCellValue("Peso [gr] ");
for (int i = 0; i < nr.length; i++) {
    row1.createCell(i + 1).setCellValue(nr[i]*0.79);
}

FileOutputStream fileOut;
fileOut = new FileOutputStream("F:\\REPORTES\\Informe_" + fecha + ".xls");
wb.write(fileOut);
fileOut.close();

} catch (FileNotFoundException e) {
    e.printStackTrace();
} catch (IOException e) {
    e.printStackTrace();
}
try {
    Runtime.getRuntime().exec("F:\\Archivos de programa\\Microsoft
Office\\Office14\\Excel.exe F:\\REPORTES\\Informe_" + fecha + ".xls");
} catch (IOException e) {
    e.printStackTrace();
}
}

```

Listado de código. 4. 12. Almacenamiento de datos hoja de Excel

Una vez creado el reporte, este se abrirá automáticamente por la ejecución de las instrucciones Runtime.

4.3.3.1. Creación de plantilla en Excel

Por requerimientos de la empresa la presentación del informe de reportes de producción de las máquinas resorteras debía ser en formato Excel, para lo cual fue necesaria la creación de una plantilla donde los datos de producción como gráficas en barras de cada una de las máquinas puedan ser analizados.

Dentro del libro creado como plantilla existen doce hojas de cálculo, como se indica en la Tabla 4.14.

Número de hoja	Nombre de la hoja	Información
1	ResumenProducción	Contiene el resumen de la producción del intervalo de tiempo requerido
2 -11	RS-01...RS-10	Presenta el gráfico de barras de la producción de la máquina correspondiente en intervalos de tiempo preestablecidos y un cuadro de resumen del funcionamiento.
12	InformeProducción	Contiene información detallada de la producción de cada máquina

Tabla. 4. 14. Hojas del libro plantilla

Se observa en la Figura 4.33 el diseño realizado de la hoja ResumenProducción, en la cual se tiene los datos de los siguientes ítems de cada de las resorteras:

- Tiempo de Funcionamiento [min] Tiempo de Parada [min]
- Número de Resortes
- Velocidad [res/min]
- Peso [gr]

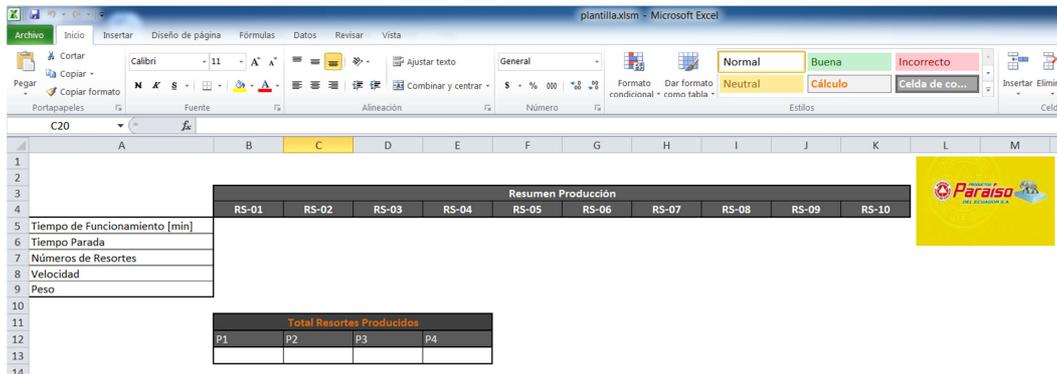


Figura. 4. 33. Hoja ResumenProducción

En la hoja InformeProducción se almacenarán cronológicamente los datos de producción de las máquinas resortereras, con su respectiva fecha. En esta hoja se puede visualizar con mayor detalle el proceso de manufactura de muelles (Figura 4.34).

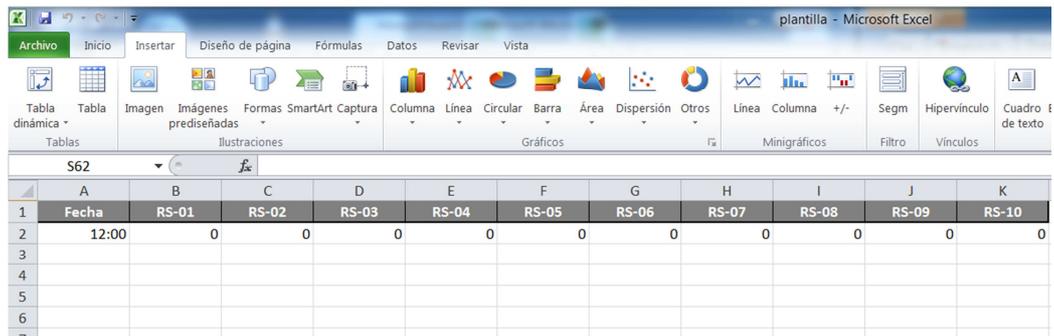


Figura. 4. 34. Hoja InformeProducción

Para facilitar el manejo de los datos dentro de las hojas de cálculo se optó por la herramienta *Administrar Nombres*, la cual permite emplear una abreviación que haga referencia de una celda, una columna, una fila, una constante, una fórmula o una tabla. Dentro de la pestaña *Insertar* se encuentra esta herramienta (Figura 4.35).



Figura. 4. 35. Administrador de nombres Excel

Para la definición de los nombres necesarios para la creación de las gráficas se ha utilizado la función DESREF() la que devuelve una referencia a un rango que es un número especificado de filas y columnas de una referencia dada, y la función CONTARA() que cuenta el número de celdas llenas dentro de un rango. Para definir el nombre *Fecha* se empleará la siguiente función (Listado de código 4.13):

```
=DESREF(InformeProducción!$A$2;0;0;CONTARA(InformeProducción!$A:$A)-1;1)
```

Listado de código. 4. 13. Función DESREF Excel

Para la creación de los demás nombres tomar en cuenta los rangos. En la Figura 4.36 se visualiza todos los nombres creados en el Administrador de nombres.

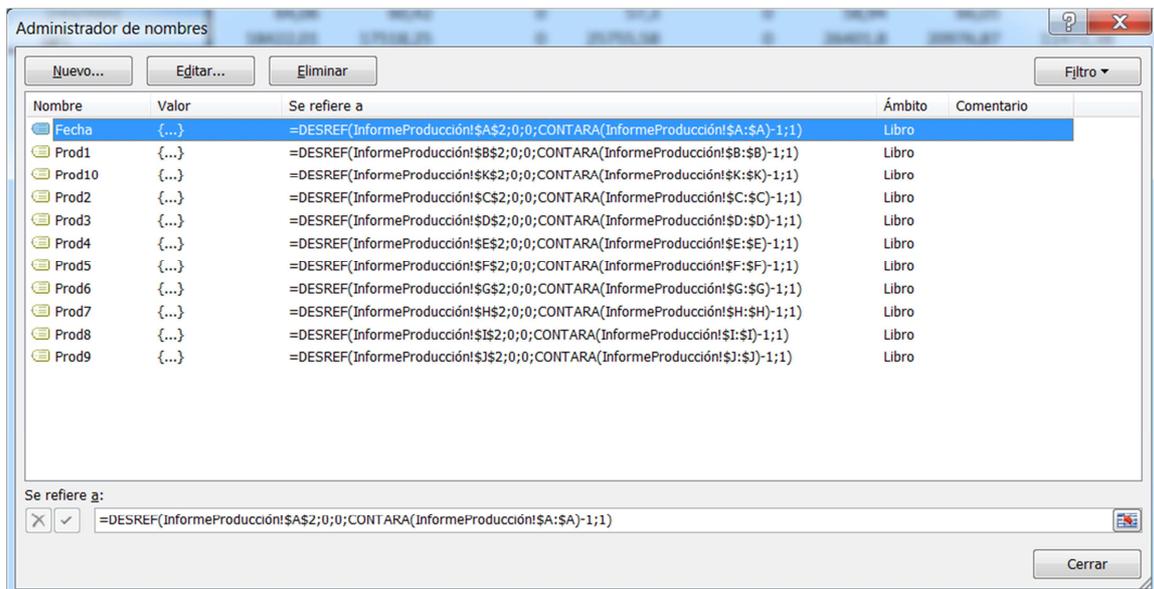


Figura. 4. 36. Ventana Administrador de nombres Excel

Para las hojas que indican gráficamente el funcionamiento de las máquinas resortereras se insertó una gráfica de barras y se realizó una tabla de resumen la cual hace referencia a celdas de la hoja ResumenProducción (Figura 4.37).

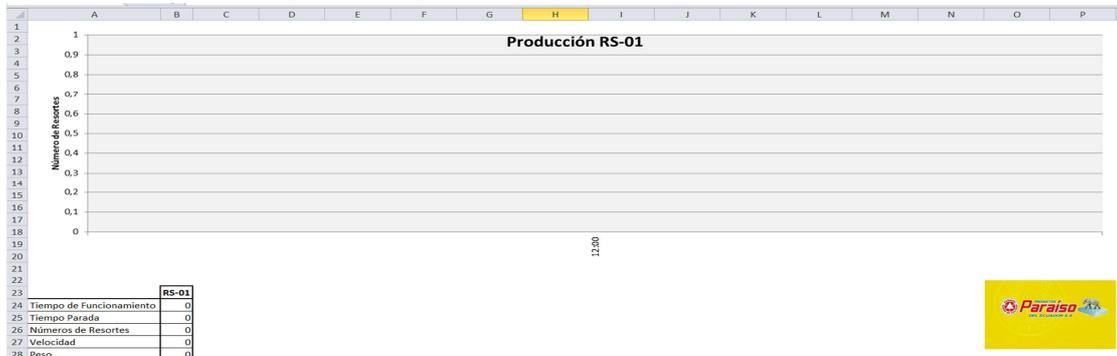


Figura. 4. 37. Resumen Producción Máquina RS-01

Los datos que serán utilizados en la gráfica provienen de los nombres definidos anteriormente. Es necesario seleccionar el rango para del eje (Fechas) y de la serie (Producción) (Figura 4.38).

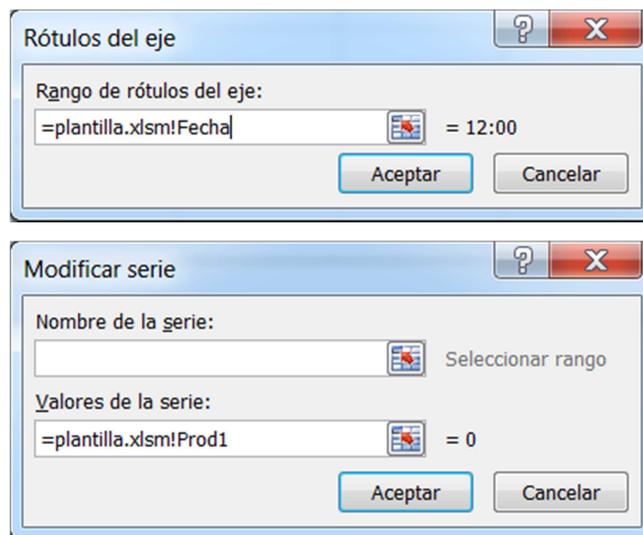


Figura. 4. 38. Ingreso Datos gráfica Excel

Una vez finalizada de manera exitosa el diseño y la programación de las aplicaciones y programa del PLC considerando el cumplimiento de todas las exigencias de la empresa, el

proyecto está listo para avanzar a la siguiente etapa en la cual se implementará los dispositivos de hardware y verificará el óptimo funcionamiento del software.

