



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL
Y REDES INDUSTRIALES

**“AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE MEZCLADO
DE MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE
TEJAS EN LA PLANTA ECULATEJA DE LA FÁBRICA
TUBASEC C.A.”**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y
REDES INDUSTRIALES**

CAJAMARCA RUÍZ WILSON RICARDO

CASTRO TENORIO MARCO ANTONIO

Riobamba – Ecuador

2013

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y en especial a la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales porque en sus aulas recibimos el conocimiento intelectual y humano de cada uno de sus docentes.

Agradecemos también a la empresa TUBASEC C.A. por darnos la oportunidad para poner en práctica nuestros conocimientos.

Un agradecimiento especial a nuestro director de tesis por sus consejos y amistad.

DEDICATORIA

Este trabajo de tesis lo dedicamos a Dios verdadera fuente de amor y sabiduría, y a nuestras familias: Cajamarca Ruíz y Castro Tenorio, por el apoyo incondicional brindado a lo largo de nuestra vida estudiantil.

FIRMAS RESPONSABLES Y NOTAS

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Ing. Iván Menes

**DECANO FACULTAD
INFORMATICA Y ELECTRONICA**

.....

Ing. Paúl Romero

**DIRECTOR ESCUELA INGENIERIA
ELECTRONICA CONTROL Y
REDES INDUSTRIALES**

.....

Ing. Jorge Paucar

DIRECTOR DE TESIS

.....

Ing. Franklin Moreno

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....

Tlgo. Carlos Rodríguez

**DIRECTOR CENTRO DE
DOCUMENTACION**

.....

NOTA

.....

RESPONSABILIDAD DEL AUTOR

Nosotros: Wilson Ricardo Cajamarca Ruíz y Marco Antonio Castro Tenorio, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta: Tesis de Grado, y el patrimonio intelectual de la misma pertenecen a la “Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”.

FIRMAS:

Wilson Ricardo Cajamarca Ruíz

Marco Antonio Castro Tenorio

INDICE DE ABREVIATURAS

AC	Corriente Alterna
CPU	Unidad de Procesamiento Central
DC	Corriente Directa
DCE	Equipo de Comunicación de Datos
E/S	Entrada/Salida
GPIB	General Purpose Interface Bus
HMI	Interfaz Hombre Máquina
Hz	Unidad de medida de frecuencia
NA	Contacto Normalmente Abierto
NC	Contacto Normalmente Cerrado
NI	National Instruments
OPC	Control de Procesos OLE
PAC	Controlador de Automatización Programable
PCI	Interconexión de Componentes Periféricos
PLC	Controlador Lógico Programable
PLG	Unidad de Medida de Longitud
RTU	Unidad Terminal remota
TCP/IP	Protocolo de Control y Transmisión/Protocolo de Internet
VI	Instrumentos Virtuales

INDICE GENERAL

INDICE DE ABREVIATURAS.....	6
INDICE GENERAL	7
INDICE DE FIGURAS	11
INDICE DE TABLAS	13
INTRODUCCION.....	15
CAPÍTULO I.....	16
1. MARCO REFERENCIAL.....	16
1.1 Antecedentes.....	16
1.2 Justificación	18
1.3 OBJETIVOS	19
1.3.1 Objetivo General.....	19
1.3.2 Objetivos Específicos	19
1.4 Hipótesis	20
CAPÍTULO II.....	21
2. FABRICACION TEJAS DE HORMIGON.....	21
2.1 ¿QUE ES LA TEJA?	21
2.1.1 Historia de la teja	22
2.1.2 Ventajas de las tejas de cemento.....	23
2.2 MATERIA PRIMA UTILIZADA EN LA FABRICACION	24
2.2.1 Arena.....	24
2.2.1 Cemento.....	25
2.2.2 Agua para hormigón	27
2.2.3 Pigmentos en polvos para colorear hormigón.....	29
2.3 HORMIGON	33
2.3.1 Características generales del hormigón	33
2.3.2 Productos adicionales usados para el hormigón	34
2.3.3 Propiedades del hormigón fresco.....	34
2.3.4 Propiedades del hormigón endurecido.....	35
2.3.5 Duraciones del hormigón.....	37
2.4 PROCESO DE FABRICACION PARA TEJAS DE HORMIGON	37
CAPITULO III.....	39
3 MARCO REFERENCIAL.....	39

3.1	AUTOMATIZACION	39
3.1.1	Objetivos de la automatización.....	39
3.1.2	Niveles de automatización.....	40
3.1.3	Tecnologías de automatización.....	42
3.1.4	Componentes de la automatización.....	43
3.2	ELEMENTOS ELECTRICOS	44
3.2.1	Actuadores eléctricos.....	44
3.2.2	Sensores	53
3.3	NEUMATICA	55
3.3.1	Aplicaciones generales de la neumática industrial.....	56
3.3.2	Ventajas y Desventajas de la neumática.....	57
3.3.3	Generación del aire comprimido: El compresor.....	58
3.3.4	Tipos de compresores	59
3.3.5	Selección del compresor	60
3.3.6	Valvulería.....	67
	CAPITULO IV	75
4	ANALISIS Y DISEÑO.....	75
4.1	INTRODUCCION.....	75
4.2	FACTORES DE ANALISIS AL REALIZAR UNA AUTOMATIZACION	75
4.2.1	Factor 1. Implementación	75
4.2.2	Factor 2. Recursos Humanos	76
4.2.3	Factor 3. Recursos económicos	76
4.3	SELECCION DE LA PLATAFORMA DE AUTOMATIZACION Y ESPECIFICACION DE REQUISITOS DEL SISTEMA.....	77
4.4	SELECCION DE COMPONENTES.....	78
4.4.1	Selección de motores eléctricos.....	78
4.5	SELECCION DE SENSORES	86
4.5.1	Sensores de peso	87
4.5.2	Finales de carrera.....	87
4.6	CONSTRUCCION DE LOS TABLEROS ELECTRICOS.....	89
4.6.1	Botoneras y parada de emergencia	91
4.6.3	Selección de guardamotores	93
4.6.4	Selección de relés.....	94
4.6.5	Selección de fusibles de Protección.....	95
4.7	SELECCION DE COMPONENTES NEUMATICOS	96
4.7.2	Cilindros neumáticos	97

4.7.3	Selección de electroválvulas	98
4.8	DISEÑO, CONFIGURACION Y PUESTA EN MARCHA DEL PLC.....	99
4.8.1	Ubicación de los componentes	100
4.8.2	Consideraciones sobre la instalación de E/S.....	101
4.8.3	Puesta a punto	101
CAPÍTULO V		103
5	DESARROLLO DEL SOFTWARE.....	103
5.1	TWIDO SUITE.....	103
5.1.1	Generalidades.....	103
5.1.2	Lenguajes de programación.....	104
5.1.3	Objetos del lenguaje Twido suite.....	106
5.1.4	Direccionamientos de objetos en Twido suite	107
5.1.5	Comunicaciones del PLC Twido	109
5.2	SOFTWARE DE MONITOREO.....	112
5.2.1	Labview	112
5.3	DESCRIPCION DEL PROGRAMA PARA EL PLC	116
5.3.1	Análisis del diseño de Programación.....	116
5.3.2	Identificación de entradas y salidas.....	116
5.3.3	Secuencia de estados en el proceso mezclado de la materia prima para la fabricación de tejas.....	117
5.3.4	Programación en el PLC	118
5.3.5	Configuración de la comunicación Modbus Serial.....	124
5.3.6	Configuración de la comunicación Ethernet.....	124
5.4	PROGRAMACION EN EL SOFTWARE LABVIEW.....	126
5.4.1	Configuración de los OPC Server.....	126
5.4.2	Pantalla de la Aplicación desarrollada en Labview	129
CAPITULO VI		137
6	P RUEBAS Y RESULTADOS.....	137
6.1	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	137
6.2	RESULTADOS	144
6.2.1	Estudio de tiempos.....	144
6.2.2	Estudio de materia prima	148
6.2.3	Comparación de los sistemas.....	159
6.3	COMPROBACION DE LA HIPOTESIS.....	164

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

RESUMEN

SUMMARY

APENDICE Y ANEXOS

ANEXO 1.- Manual de procedimientos

BIBLIOGRAFIA

INDICE DE FIGURAS

FIG. II. 1. Tejas de hormigón	21
FIG. III. 2. Planta Automatizada.....	39
FIG. III. 3. Pirámide CIM.....	41
FIG. III. 4. Símbolos de elementos Eléctricos.....	44
FIG. III. 5. Rotor de un motor DC.....	45
FIG. III. 6. Motor AC.....	46
FIG. III. 7. Relés.....	47
FIG. III. 8. Contactor.....	49
FIG. III. 9. Temporizador.....	50
FIG. III. 10. Disyuntor bifásico.....	51
FIG. III. 11. Interruptores eléctricos.....	52
FIG. III. 12. Sensores Electrónicos.....	53
FIG. III. 13. Funcionamientos de pistones del compresor.....	58
FIG. III. 14. Tipos de compresores.....	59
FIG. III. 15. Elementos principales de un depósito.....	60
FIG. III. 16. Tipos de redes neumáticas.....	62
FIG. III. 17. Línea principal y zonas de presión.....	62
FIG. III. 18. Esquema de elementos principales para acondicionamiento del aire.....	64
FIG. III. 19. Unidad de mantenimiento combinada.....	67
FIG. III. 20. Constitución de válvulas direccionales.....	68
FIG. III. 21. Ejemplos de diferentes válvulas distribuidoras.....	69
FIG. III. 23. Cilindro de simple efecto. Sección longitudinal.....	71
FIG. III. 24. Cilindro de doble efecto. Sección longitudinal.....	72
FIG. IV. 25. Motor que activa las paletas de mezclado.....	80
FIG. IV. 26. Motor para subir y bajar, tolva de arena.....	81
FIG. IV. 27. Motor del sistema extracción de partículas.....	82
FIG. IV. 28. Motor del compresor de Aire.....	83
FIG. IV. 29. Motor utilizado para transportar cemento.....	84
FIG. IV. 30. Motor de las bandas secundarias bajo silos.....	85
FIG. IV. 31. Bomba de agua.....	85
FIG. IV. 32. Final de carrera de bajada.....	88
FIG. IV. 33. Final de carrera de subida.....	89
FIG. IV. 34. Tablero de control.....	90
FIG. IV. 35. Tablero de mando.....	91
FIG. IV. 36. Contactores para activar las bandas bajo silos.....	92
FIG. IV. 37. Guardamotores de las bandas bajo silos.....	94
FIG. IV. 38. Relés activados por las salidas del PLC.....	95
FIG. IV. 39. Fusibles utilizados para la protección del PLC.....	96
FIG. IV. 40. Unidad de mantenimiento instalada en la salida del compresor.....	96
FIG. IV. 41. Cilindro ubicado en el silo de cemento.....	97
FIG. IV. 42. Cilindro que permite el aporte de agua.....	98
FIG. IV. 43. Electroválvula del cilindro que abre la válvula de agua.....	99
FIG. V. 44. Entorno Twido Suite.....	104
FIG. V. 45. Ejemplo de un programa de Lista.....	105
FIG. V. 46. Ejemplo de diagrama de contactos o ladder.....	105
FIG. V. 47. Ejemplo de lenguaje Grafcet.....	106

FIG. V. 48. Configuración de parámetros de comunicación TWIDO.....	111
FIG. V. 49. Conexión PLC TWIDO con PC	111
FIG. V. 50. Software Labview.....	112
FIG. V. 51. Panel Frontal.....	113
FIG. V. 52. Controles.....	114
FIG. V. 53. Indicadores	114
FIG. V. 54. Paleta de controladores.....	115
FIG. V. 55. Diagrama Grafset del proceso de llenado de la materia prima	119
FIG. V. 56. Diagram Grafset del proceso de mezclado.....	119
FIG. V. 57. Configuración de la comunicación Modbus Serial.	124
FIG. V. 58. Puertos de comunicación del PLC.....	125
FIG. V. 59. Configuración de la comunicación Ethernet.	125
FIG. V. 60. Configuración de la comunicación Ethernet.	126
FIG. V. 61. Pantalla para la configuración de Tags.....	127
FIG. V. 62. Pantalla de ingreso al sistema.....	129
FIG. V. 63. Pantalla de monitoreo y control del sistema.....	130
FIG. V. 64. Pantalla para la configuración de parámetros del sistema.....	131
FIG. V. 65. Llenado del cemento interfaz	132
FIG. V. 66. Llenado de arena en la interfaz.....	133
FIG. V. 67. Llenado de agua en la interfaz.....	133
FIG. V. 68. Transportación de arena representada en la interfaz	134
FIG. V. 69. Representación del recipiente de mezclado en la interfaz.....	135
FIG. V. 70. Cuadro para acceder a reportes.....	136
FIG. V. 71. Indicador del ingreso de los parámetros predeterminados	136
FIG. VI. 72. Variaciones obtenidas de las cantidades de la arena respecto a su media sin el sistema.....	151
FIG. VI. 73. Variaciones obtenidas de las cantidades del cemento respecto a su media sin el sistema.....	152
FIG. VI. 74. Variaciones obtenidas de las cantidades del agua respecto a su media sin el sistema	154
FIG. VI. 75. Variaciones obtenidas de las cantidades de la arena respecto a su media con el sistema.....	156
FIG. VI. 76. Variaciones obtenidas de las cantidades del cemento respecto a su media con el sistema.....	158
FIG. VI. 77. Variaciones obtenidas de las cantidades del agua respecto a su media con el sistema	159
FIG. VI. 78. Comparaciones de las cantidades de arena que interviene en el proceso antes y después de automatizar	162
FIG. VI. 79. Comparaciones de las cantidades de cemento que interviene en el proceso antes y después de automatizar	163
FIG. VI. 80. Comparaciones de las cantidades de agua que interviene en el proceso antes y después de automatizar	163

INDICE DE TABLAS

TABLA. II. 1. Tamaño medio de las partículas.....	32
TABLA. II. 2. Porcentajes de absorción del agua	32
TABLA. IV. 3. Características eléctricas del motor de mezclado.....	80
TABLA. IV. 4. Características eléctricas del Motor para subir y bajar, tolva de arena	81
TABLA. IV. 5. Características eléctricas del motor del sistema de extracción	82
TABLA. IV. 6. Características eléctricas motor del compresor de Aire	82
TABLA. IV. 7. Características eléctricas del motor para trasportar cemento	83
TABLA. IV. 8. Características eléctricas del motor de la banda principal bajo silos	84
TABLA. IV. 9. Características eléctricas del motor de las bandas secundarias bajo silos	84
TABLA. IV. 10. Características eléctricas bomba de agua	85
TABLA. IV. 11. Características eléctricas de los sensores de peso	87
TABLA. IV. 12. Características de los finales de carrera	88
TABLA. IV. 13. Materiales utilizados en la construcción del tablero de control	89
TABLA. IV. 14. Materiales utilizados en la construcción del tablero de mando.....	90
TABLA. IV. 15. Interruptores eléctricos utilizados en el tablero de mando	91
TABLA. IV. 16. Características eléctricas de los contactores utilizado.....	92
TABLA. IV. 17. Características eléctricas de guardamotors utilizados	93
TABLA. IV. 18. Características eléctricas de los relés utilizados.....	94
TABLA. IV. 19. Fusibles de protección utilizado en las salidas del PLC.....	95
TABLA. IV. 20. Cilindros neumáticos utilizados en el sistema.....	97
TABLA. IV. 21. Electroválvulas utilizadas en el sistema	98
TABLA. V. 22. Objetos que maneja el software.....	106
TABLA. V. 23. Formato de direccionamiento de objetos de bits	107
TABLA. V. 24. Elementos de direccionamiento en bits.	107
TABLA. V. 25. Formato de direccionamiento de objetos de palabras.....	108
TABLA. V. 26. Elementos de direccionamiento de objetos de palabras.	108
TABLA. V. 27. Formato de direccionamiento de entradas y salidas.	108
TABLA. V. 28. Direccionamiento Modbus para PLC TWIDO.....	110
TABLA. V. 29. Tipos de datos en Labview	115
TABLA. V. 30. Identificación de las entradas al PLC.	116
TABLA. V. 31. Identificación de salidas del PLC	117
TABLA. V. 32. Asignación de memorias para la programación.	120
TABLA. V. 33. Símbolos asignados para las entradas del PLC	121
TABLA. V. 34. Símbolos asignados para las salidas del PLC.....	122
TABLA. V. 35. Símbolos asignados para las memorias utilizadas en la programación	122
TABLA. V. 36. Variables tipo Word utilizadas en el programa	123
TABLA. V. 37. Configuración de los temporizadores utilizados en la programación. 123	
TABLA. V. 38. Asignación tags de tipo Boolean utilizadas para la programación.....	128
TABLA. V. 39. Asignación de tags tipo Word utilizadas para la programación	129
TABLA. V. 40. Componentes de la pantalla de ingreso del sistema	130
TABLA. V. 41. Componentes de la pantalla de monitoreo y control del sistema	130
TABLA. V. 42. Descripción de los componentes del proceso de llenado del cemento	132

TABLA. V. 43. Descripción de los componentes del Proceso de llenado de arena....	133
TABLA. V. 44. Descripción componentes de del proceso de llenado de agua.....	134
TABLA. V. 45. Descripción de los componentes del proceso de transportación de arena	134
TABLA. V. 46. Descripción de los componentes del recipiente de mezclado.....	135
TABLA. V. 47. Descripción de los componentes para acceder a reportes.....	136
TABLA. VI. 50. Pruebas de funcionamiento del Botón Inicio	137
TABLA. VI. 51. Pruebas de funcionamiento del Botón Paro	138
TABLA. VI. 52. Pruebas de funcionamiento del Botón Reset.....	138
TABLA. VI. 53. Pruebas de funcionamiento del sensor de Peso -Cemento	139
TABLA. VI. 54. Pruebas de funcionamiento del sensor de Peso -ARENA.....	139
TABLA. VI. 55. Pruebas de funcionamiento del sensor de Nivel de Agua	140
TABLA. VI. 56. Pruebas de funcionamiento del sensor Final de carrera de Bajada ...	140
TABLA. VI. 59. Prueba de funcionamiento Electroválvula del Cemento	142
TABLA. VI. 60. Prueba de funcionamiento Electroválvula de Agua	142
TABLA. VI. 61. Prueba de funcionamiento del motor de mezclado	143
TABLA. VI. 62. Prueba de funcionamiento del indicador para ubicar pigmento en la mezcla	143
TABLA. VI. 61. Tiempo de producción sin el sistema automatizado.....	144
TABLA. VI. 62. Tabla de tiempos que se utilizan en el sistema con el sistema semiautomático	145
TABLA. VI. 63. Tiempo de producción con el sistema automatizado	146
TABLA. VI. 64. Tabla de tiempos que se utilizan en el sistema con el sistema automático.....	147
TABLA. VI. 65. Materia prima que interviene en el proceso	148
TABLA. VI. 66. Porcentaje de la materia sin el sistema automatizado	149
TABLA. VI. 67. Porcentaje de la materia sin el sistema automatizado	154
TABLA. VI. 68. Comparación de resultados obtenidos en la arena	160
TABLA. VI. 69. Comparación de resultados obtenidos en la cemento.....	160
TABLA. VI. 70. Comparación de resultados obtenidos en el agua.....	161
TABLA. VI. 71. Comparación de resultados obtenidos en la materia prima.....	161
TABLA. VI. 72. Comparación de datos obtenidos, antes y después de automatizar el proceso	161

INTRODUCCION

Un sistema automatizado permite supervisar y controlar las distintas variables que se encuentran en el proceso. Para ello se deben utilizar distintos periféricos, software de aplicación, unidades remotas, sistemas de comunicación, etc., los cuales permiten al operador, mediante la visualización en una pantalla de un computador, tener control en el proceso.

Existen varios dispositivos que nos permiten controlar o supervisar procesos, como son: PLC, DCS y ahora SCADA, que se pueden integrar y comunicar entre sí, mediante una red Ethernet, y así mejorar en tiempo real, la interfaz al operador.

Ahora no sólo se puede supervisar el proceso, sino además tener acceso al historial de variables que intervienen el proceso de mezclado de materia prima que permite obtener control con mayor claridad, combinar bases de datos relacionadas, presentar en un simple computador, por ejemplo, una plantilla Excel, documento Word, todo en ambiente Windows, siendo así todo el sistema más amigable.