CAPÍTULO 5

IMPLEMENTACIÓN

Dentro de la implementación del proyecto para el monitoreo y supervisión de la fabricación de muelles, es necesario conocer todas las normas existentes así como los requerimientos que exigen la empresa, esto va a permitir un eficiente rendimiento al sistema diseñado previamente. En este capítulo se indican los pasos para llevar a cabo la implementación del proyecto en el área de resortes.

5.1. Implementación del Diagrama Esquemático

Al tener que realizar una instalación eléctrica previamente se necesita elaborar un diagrama esquemático, teniendo una herramienta confiable en la cual describe todo el sistema eléctrico que se va a implementar. La representación simple y ordenada de todos los elementos que están presentes en el circuito eléctrico del proyecto, así como el alambrado y la ubicación, facilitan el mantenimiento, cambio o reparación del sistema a implementar.

5.1.1. Conexiones de Armario

El sistema diseñado consta de un armario, al cual llegan las señales provenientes de las maquinas resortes y sale un señal al convertidor RS422/USB, siendo de vital importancia tener en cuenta toda la conexión a realizarse dentro del mismo. A continuación se indica en la Figura 5.1 el armario que se va a implementar.



Figura. 5. 1. Armario

El armario será montado sobre una pared firme en la mitad de la línea de producción siendo una ubicación favorable para llevar las señales necesarias de las distintas máquinas resorteras. A continuación se muestra en la Figura 5.2 un plano del área de fabricación de muelles en la cual se puede observar las distancias disponibles y las áreas que ocupa cada una de las máquinas resorteras.

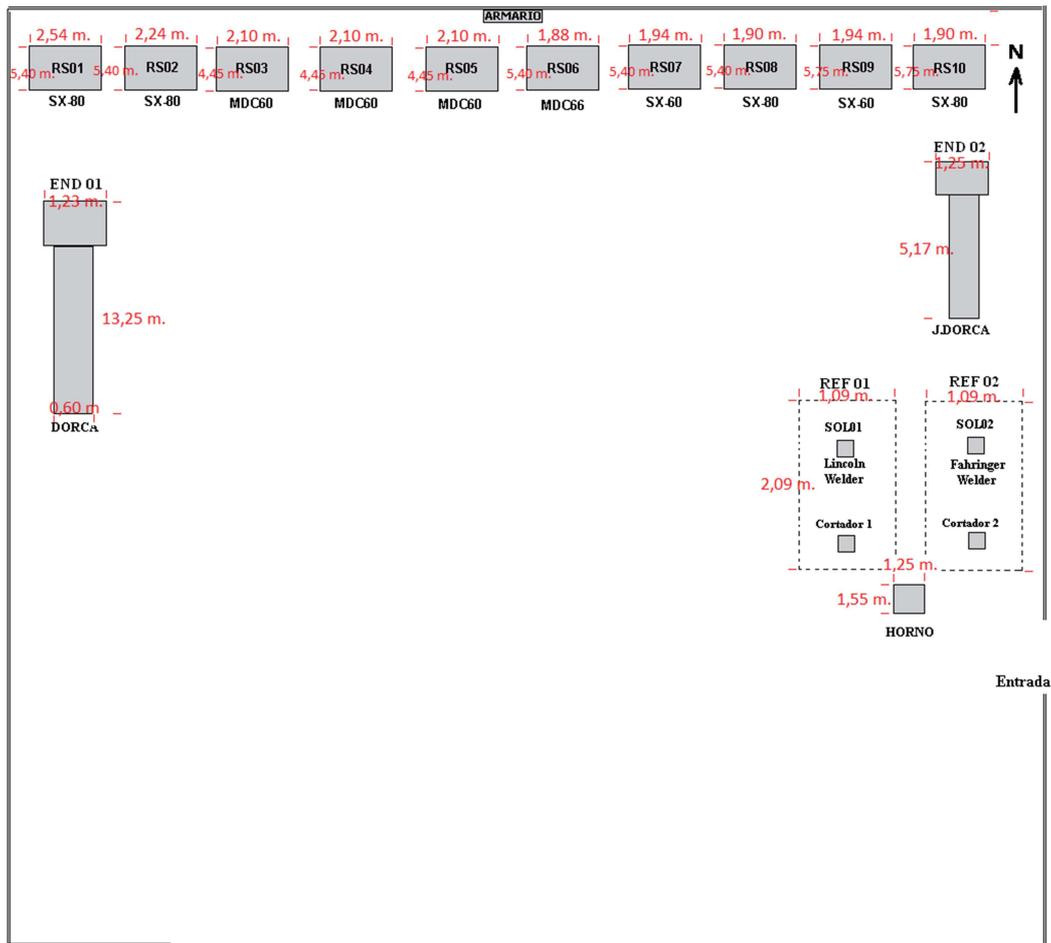


Figura. 5. 2. Plano de área de fabricación de muelles

La alimentación para el armario es un suministro de 220 V trifásico con neutro, que viene del tablero principal más próximo al armario. Las dimensiones están descritas en la Figura 5.3, siendo un tamaño adecuado para la implementación de todos los componentes.

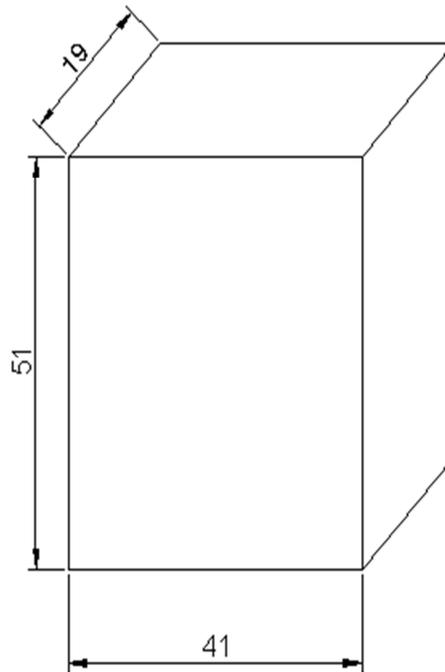


Figura. 5. 3. Dimensiones armario

Como se observa en la Figura 5.4 el armario se compone con 2 rieles de montaje DIN tipo C, permitiendo un fácil montaje de los dispositivos que van a ir dentro del armario como son: Autómata programable OMRON CPM2A, módulo de comunicación CIF-11, portafusible, borneras, fuente de alimentación de 24 VDC y tarjeta de acoplamiento a la cual se instaló el sistema para que se adapte a este tipo de Riel.



Figura. 5. 4. Riel DIN Tipo C

En toda instalación es necesario dejar los cables cubiertos para no tener accidentes o algún inconveniente por rotura de algún cable, se vaya a soltar de alguna bornera o dispositivo en el que se encuentre conectado y también por presentación del armario.

La forma más fácil para conseguir que los cables se encuentren ordenadamente es la utilización de canaletas ranuradas que por lo normal se ubican alrededor de los componentes que se encuentran dentro del armario, evitando también un corto circuito. En la Figura 5.5 que se presenta a continuación son las canaletas que se implementaron dentro del armario.

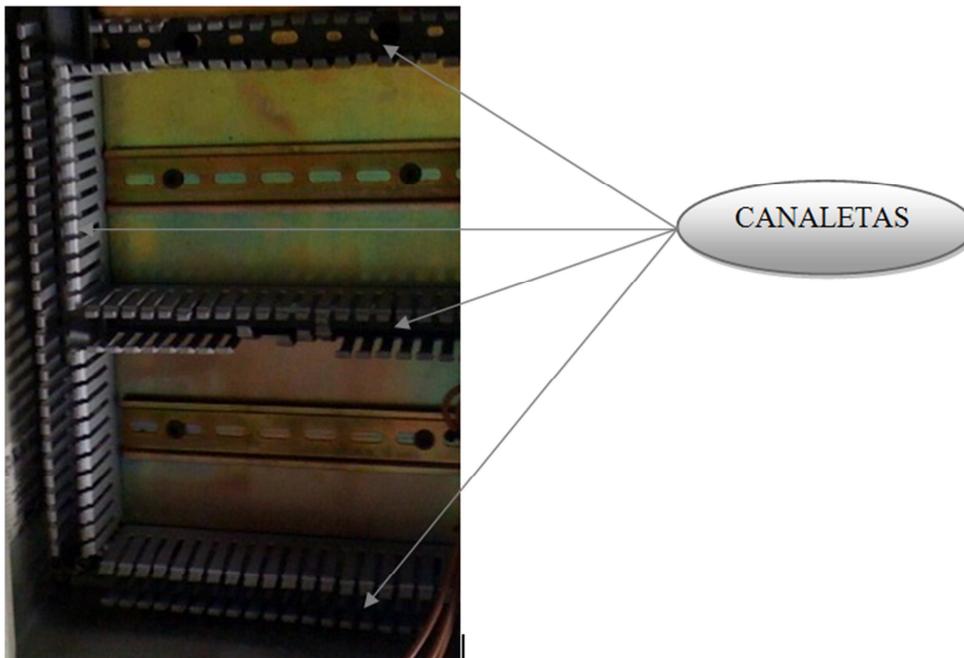


Figura. 5. 5. Canaletas en Armario sin tapa

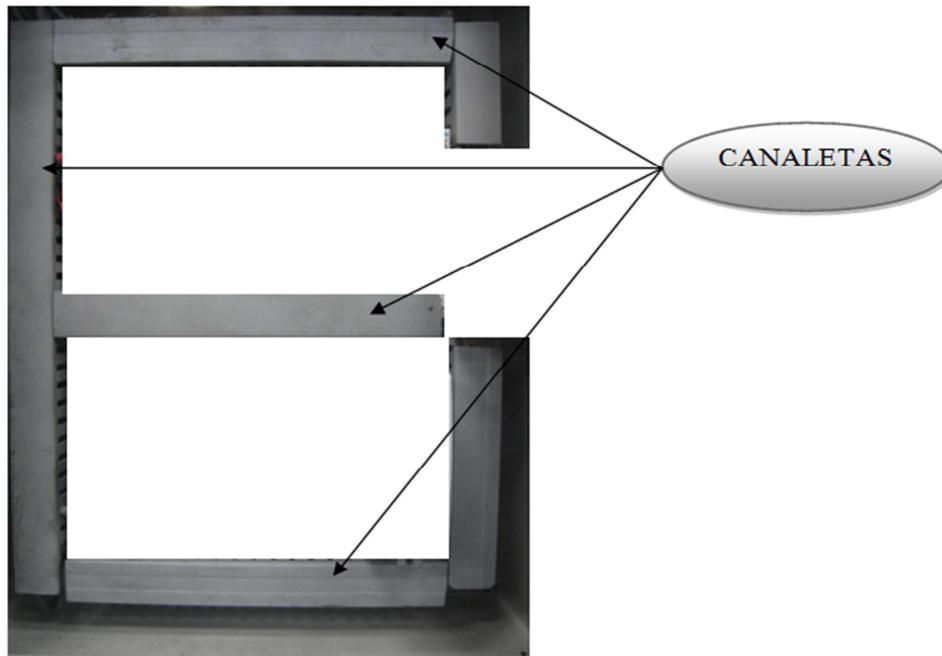


Figura. 5. 6. Canaletas en armario con tapa

A continuación se presenta todos los dispositivos y elementos que componen el armario para la implementación del proyecto, cuyas conexiones se indicó en el Capítulo Diseño de Hardware (Figura 3.21):

- Tarjeta de acoplamiento de señales.
- PLC OMRON SYSMAC CPM2A CPU20
- Módulo de comunicación CIF-11
- Portafusible Hager 10,3 x 38
- Fusible 2 A tipo cartucho 10,3 x 38
- 6 Borneras
- Fuente de poder Mean Well MDR-60-24
 - Voltaje de salida 24 VDC
 - Voltaje de entrada 100-240 VAC
 - Potencia 60 W
- Luz indicadora ShangKai AD111-22C de 220 VAC color amarilla

- Conmutador TELERGON de 2 posiciones para energizar los dispositivos del armario.

Para la mejor localización de los cables se necesita etiquetarlos así cuando se necesite realizar un mantenimiento, cambio o remplazó de algún elemento, o ya sea analizar el sistema implementado sería de gran ayuda. Con las borneras se permite realizar un nodo para compartir una señal a diferentes dispositivos. Para este proyecto se necesitó poner borneras para llevar a distintos puntos de conexión la señal de 24 VDC proveniente de la fuente de alimentación, al igual de las señales de 220 VAC que vienen del tablero de distribución más cercano al armario.

5.2. Instalación PLC OMRON

El PLC OMRON CPM2A CPU20, es un dispositivo lógico el cual en su estructura física posee la facilidad del montaje en Rieles DIN tipo C (Figura 5.7). Se lo puede ubicar horizontal o verticalmente, para la implementación en este proyecto y dentro del diseño de la ubicación de los componentes dentro del armario se decidió poner el controlador lógico programable horizontalmente.

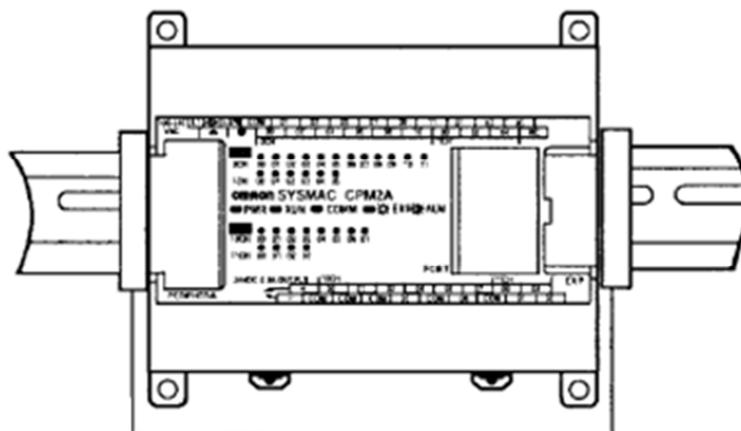


Figura. 5. 7. Montaje PLC riel DIN Tipo C

Primeramente se comprobó que el PLC se encuentre en buen estado ya que era usado, por lo que se procedió primero a verificar el funcionamiento de las memorias y las comunicaciones, las Entradas y Salidas que no se encuentren con alguna falla; al estar todos estos aspectos correctos se procede a realizar la programación requerida.

Por seguridad del personal y de los equipos que van a estar conectados dentro del armario el PLC debe encontrarse libre, sin conexión alguna, para facilitar el montaje del mismo, levantando las vinchas de seguridad para la Riel DIN. (Figura 5.8).

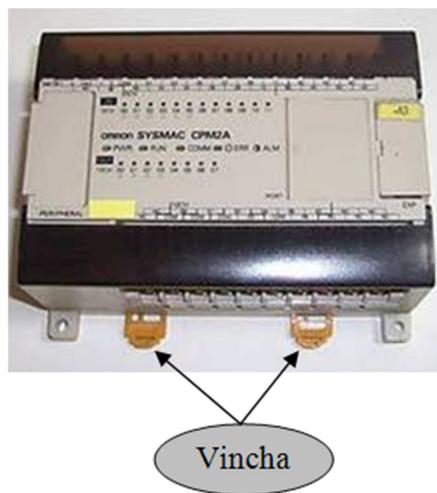


Figura. 5. 8. Vinchas PLC

Luego se procede a colocar la parte superior del PLC sobre la riel y a continuación ejercemos un poco de presión sobre la parte inferior del mismo para que se enganche al riel (Figura 5.9). Finalmente se vuelve ajustar las vinchas haciendo presión hacia arriba.

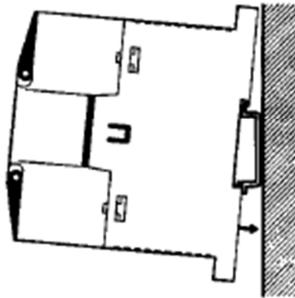


Figura. 5. 9. Procedimiento Montaje PLC

En todo tipo de sistema para tener un mayor rendimiento se necesita realizar mantenimientos o cambios en el sistema por este motivo es importante conocer como se realiza el desmontaje de los equipos, y así no causar daños al mismo.

Para desmontar el PLC OMRON CPM2A se necesita primero tener todos los dispositivos conectados en el, apagados. Posteriormente los cables de alimentación así como los de entradas/salidas y módulos desconectados completamente, para evitar una rotura del cable o del dispositivo ya que corre el riesgo de romperse. Asegurado lo anterior mencionado se baja las vinchas de seguridad del mismo empleando un destornillador (Figura 5.10). Después se procede a coger la parte inferior del PLC y sacarle de la Riel para liberarlo empujando suavemente a la parte superior, teniendo así el autómata programable completamente desmontado.

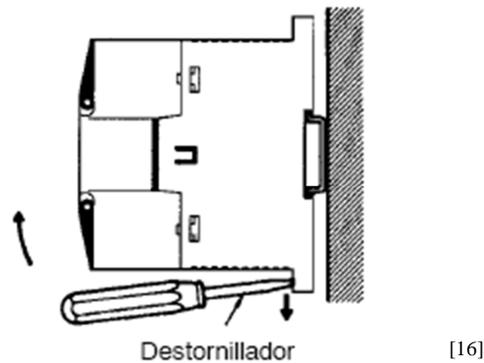


Figura. 5. 10. Desmontaje PLC

5.3. Elección de Cables

Se conoce como un medio conductor a un material en el cual los portadores de carga tienen libertad de movimiento en su interior, siendo un cuerpo capaz de transmitir electricidad. Estos conductores pueden formarse ya sea con una sola hebra a la cual se la denomina alambre o varias hebras que toman el nombre de cable. Los principales materiales empleados para la construcción de cables son el cobre y el aluminio, estando su selección en función del uso que se le vaya a dar.

Las partes que componen los conductores eléctricos son: el conductor por el cual circulará la corriente eléctrica, el aislamiento cuyo propósito es evitar diferencias de potencial entre conductores u objetos y la cubierta protectora que protege al conductor y al aislante del medio externo.

Los fabricantes de cable definen a cada conductor según su tamaño por una sección transversal llamada calibre, la cual puede ser expresada en milímetros cuadrados en AWG o MCM equivalente a un área en mm^2 .

^[16]Omron– Automatización Industrial – Productos – CPM2A [Online]. Habilitado: http://industrial.omron.es/es/products/catalogue/automation_systems/programmable_logic_controllers/compact_plc_series/cpm2a/default.html

En el procedimiento para determinar el cable requerido en una instalación eléctrica es necesario conocer la corriente que circula por el conductor, para garantizar que no exista un sobrecalentamiento en el cable. La relación entre el diámetro del conductor del cable y la corriente eléctrica que atravesará el mismo es directamente proporcional. La consulta en las tablas AWG (Figura 5.11) permite conocer la nomenclatura comercial sabiendo ya sea el diámetro del conductor o la corriente.

Número AWG	Diámetro (mm)	Sección (mm ²)	Número espiras por cm.	Kg. por Km.	Resistencia (Ω/Km.)	Capacidad (A)
0000	11,86	107,2			0,158	319
000	10,40	85,3			0,197	240
00	9,226	67,43			0,252	190
0	8,252	53,48			0,317	150
1	7,348	42,41		375	1,40	120
2	6,544	33,63		295	1,50	96
3	5,827	26,67		237	1,63	78
4	5,189	21,15		188	0,80	60
5	4,621	16,77		149	1,01	48
6	4,115	13,30		118	1,27	38
7	3,665	10,55		94	1,70	30
8	3,264	8,36		74	2,03	24
9	2,906	6,63		58,9	2,56	19
10	2,588	5,26		46,8	3,23	15
11	2,305	4,17		32,1	4,07	12
12	2,053	3,31		29,4	5,13	9,5
13	1,828	2,63		23,3	6,49	7,5
14	1,628	2,08	5,6	18,5	8,17	6,0
15	1,450	1,65	6,4	14,7	10,3	4,8
16	1,291	1,31	7,2	11,6	12,9	3,7
17	1,150	1,04	8,4	9,26	16,34	3,2
18	1,024	0,82	9,2	7,3	20,73	2,5
19	0,9116	0,65	10,2	5,79	26,15	2,0
20	0,8118	0,52	11,6	4,61	32,69	1,6
21	0,7230	0,41	12,8	3,64	41,46	1,2
22	0,6438	0,33	14,4	2,89	51,5	0,92
23	0,5733	0,26	16,0	2,29	66,4	0,73
24	0,5106	0,20	18,0	1,82	85,0	0,58
25	0,4547	0,16	20,0	1,44	106,2	0,46
26	0,4049	0,13	22,8	1,14	130,7	0,37
27	0,3606	0,10	25,6	0,91	170,0	0,29
28	0,3211	0,08	28,4	0,72	212,5	0,23
29	0,2859	0,064	32,4	0,57	265,6	0,18
30	0,2546	0,051	35,6	0,45	333,3	0,15
31	0,2268	0,040	39,8	0,36	425,0	0,11
32	0,2019	0,032	44,5	0,28	531,2	0,09
33	0,1798	0,0254	50,0	0,23	669,3	0,072
34	0,1601	0,0201	56,0	0,18	845,8	0,057
35	0,1426	0,0159	62,3	0,14	1069,0	0,045

[17]

Figura. 5. 11. Tabla AWG

[17] Valores normalizados cables AWG[Online]. Habilitado: <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/Valores-normalizados-cables-AWG.php>

En las entradas en la tarjeta de acoplamiento de señales se calculó que la corriente será de 20 miliamperios, lo cual indica que es necesario utilizar un cable de sección transversal $0,0159 \text{ mm}^2$, mismo que corresponde al cable 35 AWG. Sin embargo, en la bodega de la empresa no posee usualmente cables de pequeño diámetro por lo que se optó por el cable 22 AWG blindado de 2 conductores ya que esta conexión será pasada por las canaletas metálicas que llevan cables de la alimentación de las máquinas los cuales pueden introducir ruido a la señal de interés.

Siguiendo las recomendaciones especificadas en la hoja técnica provista por el fabricante del autómata programable (Figura 5.12) para su correcto funcionamiento se decidió disponer del cableado con la siguiente numeración AWG (Tabla 5.1).

Cables y terminales recomendados

Item	Especificaciones
Cable rígido	0.14 a 1.5 mm (AWG 28 a AWG 16) (Pelar 7 mm.)
Multifilar (ver notas)	0.14 a 1.5 mm (AWG 28 a AWG 16) (Pelar 7 mm.)
Terminal	0.25 a 1.5 mm, 7-mm de longitud de terminal

Figura. 5. 12. Cables y terminales recomendados

	Calibre
Alimentación	18 AWG
Entradas	20 AWG

Tabla. 5. 1. Cables seleccionados

Para la conexión de las señales entrada del PLC, se utilizaron los terminales recomendados por el fabricante (Figura 5.13) para fijar firmemente las conexiones de alimentación y entrada.



Figura. 5. 13. Terminales

Para el cableado de comunicación, que por requerimientos de la empresa tiene que atravesar por una sección junto a cables de alta tensión, se vio obligado a llevar esta señal de comunicación desde el módulo CPM1-CIF11 hasta la oficina de Control de Calidad a una distancia aproximada de 180 metros con un cable 22 AWG blindado de seis conductores.