Para ello, este proyecto revisa las características, prestaciones y requisitos que debe presentar un sistema automático; así como, la configuración, estructura e integración de sus componentes: software y hardware; es decir, la parte lógica y física del sistema que permite el funcionamiento de las distintas partes del proceso, como un único sistema funcional.

En vista de estas cualidades, la empresa TUBASEC C.A., incursionó en la implementación de este tipo de sistemas en su planta de ECUATEJA, específicamente en el proceso de mezclado de materia prima para la fabricación de tejas, con la finalidad de poder reducir los tiempos en el proceso, y obtener un mayor control de la materia prima que interviene en el proceso.

Las pruebas y los estudios realizados, permitieron asegurar que el sistema implementado optimizó el tiempo de mezclado realizando una disminución de 280 segundos por día de producción, se logró realizar un acercamiento de los pesos de la materia prima real, con los pesos teóricos que debe tener en su composición cada mezcla.

El sistema gracias a su interfaz que se desarrollo de manera más parecida a la parte real, y de manera amigable no fue rechazado por los encargados de este proceso, quienes estaban acostumbrados a realizar las mismas acciones pero de forma directa a los dispositivos eléctricos.

CAPITULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes

TUBASEC – ECUATEJA

La automatización se ha convertido con el paso del tiempo en una necesidad cotidiana, se trata de sustituir los procesos manuales por mecanismos de funcionamiento automático, que eviten en lo posible la participación directa del hombre, todo ello hoy en día se consigue mediante el uso de sistemas Hidráulicos, Neumáticos y/o Eléctricos.

TUBASEC C.A., es una empresa ecuatoriana conformada según las disposiciones legales vigentes en cuanto a constitución de su capital social. Sus instalaciones industriales se encuentran ubicadas en el Parque Industrial de la ciudad de Riobamba. Ocupa un terreno de 91000m² y sus instalaciones cubiertas superan los 8000m². Se dedica a la fabricación de productos para techado, entre los que se cuentan: láminas de fibro – cemento (EUROLIT), tejas de hormigón (ECUATEJA), láminas de polipropileno (TECHOLUZ), tableros para loza y cielo raso (EUROTABLERO) y otros accesorios de acabado para la construcción.

Actualmente la industria ecuatoriana busca un constante mejoramiento de los procesos, con el objetivo de tener una mayor participación en un mercado altamente competitivo como el de ahora, lo que conlleva a incorporar innovaciones científicas, tecnológicas y procesos de calidad. El tema de automatización nos ayuda a tener una visión mucho más amplia de lo que puede contribuir a una empresa el hecho de reducir tiempo y mano de obra al realizar procesos industriales, logrando con ello simplificar el trabajo para que de manera automática, se realice un proceso más rápido y eficiente, incrementando la velocidad, la calidad y la precisión, y disminuyendo los riesgos que normalmente se tendrían en la tarea si fuese realizada en forma manual.

Ecuateja dentro del plan de modernización de su planta decidió adoptar las nuevas tecnologías como solución de automatización en la etapa de producción de tejas de hormigón, ya que en la actualidad este proceso se viene dando de forma manual, en la cual

varios operarios están encargados del suministro de materia prima, para posteriormente iniciar la etapa de mezclado de dichos elementos. Esta situación conlleva a un desperdicio de tiempo y materia prima en la producción; e incluso, en algunas ocasiones, baja calidad en el producto final.

Con este proceso se busca una optimización del proceso automático reduciendo los tiempos muertos y resolviendo los problemas antes mencionados, de esta manera ayudará a que la empresa, mediante inversiones tecnológicas aumente toda su competitividad.

DESCRIPCIÓN DE PROCESOS A CONTROLAR

En el ámbito de la automatización la planta ha incursionado en un sistema que automatice el proceso de mezclado de materia prima en la planta ECUATEJA, éste reemplaza lo que comúnmente se ha venido realizando.

El proceso empieza con el llenado de la materia prima que interviene en el proceso como son la arena, cemento y agua, el siguiente paso es la mezcla de todos los componentes dividiéndose en una secuencia de pasos hasta llegar a obtener el producto apropiado para la fabricación de tejas, a continuación se procederá a realizar la descarga de la mezcla terminada para pase al siguiente proceso de la fabricación.

1.2 Justificación

En la planta Ecuateja al momento de la fabricación de tejas, se ha encontrado con varios problemas como: el desperdicio de materia prima, tiempos muertos en el proceso de mezclado e inseguridad en el personal al momento de realizar esta labor.

La solución al problema planteado constituye una necesidad para la empresa la cual busca optimizar los procesos de producción utilizando eficientemente los recursos de la empresa, a través de cambios tecnológicos como es la automatización.

Para realizar este proceso de automatización en dicha planta se ha tomado señales indicadoras que justifican la implementación de este sistema:

- ✓ Requerimientos de un aumento en la producción.
- ✓ Requerimientos de una mejora en la calidad de los productos.
- ✓ Optimización de la materia prima.
- ✓ Necesidad de protección ambiental.
- ✓ Necesidad de brindar seguridad al personal.
- ✓ Desarrollo de nuevas tecnologías.

Con este proceso se busca disminuir la cantidad de desperdicios finales, reduciendo los tiempos muertos y resolviendo los problemas antes mencionados, de esta manera ayudará a que la empresa, mediante inversiones tecnológicas aumente su productividad, competitividad y mejorar la calidad del producto terminado.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Automatizar el proceso de mezclado de la materia prima utilizada para la fabricación de tejas en la planta ECUATEJA de la Fábrica TUBASEC C.A.

1.3.2 Objetivos Específicos

- ✓ Identificar cada uno de los elementos y dispositivos que se encuentran implementados en la máquina de mezclado de materia prima de ECUATEJA.
- ✓ Utilizar la tecnología de la automatización para mejorar la productividad, la calidad y uniformidad del producto.
- ✓ Determinar los elementos y materiales que conformaran el tablero eléctrico de control.
- ✓ Elaborar un programa en PLC basado en el entorno de Twido Suite para controlar las diferentes salidas actuadoras, según los requerimientos del proceso.
- ✓ Realizar un HMI basado en el entorno de Labview para permitir el monitoreo del proceso desde una PC.
- ✓ Reducir la intervención humana, minimizar el esfuerzo, los tiempos de producción y la posibilidad de error huma

1.4 Hipótesis

¿El sistema de automatización para el mezclado de materia prima para la fabricación de tejas, permitirá disminuir el tiempo de mezclado?

CAPITULO II

2. FABRICACION TEJAS DE HORMIGON

2.1 ¿QUE ES LA TEJA?

La teja de concreto es un producto de alta calidad que fusione la belleza y las cualidades estéticas tradicionales con las bondades que aporta el concreto. En el proceso de producción se utilizan diferentes cantidades de cemento, arena, agua y pigmentos para producir las tejas, en la parte final del proceso de producción se introducen las tejas a cámaras de curado a temperaturas y humedades constantes para lograr obtener un producto de la más alta calidad., el resultado de este proceso es un producto de apariencia muy natural el cual ofrece mayor durabilidad que cualquier otro producto similar. Adicional a lo anterior la teja de concreto es un producto que no es combustible y por lo mismo ofrece protección contra incendios. Por último cabe resaltar que la teja de concreto es considerada un producto que está en armonía con el medio ambiente ya que no se utilizan combustibles durante su proceso de producción¹.

Además de tener grandes cualidades técnicas y funcionales la teja de concreto tiene la mayor gama de modelos que hay en el mercado. Se ofrecen tejas desde los estilos más tradicionales con barriles bajos y altos hasta diferentes modelos de tejas completamente planas, lo anterior le permite al arquitecto elegir el modelo que mejor se adapte a las necesidades de la obra. En cuanto a los colores y acabados se una amplia gama de productos entre los cuales se tiene tejas con los colores tradicionales del barro hasta tejas con colores más contemporáneos como el verde y el negro



FIG. II. 1. Tejas de hormigón

¹ (<http://www.monografias.com/trabajos94/evolucion-historica-materiales-construccion-viviendas/evolucion-historica-materiales-construccion-viviendas.shtml>)

2.1.1 Historia de la teja

Registros antiguos nos indican que en las civilizaciones antiguas la gente tenía techos hechos de paja, ramas y hojas con pendientes inclinadas para facilitar el flujo de la lluvia; sin embargo este tipo de materiales no impedían que el agua o las inclemencias del tiempo penetraran dentro de las casas de aquella época. Alrededor del año 2000 A.C. se empezó a utilizar el barro para fabricar tejas para techo en las civilizaciones mesopotámicas alrededor de los Ríos Tigres y Éufrates y casi al mismo tiempo se empezaron a fabricar en China².

Posteriormente en Inglaterra se empezó a utilizar la piedra o pizarra como elemento para recubrir los techos. Las tejas hechas de barro y piedra, vinieron a sustituir los materiales como la paja y las hojas y revolucionaron inmediatamente la manera de proteger las casas en el mundo antiguo. Gracias a las cualidades técnicas e impermeables que ofrecía la teja, su uso pronto se extendió por todo el mediterráneo siendo utilizada por griegos y romanos. Con el paso del tiempo el uso de la teja se extendió por todo el continente Europeo, no solo por sus ventajas de funcionalidad, sino también por su estética y belleza; la teja otorgaba a los hogares esa sensación de buen gusto que tanto distingue a las casas que utilizan este material. A lo largo del tiempo se fueron haciendo tejas de distintas formas y estilos y la teja se fue convirtiendo en un elemento de construcción clásico que llegó para quedarse y que además ha acompañado a la humanidad a lo largo de nuestra historia.

En el siglo XIX de nuestra era, surge en la zona de Bavaria la primer Teja de concreto, teja que tenía como ventajas mayor durabilidad y resistencia. Como practica en ese tiempo se le empezaron a adicionar pigmentos a las tejas para obtener diferentes colores de teja. La primera máquina de extrusión se desarrolló en 1920 en Dinamarca y posteriormente este tipo de maquinaria evolucionó y fue automatizada en 1930 en Inglaterra, esta máquina usó una estera con formas de hierro fundido pasando en un silo que lanzaba el hormigón dentro de los moldes (Ver Figura 1). En la actualidad este tipo de teja se ha ido perfeccionando al grado de superar ya a la teja de barro al ofrecer más texturas, modelos y colores, siendo además una teja con cualidades superiores que antes no se tenían con las tejas tradicionales, como la durabilidad, facilidad de instalación, y la economía.

A tal grado ha llegado la penetración de la teja de concreto que en países como Inglaterra, Australia, Europa y Estados Unidos la teja de concreto ya representa una mayoría del mercado

² (<http://books.google.com.ec/books/TEJA+DE+HORMIGON>)

de la teja llegando a niveles de un 50% hasta un 90% de participación de mercado en algunos de estos países comparada con otros productos como el barro.

En la actualidad países como Japón y China se están convirtiendo rápidamente a esta tecnología la cual ofrece grandes ventajas y eficiencias.

2.1.2 Ventajas de las tejas de cemento³

- La resistencia mecánica es notablemente alta y constituye una característica propia de las tejas de hormigón, antes y sobre todo después de su instalación.
- El proceso de fabricación de la teja de Hormigón asegura totalmente su estabilidad dimensional, ya que en el proceso de moldeo recibe una compresión de 30 toneladas en moldes perfectos.
- Tiene una planeada y una calibración exactas. Su maduración es por fraguado, el material fragua en sus propios moldes. Al no intervenir calor no existen deformaciones ni alabeos como es caso del material cerámico.
- Las tejas de cemento una vez fraguado no absorben humedad.
- La materia prima usada para su confesión de tejas de Hormigón es: arena, cemento y pigmentos da como resultado la teja de cemento que tiene una duración ilimitada.
- El peso de cada teja es de 4,5 con 10 tejas se cubre 1m² es de 45kg. No absorben agua, no tienen peso accidental.
- En comparación con las tejas de cerámica, pesan por m² 46,400kg y deben calcularse de 12 a 16 tejas por m², a eso se lo suma el agua que absorbe por lluvias o por humedad.
- Una de las características principales del cemento es la gran aislación térmica, la cámara de aire producto de la matricera de las tejas de hormigón logra el mantenimiento de la temperatura interior y evitar la radiación de temperatura hacia el exterior o paso de frío.
- Las tejas de hormigón son absolutamente óptimas para climas con temperaturas muy por debajo del cero grado centígrados (-5o a -30oC) y superior a los 35 °C.
- Las tejas de hormigón permiten de por si un buen aislamiento acústico y acepta por su modo de colocación la adición de barreras acústicas realizadas con los materiales adecuados.

³ (<http://www.slideshare.net/jmarulanda/presentacin1-dibujo-de-la-construcion-presentation>)

2.2 MATERIA PRIMA UTILIZADA EN LA FABRICACION⁴

2.2.1 Arena

La arena es un conjunto de partículas de rocas disgregadas. En geología se denomina arena al material compuesto de partículas cuyo tamaño varía entre 0,063 y 2 mm. Una partícula individual dentro de este rango es llamada grano de arena. Una roca consolidada y compuesta por estas partículas se denomina arenisca. Las partículas por debajo de los 0,063 mm y hasta 0,004mm se denominan limo, y por arriba de la medida del grano de arena y hasta los 64 mm se denominan grava.

El componente más común de la arena, es el sílice generalmente en forma de cuarzo. Sin embargo, la composición varía de acuerdo a los recursos y condiciones locales de la roca. Gran parte de la fina arena hallada en los arrecifes de coral, por ejemplo, es caliza molida que ha pasado por la digestión del pez loro. En algunos lugares hay arena que contiene hierro, feldespatos, incluso, yeso.

Según el tipo de roca de la que procede, la arena puede variar mucho en apariencia. Por ejemplo, la arena volcánica es de color negro mientras que la arena de las playas con arrecifes de coral suele ser blanca. La arena es uno de los materiales para construcción más utilizados en el mundo, se le emplea como componente para el hormigón y el cemento, así como para rellenar espacios, como huecos en las paredes o en los entrepisos. Su extracción presenta pocas dificultades y se le puede hallar en abundancia. Una de las características principales de la arena es que puede comprimirse fácilmente, por lo que resulta ideal para reforzar muros y para cimentar ciertos tipos de suelos. En el mismo sentido, tiene la desventaja de que es muy pesado; por esta razón no se le utiliza con tanta frecuencia para este propósito.

El uso más conocido de la arena en la industria de la construcción es, como mencionábamos, para preparar la mezcla que produce el cemento de mortero u hormigón. Muchas veces, la calidad del cemento depende en gran medida del tipo de arena que se agregue a la mezcla. La arena con demasiadas impurezas tiene un impacto negativo en el resultado del hormigón, provocando que éste tenga menos dureza o que afecte el tiempo de secado.

Las minas de arena son muy abundantes y se pueden explotar para obtener miles de toneladas de arena. Esta clase de minas se encuentran a cielo abierto y es común verlas cuando se viaja por carretera. Contrariamente a lo que se podría llegar a pensar, éstas minas no se encuentran cerca de las playas sino tierra adentro, donde el terreno no tenga un fondo rocoso sino más bien

⁴ (<http://www.upv.es/upl/U0566484.pdf>)

blando. También se puede obtener arena de moler cierta clase de rocas porosas. La arena de playa no funciona bien como elemento de construcción, pues contiene muchas impurezas que son muy difíciles, cuando no imposibles de limpiar. Cuando se extrae arena de playa también se extraen restos de muchos tipos de roca, así como fragmentos de conchas, corales, sal y otros minerales que son arrojados a las costas por el mar. Por esta razón, no se recomienda su uso más que para construir castillos durante las vacaciones.

2.1.1 Cemento

El cemento es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua. Mezclado con agregados pétreos (grava y arena) y agua, crea una mezcla uniforme, maleable y plástica que fragua y se endurece, adquiriendo consistencia pétreo, denominada hormigón (en España, parte de Suramérica y el Caribe hispano) o concreto (en México y parte de Suramérica). Su uso está muy generalizado en construcción e ingeniería civil.

2.1.1.1 Fabricación del cemento

El cemento es la combinación entre la cal (caliza) más sílice (arcilla), las calizas son grandes piedras y se consiguen como rocas mientras que las arcillas son más sueltas y se consiguen como barros. Cuando se está fabricando el cemento se les agregan otros elementos adicionales (cenizas volcánicas, puzolanas, escorias de alto horno), que cumplen con diferentes funciones especiales. Estas materias primas se someten a un proceso de clinkerización (a altas temperaturas), todo esto va a producir un polvo gris oscuro, que fragua muy rápidamente con el agua, al finalizar este proceso se le adiciona yeso con el fin de retardar el tiempo de fraguado.

Las etapas de Fabricación del cemento son:

- **Explotación de materias primas:**
Consiste en la extracción de las piedras calizas y las arcillas de los depósitos cuales dependiendo de sus condiciones físicas se hacen los diferentes sistemas de explotación, luego el material se transporta a la fábrica.
- **Preparación y clasificación de las materias primas:**
Una vez extraídos los materiales, en la fábrica se reduce el tamaño de la o ciertas especificaciones dada para la fabricación. Su tamaño se reduce con la trituración hasta que su tamaño oscile entre 5 a 10mm.

- **Homogenización:**
Consiste en hacer mezcla de las arcillas y calizas, que ya han sido trituradas, se lleva por medio de bandas transportadoras o molinos, con el objetivo de reducir su tamaño hasta el orden de diámetro de medio milímetro. En ésta etapa se establece la primera gran diferencia de los sistemas de producción del cemento, (procesos húmedos y procesos secos).
- **Clinkerización:**
Consiste en llevar la mezcla homogeneizada a hornos rotatorios a grandes temperaturas aproximadamente a 1450°C, en la parte final del horno se produce la fusión de varios de los componentes y se forman gránulos de 1 a 3 cm de diámetro, conocido con el nombre de clinker.
- **Enfriamiento:**
Después que ocurre el proceso de clinkerización a altas temperaturas, viene el enfriamiento en la cual consiste en una disminución de la temperatura para poder trabajar con el material, éste enfriamiento se acelera con equipos especializados.
- **Adiciones finales y molienda:**
Una vez que el clinker se halla enfriado, se prosigue a obtener la finura del cual consiste en moler el clinker, después se le adiciona yeso con el fin de retardar el tiempo de fraguado.
- **Empaque y distribución:**
Esta última etapa consiste en empaquetar el cemento fabricado en bolsas, teniendo mucho cuidado con diversos factores que puedan afectar la calidad del cemento, luego se transporta y se distribuye con cuidados especiales.

2.1.1.2 Propiedades del cemento

- **Fraguado:** Fenómeno en que la pasta de cemento se rigidiza hasta que cambia de un estado plástico a sólido. Se diferencia del endurecimiento en que en el endurecimiento la pasta adquiere resistencia, en el fraguado no. El fraguado se define mediante el fraguado inicial y el fraguado final. Si el cemento está expuesto a humedad cuando está

almacenado, puede ocurrir un falso fraguado, en el cual el cemento se rigidiza a los pocos minutos de empezar la mezcla.

- Integridad: Capacidad de mantener su volumen después del fraguado.
- Resistencia a la compresión del mortero: La resistencia a la compresión del mortero es proporcional a la resistencia del hormigón. Sin embargo, la resistencia del hormigón no puede predecirse basado en la resistencia del mortero, ya que la resistencia del hormigón depende de las características de los agregados, la mezcla del hormigón, y el procedimiento constructivo
- Calor de hidratación: El calor desprendido es nocivo porque produce retracciones, y es algo que se debe controlar y contrarrestar mediante riego abundante.
- Resistencia mecánica y química: Fundamentalmente ante agresiones externas (ambientes agresivos)

2.1.2 Agua para hormigón

El agua tiene dos diferentes aplicaciones:

Como ingrediente en la elaboración de las mezclas y como medida de curado de las estructuras recién construidas. En el primer caso es de uso interno como agua de mezclado, y en el segundo se emplea exteriormente cuando el concreto se cura con agua. Aunque en estas aplicaciones las características del agua tienen efectos de diferente importancia sobre el concreto, es usual que se recomiende emplear igual de una sola calidad en ambos casos. Así, normalmente, en las especificaciones para concreto se hace referencia en primer término a los requisitos que debe cumplir el agua para elaborar el concreto, porque sus efectos son más importantes, y después se indica que el agua que se utilice para curarlo debe ser del mismo origen, o similar, para evitar que se subestime esta segunda aplicación y se emplee agua de curado con características inadecuadas.