5.4. Instalación Interfaz Comunicación

El primer paso el establecimiento de la comunicación entre el autómata programable y el ordenador fue la instalación del módulo CPM1-CIF 11 en el puerto periférico del PLC, adicionalmente asegurarse que el módulo se encuentre habilitado para realizar la comunicación RS-422. En la Figura 5.14 se puede observar la conexión entre el PLC y el módulo de comunicación.

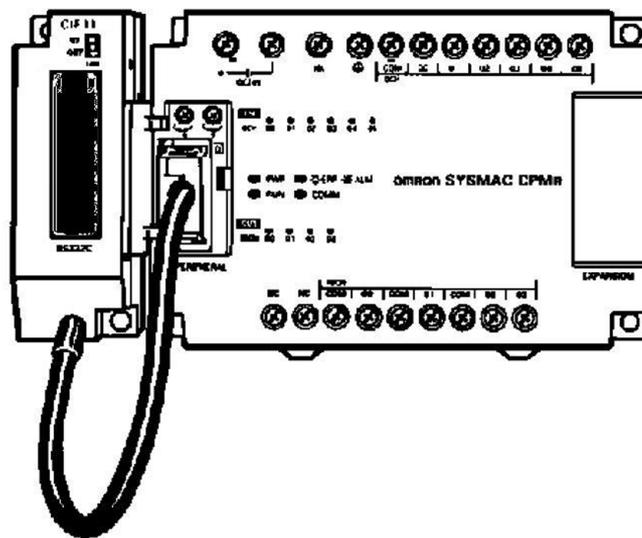


Figura. 5. 14. Conexión módulo CPM1-CIF11 y PLC CPM2A

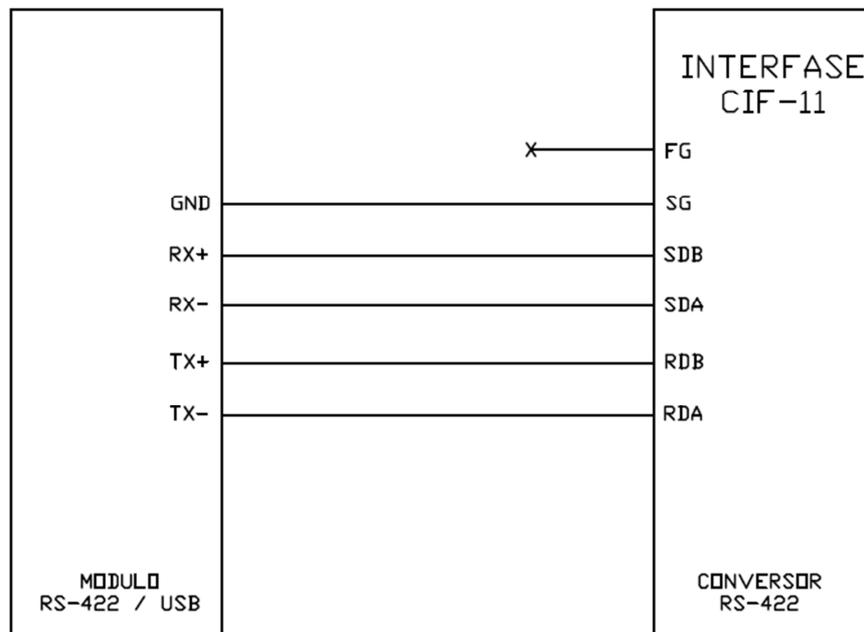
La siguiente etapa para realizar esta comunicación fue conectar el cable en cada uno de los terminales en ambos extremos de los conversores, tanto del lado del PLC como del computador. Una de las ventajas de la utilización del cable Belden 22AWG de 6 conductores es que cada uno de sus conductores son diferenciados por

distintos colores. En la Tabla 5.2 se detalla el código de colores utilizado para realizar esta conexión.

Color	CPM1-CIF11	USB-RS422
Verde	SG	GND
Azul	SDB	RX+
Blanco	SDA	RX-
Negro	RDB	TX+
Rojo	RDA	TX-
Café	NC	NC

Tabla. 5. 2. Cableado de comunicación

Aludiendo a la Tabla 5.2, se presenta el siguiente diagrama esquemático de la conexión realizada para establecer la comunicación RS-422, permitiendo comunicar a sendos dispositivos ubicados a una distancia aproximada de 180 metros a través de un ambiente hostil (Figura 5.15).



Señales para la comunicación:
 PLC(CPM2A)- Interfase(CIF11)-
 Módulo(422/USB)-
 Computador(Pentium IV)

Figura. 5. 15. Diagrama de conexión módulo RS-422-USB y PLC

Una vez finalizada la implementación de todos los elementos de hardware en el área de fabricación de resortes, el cableado según los diagramas correspondientes y la energización del sistema, se comprobó el funcionamiento de los dispositivos. En la Figura 5.16 se puede observar la disposición final del gabinete implementado.



Figura. 5. 16. Gabinete armado

La utilización de las normas NEC facilitó la implementación de este proyecto, ya que definió los lineamientos básicos a tomar en cuenta para la realización de instalación eléctrica de manera segura tanto para los equipos como para el personal encargado del área. La Tabla 5.3 hace alusión a los artículos de la norma NEC considerados para el presente proyecto.

Sección Norma NEC	Descripción
Artículo 110	Requisitos de las Instalaciones eléctricas
110-3	Instalación y uso de equipos
110-4	Tensiones Eléctricas
110-5	Conductores
110-6	Calibre de los conductores
110-7	Integridad del aislamiento
110-13 (a)	Montaje
110-14	Conexiones Eléctricas
Artículo 300	Métodos y Materiales de Alambrado
300-3	Conductores
300-4	Protección contra daños físicos
300-20	Corrientes inducidas en encerramientos o canalizaciones metálicas
Artículo 310	Conductores para Instalaciones en general
310-2	Conductores
310-5	Calibre mínimo de los conductores

Tabla. 5. 3. Normas NEC empleadas

CAPÍTULO 6

PRUEBAS Y RESULTADOS

Este capítulo está dedicado a la realización de pruebas y a los resultados obtenidos para analizar el comportamiento de cada una de las etapas del sistema tanto a nivel lógico como físico procurando someter al sistema a todas las condiciones y de esta manera mejorar el diseño planteado.

Dentro del área de Electrónica en automatización y control es fundamental realizar pruebas que permitan garantizar el óptimo funcionamiento de los sistemas y prevenir daños a equipos o al personal.

Entre las pruebas realizadas, se han considerado el funcionamiento de la tarjeta de adquisición de señales, el funcionamiento del programa implementado en el PLC, la comunicación entre el autómatas y el ordenador, la adquisición y almacenamiento de los datos, la creación de los reportes y la presentación de los datos.

Una vez realizadas las pruebas de cada una de las etapas se realizó una prueba final que garantice el funcionamiento integral del sistema, para lo cual se mantuvo el sistema en funcionamiento durante un mes, comprobando así que tanto la adquisición de datos como la presentación no muestran inconvenientes.

6.1. Prueba de Tarjeta Adquisición de Señales

Para acoplar las señales provenientes de los controladores de las máquinas resorteras fue necesario el diseño de una tarjeta que permita acoplar dichas señales para que estas tengan una referencia común. El funcionamiento de esta tarjeta ha sido descrito en el capítulo de diseño de hardware, por lo que se procedió a realizar las mediciones tanto en las entradas como en las salidas para verificar que su comportamiento es igual al esperado.

En la primera prueba del funcionamiento de la tarjeta se verificaron los voltajes de entrada y de salida y se notó que el comportamiento de optoacoplador correspondiente a las máquinas RS-07 y RS-08 no era el adecuado, por lo que fue necesario desmontar la tarjeta para verificar las conexiones internas. Después de un exhaustivo análisis de las entradas, se determinó que el problema era causado por una mala soldadura de las resistencias a la tarjeta.

Una vez resuelto este inconveniente, se procedió con la realización de las mediciones tanto en los puntos de entrada como a la salida de la tarjeta, es decir con las señales provenientes de las máquinas resorteras y a la salida de los optoacopladores están en la Tabla 6.1:

Máquina	Entrada [V]	Salida [V]
RS-01	23.52	1.90
RS-02	23.67	1.95
RS-03	21.91	1.83
RS-04	22.43	1.86
RS-05	21.56	1.72
RS-06	24.12	1.41
RS-07	23.87	1.49
RS-08	23.58	1.67

RS-09	24.72	1.33
RS-10	23.90	1.49

Tabla. 6. 1. Mediciones tarjeta de acoplamiento

Cabe recalcar que las máquinas 3,4 y 5 al tener una señal de activación de 0 lógico, tienen una salida inversa en los optoacopladores del resto de máquinas. Este comportamiento fue considerado en el desarrollo del programa del PLC para uniformizar la obtención de los datos.

Para evitar el sobrecalentamiento de las resistencias dispuestas en las entradas del optoacoplador, se decidió adquirir resistencias de 1 W, para de esta manera garantizar el funcionamiento continuo del sistema.

6.2. Prueba de Funcionamiento PLC

La realización de las pruebas del funcionamiento del programa del PLC se las realizó empleando el software de supervisión CX-Programmer, para comprobar que la lógica implementada en el mismo esté funcionando de acuerdo a lo esperado, y que las señales en las entradas del autómatas sean correctamente leídas. En la Figura 6.1 se muestra una captura de CX-Programmer con el PLC funcionando en línea.

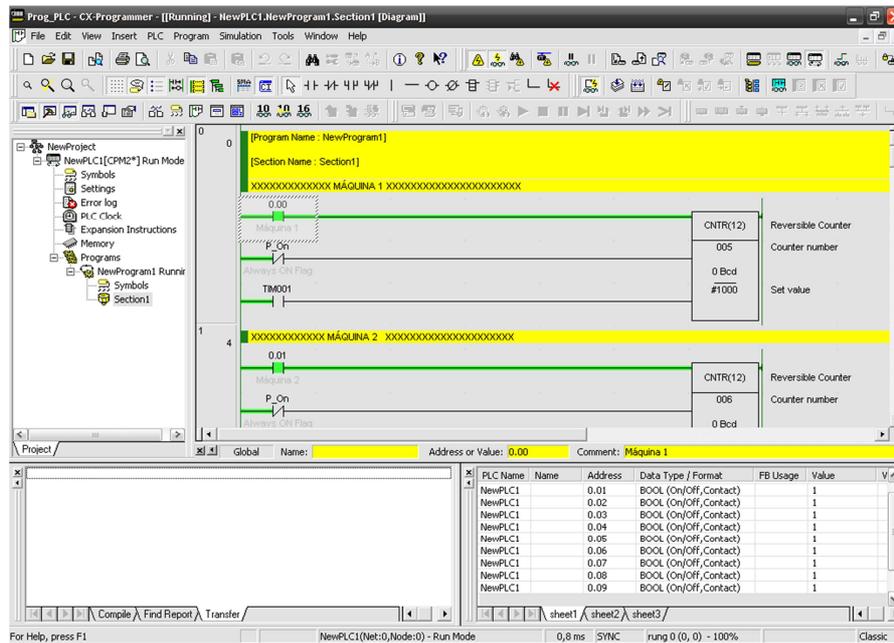


Figura. 6. 1. PLC conectado vía CX-Programmer

Mediante la realización de esta prueba pudimos comprobar el funcionamiento de la lógica implementada, así como el funcionamiento del timer que permite el almacenamiento de los acumuladores de los contadores cada minuto, reteniendo este dato en un registro durante un minuto se realiza correctamente.

6.3. Prueba de Comunicación

El funcionamiento de la comunicación entre el PLC y el computador era una prueba que causó gran expectativa, debido a que por requerimientos de la empresa el cable fue pasado por canaletas por las cuales pasan líneas de alta tensión las mismas que podrían introducir ruido en la señal de comunicación. La primera instancia de la prueba se realizó conectando el PLC con el computador dispuesto en la oficina de Control de Calidad, ubicada a 180 metros aproximadamente de la línea de producción.