En determinados casos se requiere, con objeto de disminuir la temperatura del concreto al ser elaborado, que una parte del agua de mezclado se administre en forma de hielo molido o en escamas. En tales casos, el agua que se utilice para fabricar el hielo debe satisfacer las mismas especificaciones de calidad del agua de mezclado. Como componente del concreto convencional, el agua suele representar aproximadamente entre 10% y 25% del volumen del concreto recién mezclado, dependiendo del tamaño máximo de agregado que se utilice y del revenimiento que se requiera. Esto le concede una influencia importante a la calidad del agua de mezclado en el comportamiento y las propiedades del concreto, pues cualquier substancia

dañina que contenga, aún en proporciones reducidas, puede tener efectos adversos significativos en el concreto.

Una práctica bastante común consiste en utilizar el agua potable para fabricar concreto sin ninguna verificación previa, suponiendo que toda agua que es potable también es apropiada para elaborar concreto; sin embargo, hay ocasiones en que esta presunción no se cumple, porque hay aguas potables aderezadas con citratos o con pequeñas cantidades de azúcares, que no afectan su potabilidad pero pueden hacerlas inadecuadas para la fabricación de concreto. En todo caso, la consideración contraria pudiera ser más conveniente, es decir, que el agua para la elaboración del concreto no necesariamente requiere ser potable, aunque sí debe satisfacer determinados requisitos mínimos de calidad.

2.1.2.1 Requisitos de calidad del agua

Los requisitos de calidad del agua de mezclado para concreto no tienen ninguna relación obligada con el aspecto bacteriológico (como es el caso de las aguas potables), sino que básicamente se refieren a sus características físico-químicas ya sus efectos sobre el comportamiento y las propiedades del concreto.

Características físico-químicas

Refiriéndose a las características físico-químicas del agua para concreto, no parece haber consenso general en cuanto a las limitaciones que deben imponerse a las sustancias e impurezas cuya presencia es relativamente frecuente, como puede ser el caso de algunas sales inorgánicas (cloruros, sulfatos), sólidos en suspensión, materia orgánica, dióxido de carbono disuelto, etc. Sin embargo, en lo que sí parece haber acuerdo es que no debe tolerarse la presencia de sustancias que son francamente dañinas, como grasas, aceites, azúcares y ácidos, por ejemplo. La presencia de alguna de estas sustancias, que por lo demás no es común, debe tomarse como un síntoma de contaminación que requiere eliminarse antes de considerar la posibilidad de emplear el agua.

Cuando el agua de uso previsto es potable, cabe suponer en principio que sus características físico-químicas son adecuadas para hacer concreto, excepto por la posibilidad de que contenga alguna sustancia saborizante, lo cual puede detectarse fácilmente al probarla. Así, por ejemplo, se considera que si el agua es clara, y no tiene sabor dulce, amargo o salobre, puede ser usada como agua de mezclado o de curado para concreto, sin necesidad de mayores pruebas

Efectos en el concreto

Los efectos indeseables que el agua de mezclado de calidad inadecuada puede producir en el concreto, son a corto, mediano y largo plazo. Los efectos a corto plazo normalmente se relacionan con el tiempo de fraguado y las resistencias iniciales, los de mediano plazo con las resistencias posteriores (a 28 días o más) y los de largo plazo pueden consistir en el ataque de sulfatos, la reacción álcali-agregado y la corrosión del acero de refuerzo. La prevención de los efectos a largo plazo se consigue por medio del análisis químico del agua antes de emplearla, verificando que no contenga cantidades excedidas de sulfatos, álcalis, cloruros y dióxido de carbono disuelto, principalmente. Para prevenir los efectos a corto y mediano plazo, se acostumbra precalificar el agua mediante pruebas comparativas de tiempo de fraguado y de resistencia a compresión a 7 y 28 días. En estas pruebas se comparan especímenes elaborados con mezclas idénticas, en las que sólo cambia la procedencia del agua de mezclado: agua destilada en la mezcla-testigo y el agua en estudio en la mezcla de prueba.

El agua del curado tiene por objeto mantener el concreto saturado para que se logre la casi total hidratación del cemento, permitiendo el incremento de la resistencia.

Las sustancias presentes en el agua para el curado pueden producir manchas en el calor, causando su deterioro, dependiendo del tipo de sustancias presentes. Las causas más frecuentes de manchas son: El hierro o la materia orgánica disuelta en el agua.

2.1.3 Pigmentos en polvos para colorear hormigón

Los pigmentos son finas partículas de polvo, químicamente inertes, insolubles y que dotan de color al material al cual se añaden. Los usados para colorear el hormigón deben ser insolubles, tanto en el agua como en los agregados, ser inertes químicamente con respecto al cemento, a los agregados y a los aditivos; resistentes a la intemperie, estables a la luz y a temperaturas extremas y deben quedar firmemente embebidos, con los finos del cemento cuando endurezca.

De manera general y, como complemento a las características que se enuncian en la propia definición de pigmento, a éste hay que pedirle además; gran capacidad de tinte; brillo, luminosidad y tono de color deseado; uniformidad en el tamaño y finura de las partículas que lo componen, garantía en el suministro, fabricación reciente y bajo costo.

2.1.3.1 Clases de pigmentos

Existen dos clases de pigmento, los obtenidos de manera natural de yacimientos minerales y los obtenidos por manufactura sintética a través de procesos estandarizados. La materia prima para la obtención de algunos pigmentos sintéticos como el dióxido de titanio, también se obtiene de yacimientos minerales.

- Los pigmentos naturales son tierras coloreadas de manera natural por óxidos o hidróxidos metálicos (principalmente hierro). Los más conocidos son los ocre. Hay minas de óxidos de hierro naturales aún en explotación. El óxido de cromo natural no es explotable por su baja concentración.
- Los pigmentos naturales de procedencia de extracciones mineras, localizadas en distintas regiones del mundo, se calcinan a elevadas temperaturas y se hacen pasar por sucesivos tamices para reducir el tamaño de la partícula y controlar su color. La tierra natural calcinada se tamiza hasta conseguir un tamaño uniforme de los granos de unos 5 a 7 mm. Posteriormente se hacen pasar por varios rodillos que reducen el tamaño, hasta alcanzar un rango de partícula que va desde las 10 hasta las 50 micras. Los fabricantes de dichos pigmentos deben garantizar que el 99.99% de las partículas no superan dicho tamaño. El control de uniformidad del pigmento tiene lugar en este proceso de refinado. Los únicos pigmentos naturales válidos son los derivados de óxidos de metales y de manera casi exclusiva, los óxidos ferrosos y férricos para la gama de negros, rojos y amarillos, y ocre como combinación de los dos anteriores, el dióxido de titanio para el color blanco y los óxidos naturales de cromo para la obtención del color verde. Únicamente los minerales puros garantizan no afectar la resistencia. Aquellos componentes que en su formulación entra algún hidroxilado, ácido de oxígeno, como puede ser el humus, azúcares, alcoholes o almidones, quedan terminantemente excluidos de usarse como colorantes en el hormigón. En general este grupo de pigmentos es poco utilizado en hormigones, ya que generalmente vienen mezclados con arcillas, cuarzos y otras impurezas. Además, son de un tamaño de partícula relativamente grande, de tonalidades opacas, de baja viveza, de bajo rendimiento o poder de coloración y de color variable, por lo que su uso puede afectar seriamente las características intrínsecas del hormigón.
- Los pigmentos sintéticos son principalmente óxidos de hierro, cromo, cobalto y titanio. Se debe escoger óxidos técnicamente puros, sin aditivos ni constituyentes secundarios.

Así mismo se debe buscar pigmentos con gran poder colorante, el cual no sólo depende de la naturaleza y pureza del pigmento sino también de su finura. Sólo una prueba de laboratorio mezclando una cantidad fija de pigmento con una cantidad definida de cemento de acuerdo con la Norma DIN 53 237 (5), o una mezcla preparada bajo condiciones prácticas, puede proveer una información confiable de esto. Si bien estos pigmentos tienen el mismo origen mineralógico que los naturales, al ser obtenidos por procesos controlados y estandarizados, tienen la ventaja de otorgar alta pureza (no contienen ningún tipo de carga), elevado brillo y alto poder de coloración (debido a su pequeño tamaño de partícula). Estos pigmentos son estables a la intemperie (a la luz UV, al ácido carbónico, a cambios fuertes en la humedad y la temperatura, etc.), a los ácidos, a los álcalis y a los componentes del cemento

2.1.3.2 Características físicas de los pigmentos.

Las principales características físicas que se deben controlar en los pigmentos en polvo son las de tamaño y forma de la partícula, y la absorción de agua. La forma y tamaño de las partículas tiene una importante incidencia en el matiz del color y la uniformidad que puede presentar en el elemento.

Las partículas de los pigmentos son diez veces más finas que las del cemento. Los óxidos minerales naturales o sintéticos se muelen con la siguiente finura:

- Óxido mineral: 100% molido bajo tamiz 0.080 mm
- Óxido sintético: 100% molido bajo tamiz 0.045 mm

Esto corresponde a una granulometría comprendida entre 0.01 y 10 μ , lo que se traduce en una superficie específica Blaine entre 5000 y 20000 cm^2/gr . Cabe destacar que los valores dados para la superficie específica de los pigmentos son de referencia, ya que, ésta no está exactamente definida como la del cemento (fineza Blaine) sino que se determina generalmente por el método BET, el que se basa en la capacidad de absorción de algunos elementos para determinar el tamaño de partícula del elemento adsorbido.

Esta finura es difícil de obtener a partir de la trituración de material grueso, por lo que sólo se puede conseguir mediante la manufacturación sintética. En suma, todas las partículas deben tener el mismo tamaño. Sólo los pigmentos que son capaces de satisfacer esta condición pueden tener un alto poder colorante y una pureza de tono. Antecedentes tomados a partir de fotos microscópicas revelan que las partículas de los pigmentos de óxido de hierro amarillo tienen

forma de aguja, y las partículas de óxido de hierro negro y rojo, así como las del dióxido de titanio, óxido de cromo y aluminato de cobalto tienen una forma cúbica a esférica. La tonalidad que adquieran los materiales pigmentados dependerá de la relación ancho/ largo que posean estas partículas. La variación en el tamaño de una partícula afecta más directamente a la capacidad del pigmento para difractar la luz, que lo que influye en la absorción de ésta. Una menor absorción de luz (mayor reflejo) da tonalidades blancas. El tamaño de partículas óptimo para conseguir un máximo de difracción de luz es inferior en los pigmentos de color que en los pigmentos blancos.

TABLA. II. 1. Tamaño medio de las partículas

Color del pigmento	Tamaño medio de las partículas (μ)
Rojo	0.019 a 0.7
Negro	0.15 a 0.6
Amarillo	0.1x0.8 a 0.2x0.8
Verde	0.3 a 0.35
Blanco	0.3 a 0.5

Si bien los rangos de tamaño de partículas dan una noción básica acerca de dichas características, es importante tener en cuenta, para no obtener colores indeseados, que dicha características dependerá de cada fabricante, por lo que es necesario contar con suficiente información del producto antes de decidir su utilización. La absorción de agua es un índice que se expresa la cantidad de agua fijada por 100 gramos de pigmentos. Se determina por el mismo procedimiento utilizado para la absorción de aceite que se establece en la norma ASTM D 281 31 o DIN 53 199; basta solamente sustituir el aceite de linaza utilizado en estas normas por agua. En la tabla se presenta los porcentajes de absorción de agua para algunos colores de pigmento.

TABLA. II. 2. Porcentajes de absorción del agua

Color del pigmento	Absorción de agua (%)
Rojo	22-34
Negro	21-33
Amarillo	26-80
Café	29-38
Verde	13-18
Blanco	13-16

Estudios realizados por Bayer para los diferentes colores que ellos producen demuestran que la adición complementaria de agua no tiene mayor relevancia si no se supera el 10 % de pigmento.

2.3 HORMIGON

El hormigón es un material polifásico formado por mezcla de áridos, aglomerados mediante un conglomerante hidráulico como es el cemento. El hormigón es un conglomerado pétreo artificial, que se prepara mezclando una pasta de cemento, agua, agregado fino (arena) y agregado grueso (ripio) u otro material inerte. La sustancia químicamente activa de la mezcla es el cemento, el cual se une físico y químicamente con el agua y al endurecerse liga a los agregados, para formar una masa sólida semejante a una piedra. Al hormigón se lo puede fabricar de acuerdo a la necesidad y tipo de carga que éste vaya a soportar, dándole una adecuada y correcta dosificación.

2.3.1 Características generales del hormigón

- Resistencia a la compresión pero mala a tracción.
- Poca corrosión.
- Buen comportamiento a fatiga.
- Costo bajo y posibilidad de mejora importante de sus características mecánicas con costo reducido.
- Masivo y rígido (buen comportamiento dinámico).
- Excelente comportamiento a fuego. (Soporta temperaturas desde 300°C hasta 900°C., aunque es aún al día de hoy, un tema de investigación y tratamiento por especialistas).
- No necesita mantenimiento

De tal manera podemos fabricar hormigones simples, ciclópeos, armados u otros, cada uno de ellos cumple una determinada función y su dosificación es diferente. Un Hormigón Simple (HS), es aquel que está conformado por la mezcla de agregado grueso (ripio), agregado fino (arena) y cemento con su apropiada dosificación. El Hormigón Ciclópeo (HC), es aquel que está conformado por la mezcla de Hormigón Simple (HS) más Piedra Bola, su volumen de piedra es aproximadamente del 40 %, generalmente es utilizado para cimentación. El Hormigón Armado (HA), es aquel que está conformado por la mezcla de Hormigón Simple (HS) más Armadura de Hierro, se lo emplea en la fabricación de grandes construcciones y su dosificación debe ser muy bien conformada, para los cuales la cooperación de ambos elementos es necesaria para dimensionar las secciones, generalmente este tipo de hormigón va añadido de aditivos que

aumentan su impermeabilidad y resistencia a la compresión, se lo utiliza en puentes, túneles, pisos industriales y otros. Otros factores que se debe considerar además son, la dosificación, el proceso del mezclado, vibrado, el curado, otros.

2.3.2 Productos adicionales usados para el hormigón

Son aditivos que, por su acción física o química o por ambas a la vez, ayudan a mejorar algunas propiedades del hormigón, por ejemplo docilidad, fraguado o endurecimiento. Carecen de importancia respecto al volumen. Son aditivos que influyen en ciertas propiedades del hormigón y hay que considerarlos como integrantes del volumen (por ejemplo materiales de hidraulicidad latente, pigmentos).

Para dosificar un hormigón se debe tener en cuenta varios factores con el objeto que resulte lo más económico posible y a la vez cumpla con los requisitos de proporcionarle trabajabilidad, consistencia, resistencia y durabilidad a la mezcla a usarse en una determinada estructura. Para este propósito el término cemento se aplica a un mineral usualmente en forma de polvo muy fino que al mezclarse con el agua forma una mezcla plástica que en adelante se le llamará pasta, la misma que endurece por reacciones químicas mediante la formación de geles y cristales.

2.3.3 Propiedades del hormigón fresco

Está comprobado que las propiedades del hormigón fresco son definitivas en el hormigón endurecido, por consiguiente un minucioso análisis del hormigón fresco en corto tiempo permite comprobar ciertas propiedades o si es el caso permite hacer correcciones en la mezcla de hormigón fresco.

- **Consistencia**

Nos define el grado de fluidez de la mezcla de hormigón abarcando desde la más fluida, este rango de fluidez lo podemos esquematizar así: El término medio de la consistencia corresponde a la mezcla plástica es decir una consistencia que no es ni seca, ni fluida, presenta buena cohesión, una masa uniforme, sin segregación, existe la suficiente cantidad de pasta para recubrir todas las partículas de los agregados, dando como resultado una masa homogénea que se asienta uniformemente y que no se note el ripio ni la arena.

- **Trabajabilidad**

Es el término con el que se define la mayor o menor facilidad que tiene el hormigón fresco de ser manipulado, transportado, colocado y compactado, así se tendrán grados de trabajabilidad como: bueno, regular o malo. Cabe mencionar que la trabajabilidad influye definitivamente en el elemento terminado, pues de este depende también la compactación y por esta la densidad del hormigón fraguado, a mayor compactación se tendrá mayor densidad y por consiguiente mayor resistencia en el hormigón.

- **Control de humedad**

La uniformidad y calidad de hormigón fresco dependen también de la uniformidad y de la humedad de los agregados, si ésta varía en los agregados a la hora de hacer la mezcla de hormigón puede ser difícil controlar el revenimiento y la uniformidad.

Si la cantidad final de agua añadida a la mezcla produce un revenimiento menor al necesario, se añadirá el agua que satisfaga los requisitos de revenimiento, dicho control se lo hace previamente en el laboratorio con una corrección de dosificación por humedad de los agregados para no afectar la relación agua-cemento.

2.3.4 Propiedades del hormigón endurecido

- **Resistencia a la Compresión**

Resulta ser la propiedad fundamental del hormigón endurecido o fraguado, se mide sometiendo a compresión mediante la aplicación de cargas a probetas cilíndricas en donde la altura es el doble del diámetro, la probeta más empleada tiene 16 cm de diámetro y 32 cm de altura cuya sección transversal es de 200cm². El hormigón debe dosificarse y producirse para asegurar una resistencia a la compresión promedio, con suficiente especificación.

Factores que influyen en la resistencia:

- a) **Relación agua – cemento.**- En principio la resistencia aumenta si aumenta la cantidad de cemento pero disminuye si la cantidad de agua aumenta y viceversa, de aquí que al controlar la cantidad de agua en el hormigón para asegurar la resistencia que se desea tener.

- b) Forma, tamaño y textura de los agregados.- Esto tiene que ver con la calidad y cantidad de pasta de cemento y agua necesaria para conseguir un revestimiento total de las partículas, una adherencia total entre agregados y pasta y un cierto grado de consistencia y trabajabilidad del hormigón
- c) Igualmente las variaciones de granulometría de un agregado afecta a la resistencia del hormigón en razón del cambio en la cantidad de pasta que se requiere para mantener un grado de resistencia único, con el revestimiento total de las partículas en la cantidad de vacíos que tienen que llenarse.
- Resistencia del Hormigón al Impacto
Algunas estructuras de hormigón tales como; cimentaciones de maquinarias que ejercen cargas impulsivas están sujetas a cargas de impacto, es decir a la aplicación de cargas por medio de una masa en movimiento esto hace que dicho hormigones requieran de la suficiente capacidad de absorber energía antes de llegar a la fatiga.
 - Cambios de Volumen
El cemento cambia ligeramente de volumen durante y después del período de endurecimiento. A menudo se pueden evitar los esfuerzos elevados y el agrietamiento al disminuir al mínimo, controlando las variables que afectan los cambios de volumen. En el concreto los cambios de volumen normales los producen las variaciones de temperatura de humedad y los esfuerzos sostenidos.
 - Cambios de volumen debidos a la variación de la humedad
El hormigón se dilata cuando aumenta la humedad y se contrae cuando esta se dilata, si se mantiene constantemente dentro del agua se dilata lentamente durante varios años las pruebas indican que el cambio unitario de longitud debido a contracciones por secado de muestras pequeñas de hormigón simple varían aproximadamente de 400 a 800 millonésima cuando se exponen al aire con el 50% de humedad.
 - Expansión
La expansión de la pasta de cemento y agua o del hormigón significa un aumento de volumen y peso en razón de un curado continuo, las moléculas de agua que se introducen dentro de la pasta ejercen presiones sobre las partículas tratando de separarlas y contrarrestando la fuerza de cohesión lo permite la expansión.

2.3.5 Duraciones del hormigón

El hormigón es durable cuando resiste, sin deteriorarse, los esfuerzos que soporta conforme transcurre el tiempo:

- **Permeabilidad del hormigón** La permeabilidad del hormigón depende del grado de compactación del mismo independiente de la buena calidad de los ingredientes.
- **Conductibilidad** Esta propiedad se refiere esencialmente a que funcione como aislante térmico por tanto al lograr hormigones livianos de agregados ligeros se tendrán características de resistencia y aislamiento térmico en función del peso volumétrico del hormigón dosificado.
- **Curado del hormigón** Es el aumento de la resistencia con el tiempo, evita secarse el hormigón, si se pierde agua se detienen las reacciones químicas del cemento por lo que se requiere mantener húmedo el hormigón más tiempo cuando sea posible, se recomienda una curación húmeda continua desde la colocación hasta que se ha logrado la resistencia adecuada, si no se realiza el curado del hormigón en forma general es posible que la resistencia no llegue a ser la especificada y se disminuye en más de un 25% de la resistencia especificada.

2.4 PROCESO DE FABRICACION PARA TEJAS DE HORMIGON

En el proceso de fabricación de una teja de concreto se utilizan como materias primas:

1. El cemento y las arenas son transportados desde el sector de almacenamiento de materias primas hacia el mezclador. Desde su respectivo tablero de comando es posible indicar el tipo de mezcla a producir, modificando la dosificación según se requiera. Manualmente se pesan y se agregan los pigmentos de acuerdo con la coloración que corresponda al producto terminado.
2. Es interesante resaltar que el cuerpo de las tejas está conformado por una doble capa de concreto: la porción inferior (que ocupa un 60% de su espesor), está constituida por cemento, pigmentos, agua y arena granítica; este último elemento tiene una alta contribución a la resistencia final de la mezcla. La porción superior, en cambio,

tiene esos mismos componentes pero también aparece la arena de río, que por ser más fina logra una textura más delicada en la cara vista de la teja.

3. Una vez producidas ambas mezclas, se vuelcan sobre moldes metálicos y a continuación el conjunto es extruido bajo un rodillo. Esta parte del proceso define la forma superior de la teja, y somete la mezcla a una presión que redunde en alta compacidad.
4. Un sistema de cuchillas corta el filón extruido en correspondencia con cada molde.
5. Paso seguido las tejas pasan a una cámara de curado, donde son sometidas a condiciones prefijadas de humedad y temperatura. Con esto, se consigue acelerar el fraguado del concreto, de manera que a la salida de la cámara, el producto habrá adquirido una consistencia tal que puede ser maniobrado en la fase final del proceso. Así, la etapa siguiente consiste en el retiro de los moldes metálicos, que se limpian y retornan al circuito.
6. Las tejas reciben posteriormente una aplicación de polímero, y pasan por un horno de secado rápido.
7. Seguidamente se ubica la estación correspondiente al control visual de calidad, donde se eliminan las unidades que presenten defectos según parámetros ya establecidos.

El segmento final del proceso productivo, consiste en el palletizado y packaging del tejas son almacenadas en el patio de stock, durante este período el cemento termina de fraguar adquiriendo así la resistencia final que permite su manipuleo y transporte. Periódicamente se van realizando ensayos de carga de rotura, cuando los valores son los indicados por norma el producto queda liberado para su despacho.

CAPITULO III

3 MARCO REFERENCIAL

3.1 AUTOMATIZACION⁵

Los primeros sistemas de control surgen en la Revolución Industrial a finales del siglo XIX y principios del siglo XX. Estaban basados en componentes mecánicos y electromagnéticos, básicamente engranajes, palancas y pequeños motores. Más tarde, se masificó el uso de contadores, relés y temporizadores para automatizar las tareas de control. La Automatización es el uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para controlar maquinarias y/o procesos industriales sustituyendo a operadores humanos.



FIG. III. 2. Planta Automatizada.

En el enfoque de la industria, automatización es el paso más allá de la mecanización en donde los procesos industriales son asistidos por máquinas o sistemas mecánicos que reemplazan las funciones que antes eran realizadas por animales. Mientras en la mecanización los operadores son asistidos con maquinaria a través de su propia fuerza y de su intervención directa, en la automatización se reduce de gran manera la necesidad mental y sensorial del operador. De esta forma presenta grandes ventajas en cuanto a producción más eficiente y disminución de riesgos al operador.

3.1.1 Objetivos de la automatización

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.

⁵ (. ALCIATORE, D., Y OTROS., Introducción a la Mecatrónica y otros sistemas de medición)

- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
- Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
- Integrar la gestión y producción.
- Incrementar la calidad y precisión de los productos.
- Reduce el tiempo de manufactura.

3.1.2 Niveles de automatización

La pirámide CIM⁶

Automatización Integrada de la Fabricación CIM (manufactura integrada por computador) basada el Justo a Tiempo, el Diseño de los Productos para su Fabricabilidad, el despliegue de la Función Calidad, etc.

Combina la ingeniería automatizada de diseño, con la gestión automatizada de las operaciones, la fabricación asistida por ordenador, un sistema inteligente de almacenes y sistemas de información y comunicación, incluso con la intervención de sistemas expertos para la toma de decisiones y dispositivos de inteligencia artificial para configurar una fábrica manejada por un puñado de expertos, vacía de trabajadores, en una concepción entre futurista y de ciencia ficción, pero también ominosa en sus proyecciones sociales.

⁶ (<http://automatronicos50308.blogspot.com/2008/03/piramide-cim-computer-integrated.html>)

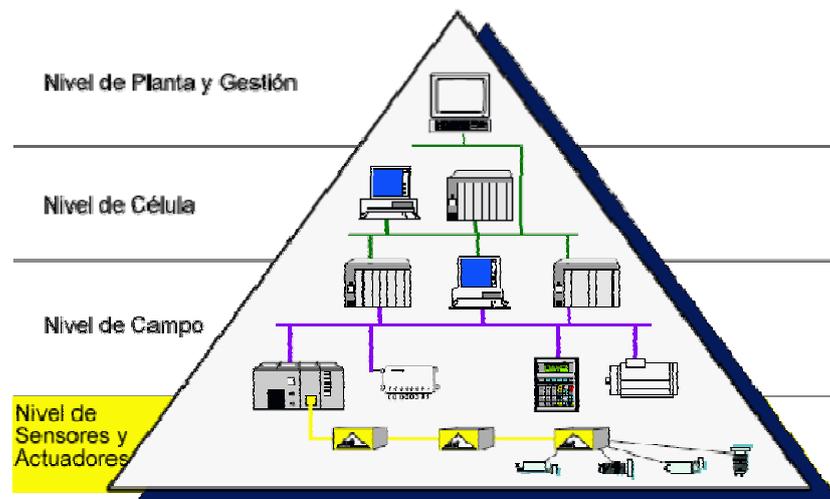


FIG. III. 3. Pirámide CIM

- **Nivel de Acción / Censado (nivel de célula)**

También llamado nivel de instrumentación. Está formado por los elementos de medida (sensores) y mando (actuadores) distribuidos en una línea de producción. Son los elementos más directamente relacionados con el proceso productivo ya que los actuadores son los encargados de ejecutar las órdenes de los elementos de control para modificar el proceso productivo, y los sensores miden variables en el proceso de producción, como por ejemplo: nivel de líquidos, caudal, temperatura, presión, posición. Como ejemplo de actuadores se tienen los motores, válvulas, calentadores.
- **Nivel de Control (nivel de campo)**

En este nivel se sitúan los elementos capaces de gestionar los actuadores y sensores del nivel anterior tales como autómatas programables o equipos de aplicación específica basados en microprocesador como robots, máquinas herramienta o controladores de motor. Estos dispositivos son programables y permiten que los actuadores y sensores funcionen de forma conjunta para ser capaces de realizar el proceso industrial deseado. Los dispositivos de este nivel de control junto con los del nivel inferior de acción/Censado poseen entidad suficiente como para realizar procesos productivos por sí mismos. Es importante que posean unas buenas características de interconexión para ser enlazados con el nivel superior (supervisión), generalmente a través de buses de campo.
- **Nivel de Supervisión (nivel de planta)**

En este nivel es posible visualizar cómo se están llevando a cabo los procesos de planta, y a través de entornos SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) poseer

una “imagen virtual de la planta” de modo de que ésta se puede recorrer de manera detallada, o bien mediante pantallas de resumen ser capaces de disponer de un “panel virtual” donde se muestren las posibles alarmas, fallos o alteraciones en cualquiera de los procesos que se llevan a cabo.

- **Nivel de Gestión (nivel de fábrica)**

Este nivel se caracteriza por: Gestionar la producción completa de la empresa, Comunicar distintas plantas, Mantener las relaciones con los proveedores y clientes, Proporcionar las consignas básicas para el diseño y la producción de la empresa, en el se emplean PCs, estaciones de trabajo y servidores de distinta índole.

3.1.3 Tecnologías de automatización⁷

La automatización tiene como objetivo incrementar la competitividad de la industria por lo que requiere la utilización de tecnologías destinadas para tal fin. Es por ello que es necesario que toda persona relacionada con la producción industrial tenga conocimiento de ellas:

- **Tecnología Neumática**

La automatización de manera sencilla en cuanto a mecanismo, y además a bajo coste, se ha logrado utilizando técnicas relacionadas con la neumática, la cual se basa en la utilización del aire comprimido, y es empleada en la mayor parte de las máquinas modernas. La automatización industrial, a través de componentes neumáticos y electro neumáticos, soluciones sencillas. Las aplicaciones hidráulicas constituyen una de las técnicas más importantes a nivel industrial, ya que permiten el accionamiento de un elevado número de mecanismos con unas prestaciones que muy pocas tecnologías llegan a cubrir. De este modo, accionamientos con fuerzas elevadas, al mismo tiempo que ejecutados con rapidez y precisión son realizados por la hidráulica sin mayor tipo de problemas.

- **Tecnología de Instrumentación**

La medición de los distintos parámetros que intervienen en un proceso de fabricación o transformación industrial es básica para obtener un control directo sobre los productos y poder mejorar su calidad y productividad. Así pues, el conocimiento del funcionamiento de los instrumentos de medición y de control, su papel dentro del proceso que

⁷ (GARCIA MORENO EMILIO., Automatización de procesos Industriales.)

intervienen, es básico para quienes desarrollan su actividad profesional dentro de este campo.

- **Tecnología Electrónica**

Aquí encontramos a los PLC's (Controlador Lógico Programable), el cual es un elemento de control que trabaja de manera muy similar a como lo hacen las computadoras personales (PC), por lo que también cuenta con un sistema operativo que es totalmente transparente al usuario. Por medio del sistema operativo del PLC se establece la manera de actuar y además se sabe con qué dispositivos periféricos se cuenta para poder realizar las acciones de control de un proceso productivo. Este sistema operativo se encuentra alojado en una unidad de memoria, que es la primera a la que accede el micro controlador, y cuyo contenido cambia de acuerdo al fabricante y el modelo del PLC en cuestión.

- **Tecnologías de comunicación industrial**

Un importante número de empresas presentan la existencia de islas automatizadas (células de trabajo sin comunicación entre sí), siendo en estos casos las redes y los protocolos de comunicación industrial indispensables para realizar un enlace entre las distintas etapas que conforman el proceso.

La integración de las islas automatizadas suele hacerse dividiendo las tareas entre grupos de procesadores jerárquicamente anidados.

- **Tecnología de Software**

El software es importante para aquellos dispositivos que requieran ser programados, también para la supervisión en tiempo real de los procesos (SCADA) o para los procesos que requieran simularse antes de su implementación y puesta en marcha.

3.1.4 Componentes de la automatización.

- ✓ Tubos de vacío
- ✓ Transistores
- ✓ Circuitos integrados
- ✓ Resistencias
- ✓ Bobinas
- ✓ Dispositivos de detección y transductores

3.2 ELEMENTOS ELECTRICOS

Se utilizan en el análisis de redes eléctricas. Cualquier red eléctrica puede ser modelada descomponiéndola en elementos eléctricos múltiples, interconectados en un diagrama esquemático o diagrama de circuitos. Cada elemento eléctrico afecta al voltaje en la red o corriente a través de la red de una manera particular. Analizando el modo por el cual una red es afectada por sus elementos individuales, es posible calcular cómo se comportará una red real en una macro escala.

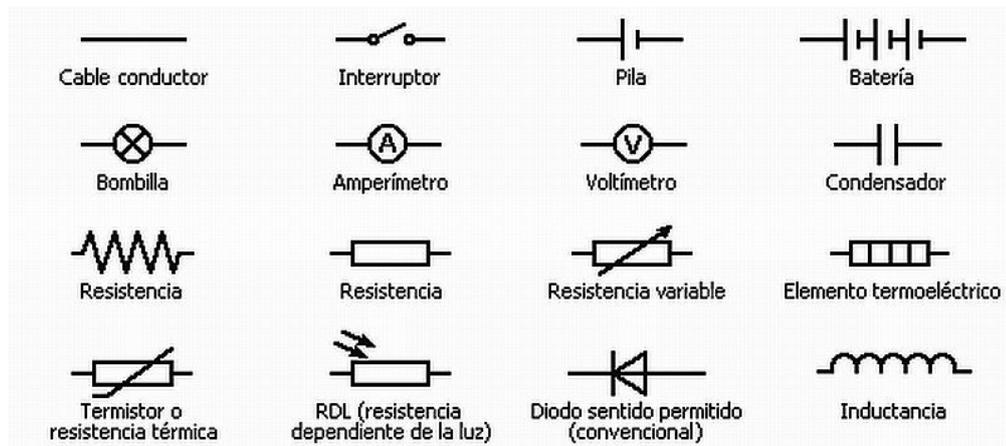


FIG. III. 4. Símbolos de elementos Eléctricos

3.2.1 Actuadores eléctricos⁸

Un actuador es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o “actuar” otro dispositivo mecánico.

La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes posibles: Presión neumática, presión hidráulica, y fuerza motriz eléctrica (motor eléctrico o solenoide). Dependiendo del origen de la fuerza el actuador se denomina “neumático”, “hidráulico” o “eléctrico”.

3.2.1.1 Motores de corriente continua (CC)

El motor de corriente continua es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica, provocando un movimiento rotatorio.

En algunas modificaciones, ejercen tracción sobre un riel. Estos motores se conocen como motores lineales.

⁸ <http://es.wikipedia.org/wiki/Actuadorelectrico>



FIG. III. 5. Rotor de un motor DC

Su principal inconveniente, el mantenimiento, muy caro y laborioso. Una máquina de corriente continua (generador o motor) se compone principalmente de dos partes, un estator que da soporte mecánico al aparato y tiene un hueco en el centro generalmente de forma cilíndrica. En el estator además se encuentran los polos, que pueden ser de imanes permanentes o devanados con hilo de cobre sobre núcleo de hierro. El rotor es generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, al que llega la corriente mediante dos escobillas. También se construyen motores de CC con el rotor de imanes permanentes para aplicaciones especiales.

Sentido de giro

El sentido de giro de un motor de corriente continua depende del sentido relativo de las corrientes circulantes por los devanados inductor e inducido.

La inversión del sentido de giro del motor de corriente continua se consigue invirtiendo el sentido del campo magnético o de la corriente del inducido.

Si se permuta la polaridad en ambos bobinados, el eje del motor gira en el mismo sentido.

Los cambios de polaridad de los bobinados, tanto en el inductor como en el inducido se realizarán en la caja de bornes de la máquina, y además el ciclo combinado producido por el rotor produce la fuerza magneto motriz. El sentido de giro lo podemos determinar con la regla de la mano derecha, la cual nos va a mostrar el sentido de la fuerza. La regla de la mano derecha es de la siguiente manera: el pulgar nos muestra hacia dónde va la corriente, el dedo índice apunta en la dirección en la cual se dirige el flujo del campo magnético, y el dedo medio hacia dónde va dirigida la fuerza resultante y por lo tanto el sentido de giro.

➤ *Principales aplicaciones del motor de corriente continua*

Debido a su versatilidad en las aplicaciones, el motor de corriente continua es dueño una gran área del mercado de motores eléctricos, destacándose:

- ✓ Máquinas operatrices en general
- ✓ Bombas a pistón

- ✓ Torques de fricción
- ✓ Herramientas de avance
- ✓ Tornos
- ✓ Fresadoras
- ✓ Máquinas textiles
- ✓ Grúas y guinches
- ✓ Pórticos
- ✓ Vehículos de tracción
- ✓ Prensas
- ✓ Industria química y petroquímica
- ✓ Industrias siderúrgicas
- ✓ Hornos, extractores, separadores y cintas transportadoras para la industria de cemento y otras

3.2.1.2 Motores de corriente alterna (AC)

Se denomina motor de corriente alterna a aquellos motores eléctricos que funcionan con corriente alterna. Un motor es una máquina motriz, esto es, un aparato que convierte una forma determinada de energía en energía mecánica de rotación o par. Un motor eléctrico convierte la energía eléctrica en fuerzas de giro por medio de la acción mutua de los campos magnéticos.

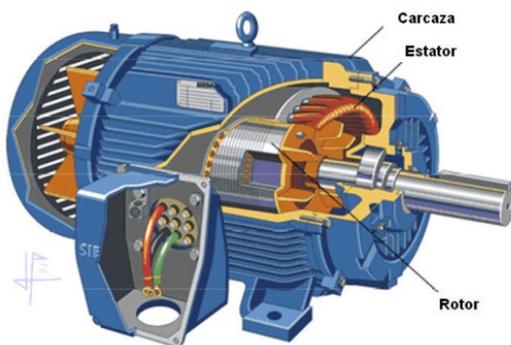


FIG. III. 6. Motor AC

Un generador eléctrico, por otra parte, transforma energía mecánica de rotación en energía eléctrica y se le puede llamar una máquina generatriz de FEM. Las dos formas básicas son el generador de corriente continua y el generador de corriente alterna, este último más correctamente llamado alternador.

Todos los generadores necesitan una máquina motriz (motor) de algún tipo para producir la fuerza de rotación, por medio de la cual un conductor puede cortar las líneas de fuerza

magnéticas y producir una FEM. La máquina más simple de los motores y generadores es el alternador.

➤ *Principales aplicaciones del motor de corriente alterna.*

- ✓ bombas centrífugas, ventiladores, compresores.
- ✓ Máquinas herramienta como: tornos, sierras, fresadoras, etc.
Compresores, bombas oscilantes, transportadores cargados.
- ✓ Prensas punzadoras de alta velocidad.
- ✓ Prensas de estirado, plegadoras.
- ✓ Grúas, elevadores.
- ✓ Extractores.

3.2.1.3 Relés⁹

El relé o relevador es un dispositivo electromecánico. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. Dado que el relé es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, puede considerarse, en un amplio sentido, como un amplificador eléctrico.

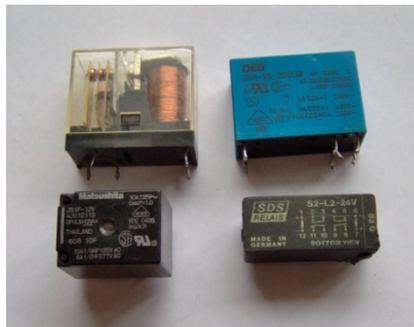


FIG. III. 7. Relés

➤ *Tipos de relés*

Existen multitud de tipos distintos de relés, dependiendo del número de contactos, de su intensidad admisible, del tipo de corriente de accionamiento, del tiempo de activación y desactivación, etc.

⁹ (http://www.ugr.es/~amroldan/enlaces/dispo_potencia/reles.htm)

Relés electromecánicos

- ✓ Relés de tipo armadura: pese a ser los más antiguos siguen siendo los más utilizados en multitud de aplicaciones. Un electroimán provoca la basculación de una armadura al ser excitado, cerrando o abriendo los contactos dependiendo de si es NA (normalmente abierto) o NC (normalmente cerrado).

- ✓ Relés de núcleo móvil: a diferencia del anterior modelo estos están formados por un émbolo en lugar de una armadura. Debido a su mayor fuerza de atracción, se utiliza un solenoide para cerrar sus contactos. Es muy utilizado cuando hay que controlar altas corrientes

- ✓ Relé tipo Reed o de lengüeta: están constituidos por una ampolla de vidrio, con contactos en su interior, montados sobre delgadas láminas de metal. Estos contactos conmutan por la excitación de una bobina, que se encuentra alrededor de la mencionada ampolla.

- ✓ Relés polarizados o biestables: se componen de una pequeña armadura, solidaria a un imán permanente. El extremo inferior gira dentro de los polos de un electroimán, mientras que el otro lleva una cabeza de contacto. Al excitar el electroimán, se mueve la armadura y provoca el cierre de los contactos. Si se polariza al revés, el giro será en sentido contrario, abriendo los contactos ó cerrando otro circuito.

- ✓ Relé de estado sólido, llama relé de estado sólido a un circuito híbrido, normalmente compuesto por un opto acoplador que aísla la entrada, un circuito de disparo, que detecta el paso por cero de la corriente de línea y un triac o dispositivo similar que actúa de interruptor de potencia. Su nombre se debe a la similitud que presenta con un relé electromecánico; este dispositivo es usado generalmente para aplicaciones donde se presenta un uso continuo de los contactos del relé que en comparación con un relé convencional generaría un serio desgaste mecánico, además de poder conmutar altos amperajes que en el caso del relé electromecánico destruirían en poco tiempo los contactos. Estos relés permiten una velocidad de conmutación muy superior a la de los relés electromecánicos.

3.2.1.4 Contactor¹⁰

Un contactor es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se de tensión a la bobina (en el caso de ser contactores instantáneos).