Previo al inicio de esta prueba, fue necesario realizar un cambio en las configuraciones del puerto periférico, para que la comunicación se establezca con

las mismas características del adaptador USB-RS422. La ventana de configuraciones del PLC se pueden observar en la Figura 6.2.

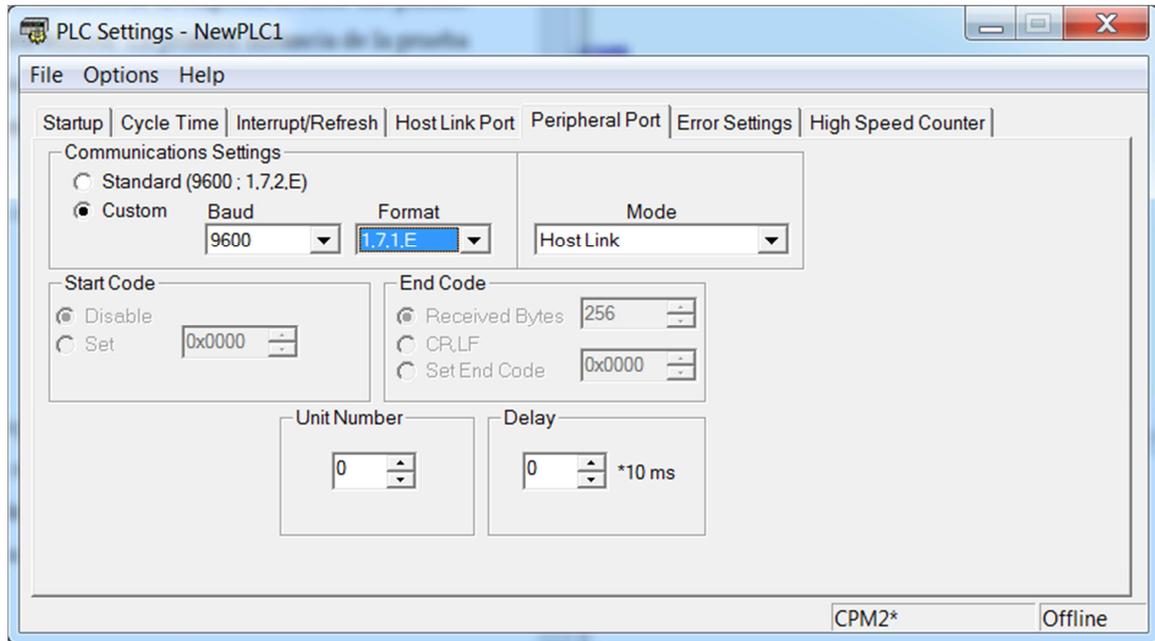


Figura. 6. 2. Ventana de configuración PLC

En la Tabla 6.2 se muestran las configuraciones establecidas para la comunicación RS-422 entre el PLC y ordenador:

Configuración	Valor
Velocidad de transmisión	9600
Bits de inicio	1
Bits de datos	7
Bits de parada	1
Paridad	Par
Modo	Host Link

Tabla. 6. 2. Parámetros comunicación RS-422

Como primer paso para la realización de esta prueba, se configuró el adaptador conversor de USB a serial. Dicha configuración se la realizó siguiendo los pasos

indicados en el manual de instalación de este adaptador. En la Figura 6.3 se muestra que se realizó exitosamente la instalación de este dispositivo.

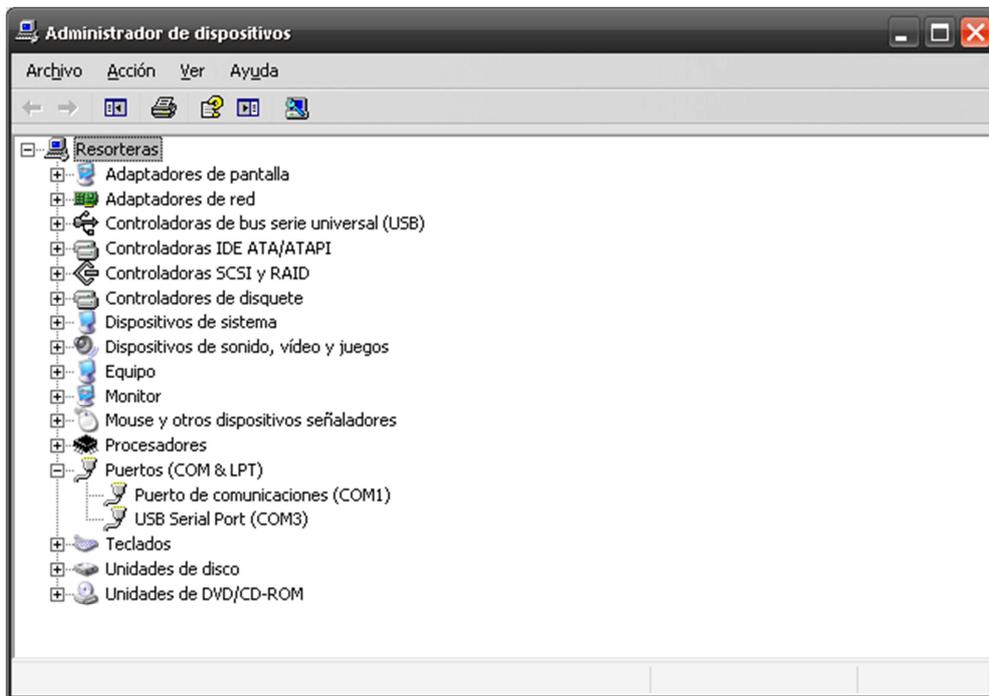


Figura. 6. 3. Ventana Administrador de dispositivos

A continuación se verificó la conexión de los cables para la comunicación este acorde al esquema que se indica en la sección anterior (Figura 6.4).

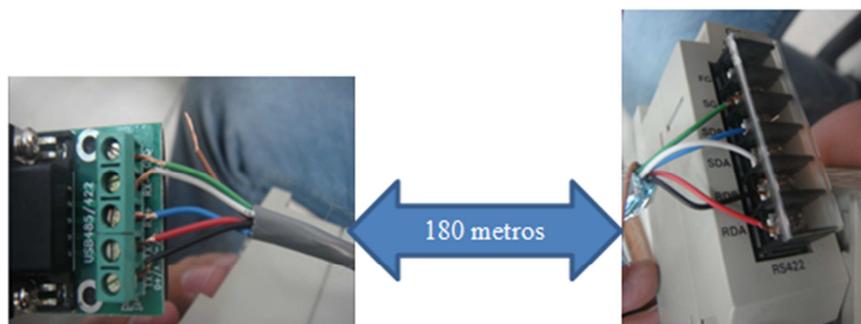


Figura. 6. 4. Conexión cables de comunicación

Para verificar el funcionamiento del sistema de comunicación, se utilizó la herramienta Direct Online, la cual se halla en el menú PLC del software CX-Programmer, como se muestra en la Figura 6.5.

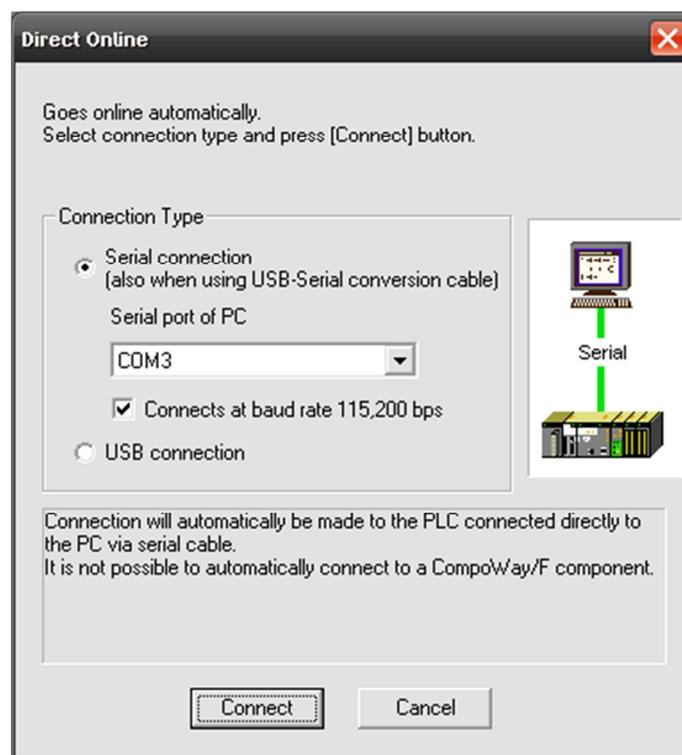


Figura. 6. 5. Ventana Direct Online

Una vez escogido el puerto por donde se realizará la conexión, se procedió a escoger la opción Connect, la cual realizará un barrido con diferentes parámetros y tasas de transferencia. En la Figura 6.6 se muestra la ventana emergente que realiza este proceso.

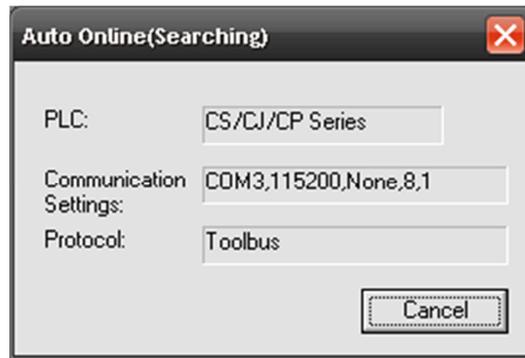


Figura. 6. 6. Ventana AutoOnline

Cuando el proceso de búsqueda finaliza, la ventana de CX-Programmer muestra el estado de funcionamiento del programa, y de cada uno de los elementos dispuestos. Afortunadamente no hubo inconvenientes en esta etapa del proceso y el PLC y el computador establecieron comunicación sin problemas empleando el estándar RS-422.

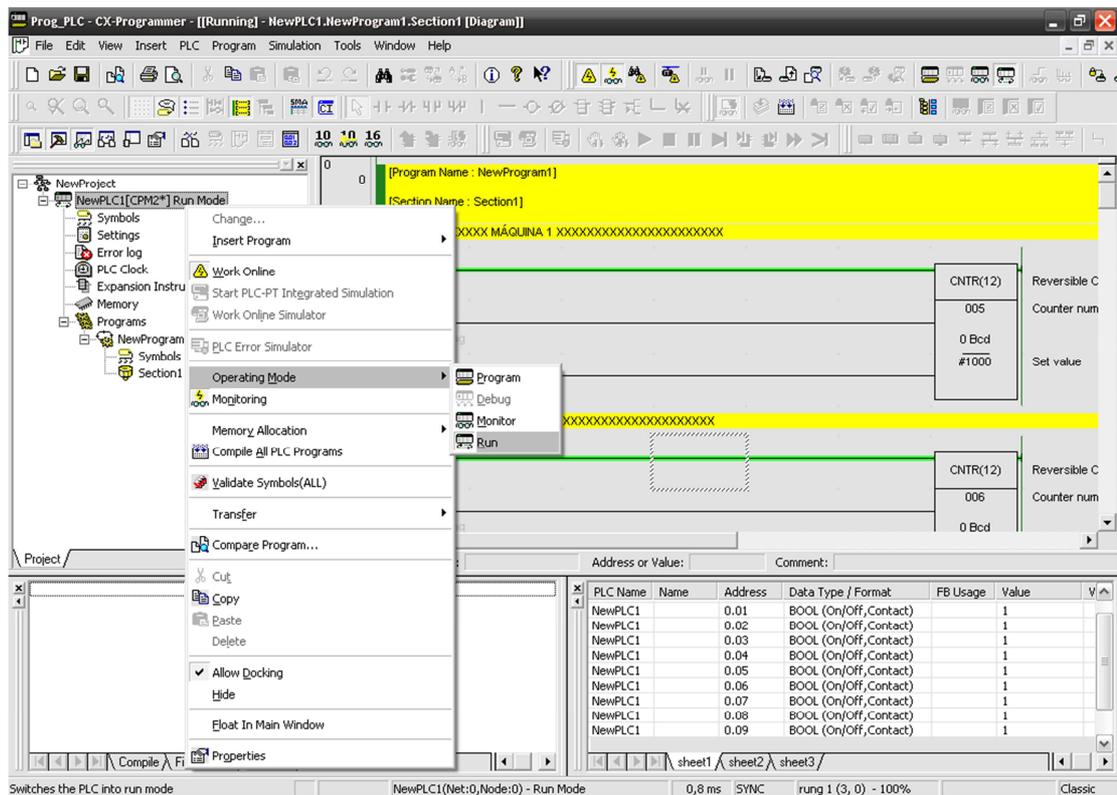


Figura. 6. 7. Conexión PLC modo RUN

6.4. Prueba del Sistema de Almacenamiento de Datos

Una vez desarrollada la prueba de comunicación entre el PLC y el computador exitosamente, se procedió a comprobar el almacenamiento de los datos, prueba realizada con la ejecución de la primera aplicación desarrollada en JAVA y su verificación empleando la herramienta MySQL Workbench.