FIG. III. 8. Contactor

Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada". La función conmutaciones todo o nada o a menudo establece e interrumpe la alimentación de los receptores. Esta suele ser la función de los contactores electromagnéticos. En la mayoría de los casos, el control a distancia resulta imprescindible para facilitar la utilización así como la tarea del operario que suele estar alejado de los mandos de control de potencia.

➤ *Clasificación*

Por su construcción

- ✓ Contactores electromagnéticos, su accionamiento se realiza a través de un electroimán.
- ✓ Contactores electromecánicos
Se accionan con ayuda de medios mecánicos.
- ✓ Contactores neumáticos
Se accionan mediante la presión de aire.

¹⁰ <http://es.wikipedia.org/wiki/Contactor>

- ✓ Contactores hidráulicos
Se accionan por la presión de aceite.
- ✓ Contactores estáticos

Estos contactores se construyen a base de tiristores. Estos presentan algunos inconvenientes como: Su dimensionamiento debe ser muy superior a lo necesario, la potencia disipada es muy grande, tiene una corriente de fuga importante además su costo es muy superior al de un contactor electromecánico equivalente.

Por el tipo de corriente que alimenta a la bobina

- ✓ Contactores para corriente alterna
- ✓ Contactores para corriente continúa.

3.2.1.5 Temporizador¹¹



FIG. III. 9. Temporizador

Se denomina temporizador al dispositivo mediante el cual podemos regular la conexión o desconexión de un circuito eléctrico durante un tiempo determinado.

El temporizador es un tipo de relé auxiliar, pero se diferencia en que sus contactos no cambian de posición instantáneamente.

➤ *Tipos de Temporizador*

- ✓ Temporizador a la Conexión

Cuando el temporizador recibe tensión y pasa un tiempo hasta que conmuta los contactos, se denomina Temporizador a la Conexión. Es un relé cuyo contacto de salida conecta después de un cierto retardo a partir del instante de conexión de los

¹¹ <http://es.wikipedia.org/wiki/Temporizador>

bornes de su bobina a la red. El tiempo de retardo es ajustable mediante un potenciómetro o regulador frontal del aparato si es electrónico

✓ Temporizador a la Desconexión

Cuando el temporizador deja de recibir tensión y al cabo de un tiempo conmuta los contactos, se denomina Temporizador a la Desconexión. Es un relé cuyo contacto de salida conecta instantáneamente al aplicar la tensión de alimentación en los bornes de la bobina. Al quedar sin alimentación, el relé permanece conectado durante el tiempo ajustado por el potenciómetro frontal o remoto, desconectándose al final de dicho lapso.

3.2.1.6 Disyuntor¹²



FIG. III. 10. Disyuntor bifásico

Un disyuntor, interruptor automático, es un aparato capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede de un determinado valor o, en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de no causar daños a los equipos eléctricos. A diferencia de los fusibles, que deben ser reemplazados tras un único uso, el disyuntor puede ser rearmado una vez localizado y reparado el daño que causó el disparo o desactivación automática. Se fabrican disyuntores de diferentes tamaños y características lo cual hace que sea ampliamente utilizado en viviendas, industrias y comercios

➤ *Tipos*

Los disyuntores más comúnmente utilizados son los que trabajan con corrientes alternas, aunque existen también para corrientes continuas.

Los tipos más habituales de disyuntores son:

¹² <http://es.wikipedia.org/wiki/Disyuntor>

- ✓ Disyuntor magneto-térmico.
- ✓ Disyuntor magnético.
- ✓ Disyuntor térmico.
- ✓ Guardamotor.

3.2.1.7 Interruptor eléctrico¹³

Un interruptor eléctrico es un dispositivo que permite desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica. En el mundo moderno sus tipos y aplicaciones son innumerables, van desde un simple interruptor que apaga o enciende una bombilla, hasta un complicado selector de transferencia automático de múltiples capas controlado por computadora.

Su expresión más sencilla consiste en dos contactos de metal inoxidable y el actuante. Los contactos, normalmente separados, se unen mediante un actuante para permitir que la corriente circule. El actuante es la parte móvil que en una de sus posiciones hace presión sobre los contactos para mantenerlos unidos.



FIG. III. 11. Interruptores eléctricos

➤ *Clasificación de los interruptores*

- ✓ Actuantes

Los actuantes de los interruptores pueden ser normalmente abiertos, en cuyo caso al accionarlos se cierra el circuito (el caso del timbre) o normalmente cerrados en cuyo caso al accionarlos se abre el circuito.

- ✓ Pulsadores

¹³ http://es.wikipedia.org/wiki/Bot%C3%B3n_%28dispositivo%29

También llamados interruptores momentáneos. Este tipo de interruptor requiere que el operador mantenga la presión sobre el actuante para que los contactos estén unidos. Un ejemplo de su uso lo podemos encontrar en los timbres de las casas o apartamentos.

3.2.2 Sensores¹⁴



FIG. III. 12. Sensores Electrónicos

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una Tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un fototransistor), etc.

Un sensor se diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la variable de instrumentación con lo que puede decirse también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo. Como por ejemplo el termómetro de mercurio que aprovecha la propiedad que posee el mercurio de dilatarse o contraerse por la acción de la temperatura. Un sensor también puede decirse que es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra. Los sensores pueden estar conectados a un computador para obtener ventajas como son el acceso a una base de datos, la toma de valores desde el sensor, etc.

¹⁴ <http://www.monografias.com/trabajos10/sensores/humed.shtml>

3.2.2.1 Características de un sensor¹⁵

- ✓ Rango de medida: dominio en la magnitud medida en el que puede aplicarse el sensor.
- ✓ Precisión: es el error de medida máximo esperado.
- ✓ Offset o desviación de cero: valor de la variable de salida cuando la variable de entrada es nula. Si el rango de medida no llega a valores nulos de la variable de entrada, habitualmente se establece otro punto de referencia para definir el offset.
- ✓ Linealidad o correlación lineal.
- ✓ Sensibilidad de un sensor: suponiendo que es de entrada a salida y la variación de la magnitud de entrada.
- ✓ Resolución: mínima variación de la magnitud de entrada que puede apreciarse a la salida.
- ✓ Rapidez de respuesta: puede ser un tiempo fijo o depender de cuánto varíe la magnitud a medir. Depende de la capacidad del sistema para seguir las variaciones de la magnitud de entrada.

Por lo general, la señal de salida de estos sensores no es apta para su lectura directa y a veces tampoco para su procesado, por lo que se usa un circuito de acondicionamiento, como por ejemplo un puente de Wheatstone, amplificadores y filtros electrónicos que adaptan la señal a los niveles apropiados para el resto de los circuitos.

3.2.2.2 Clasificación de sensores

Atendiendo al tipo de señal de entrada.

Los sensores pueden ser clasificados dependiendo del tipo de señal al cual responden.

- ✓ Mecánica: Ejemplos: longitud, área, volumen, masa, flujo, fuerza, torque, presión, velocidad, aceleración, posición, acústica, longitud de onda, intensidad acústica.
- ✓ Térmica: Ejemplos: temperatura, calor, entropía, flujo de calor.
- ✓ Eléctrica: Ejemplos: voltaje, corriente, carga, resistencia, inductancia, capacitancia, constante dieléctrica, polarización, campo eléctrico, frecuencia, momento dipolar.
- ✓ Magnética: Ejemplos: intensidad de campo, densidad de flujo, momento magnético, permeabilidad.

¹⁵ CREUS, S.A., Instrumentación industrial

- ✓ Radiación: Ejemplos: intensidad, longitud de onda, polarización, fase, reluctancia, transmitancia, índice de refractancia.
- ✓ Química: Ejemplos: composición, concentración, oxidación/potencial de reducción, porcentaje de reacción, PH.

Atendiendo al tipo de señal entregada por el sensor

- ✓ Sensores análogos.

La gran mayoría de sensores entregan su señal de manera continua en el tiempo. Son ejemplo de ellos los sensores generadores de señal y los sensores de parámetros variables

- ✓ Sensores digitales.

Son dispositivos cuya salida es de carácter discreto. Son ejemplos de este tipo de sensores: codificadores de posición, codificadores incrementales, codificadores absolutos, los sensores auto resonantes (resonadores de cuarzo, galgas acústicas, cilindros vibrantes, de ondas superficiales (SAW), caudalímetros de vórtices digitales), entre otros.

Atendiendo a la naturaleza de la señal eléctrica generada.

Los sensores dependiendo de la naturaleza de la señal generada pueden ser clasificados en:

- ✓ Sensores pasivos:

Son aquellos que generan señales representativas de las magnitudes a medir por intermedio de una fuente auxiliar. Ejemplo: sensores de parámetros variables (de resistencia variable, de capacidad variable, de inductancia variable).

- ✓ Sensores activos o generadores de señal:

Son aquellos que generan señales representativas de las magnitudes a medir en forma autónoma, sin requerir de fuente alguna de alimentación. Ejemplo: sensores piezoeléctricos, fotovoltaicos, termoelectricos, electroquímicos, magnetoeléctricos.

3.3 NEUMÁTICA¹⁶

La neumática es una fuente de energía de fácil obtención y tratamiento para el control de máquinas y otros elementos sometidos a movimiento. La generación, almacenaje y utilización

¹⁶ <http://es.wikipedia.org/wiki/Neum%C3%A1tica>

del aire comprimido resultan relativamente baratos y además ofrece un índice de peligrosidad bajo en relación a otras energías como la electricidad y los combustibles gaseosos o líquidos. Ofrece una alternativa altamente segura en lugares de riesgo de explosión por deflagración, donde otras energías suponen un riesgo importante por la producción de calor, chispas, etc.

Por estas ventajas las instalaciones de aire comprimido son ampliamente usadas en todo tipo de industrias, incluso en todo tipo de transporte, aéreo, terrestre y marítimo. La neumática es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos. El aire es un material elástico y por tanto, al aplicarle una fuerza, se comprime, mantiene esta compresión y devolverá la energía acumulada cuando se le permita expandirse.

Cuando se habla de neumática se está refiriendo a la tecnología que utiliza el aire comprimido como medio transmisor de energía. La energía, generada en un emplazamiento lejano, es transmitida a través de una línea y utilizada localmente por actuadores, motores y otros elementos de trabajo, para realizar una determinada función.

La neumática engloba el conjunto de técnicas para la transmisión de la energía, su control y regulación, tanto para el mando de fuerzas como el de movimientos, destinadas al gobierno de dispositivos mediante aire comprimido.

3.3.1 Aplicaciones generales de la neumática industrial¹⁷

La automatización de los procesos productivos es, hoy en día, una necesidad en las industrias modernas que pretenden ser competitivas. La neumática ayuda a estas empresas a aumentar su flexibilidad y el ritmo de producción gracias a las características del aire comprimido como medio transmisor y a la adaptabilidad que permiten sus componentes.

Los actuadores neumáticos se utilizan eficientemente en aplicaciones industriales donde es preciso el control continuo de una magnitud (posicionado de cargas u obturadores de válvulas, control de movimiento o trayectoria, etc.) así como en procesos discontinuos de manipulado y automatización (cadena de montajes, ensambladoras, máquinas de packaging, etc.).

Los límites de utilización de un sistema de control o conducción con aire comprimido pueden cifrarse en términos del nivel de esfuerzos a realizar, la precisión del posicionado, el tiempo de ciclo alcanzable o el control fino de la velocidad y la regularidad del movimiento. El control de la aceleración, de la velocidad de desplazamiento y de la frenada de un cilindro neumático

¹⁷ <http://guindo.pntic.mec.es/~crangil/neumatica.htm>

puede hacerse hoy en día mediante sistemas inteligentes de control implementados en PC o PLC.

La neumática está presente en cualquier proceso industrial, tanto manual como semiautomático, que requiera incrementar la producción. La neumática se ha convertido en un elemento imprescindible en la automatización de la producción en todos los sectores industriales:

- Industria del automóvil, aeronáutica, ferroviaria, naval, aeroespacial, maderera, Industria textil, del calzado, agroalimentaria, cárnica...
- Producción de energía
- Refinerías e industrias petrolíferas y químicas, siderurgia, minería
- Industrias de logística, máquinas de embalaje, imprentas y artes gráfica
- Construcción y obras públicas
- Robótica, etc.

3.3.2 Ventajas y Desventajas de la neumática

- El aire es de fácil captación y abunda en la tierra
- Es un tipo de Energía limpia
- El aire no posee propiedades explosivas, por lo que no existen riesgos de chispa
- Las velocidades de trabajo de los elementos neumáticos son razonablemente altas y fácilmente regulables
- El trabajo con aire no provoca efectos de golpes de ariete, con lo que no daña los componentes de un circuito
- Las sobrecargas no constituyen situaciones peligrosas o que dañen los equipos en forma permanente
- Los cambios de temperatura no afectan de manera significativa
- Permite cambios instantáneos de sentido en los componentes.

Todas estas ventajas son de gran importancia, pero no olvidemos que, como todas las tecnologías, también tiene algunos inconvenientes.

Para evitar la parcialidad, enumeremos sus desventajas más notables:

- En circuitos muy extensos se producen pérdidas de cargas considerables
- Requiere de instalaciones especiales para recuperar el aire previamente empleado

- Las presiones a las que trabajan normalmente, no permiten aplicar grandes fuerzas
- Genera altos niveles de ruido debido a la descarga del aire hacia la atmósfera

3.3.3 Generación del aire comprimido: El compresor

Para producir aire comprimido se utilizan compresores, que elevan la presión del aire al valor de trabajo deseado. Todos los mecanismos y mandos neumáticos se alimentan desde una estación central de generación. De esta manera no es necesario calcular ni proyectar la transformación de la energía para cada consumidor. El aire comprimido viene de la estación compresora y llega a las instalaciones a través de tuberías.

Las centrales de generación pueden ser fijas, como en la mayoría de las industrias, o móviles, como en la construcción o en máquinas que se desplazan frecuentemente. Como norma general, al planificar una instalación, es necesario prever un tamaño superior de la red, con el fin de poder alimentar aparatos neumáticos nuevos que se adquieran en el futuro. Por ello, es necesario sobredimensionarla, con el fin de que el compresor no resulte más tarde insuficiente, puesto que toda ampliación posterior en el equipo generador supone gastos mayores que si se tiene en cuenta desde un principio.

3.3.3.1 Elementos y funcionamiento básico del compresor

Los compresores son máquinas cuya finalidad es aportar energía a los fluidos compresibles, para hacerlos fluir aumentando al tiempo su presión. Esta característica los distingue de las soplantes y ventiladores, que manejan grandes cantidades de fluidos compresibles sin modificar sensiblemente su presión, de forma similar a las bombas. Veamos primero los elementos principales del compresor en los puntos muertos superiores en las etapas de aspiración y de compresión.

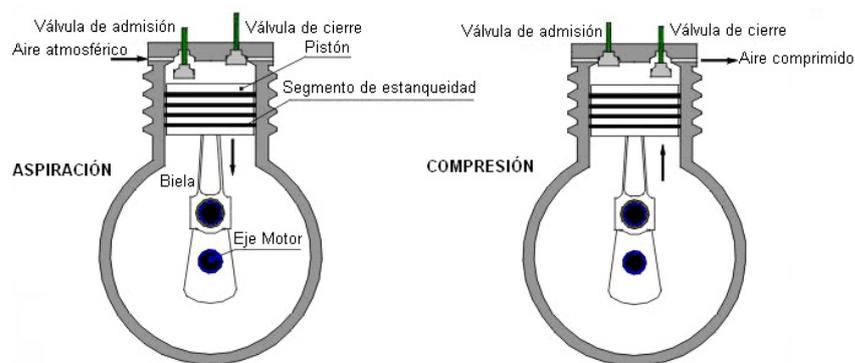


FIG. III. 13. Funcionamientos de pistones del compresor

Básicamente, un compresor admite gas o vapor a una presión p_1 dada, descargándolo a una presión p_2 superior, comprimiéndolo en una cámara y haciéndolo pasar a través de un conducto de menor sección (para poder vencer la fuerza en la válvula generada por la sobrepresión conseguida). La energía necesaria para efectuar este trabajo la proporciona un motor eléctrico, de combustión o una turbina de vapor.

3.3.4 Tipos de compresores¹⁸

Los compresores se clasifican por la forma de obtener el aumento de energía interna en el gas, hay dos grandes grupos:

Los de desplazamiento positivo y los aerodinámicos.

- En los del primer grupo el aumento de presión se consigue disminuyendo el volumen de una determinada masa de gas.
- En los del segundo, el concepto cambia, el aumento de presión surge como consecuencia del aumento de energía cinética, que ha conseguido comunicársele al gas. Dentro de estos grandes, existen subgrupos con características bien definidas, en cuanto a su principio de funcionamiento y a su comportamiento. Se nombran en la figura siguiente todos los tipos.

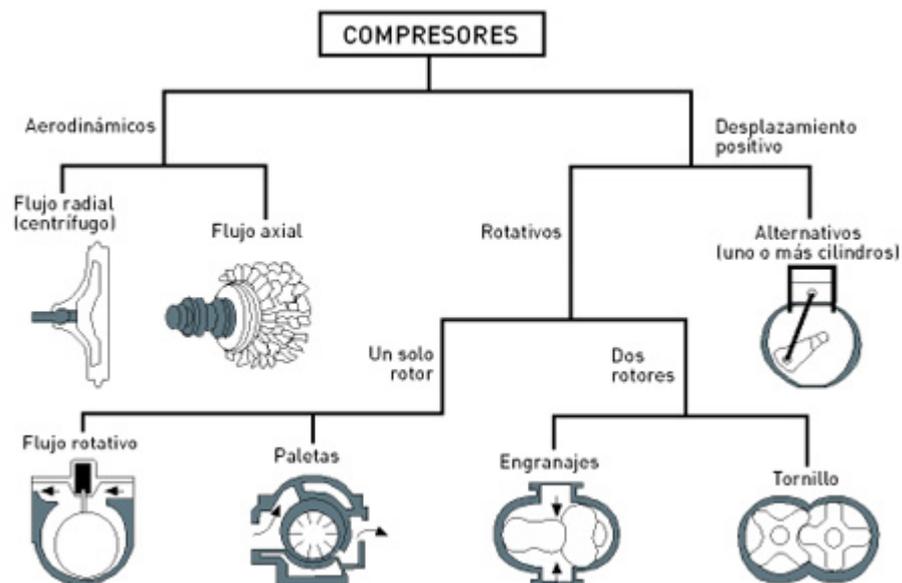


FIG. III. 14. Tipos de compresores

¹⁸ <http://quantum.cucei.udg.mx/~gramirez/menus/introduccion/compresores.html>

3.3.5 Selección del compresor

Los puntos que intervienen en la elección son numerosos e importantes: presión máxima y mínima pretendidas, caudal necesario, crecimiento previsto de la demanda, condiciones geográficas (altitud, temperatura, etc.), tipo de regulación, espacio necesario, tipo de refrigeración, accionamiento, lugar de emplazamiento exacto.

Es muy importante diferenciar a la hora de elegir si el compresor va a ser estacionario o de tipo portátil. Esta segunda situación se suele dar en los casos de campaña donde deben realizarse operaciones con la ayuda del aire comprimido.

3.3.5.1 Depósitos

El aire comprimido es, quizás la única forma de energía fácilmente almacenable. Suelen utilizarse para este propósito tanques o depósitos de muy variados tamaños. Todas las plantas de producción de aire comprimido tienen normalmente uno o más depósitos de aire. Sus dimensiones se establecen según la capacidad del compresor, sistema de regulación, presión de trabajo y variaciones estimadas en el consumo de aire. El depósito de aire sirve para:

- ✓ Almacenar el aire comprimido necesario para atender demandas punta que excedan de la capacidad del compresor.
- ✓ Incrementar la refrigeración (por la superficie de este) y recoger posibles residuos de condensado y aceite.
- ✓ Igualar las variaciones de presión en la red de aire.
- ✓ Evitar ciclos de carga y de descarga en el compresor demasiado cortos

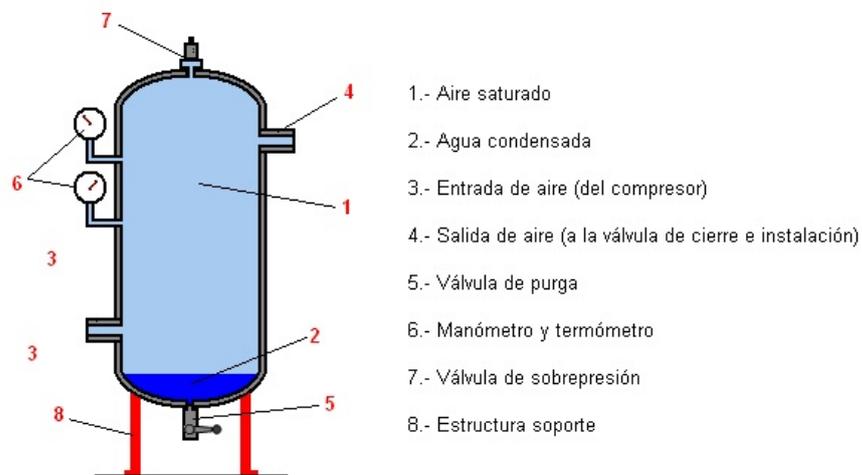


FIG. III. 15. Elementos principales de un depósito

El depósito debe diseñarse y dimensionarse de acuerdo con las disposiciones de las autoridades locales (regulaciones sobre recipientes a presión). En la determinación del tamaño del depósito se debe tener en cuenta la capacidad del compresor y el sistema de regulación.

Para compresores con una presión efectiva de trabajo de hasta 9 bares, en condiciones normales de funcionamiento, el tamaño del tanque o depósito, en volumen, ha de ser aproximadamente unas seis veces la capacidad del compresor en las mismas unidades en segundos. Esto se aplica a la válvula automática de descarga, es decir, el motor girará continuamente, mientras que el compresor será periódicamente descargado. La diferencia entre la presión de carga y la de descarga no debe ser menor, en sus límites de 0,4 bares para cada etapa de descarga.

En compresores que funcionen con arranque y parada automático, la capacidad del depósito debe ser seleccionada según la capacidad del compresor y el consumo de aire en la red, de forma que arranque un máximo de 10 veces por hora, uniformemente repartidos en intervalos de seis minutos. En este caso la diferencia de presión entre la de parada y la de arranque debería ser mayor, del orden de 1 bar, para presiones superiores, por encima de 9 bares, se permiten generalmente mayores diferencias de presión. Por esta razón la capacidad del depósito puede reducirse. Las reglas expuestas para calcular el volumen del depósito, presuponen una demanda uniforme de aire. El consumo instantáneo no debe sobrepasar la capacidad de la planta compresora.

Debido a que el depósito de aire es también un colector de agua y aceite, debe ser dotado de una válvula de drenaje (manual o automática). Resumiendo, el tamaño de un depósito o acumulador de aire comprimido depende:

- ✓ Del caudal de suministro del compresor
- ✓ Del consumo de aire
- ✓ De la red de tuberías (volumen suplementario)
- ✓ Del tipo de regulación
- ✓ De la diferencia de presión admisible en el interior de la red
- ✓ Redes neumáticas: Instalación de tuberías

3.3.5.2 La red de distribución¹⁹

Es el sistema de tubos que permite transportar la energía de presión neumática hasta el punto de utilización. Sobre esta definición cabe realizar una serie de aclaraciones, pues desde el punto de

¹⁹ <http://www.monografias.com/trabajos16/redes-de-aire/redes-de-aire.shtml>

vista del ambiente podemos dividir la instalación en: externa (instalada a la intemperie) o interna (corre bajo cubierta). Desde el punto de vista de la posición, esta puede ser aérea o subterránea y desde la óptica de la importancia de distribución puede ser primaria o secundaria. Aquí nos ocuparemos de la red primaria y secundaria y en principio asumiremos que la red es aérea e interna. Adelantamos que los principios que se aplican para este caso son generales y se aproximan significativamente a los que habría que usar para los otros. Las redes de distribución se dividen en tres grandes grupos típicos. (Aunque en la realidad pueden aparecer combinados total o parcialmente), dependiendo de la finalidad elegiremos uno u otro.

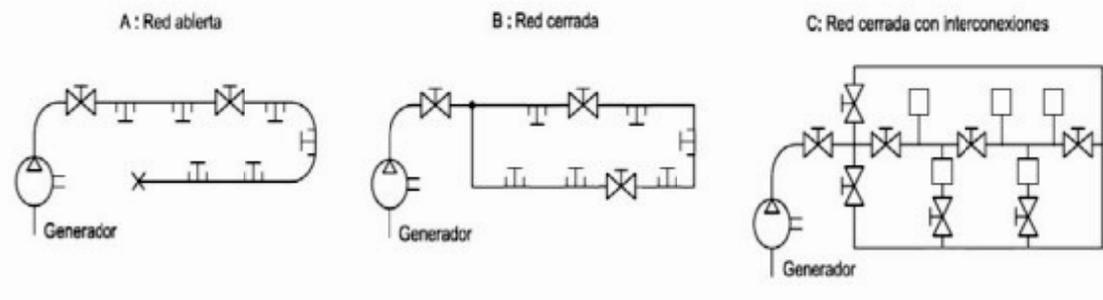


FIG. III. 16. Tipos de redes neumáticas

Después de los tratamientos necesarios a realizar sobre el aire, el aire evoluciona por la tubería de distribución, que debe cumplir unos requisitos importantes para el correcto funcionamiento del sistema.

Disposición de la línea principal y zonas de presión.

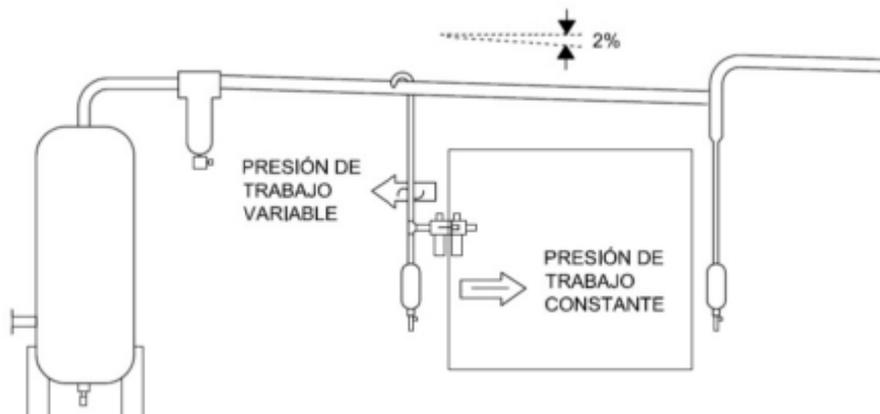


FIG. III. 17. Línea principal y zonas de presión.

Esta debe presentar una leve caída hacia la parte posterior de alrededor de un 2% (0.5%). para permitir el escurrimiento del agua. Que eventualmente podría haberse condensado, hacia un

lugar de evacuación. Como la continua pendiente haría descender el tubo de distribución, más allá de lo aceptable si la planta es muy larga, se acude a la solución que se muestra, que consiste en retornar la altura de distribución y continuar la pendiente. El punto más bajo debe ser siempre utilizado para instalar un conducto de purga y nunca para realizar una “bajada”. El motivo es obvio; queremos aire comprimido y no agua a presión.

La bajada pertenece a lo que hemos llamado instalación secundaria y puede ocurrir que, si el ambiente estuviera a una temperatura más o menos baja, ocurra alguna condensación. Es conveniente entonces permitir que el aire desemboque directamente en un recipiente sin purga y la derivación a la máquina se realice directamente a 90°.

➤ *Pérdidas de carga*

El diámetro de las tuberías debe elegirse de manera que si el consumo aumenta, la pérdida de presión entre el depósito y el consumidor no sobrepase 10 kPa (0,1 bar). Si la caída de presión excede de este valor, la rentabilidad del sistema estará amenazada y el rendimiento disminuirá considerablemente. Siempre debe preverse una futura ampliación de la demanda de aire, por cuyo motivo deberán sobredimensionarse las tuberías. El montaje posterior de una red más importante supone grandes sobrecostes.

➤ *Dimensionado de las tuberías*

El diámetro de las tuberías no debería elegirse conforme a otros tubos existentes ni de acuerdo con cualquier regla empírica, sino en conformidad con: el caudal, la longitud de las tuberías, la pérdida de presión (admisible), la presión de servicio, la cantidad de estrangulamientos en la red, en la práctica se utilizan los valores reunidos con la experiencia. Existen nomogramas que ayudan a encontrar el diámetro de la tubería de una forma rápida y sencilla. En el capítulo 2 se verá con detalle este aspecto.

3.3.5.3 Acondicionamiento y tratamiento del aire comprimido

En toda instalación neumática se hace necesario tratar el aire por varias circunstancias, no necesariamente ajenas a la propia instalación. El aire atmosférico lleva consigo partículas nocivas para los dispositivos de la instalación neumática. El compresor lleva filtros previos, pero no depura el aire. Además, el aire también tiene cierta cantidad de vapor de agua, que puede llegar a condensar y es necesario evacuar (purgar), si no, los componentes mecánicos del circuito sufrirán una oxidación, además del desgaste por otras partículas.

Otro aspecto muy importante es que los actuadores también ensucian el circuito, ya que son los componentes que enlazan el circuito con el exterior. Una vez que el aire ha superado al compresor, comienza la etapa de acondicionamiento industrial, entendiéndose por esto, los procesos a que debe ser sometido para que pueda ser utilizado sin ningún riesgo mecánico ni químico, consiguiendo las prestaciones deseadas. Vemos a continuación un sistema tipo para el acondicionamiento del aire, con sus componentes

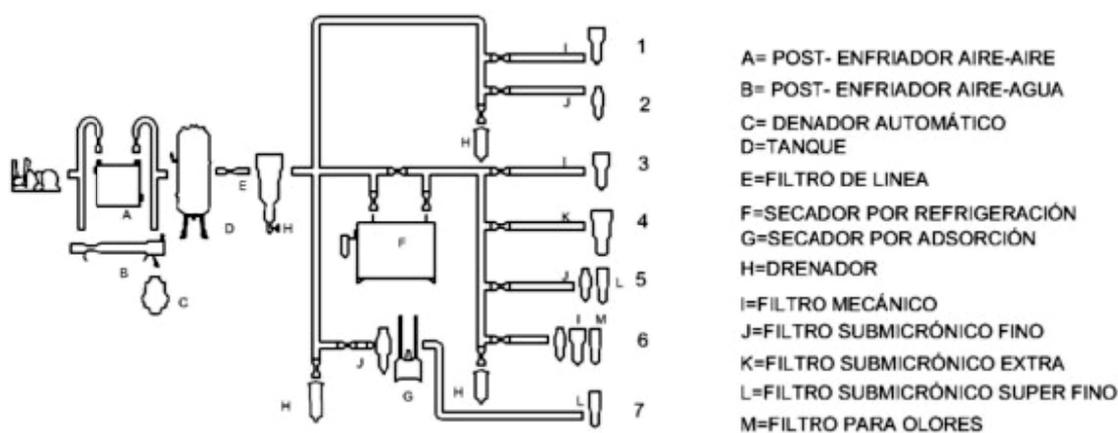


FIG. III. 18. Esquema de elementos principales para acondicionamiento del aire

Revisemos las tres partes en que se divide este esquema: la primera parte corresponde a la línea principal, la segunda a la sub-línea y la tercera a la línea local.

➤ *Línea Principal*

Son los equipos A, B, C, D y E. Estos equipos podemos pensarlos como de uso obligatorio para cualquier instalación. Cuando el compresor aspira aire, se inicia un proceso de compresión que siempre viene acompañado por un aumento de la temperatura y por ciertas modificaciones en la humedad relativa, densidad, etc.... para acondicionar previamente este aire, utilizamos estos componentes.

➤ *Sub – Línea*

Son los equipos F, G y H. Aquí comienza una primera hipotética distribución hacia tres grupos característicos según grado de humedad requerido. Toda la distribución, antes de llegar a cada rama, estaría evacuando la eventual condensación por el drenado automático. En el primer grupo no se trata el aire que se distribuye pero se colocan drenadores.

En el segundo, en cambio, aparecen los secadores, cuya misión es retirar la mayor parte posible del agua que no fue retirada por los equipos “aguas arriba”. Este proceso se conoce como “secado al aire”, de ahí su nombre.

Los secadores por refrigeración son capaces de secar el aire hasta un punto de rocío de -17°C aproximadamente. El drenado sugerido se coloca como protección para el caso en el que el secador salga de servicio o sea eliminado momentáneamente para su mantenimiento. El tercer grupo de la sub-línea trata el aire para un punto de rocío de -30°C. La instalación del secador por adsorción se hace directamente en serie y se protege con un filtro J cuyas características repasaremos en el punto siguiente.

➤ Línea Local

Cada uno de los grupos de la sub-línea continúa por las líneas correspondientes donde, antes del consumo, se trata el aire de acuerdo con lo especificado y con respecto a sólidos, aceite y olor. La asociación de filtros que se aprecia en algunas ramas sólo se hace a los efectos de prolongar la vida útil del conjunto. De esta manera la filtración es progresiva y cada filtro trabaja dentro de su escala de filtración aceptable. Insistimos en estos conceptos pues los consideramos muy importantes. Para finalizar, decir que estas combinaciones son las más frecuentes aunque no las únicas, seguramente pueden encontrarse otras que se adapten más a un caso específico, apoyándose en la estructura que hemos presentado. Por otra parte esa ha sido la intención al ofrecerla.

Filtro-Regulador-Lubricador. La unidad de Mantenimiento

Filtros

El aire ambiente que aspira el compresor, contiene impurezas. A éstas, se le agregan las que el propio compresor genera y también las que pueda encontrar en camino hacia los puntos de distribución. Esas impurezas son de distinta índole y de distinto tamaño. El tratamiento debe responder en forma directa a las necesidades de calidad de aire pretendido: un suministro central podría acondicionar el aire a la más alta calidad, pero muy probablemente esto no sea lógico ni rentable. Resulta más cómodo y más barato, preparar todo el aire para una calidad media y reacondicionarlo localmente según las necesidades. El rol fundamental de cualquier filtro es el de “protector aguas abajo”. Con este concepto, entenderemos, no solo la importancia del filtro sino también la razón de sus eventuales combinaciones.

El filtro está construido de manera tal que imprime al aire comprimido entrante un movimiento de rotación por medio del deflector de paletas eliminando los contaminantes como polvo y gotas de agua por centrifugado, filtrando luego las partículas más pequeñas mediante un elemento filtrante para que el aire comprimido procesado pueda fluir hacia la salida.

Un deflector ubicado debajo evita la turbulencia que podría arrastrar los contaminantes extraídos. Los elementos filtrantes se clasifican por el tamaño de las partículas que interceptan, cubriendo un amplio rango, desde 2 hasta 100 μm , según los fabricantes. Cuando las gotas de condensado se depositan en el fondo del vaso, por efecto ciclónico, se produce una acumulación de agua que debe ser eliminada. La purga de este condensado puede ser manual o automática

Regulación

La energía disponible está directamente relacionada con la presión del sistema y el gobierno debe ejercerse controlando esta. Los componentes que permiten este control son los reguladores de presión. Gracias a ellos podemos conseguir una presión menor a la que genera el compresor, que adaptaremos a nuestras necesidades de trabajo.

Lubricación

La función de estos aparatos es incorporar al aire tratado una determinada cantidad de aceite, para lubricar los actuadores neumáticos que, al fin y al cabo, son elementos mecánicos. En todos los casos, las unidades de lubricación cuentan con un dispositivo que eleva el aceite y lo incorpora pulverizado en la vena de aire.

Esta elección puede controlarse externamente y la energía para hacerlo, así como también la necesaria para su pulverización, se toma de la energía del aire en circulación.

Por último, decir que normalmente encontramos siempre estos tres elementos (filtro, regulador y lubricador) tanto al principio de la red (tras el compresor) como antes de cada punto de consumo. A este conjunto de elementos se le conoce como unidad de mantenimiento, y dispone de un símbolo específico.



FIG. III. 19. Unidad de mantenimiento combinada

Esta unidad dispone de un manómetro adicional para controlar la regulación de presión

3.3.6 Valvulería

Las válvulas neumáticas controlan o regulan el paso del aire comprimido y su clasificación se efectúa por la función que desarrollan. Siguiendo las recomendaciones de CETOP, la norma DIN 24300 establece la siguiente división:

Los diferentes tipos de válvulas existentes son: direccionales o distribuidoras, de bloqueo, de presión, de caudal y de cierre. Veamos a continuación los principales tipos de válvulas.

Válvulas direccionales o distribuidoras, estas válvulas controlan el arranque, detención de la dirección del flujo neumático y con ello la dirección del movimiento y las posiciones de detención de los motores o cilindros. La identificación de las válvulas direccionales se realiza sobre la base de: Su constitución interna. N° de posiciones, N° de vías (u orificios), accionamientos y Talla (caudal, presión, temperatura, marca, etc.)

3.3.6.1 Constitución

Las características constructivas de las válvulas son la que determinan su duración, fuerza de accionamiento, modos de inversión, fijación. Según la construcción de sus cierres, distinguimos los siguientes tipos:

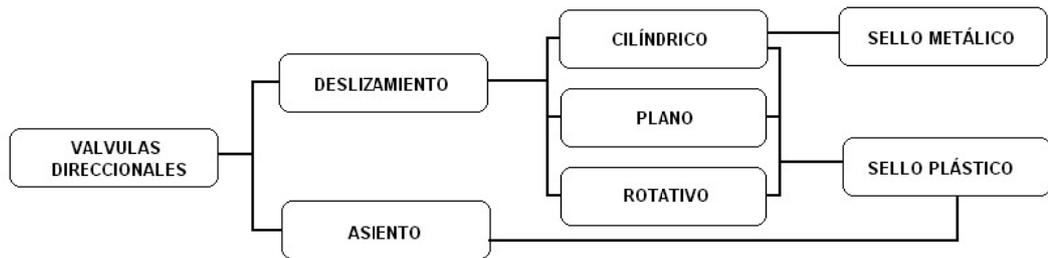


FIG. III. 20. Constitución de válvulas direccionales

3.3.6.2 Clasificación válvulas direccionales.

Las válvulas direccionales por asiento son las más comunes; se abren o cierran por medio de bolas, discos o conos de cierre perfecto. Los elementos de desgaste son pocos y de gran duración, siendo insensibles al polvo y muy robustos. Permiten sólo dos posiciones y la fuerza de maniobra es elevada.

Según su construcción, disponemos de tres tipos o subclases: de corredera, de disco y de asiento. Cada una responde a una necesidad:

- ✓ De corredera: Con un émbolo móvil, encargado de obturar o liberar el paso del aire. Como gran ventaja, necesitan poca energía para accionar la válvula, aunque tenga que vencer al rozamiento por sus características constructivas.
- ✓ De disco: De accionamiento puramente manual, es un disco que se coloca manualmente sobre el (los) orificio(s) de paso del aire al accionar una palanca.
- ✓ De asiento: Disponen en su constitución física de un obturador que se mueve en la misma dirección del aire. Se usan para caudales o muy grandes o muy pequeños, para el resto de caudales se suele usar las válvulas de corredera.

Representación esquemática

Para representar las válvulas direccionales en los esquemas, se utilizan los símbolos; éstos no dan orientación alguna sobre su constitución interna, sólo indican su función. Los conceptos principales en este apartado son la vía y las posiciones. El primero es orificio de conexión externa que dispone la válvula. El número de vías coincide con las que encontramos recorriendo la válvula perimetralmente. No se deben tener en cuenta los orificios de purga, o las conexiones que disponga la válvula para su pilotaje. Las posiciones se refieren a las conexiones internas que puede realizar según su diseño. Este número será el número de posiciones posibles.

Las válvulas distribuidoras se representan por cajas. La cantidad de cajas yuxtapuestas indica las posibles posiciones, y las vías quedan representadas por las entradas y salidas de las líneas interiores que atraviesan dichas cajas. Existen toda clase de combinaciones de canalizaciones: “doble mando”, obturaciones, conexiones, escape común. Con el fin de reconocer cada conexión se identifican con números o antiguamente con letras, pero independientemente que nos encontremos planos antiguos o actuales, siempre veremos esta nomenclatura escrita en la posición de reposo o inicial, y nunca se vuelve a escribir la nomenclatura en la otra u otras posiciones (por claridad) y se utilizan de la siguiente forma:

- ✓ 1 ó P: Suministro de presión
- ✓ 3, 5 ó R, S: Escapes
- ✓ 2, 4 ó A, B: Utilización

En definitiva, con estos elementos, tenemos la posibilidad de “armar” una válvula.