La primera etapa de la prueba consistió en ejecutar la aplicación **Adquisicion**, y visualizar el funcionamiento de la comunicación DDE, mediante la herramienta DDEManager. En esta herramienta se puede observar el estado de cada uno de los enlaces. En la Figura 6.8 se muestra que existe comunicación de la variable *Flag*, es decir que el programa realizado está esperando que cambie su valor para almacenar cada uno de los contadores.

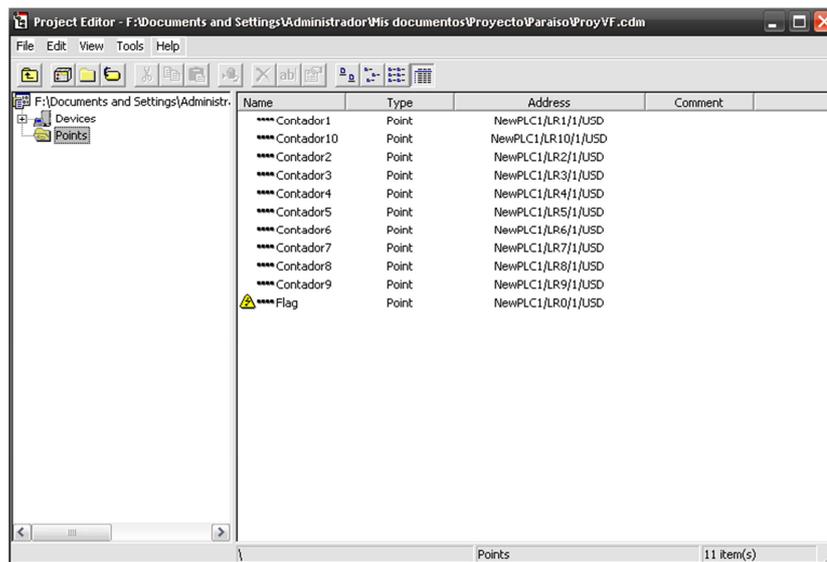


Figura. 6. 8. Ventana DDEManager activa flag

Al cabo de un minuto, inició la conexión de los otros ítems de la conversación DDE, es decir los contadores de la producción de las máquinas. Esto fue comprobado de igual forma empleando la herramienta DDEManager, y en la Figura 6.9 se muestra el estado de dicha conversación y la ejecución del barrido para la recolección de los datos de los contadores.

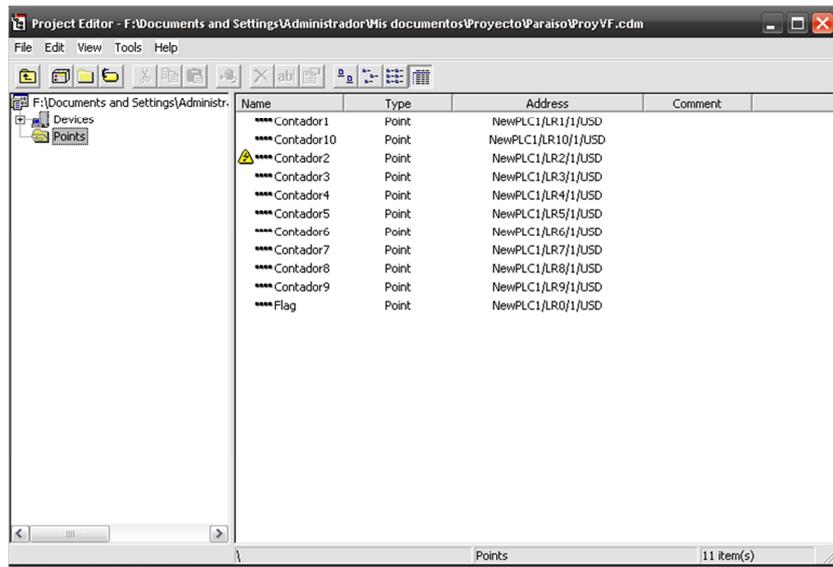


Figura. 6. 9. Ventana DDEManager activa Contador2

De esta forma se comprobó que el funcionamiento de la primera etapa de la aplicación **Adquisicion** funcionaba de forma óptima. Para comprobar que los datos se almacenen de acuerdo a lo esperado, se utilizó el software de desarrollo de bases de datos MySQL Workbench para demostrar que existan datos insertados en la tabla *produccion* de la base de datos. En esta tabla se almacena un identificador de dato, el número de máquina, la fecha y hora en la que se almacena el dato y la cantidad de resortes producidos de cada máquina.

Para consultar los datos almacenados en la tabla, buscamos la tabla que contiene los datos y escogemos la opción *Select Rows -Limit 1000*, con la cual se ejecuta el requerimiento SQL `SELECT * FROM base.produccion`. Los resultados de dicha sentencia se muestra en la Figura 6.10.

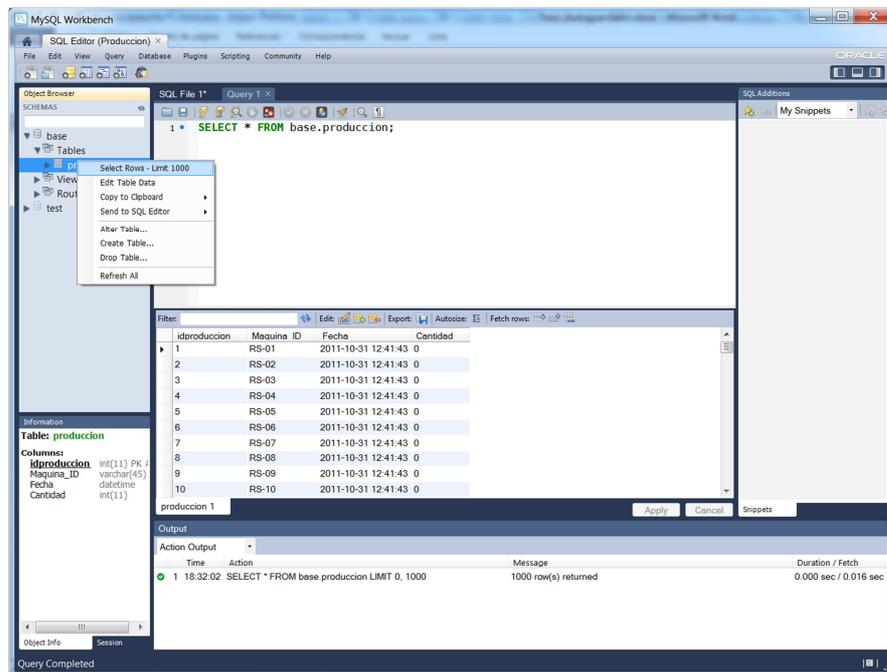


Figura. 6. 10. Comando en ventana MySQL Workbench

Como se puede notar en la Figura 6.10, ya existen datos almacenados en la base de datos, con lo cual se puede afirmar que los datos están siendo almacenados correctamente.

Es necesario realizar siempre pruebas que permitan garantizar la fiabilidad del sistema, para esto se realizó una comparación entre datos obtenidos por el sistema y los registrados por los contadores de las máquinas, prueba que fue realizada en un tiempo de 10 minutos en 5 de las máquinas. Los resultados de dicha prueba se muestran a continuación en la Tabla 6.3.

Máquina	Contador máquina	Base de Datos
RS-01	1199	1180
RS-05	985	979
RS-07	1384	1367
RS-08	1306	1288
RS-09	1381	1371

Tabla. 6. 3. Comparación contadores máquinas y base de datos

Como se observa en la Tabla 6.3, los datos obtenidos en la base de datos no concuerdan exactamente con los indicados en los contadores de las máquinas, pero este error se atribuye a la desincronización existente entre el reloj del computador y el almacenamiento de los datos. Los datos son almacenados con la hora del computador y se emplea la sentencia *select sum(cantidad) from produccion where fecha between '2012-02-13 13:05:00' and '2012-02-13 13:15:00' and Maquina_ID='RS-01'*, la cual suma todos los datos entre las horas específicas, por lo que algunos de los resortes producidos habrán sido almacenados en el siguiente minuto o el anterior.

El funcionamiento se creía normal y estable, por lo cual se dejó funcionando durante varios días el sistema, tiempo al cabo del cual se pudo observar que se almacenaba más de un dato por minuto.

Este error claramente estaba relacionado al funcionamiento de la aplicación **Adquisicion**, por lo cual se realizó una revisión completa del código y un análisis de las causas posibles. Inmediatamente se pudo notar que este error ocurría cada vez que existía una desconexión entre el PLC y el ordenador, debido principalmente a pérdidas en el suministro eléctrico propias del funcionamiento de la línea de producción de resortes. La interrupción de la conversación DDE arroja una excepción dentro de la cual se reiniciaba el funcionamiento del hilo principal del programa, el cual se ejecutaba sin detener el funcionamiento del hilo ejecutado anteriormente. Se realizaron los cambios pertinentes para los casos donde ocurra esta excepción. A continuación se muestra el código propuesto para cada excepción de tipo `DDEClientException` (Listado de código 6.1).

```
catch (DDEClientException e) {
    e.printStackTrace();
    try {
        this.finalize();
        Thread.sleep(1000);
    } catch (Throwable e1) {
        e1.printStackTrace();
    }
    this.run();}
```

Listado de código. 6. 1. Código Excepción DDE

Con la utilización del comando `finalize()`, se culmina la ejecución del hilo que realiza el ciclo encargado de la adquisición de los datos, ciclo que vuelve a ser retomado una vez que exista correcta comunicación entre el autómatas programable y el computador.

Adicionalmente para casos en los que exista pérdida de alimentación eléctrica en el computador, se crearon tareas programadas para la reiniciación automática del sistema. El primer paso para realizar esta tarea fue cambiar las opciones de la BIOS del PC, habilitando la opción de reinicio en caso de pérdida de suministro eléctrico. Este cambio se lo realiza en la pestaña *Power* dentro de las configuraciones de la BIOS, como se muestra en la Figura 6.11.