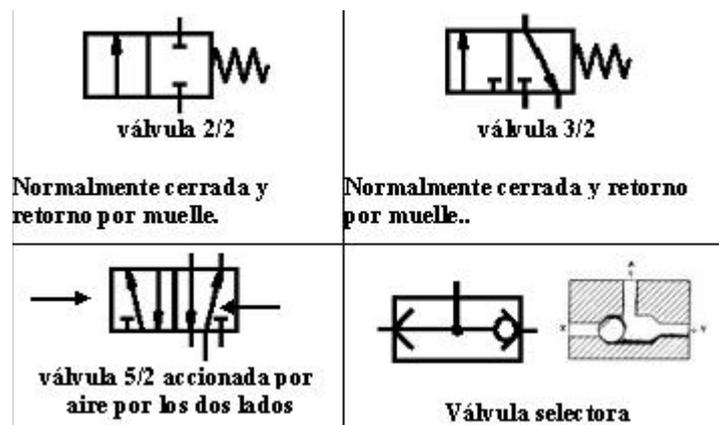


FIG. III. 21. Ejemplos de diferentes válvulas distribuidoras.

El primer número representa las vías y el segundo las posiciones para definir completamente una válvula a través de su símbolo, es necesario incorporarle la forma en que será accionada. Estos accionamientos pueden ser de tipo muscular, mecánico, eléctrico, neumático o combinado.

Disponemos de dos tipos de accionamiento, los realizados de forma indirecta, mediante electricidad o mecánica, y los accionamientos manuales o directos, con algún tipo de mecanismo para que un operario interactúe. Asimismo, existen accionamientos mixtos: Manual o directo; Servopilotado, semi-directo o semi-indirecto; e Indirecto o pilotado

✓ Válvulas de bloqueo

En primer lugar, diremos que este tipo de válvulas tienen la peculiaridad de accionarse ante unas determinadas condiciones. Son válvulas con la capacidad de bloquear o permitir el paso del aire comprimido cuando se dan ciertas condiciones en el circuito. En este tipo de válvulas encontraremos:

- Anti retorno
- De simultaneidad
- De selección de circuito (selectoras)
- De escape.

✓ Válvulas de regulación

Son las válvulas para regular caudal y presión. En esta clase de válvula, nos encontramos con dos maneras diferentes de regular la cantidad de aire o fluido; Por la entrada o por la salida, según actuemos sobre el fluido entrante o saliente del actuador. Si quisiéramos controlar la velocidad de un cilindro, siempre lo haríamos mediante la regulación de salida, porque admite todo tipo de carga, mientras que por la entrada no.

Las reguladoras de presión basan su funcionamiento en la deformación de una membrana, que por un lado tiene la presión de entrada y por otro un resorte posicionable mediante tornillo para controlar la regulación.

3.3.6.3 Actuadores neumáticos²⁰

Los elementos que permiten efectuar la transformación de la energía de presión transmitida por el aire, en energía mecánica, es decir en trabajo, se denominan actuadores neumáticos. Existe una clásica división, entre los elementos de trabajo neumático, basadas en sus posibilidades de actuación: los elementos o actuadores de acción lineal y los de acción rotativa. Aunque, por otra parte, se han desarrollado tantas formas y modelos que prácticamente todas las industrias han encontrado una aplicación insustituible de los mismos.

Al tratar de generar un movimiento rectilíneo sin partir de uno de rotación, vemos bastante limitado nuestro campo de acción. Entre los elementos posibles, después de un prolijo análisis, se encuentran: el electroimán, el resorte, el plano inclinado (aprovechamiento de la gravedad) y finalmente la energía de presión. Cada uno de los casos anteriores, salvo el último, no permite un control sencillo del movimiento.

²⁰ http://fosva.seas.es/docs/t3_neumatica.pdf

Un actuador neumático estándar adecuado para una instalación debe cumplir:

- ✓ Que exista en el tamaño que lo necesito (diámetro y longitud)
- ✓ Que su rozamiento interno sea lo más bajo posible y su vida útil sea lo más larga posible
- ✓ Que su montaje o instalación sea simple y rápida
- ✓ Que existan gran variedad de diseños para adaptarlos a nuestra necesidad
- ✓ Que pueda utilizarse con o sin lubricación
- ✓ Que resista los esfuerzos de tracción, compresión y térmicos sin deformarse.

Tipos de cilindros

- **Cilindro simple efecto**

Es un actuador capaz de recibir en una cámara una determinada cantidad de aire comprimido que al expandirse, mueve un eje o vástago que realiza un trabajo mecánico. Se denomina de simple efecto porque su “efecto”, es decir, el trabajo que origina, sólo se produce en un sentido. Este trabajo se manifiesta a partir del movimiento de un eje o vástago del pistón, es así que, si el eje está adentro saldrá y si está afuera entrará

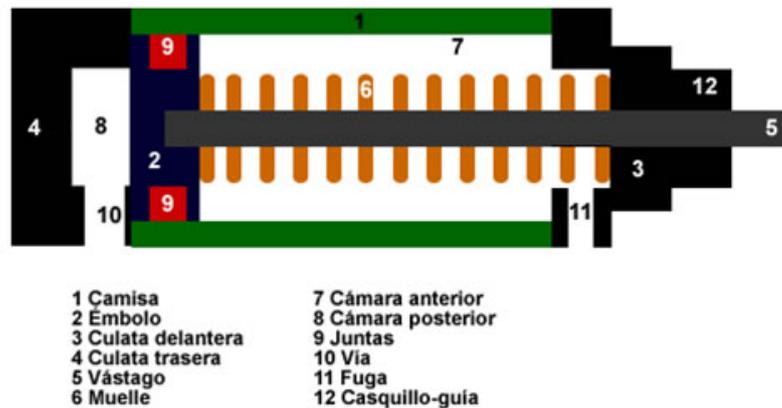


FIG. III. 22. Cilindro de simple efecto. Sección longitudinal

El movimiento de reposición del vástago a su condición de equilibrio se realiza a través de un resorte, que almacenó energía en la carrera de ida y lo devuelve en la de vuelta. Constatemos que, en todos los casos, el cilindro de simple efecto recibe aire en una sola de las cámaras mientras que la otra está constantemente conectada a la atmósfera.

Por otra parte, no siempre un actuador rectilíneo realiza su trabajo por desplazamiento de un pistón, también puede hacerlo por deformación de una membrana. La figura

siguiente nos muestra un actuador construido con membrana. El área útil es significativamente grande y las cámaras de estos aparatos son muy cortas. Reconocemos inmediatamente un par de aplicaciones para este tipo de actuador: apertura y cierre de válvulas globo o esclusa y frenos de aire de camiones y acoplados.

- **Cilindro doble efecto**

Este tipo de actuador es el más utilizado en automatización neumática, pues es muy versátil en sus aplicaciones y muy sencillo de controlar. Su denominación obedece a la característica que tienen de posibilitar el trabajo en los dos sentidos (avance y retroceso). Su construcción es similar a los de simple efecto, pero sin resorte de reposición y requieren obligatoriamente estánquerizar las dos cámaras.

Sus recorridos están normalizados y la fuerza que debe realizar es uno de los factores que limitan esta carrera debido al fenómeno de pandeo. Por otra parte, diremos también que, la fuerza que puede realizar en la carrera de avance es ligeramente mayor que la que realiza durante el retroceso debido a la diferencia de área útil.

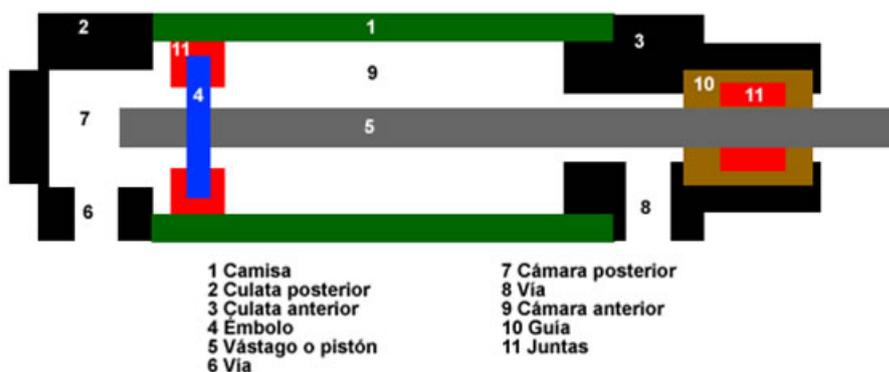


FIG. III. 23. Cilindro de doble efecto. Sección longitudinal.

Dispone de amortiguamiento en avance y retroceso. La figura anterior nos muestra un cilindro de doble efecto en posición de descanso. Haciendo ingresar aire a presión en la cámara trasera y liberando el de la delantera a la atmósfera logramos la salida del eje. La fuerza que desarrolla durante el movimiento dependerá de la presión de alimentación y de la carga que deba mover. Su recuperación se consigue entregando aire a presión en la cámara delantera y liberando el de la trasera.

Es importante tener en cuenta la inercia cuando las cargas son importantes. Por otra parte, el inicio del movimiento no ofrece mayores problemas. No es así al final del movimiento, cuando se produce un choque, que puede ocasionar daños graves.

- **Otros tipos de cilindros**

Existen otras configuraciones para cilindros neumáticos según las aplicaciones.

Podemos encontrar:

- ✓ Cilindros de doble vástago
- ✓ Cilindros tándem
- ✓ Cilindros de impacto
- ✓ Cilindros de giro

Es importante conocer su existencia, aunque no se explicaran aquí para no ampliar en demasía este apartado.

3.3.6.4 Motores neumáticos

Los motores neumáticos son unos elementos capaces de transformar la energía neumática en energía mecánica. Existen muchas herramientas que funcionan con aire comprimido y necesitan un motor, por ejemplo, taladradoras. Los motores neumáticos no solamente son útiles como herramientas de trabajo, también tienen un uso industrial, aunque no sea lo más común, porque ya existen los motores eléctricos, entre otras cosas. Sin embargo, en ciertas industrias, pueden llegar a ser necesarios, por temas de seguridad o higiene.

Las principales ventajas que obtenemos del uso de motores neumáticos son:

- ✓ Compactos y livianos: Un motor neumático con la misma potencia que un motor eléctrico pesa sólo una cuarta parte que éste y ocupa sólo una sexta parte de espacio. Además, desarrollan mucha más potencia con relación a su tamaño y peso que la mayoría de los otros tipos de motor.
- ✓ Fácil inversión del giro: Por medio de una válvula de control, funcionando con la máxima eficiencia a derechas o a izquierdas.
- ✓ Sin daños por sobrecargas: Los motores neumáticos se pueden ahogar indefinidamente sin que se recalienten ni experimenten ningún otro tipo de daño. También se pueden arrancar y parar repetidamente sin límite.
- ✓ Potencia ajustable: El par y la potencia de un motor neumático se pueden ajustar progresivamente variando la presión de trabajo. Además, la velocidad también se puede ajustar progresivamente en toda su gama variando el caudal de aire.

- ✓ Robustez: Los motores neumáticos no se ven afectados por el calor, vibración, corrosión o golpes. Su rendimiento en ambientes hostiles no puede ser igualado por ningún otro tipo de motor. El diseño y construcción sencillos, con muy pocas piezas móviles, aseguran una fiabilidad óptima y un mantenimiento mínimo.
- ✓ Resistencia a ambientes hostiles y agresivos: Al no generar chispas, resultan ideales para zonas con riesgo de explosión y/o incendio. Además, su construcción los hace ideales en ambientes salinos y otras atmósferas corrosivas.

CAPITULO IV

4 ANALISIS Y DISEÑO

4.1 INTRODUCCION

El sector industrial del país se encuentra en una transición de tecnología en sus diferentes procesos de producción para así alcanzar un mejor producto terminado y aumentar su índice de ganancias, para conseguir este objetivo se apuesta a varias técnicas entre una de ellas se encuentra la automatización de sus procesos.

Antes de comenzar con el proceso de automatización de un proceso industrial se deben tomar en cuenta varios factores para que el proyecto sea viable.

4.2 FACTORES DE ANALISIS AL REALIZAR UNA AUTOMATIZACION²¹

Primero que nada se debe definir un objetivo claro y concreto de lo que se pretende alcanzar. A continuación se presentan diferentes factores de acuerdo a los escenarios que se presentan al desarrollar un proyecto de automatización, en la primera parte se muestra factores respecto a la implementación, seguido de los principales factores a tener en cuenta cuando se quiere cambiar un proceso manual a automatizado.

4.2.1 Factor 1. Implementación

Algunos de los factores que justifican la implementación de la Automatización en las industrias son:

- Los mecanismos serán capaces de realizar acciones repetitivas en forma continua y rápida sin errores.
- Se conseguirá una mayor precisión y exactitud en las dimensiones físicas y características de los productos finales.

²¹ <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/21319/Capitulo5.pdf>

- La calidad del producto final será mejor, con mayor precisión y eliminando los errores de las personas.

Es importante antes de decidir implementar la automatización conocer los requerimientos de producción de proceso que se quiere automatizar.

4.2.2 Factor 2. Recursos Humanos

Los recursos juegan un factor clave para la automatización porque se tienen que adaptar rápidamente a los cambios de la empresa y esto nos permite aumentar la eficiencia del personal y controlar o reducir los costos asociados, un problema común en los proyectos de automatización industrial está en que son proyectados y diseñados por personas que traen conocimientos y experiencias sesgadas por sus estudios, y muchas veces tienen que extraer el conocimiento de otros, ya sea de personal de procesos de las plantas para incluirlo en el Sistema de Automatización por implementar.

En la mayoría de los casos se sabe que se puede colocar en el sistema de implementación toda la experiencia y conocimiento de todo lo que sabemos, por esta razón, los proyectos de automatización exigen el trabajo de equipos multidisciplinarios, en el que cada miembro aporta ideas hacia el objetivo de automatizar consiguiendo las metas propuestas. En el momento de la implantación de la automatización es imprescindible que todos los usuarios estén involucrados, ya que muchas veces no se implica a los usuarios finales y se suele tener como objetivo que estos sean más productivos, la participación de todos es más interesante ya que todas las personas pueden aportar ideas y detalles haciendo la solución más sencilla o adecuada y garantizar el éxito del proyecto.

Desde una visión de recursos humanos los principales factores a tomar en cuenta son:

- Reducción de la mano de obra no calificada.
- Reducción de labores peligrosas o dañinas realizadas por personas.
- Simplificación de la administración de la industria por el cambio de recursos humanos a maquinaria.
- Eliminación de errores humanos que afectan al producto terminado.

4.2.3 Factor 3. Recursos económicos

La automatización, como cualquier otra inversión, debe someterse al impacto financiero de la relación coste/beneficio. Como cualquier negocio es importante que la automatización sea

autosustentable y contribuya en forma definitiva a los ingresos de la empresa. La importancia e influencia de las tecnologías en una empresa están directamente ligadas a las características de la misma, por tanto será diferente si se trata de una PYME o de una Gran Empresa. Con frecuencia, en las empresas no existe una verdadera reflexión respecto a si es bueno tener una gran dimensión, sino que se pretende crecer siempre que se pueda

En la economía moderna, el factor tecnológico es quien propicia el cambio y la reducción de costos más significativo. Los efectos de los sistemas automáticos y basados en robots en los sectores industrial y de servicios son de las siguientes categorías:

1. Probablemente afectarán a las tasas de empleo en aquellos campos de actividad en los que las tareas se conviertan en automatizadas.
2. Los modelos laborales y las características del empleo pueden cambiar, lo que hará necesaria la adquisición de nuevos conocimientos y formación.
3. Pueden producirse cambios en la organización empresarial, conforme las empresas se vayan adaptando para aprovechar todo el potencial de los sistemas.

4.3 SELECCION DE LA PLATAFORMA DE AUTOMATIZACION Y ESPECIFICACION DE REQUISITOS DEL SISTEMA

Por aspectos de registros tecnológicos de la empresa, entendido como la estandarización de plataformas de control que permitan el mejor desempeño para las tareas de mantenimiento, el proceso de automatización a seguir, se considera de la siguiente manera:

Puesta del PLC; diseño, y montaje de los tableros de control, y mando, sensores y actuadores; e implementación de un sistema HMI con fines de ayuda, mantenimiento y monitoreo del proceso de mezclado de materia prima de manera automática, lo que implicará el establecimiento de una comunicación entre dispositivos entrada/salida y control.

Haciendo analogía con la Ingeniería de Software, se estimó conveniente realizar para este proyecto de automatización y puesta en marcha, el documento de especificación de requisitos del sistema, consistente en la fijación del alcance, prestaciones, seguridades, es decir, un acuerdo fijado con el cliente, en este caso con el líder de producción de la planta de Ecuateja, líder de mantenimiento eléctrico, y el líder de construcciones con el propósito de evaluar el progreso y los resultados finales, en base al mencionado documento.

Para el efecto, se acordó que la automatización se lleve a cabo en los siguientes términos:

1. Puesta del PLC. De acuerdo a los lineamientos de homologación tecnológica de la empresa, se utilizando un PLC telemecanique TWDLMDA20DRT base automática modular con 12 entradas de 24V CC y 8 salidas (2 salidas de común negativo de transistor de 0,3A y 6 salidas de relé de 2A) bloque de terminales de tronillo extraíble, con un modulo de ampliación TM2DRA8RT modulo de ampliación con 8 salidas de relé de 2A, con dos líneas comunes bloques de terminales extraíbles de tornillo y un módulo de comunicación modbus (modulo Ethernet).
2. Diseño y construcción de de tableros de mando y de control para tener un proceso de automatización seguro.
3. Puesta de sensores, actuadores y demás componentes eléctricos y electrónicos que satisfagan los requisitos técnicos.
4. Diseño de un sistema de interfaz hombre maquina que cumpla la función de control y monitor del proceso de mezclado de materia prima de forma automática, que sea de fácil utilización y de gran ayuda para el personal que va a utilizarlo.
5. Generar la documentación técnica necesaria: planos eléctricos, instructivos de arranque y puesta en parcha de la maquina, manuales de usuario del nuevo sistema implementado, y manuales mantenimiento del equipo.

4.4 SELECCION DE COMPONENTES

Uno de los aspectos fundamentales en el proceso de automatización es el óptimo proceso de diseño y selección de componentes, que se ajusta a parámetros técnicos, económicos, disponibilidad en el mercado, tiempos de retardo en la importación (si fuere el caso), etc.

Para los fines de una mejor identificación y codificación de los componentes, se asigna la nomenclatura que se empleará posteriormente en los planos definitivos del proyecto. Ver anexos B, Planos eléctricos y C, Planos neumáticos.

4.4.1 Selección de motores eléctricos

Los motores eléctricos en la industria, son los actuadores más empleados e importantes, puesto que son la primera fuente de movimiento mecánico. El proceso de selección de un motor conlleva aspectos tales como: características de accionamiento; aspectos constructivos;

potencia, calentamiento y refrigeración; medio ambiente; sistema aislante; aspectos de instalación, mantenimiento y protecciones²².

Los aspectos tomados en cuenta son los siguientes:

- a) Potencia y dimensiones mecánicas requeridas
- b) Tensión y frecuencia de alimentación
- c) Velocidad requerida
- d) Tipo de mando

Analizando la ecuación 1 de la eficiencia de los motores eléctricos:

$$\eta(\%) = \frac{PM}{PE} * 100\%$$

Ecuación 1

Siendo:

n = eficiencia o rendimiento en %.

P_M = Potencia mecánica o de salida

P_E = Potencia eléctrica o de entrada

Partiendo del conocimiento de la potencia mecánica requerida en el eje, y considerando la eficiencia típica de los motores eléctricos del 95 %, se despeja P_E y se aplica la ecuación (1), para la selección de la potencia eléctrica de los motores:

$$PE = \frac{PM}{\eta(\%)} * 100\%$$

Ecuación 2

El valor de potencia obtenido, se ajusta a los valores estándares de los fabricantes de motores. En casos de aproximación, se escogerá el valor inmediato superior.