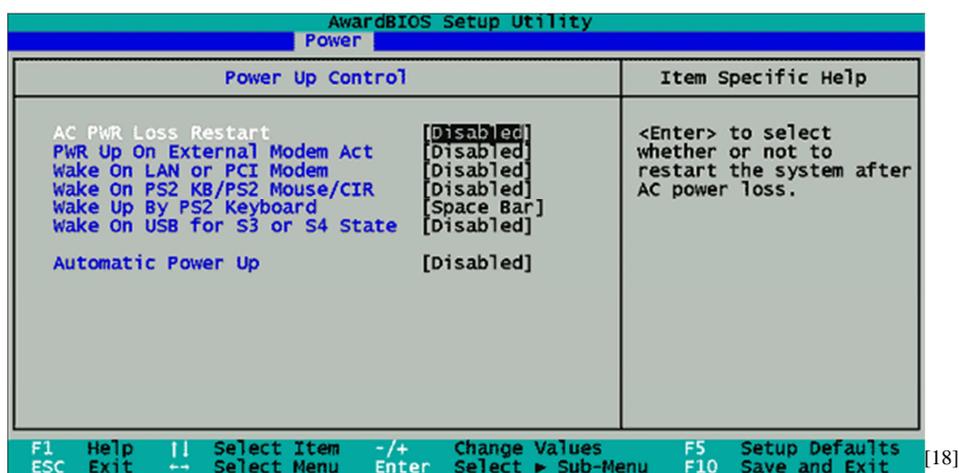


Figura. 6. 11. Configuración de BIOS

Posteriormente, en la opción de Tareas programadas, dentro del Panel de control de Windows XP, se creó una tarea programada para el inicio automático de la aplicación *Adquisicion*, para lo cual en la ventana de configuración de la tarea, se debe especificar la ubicación del fichero *javaw.exe*, el cual se encarga de la

^[18] Funciones de ahorro de energía[Online]. Habilitado: <http://www.tomshardware.com/reviews/bios-tuning,346-20.html>

ejecución de la consola Java, y la dirección del archivo .jar de la aplicación. En la Figura 6.12, se muestra la asignación del proceso a la tarea programada.

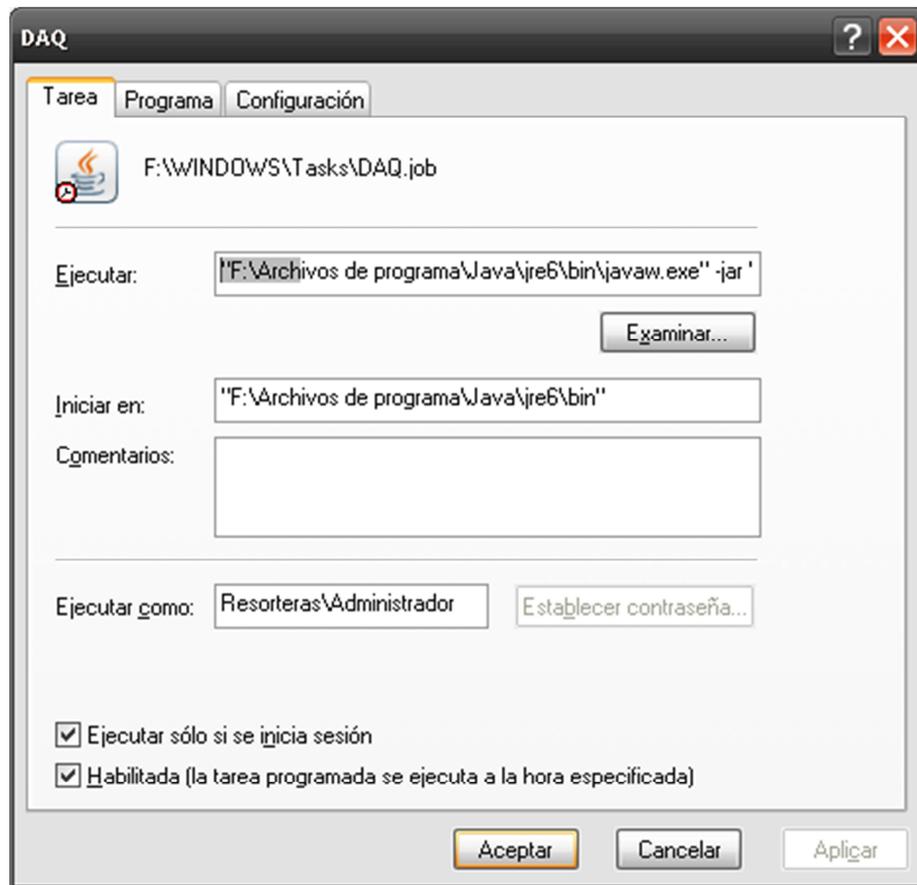


Figura. 6. 12. Ventana configuración tareas programadas

6.5. Prueba de Monitoreo Tiempo Real

Corregidos los problemas existentes en el almacenamiento de datos se procedió a realizar las pruebas del funcionamiento de la segunda aplicación. La prueba del funcionamiento de esta herramienta, la cual muestra la producción de la última hora tomando los datos desde la base de datos con intervalos de 1 minuto, se efectuó en 4 máquinas, las cuales se encontraban en pleno funcionamiento al instante de la

prueba. En la Figura 6.13 se muestra la gráfica obtenida del funcionamiento de la máquina 1.

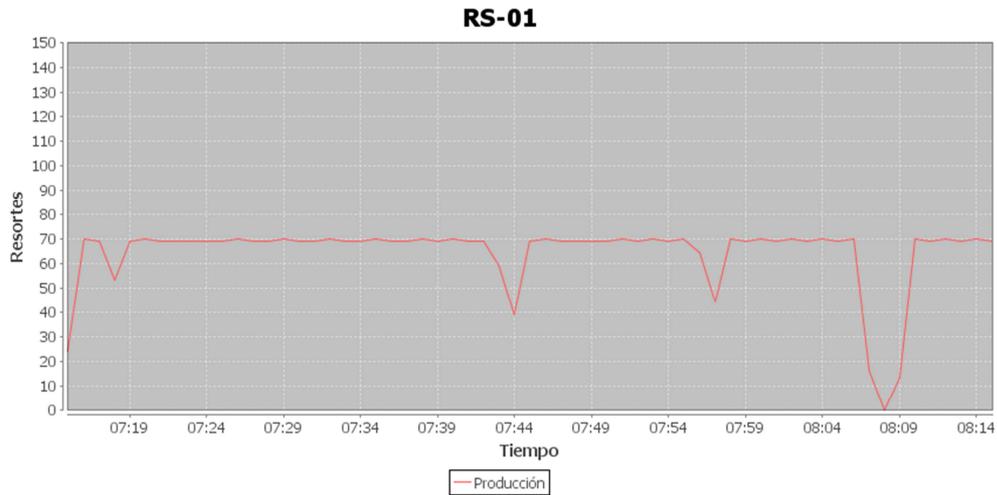


Figura. 6. 13. Monitoreo máquina RS-01

Como se puede observar en la Figura 6.13, la adquisición de los datos se realizó dentro de los parámetros esperados, teniendo un valor máximo de 70 resortes por minuto, pese a que las máquinas SX-80 fue diseñada para producir 80 piezas los operadores las configuran para que su producción sea de 70 muelles por minutos. Ocasionalmente los operadores detienen el funcionamiento de la máquina en caso de un atascamiento o para engrasar las partes mecánicas de la misma.

La Figura 6.14 muestra el funcionamiento de la máquina 5, en la cual se puede observar un trabajo discontinuo, debido principalmente a las pausas obligadas por atascamiento del suministro de materia prima hacia la máquina. Su máximo de producción coincide con las 60 especificadas en las características de la máquina MDC-60.

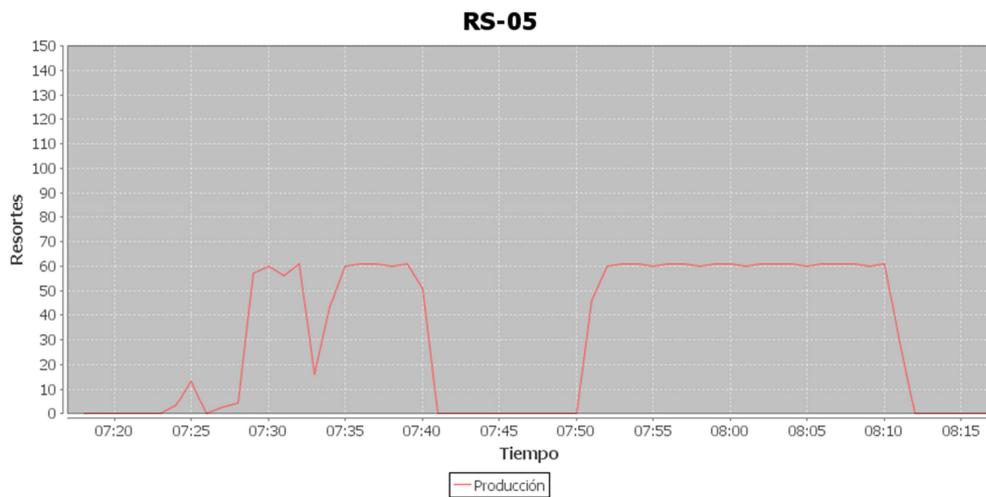


Figura. 6. 14. Monitoreo máquina RS-05

El funcionamiento de las máquinas 7 y 9 se muestra en las Figuras 6.15 y 6.16, en las cuales se puede observar que existió uniformidad durante toda la hora de la realización de la prueba, cumpliendo con la consigna de trabajo de 70 resortes por minuto.

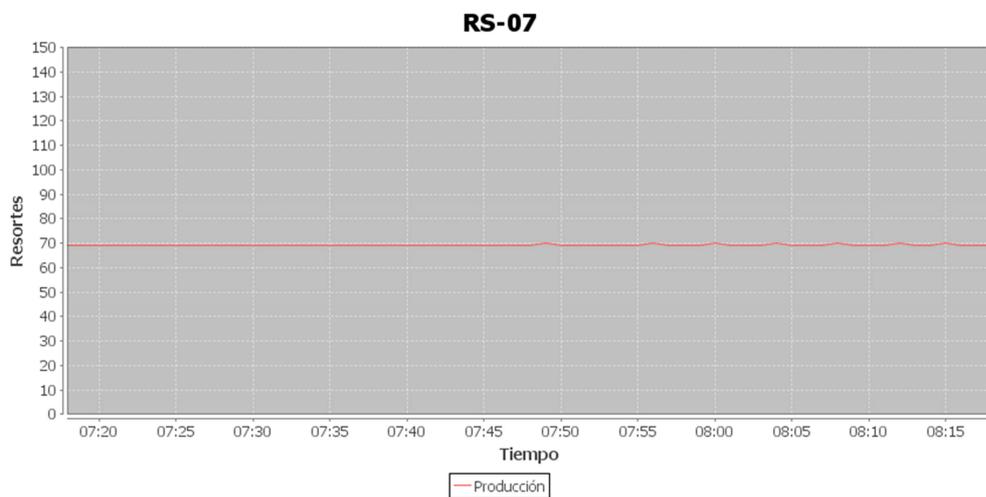


Figura. 6. 15. Monitoreo máquina RS-07

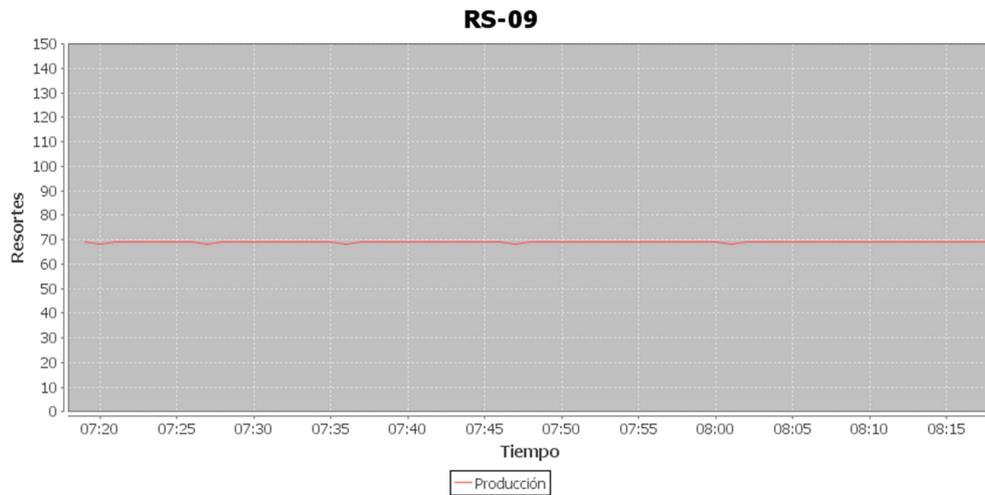


Figura. 6. 16. Monitoreo máquina RS-09

6.6. Prueba del Sistema Reportes

La presentación de los reportes en hojas de cálculo de Microsoft Excel es la parte esencial del proyecto, ya que en ella se puede obtener la información histórica en períodos de horas, días, semanas y meses. La correcta ejecución de esta herramienta es la sección de mayor interés para la empresa, ya que con ella se podrán analizar y planificar estrategias para incrementar los niveles de producción del área de manufactura de resortes.

Algunas pruebas se realizaron en la generación de reportes utilizando la aplicación *P_Monitor*, ensayos en los que se notó que la actualización de las fórmulas dentro del reporte no se ejecutaban. Viendo esta anomalía se optó por la creación de una macro dentro de la plantilla que permita actualizar los valores y las fórmulas de la hoja de cálculo (Figura 6.17). Para acceder a la configuración de una macro en Microsoft Excel se presiona las teclas ALT+F11.

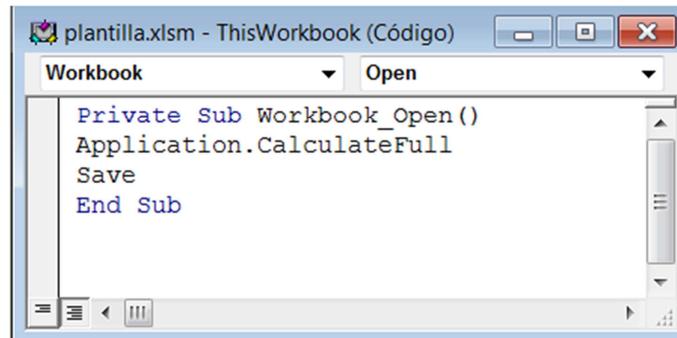


Figura. 6. 17. Macro en plantilla de Excel

6.7. Resultados

Corregidos todos los percances que se presentaron durante la realización de las pruebas de cada una de las etapas del proyecto previamente expuestos en la sección anterior, se finalizó con los cambios y modificaciones en el sistema para tener un óptimo funcionamiento del mismo.

El principal inconveniente que se presentaba en esta línea de producción era el incumplimiento por parte de los operadores del turno de 18:00 PM a 5:00 AM, por lo que no alcanzaban la producción establecida. La principal causa de este comportamiento era debido a que no existía supervisión de las jornadas laborales de estos operadores. Una vez implementado el sistema de supervisión se analizó varios informes donde en distintas máquinas se paralizaba la producción alrededor de las 3:00 AM. En la Figura 6.18 se indica los resultados del informe del 29 de noviembre del 2011 en la máquina RS-02.

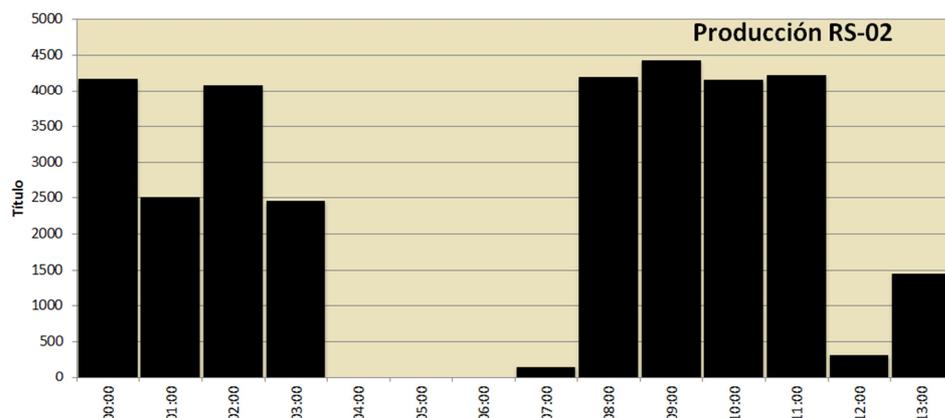


Figura. 6. 18. Informe 19 de noviembre 2011 RS-02

Estos resultados permitieron al gerente de planta tomar las acciones correctivas con el fin de prevenir futuros inconvenientes en estas jornadas laborales. Una vez advertidos los trabajadores de la existencia de un sistema automático de supervisión se vio una mejoría en el desempeño de la producción.

Estos resultados reflejan un incremento de producción diaria de 5 000 dólares americanos, ya que previo a la implementación de este proyecto el área de fabricación de resortes producía 10 000 dólares americanos diariamente y una vez que los operadores conocían de la existencia de este sistema alcanzaron una producción promedio de 15 000 dólares americanos.

Adicionalmente, se observó una importante disminución en los tiempos de parada de las máquinas, ya que ciertos operadores para alcanzar los niveles de producción sobre exigían a las máquinas resortereras provocando averías que requerían interrumpir su normal funcionamiento para una calibración o remplazo de sus piezas. Comparando los tiempos de parada de la máquina RS-02 los días 29 de noviembre del 2011 (Figura 6.19) es de 9,8 horas (588 minutos) y el 25 de enero del 2012 (Figura 6.20) es de 5,4 horas (326 minutos). Claramente se nota una disminución del 44,8% del tiempo de parada lo que se ve reflejado en un incremento en producción.

	RS-01	RS-02
Tiempo de Funcionamiento [min]	465	852
Tiempo de Parada [min]	975	588

Figura. 6. 19. Tiempo de funcionamiento 29 de noviembre 2011

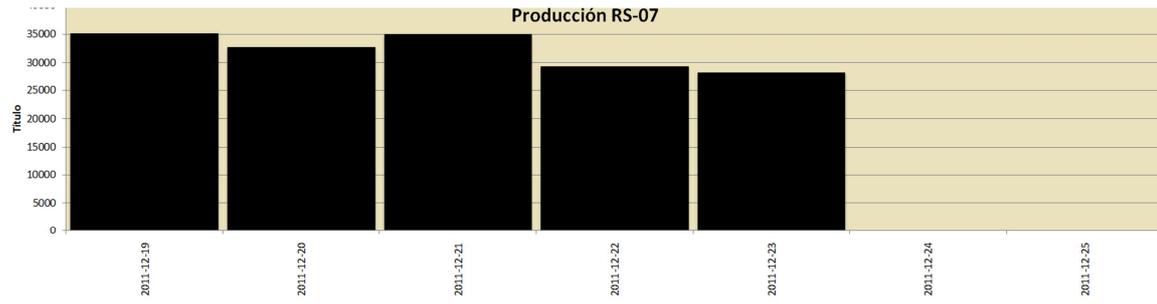
	RS-01	RS-02
Tiempo de Funcionamiento [min]	983	1114
Tiempo de Parada [min]	457	326

Figura. 6. 20. Tiempo de funcionamiento 25 de enero 2012

La presentación clara de la información ha facilitado la toma de decisiones administrativas. A continuación se muestra las diferentes hojas de un informe semanal correspondiente a las fechas 19-12-2011 al 26-12-2011. En la Figura 6.21 se presenta la hoja ResumenProducción; en la Figura 6.22 la hoja RS-07 que ilustra la producción de la máquina 7 y en la Figura 6.22 se encuentra toda la información de la producción de todas las máquinas en el período de tiempo seleccionado.

	Resumen Producción									
	RS-01	RS-02	RS-03	RS-04	RS-05	RS-06	RS-07	RS-08	RS-09	RS-10
Tiempo de Funcionamiento [min]	1897	4601	0	859	4921	4586	2529	4525	4440	2
Tiempo de Parada [min]	8183	5479	10080	9221	5159	5494	7551	5555	5640	10078
Número de Resortes	116258	294556	0	20877	275927	272937	160784	278441	288867	2
Velocidad [res/min]	61,29	64,02	0	24,3	56,07	59,52	63,58	61,53	65,06	1
Peso [gr]	91843,82	232699,24	0	16492,83	217982,33	215620,23	127019,36	219968,39	228204,93	1,58

Figura. 6. 21. Resumen de Producción



RS-07	
Tiempo de Funcionamiento	2529
Tiempo Parada	7551
Números de Resortes	160784
Velocidad	63,58
Peso	127019



Figura. 6. 22. Producción RS-07

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Fecha	RS-01	RS-02	RS-03	RS-04	RS-05	RS-06	RS-07	RS-08	RS-09	RS-10
2	2011-12-19	44316	52145	0	4678	59335	62059	35160	65605	48734	0
3	2011-12-20	44754	66887	0	3088	67618	53266	32799	63309	69604	0
4	2011-12-21	23503	66289	0	12748	59815	69313	35043	61137	62461	0
5	2011-12-22	556	70180	0	2	58928	53966	29450	44022	66082	0
6	2011-12-23	3129	39055	0	361	30231	34333	28332	44368	41986	2
7	2011-12-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	2011-12-25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura. 6. 23. Informe de producción

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

- Se cumplió con el objetivo general del proyecto a plenitud debido a que se realizó de manera secuencial cada una de las actividades que permitieron implementar un sistema de software libre para la supervisión y monitoreo del área de fabricación de muelles en la empresa Productos Paraíso Del Ecuador S.A.
- Una vez implementado el sistema un incremento de producción diaria se ha visto reflejado alrededor del 50% debido a la supervisión constante a la que los operadores están sujetos.
- La disminución en los tiempos de parada de las máquinas, especialmente en el turno nocturno ha sido de gran utilidad para la empresa por lo que no existen daños de las máquinas provocados por sobre exigencias del operador para cumplir con su tarea preestablecida.
- El sistema se encuentra implementado tanto con dispositivos de hardware como PLC así como herramientas de software que permitieron crear una interfaz amigable con funcionalidades como la creación de reportes en hojas de cálculo de Microsoft

Excel vitales para la planificación y toma de decisiones que permitan incrementar los niveles de producción y el control del personal.

- El desarrollo de aplicaciones en lenguaje de JAVA permitió incorporar funcionalidades adicionales al sistema mediante la utilización de librerías de código abierto y el ahorro de recursos económicos debidos al pago de licencias a terceros.

7.2. Recomendaciones

- Es fundamental inspeccionar la disponibilidad de espacio físico para la implementación de los elementos necesarios del sistema.
- Conocer los niveles de voltaje que se utilizan dentro de la línea de producción para dimensionar adecuadamente los elementos.
- La realización de circuitos de prueba permitió la corrección temprana de errores dentro del diseño de hardware evitando daños pudieran ser irreparables dentro de la industria.
- Considerar las recomendaciones de uso adecuado de los dispositivos en la realización de cualquier proyecto es fundamental ya que garantiza el funcionamiento adecuado de los mismos y evitar causar pérdidas a la empresa.
- Para realizar cualquier cambio o mantenimiento en el hardware es importante desconectar el suministro energético en el sistema para que no existan riesgos tanto para el personal encargado y los equipos.