²² <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Tecnologias/motores.pdf>

4.4.1.1 Motor de la mezcladora (M1)

El motor de la mezcladora tiene un tipo de mando triangulo estrella y se encuentra ubicada en la parte superior del recipiente de mezclado, la función que cumple este elemento es de transmitir el torque a las paletas para realizar la mezcla de la materia prima que interviene en el proceso de fabricación de tejas, este motor trabaja en conjunto con una caja de reducción que le ayuda a disminuir las revoluciones por minuto pero mantiene su torque; a continuación se detalla las características de los componentes:

TABLA. IV. 3. Características eléctricas del motor de mezclado

Fabricante	SIEMENS
Voltaje	440 V
Corriente	16.5 A
Frecuencia	60 Hz
Velocidad	1755 rpm
Potencia	12.6 Kw
Cos ϕ	0.85



FIG. IV. 24. Motor que activa las paletas de mezclado

4.4.1.2 Motor para subir y bajar, tolva de arena (M2)

Este motor se encuentra ubicado en la parte superior de una estructura cuya función es transportar la tolva móvil de arena desde la parte inferior de los silos hacia el recipiente de

mezclado, este motor sirve tanto para subir como para bajar la tolva que transporta la arena ya que tiene una conexión en los contactores que inviertan la polaridad en las líneas de potencia para poder conseguir el cambio de giro del motor, este motor trabaja asociado a una caja reductora de velocidad a continuación se detallan sus características de los componentes:

TABLA. IV. 4. Características eléctricas del Motor para subir y bajar, tolva de arena

Fabricante	EBERLE
Voltaje	208-230 / 440 V
Corriente	14-15 / 7.3 A
Frecuencia	60 Hz
Velocidad	1740 rpm
Potencia	5.6 Kw
Cos ϕ	0.7



FIG. IV. 25. Motor para subir y bajar, tolva de arena

4.4.1.3 Motor del sistema extracción de partículas (M3)

El sistema de extracción de partículas se encarga de mantener el lugar de trabajo libre de impurezas en el ambiente, estas partículas pueden ser de arena, cemento y pigmento ya que estos componentes al momento de ser colocados en el recipiente de mezclado tienden con gran facilidad se esparcen en el ambiente, provocando problemas de salud en las personas que se encuentran trabajando en ese lugar, este sistema se encuentra constituido principalmente por un motor que a continuación se

TABLA. IV. 5. Características eléctricas del motor del sistema de extracción

Fabricante	ABB
Voltaje	220 V
Corriente	6.8 A
Frecuencia	50 Hz
Velocidad	1100 rpm
Potencia	1.5 Kw
Cos ϕ	0.85



FIG. IV. 26. Motor del sistema extracción de partículas

4.4.1.4 Motor del compresor de Aire (M4)

El sistema neumático de la planta Ecuateja se encuentra conformado principalmente por un compresor de marca gillardine y un acumulador de aire. En esta planta existen pocos elementos que funcionan neumáticamente así que el compresor y el acumulador de aire no son de gran magnitud, las características del motor que transmite el movimiento a los pistones del compresor se detallan a continuación:

TABLA. IV. 6. Características eléctricas motor del compresor de Aire

Fabricante	SIEMENS
Voltaje	220/380 V
Corriente	14 A
Frecuencia	60 Hz
Velocidad	3450 rpm
Potencia	4 Kw
Cos ϕ	0.80



FIG. IV. 27. Motor del compresor de Aire

4.4.1.5 Motor para transportar cemento (2 motores, M5-M6)

En la planta Ecuateja se cuenta con una tolva principal para el almacenaje de cemento y una tolva secundaria que sirve para pesar el cemento y colocar en el recipiente de mezclado. Para poder transportar el cemento desde la tolva principal hacia la tolva secundaria se cuenta con un sistema conformado por motores, cajas de reducción, y 2 tornillos sin fin, a continuación se detallan las características de los motores y las cajas de reducciones:

TABLA. IV. 7. Características eléctricas del motor para trasportar cemento

Fabricante	SIEMENS
Voltaje	220 / 380 V
Corriente	9.9/3.3 A
Frecuencia	60 Hz
Velocidad	1420 rpm
Potencia	2.2 kw
Cos φ	0.8



FIG. IV. 28. Motor utilizado para transportar cemento

4.4.1.6 Motor Banda Bajo Silos (M7)

La arena tamizada es almacenada en cinco silos, a continuación esta arena es transportada por medio de 5 bandas secundarias un una banda principal esta arena es trasladada hacia el silo transportador de arena, para el conseguir el movimiento de estas bandas se utiliza seis motores con sus respectivas cajas de reducción de velocidad que a continuación se detalla sus características:

TABLA. IV. 8. Características eléctricas del motor de la banda principal bajo silos

Fabricante	ALG
Voltaje	220 V
Corriente	6.8 A
Velocidad	1450 rpm
Potencia	1.5 Kw
Cos ϕ	0.8

TABLA. IV. 9. Características eléctricas del motor de las bandas secundarias bajo silos

Fabricante	General Electric
Voltaje	220 V
Corriente	5 A
Frecuencia	50 Hz
Velocidad	1410 rpm
Potencia	1.1 KW
Cos ϕ	0.85



FIG. IV. 29. Motor de las bandas secundarias bajo silos

4.4.1.7 Bomba de agua

Para conseguir el transporte del agua desde la cisterna hacia el tanque de reserva que va a proveer de agua a la mezcla para la fabricación de tejas, Se utiliza una bomba de agua que a continuación se detalla sus características:

TABLA. IV. 10. Características eléctricas bomba de agua

Fabricante	SAER
Voltaje	110 V
Corriente	8 A
Frecuencia	60 Hz
Velocidad	3450 rpm
Potencia	0.55 Kw
Caudal máx.	2.4 m ³ /h



FIG. IV. 30. Bomba de agua

4.5 SELECCION DE SENSORES²³

En el proceso industrial los sensores son la parte más importante ya que estos nos enviarán las señales a nuestro PLC para efectuar los diferentes procedimientos como arranque de la máquina, realizar secuencia de operaciones, ordenes de parada de la maquina entre otras que requiere en nuestro proceso por ese motivo al momento de seleccionar los sensores que intervendrán en nuestro proceso debemos identificar cuáles son nuestras necesidades para contestar esta interrogante se van analizando los siguientes puntos:

1. Medición e inspección

- Distancia
- Tamaño
- Transparencia, reflectividad
- Normalmente requieren otros sensores para el posicionamiento

2. Características del objeto

- Tamaño
- Rango
- Velocidad
- Movimiento entre el sensor y el objeto
- Forma
- Acabado superficial
- Translucidez
- Tipo de material

3. Requerimientos funcionales

- Tamaño del sensor
- Alimentación
- Tipo de salida
- Tiempo de respuesta
- Diagnósticos
- Temporizador
- Activo con o sin luz (NA=normalmente abierto o NC=normalmente cerrado)

4. Características ambientales

- Contaminación del aire

²³ <http://www.rockwellautomation.com/es/solutions/onmachine/selectsensors.html>

- Temperatura
 - Choques, vibración
 - Inmersión en el agua
 - Peligrosidad
5. Requerimientos del servicio
- Ajustabilidad
 - Salidas reemplazables
 - Desconexión rápida
6. Montaje físico
- Espacio restringido

4.5.1 Sensores de peso

Estos sensores serán los encargados de dosificar las materias primas como es el caso de la arena, cemento, y pigmento. Estos sensores están conformados por unas celdas de cargas transductivas que convierten el peso de un material en una señal eléctrica esta conversión se lo realiza gracias a la deformación de las galgas extensiométricas que conforman las celdas de cargas, ya sea esta deformación por tensión o por compresión. La deformación producirá un cambio en la resistencia eléctrica proporcional a la carga. Estos sensores de peso trabajan en conjunto con un display de siete segmentos, un teclado de membrana sellada con seis teclas de operación, y con una interfaz de comunicación RS 232; que nos permitirá programar los pesos requeridos.

Las celdas que se utilizan en el pesaje de arena tiene una capacidad de 600kg, y las celdas utilizadas para pesar el cemento tiene una capacidad de 150 kg. Este peso so se puede exceder ya que se puede causar daños en las celdas.

TABLA. IV. 11. Características eléctricas de los sensores de peso

SENSOR	ALIMENTACION	NUM.CELDAS	CAPACIDAD DE CARGA
SENSOR DE ARENA	110V	4	150 Kg
SENSOR DE CEMENTO	110 V	2	100Kg

4.5.2 Finales de carrera

Para obtener señales de entradas al PLC se utiliza interruptores electromecánicos conocidos

como finales de carreras cuyo objetivo es decirnos la posición de la tolva de transportación de arena ya que esta se debe subir a depositar su contenido al recipiente de mezclado y debe detenerse al tener contacto con el final de carrera de subida y al momento de bajar para el pesaje de arena debe estar ubicado en las bases de las celdas, para estar seguros que se encuentra en la posición correcta debe estar accionado el final de carrera de bajada.

Para poder seleccionar estos elementos se tomaron en cuenta las siguientes características:

- a) Contacto
- b) Dimensiones físicas

Selección de finales de carrera:

TABLA. IV. 12. Características de los finales de carrera

Final de carrera	Tipo de accionamiento mecánico	Contacto
Final de carrera de subida	Embolo con rodillo	NC/NO
Final de carrera de bajada	De palanca	NC/NO



FIG. IV. 31. Final de carrera de bajada



FIG. IV. 32. Final de carrera de subida

4.6 CONSTRUCCIÓN DE LOS TABLEROS ELÉCTRICOS.

Para el control y operación del proceso de mezclado de materia prima de forma automática se decidió construir dos tableros eléctricos, el primero se encuentra en el tablero de potencia de la mezcladora y está conformado por el PLC, relés, fusibles, entre otros componentes eléctricos que en la siguiente tabla se detalla.

TABLA. IV. 13. Materiales utilizados en la construcción del tablero de control

Elemento	Función
PLCTWDLMDA20DRT	Controlar el proceso de automatización
Modulo de expansión TM2DRA8RT	Envía señales a los relés de conexión de señales de los sensores
Fuente de alimentación	Proveer de energía al PLC y sus componentes
Modulo Ethernet	Medio de comunicación entre el PLC y el HMI
Breakes	Protección contra sobrecargas, al PLC y a los relés.
Relés de conexión	Interfaz de mando de las señales de salida del PLC hacia los contactores de potencia
Fusibles	Protección al exceso de intensidad hacia el PLC y sus componentes.
Canaletas	Protección de los conductores eléctricos (cables), que conectan a los elementos eléctricos.
Rieles Din	En donde se ubican todos los elementos eléctricos.

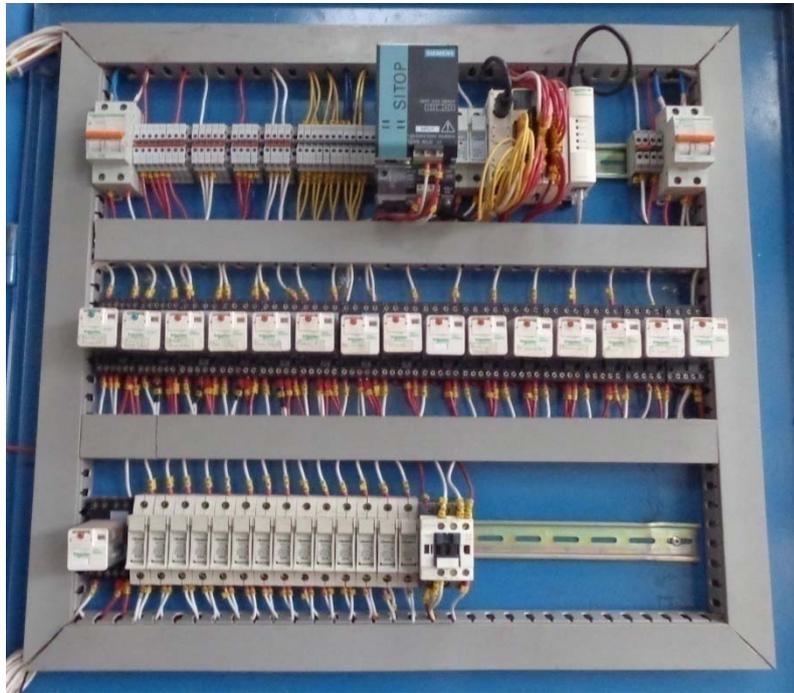


FIG. IV. 33. Tablero de control

El segundo tablero se encuentra en el lado derecho del tablero de mando que es para opera de manera manual. El segundo tablero es donde se da el arranque y puesta en marcha del proceso de mezclado de manera automático y se encuentra construido componentes eléctricos que se detallan en la siguiente tabla.

TABLA. IV. 14. Materiales utilizados en la construcción del tablero de mando

Elemento	Función
Selector de dos posiciones	Posiciona el modo de trabajo, puede ser manual o automático
Pulsador doble	Dar inicio o detener el proceso de mezclado de materia prima de forma automático
Pulsador simple	Para pausar el proceso.
Botón de emergencia	Cortar la energía a todos los elementos que interviene en el proceso
Luces pilotos	Para que el operador observe que proceso se está realizando



FIG. IV. 34. Tablero de mando

4.6.1 Botoneras y parada de emergencia

Estos elementos utilizados para construcción del tablero de mando permitirán facilitar la operación del proceso de mezclado de materia prima de forma automática, todos estos elementos en conjunto con los sensores que intervienen en el proceso son las señales de entradas para el PLC y poder realizar todas las secuencias que se encuentran programadas. Para seleccionar estos elementos se considero las siguientes características:

- a) Contacto
- b) Accionamiento
- c) Luz piloto
- d) Numero de posiciones

TABLA. IV. 15. Interruptores eléctricos utilizados en el tablero de mando

Botonera	Contacto	Accionamiento	Luz Piloto	Numero de Posiciones
Selector manual/ automático	NC/NO	MANUAL	NO	2
Pulsante de inicio y paro del proceso	NC/NO	Pulsador doble, color rojo y verde	SI	-
Pulsante de pause del proceso	NC	Pulsante, color amarillo	NO	-
Pulsante de Emergencia	NC	Pulsante, tipo hongo	NO	-

4.6.2 Selección de contactores

Para la operación del proceso de mezclado de manera manual se utilizan varios botones que activan y desactivan los diferentes elementos eléctricos que ayudan al proceso de mezclado. Los elementos eléctricos se encuentran controlados por contactores estos elementos se encuentran ubicados en el tablero de mando, la tensión de mando de las bobinas de los contactores es de 220 VAC. A continuación se detallan los contactores que se encuentran en el tablero de mando:

TABLA. IV. 16. Características eléctricas de los contactores utilizado

Contactor	Bobina		Contactos principales		
	Tensión (V AC)	Frecuencia (Hz)	Tensión (V AC)	Corriente máx. (A)	Potencia (Kw)
Contactores de los motores para la banda bajo silos secundarias (C1-C5).	120	50-60	200-690	60	11-30
Contactador del motor para la banda bajo silo principal (C6).	220	50-60	400-690	80	37-66
Contactores de los motores de transportación de cemento (C7, C8).	120	50-60	400-690	38	2.2-18.5
Contactador del motor del mezclador (C9).	220	50-60	200-600	60	30-90
Contactores para la tolva transportadora de arena. (C10, C11).	220	50-60	200-690	16	1.5-7.5
Contactador de la bomba de agua (C12).	220	50-60	200-575	9	2.24-3.74
Contactador del motor sistema de aspiración(C13)	220	50-60	200-575	9	2.24-3.74



FIG. IV. 35. Contactores para activar las bandas bajo silos

4.6.3 Selección de guardamotores

Para los guardamotores que son dispositivos magneto- térmicos que nos ayudan a la protección de motores eléctricos que nos ayudan a la protección de sobre intensidades principalmente en los arranque de los motores y a la protección de sobrecargas de motores y cortocircuitos; estos dispositivos son regulables a diferentes rangos de intensidad. A continuación se detallan los guardamotores que se encuentran en el tablero de mando:

TABLA. IV. 17. Características eléctricas de guardamotores utilizados

Guardamotores	Rango de corriente (A)	Corriente de cortocircuito (A)	Contacto auxiliar
Guardamotor de los motores para la banda bajo silos secundarios (e1-e5).	1-3	19	1 NA, 1 NC
Guardamotor del motor para la banda bajo silo principal (e6).	1-6.3	19	1 NA, 1 NC
Guardamotor de los motores de transportación de cemento (e7, e8).	1-3	19	1 NA, 1 NC
Guardamotor del motor del tambor de entrada de rollos (e6)	1-2	19.2	1 NA, 1 NC
Guardamotor del motor del mezclador (e9)	1.6-2.5	30	1 NA, 1 NC
Guardamotor para la tolva transportadora de arena. (e10, e11).	2.5-4	38	1 NA, 1 NC
Guardamotor de la bomba de agua (e12).	1-1.6	10	1 NA, 1 NC
Guardamotor del motor sistema de aspiración(e13)	1.6-2.5	10	1 NA, 1 NC



FIG. IV. 36. Guardamotores de las bandas bajo silos

4.6.4 Selección de relés

En el presente proyecto los relés son utilizados como una forma de interfaz de mando desde las señales de salida del PLC, a potencia en los contactores ya que las salidas del PLC son de 24 VCD y las bobinas de activación de los contactores son en su gran mayoría de 120 VCA, 220VCA

- a) Voltaje de control
- b) Voltaje y corriente de los contactos

TABLA. IV. 18. Características eléctricas de los relés utilizados

Relé de conexión	Entrada	Salida	
	Voltaje de control (V DC)	Voltaje de línea (V AC)	Rango de corriente de carga (A)
Relé de conexión para la banda bajo silos (R1)	3 - 32	24 - 400	0.1 - 40
Relé de conexión para subir la tolva de arena (R2)	3 - 32	24 - 400	0.1 - 40
Relé de conexión para bajar la tolva de arena(R3)	3 - 32	24 - 400	0.1 - 40
Relé de conexión para transportar cemento(R4)	3 - 32	24 - 400	0.1 - 40
Relé de conexión para accionar la electroválvula de cemento(R5)	3 - 32	24 - 400	0.1 - 40
Relé de conexión para accionar el motor del mezclador(R6)	3 - 32	24 - 400	0.1 - 40
Relé de conexión para activar la bomba de agua(R7)	3 - 32	24 - 400	0.1 - 40
Relé de conexión para accionar la electroválvula del agua(R8)	3 - 32	24 - 400	0.1 - 40

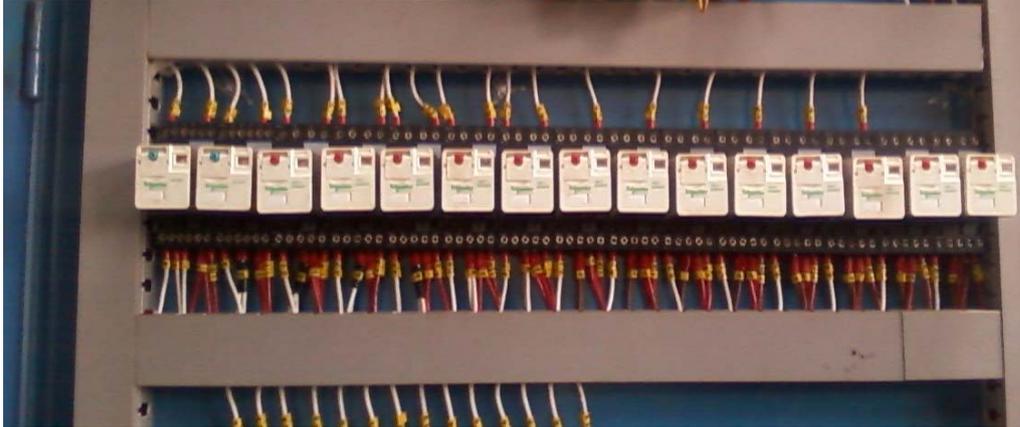


FIG. IV. 37. Relés activados por las salidas del PLC

4.6.5 Selección de fusibles de Protección

Para la seguridad operativa de nuestro proceso se seleccionó fusibles tipo cartucho ya que estos nos brinda la protección contra sobrecargas y cortocircuitos, es muy importante el uso de fusibles ya que nos ayudan a proteger a contactores relés, a los conductores, y principalmente a nuestro PLC. A continuación se detallan los fusibles utilizados:

TABLA. IV. 19. Fusibles de protección utilizado en las salidas del PLC

Fusible	Voltaje de alimentación	Corriente nominal	Corriente mínima de interrupción
Fusible de la salida del PLC (Q0)	120	2	5
Fusible de la salida del PLC (Q1)	120	2	5
Fusible de la salida del PLC (Q2)	120	2	5
Fusible de la salida del PLC (Q3)	120	2	5
Fusible de la salida del PLC (Q4)	120	2	5
Fusible de la salida del PLC (Q5)	120	2	5
Fusible de la salida del PLC (Q6)	120	2	5
Fusible de la salida del PLC (Q7)	120	2	5
Fusible de la salida del PLC (Q8)	120	2	5
Fusible de la salida del PLC (Q9)	120	2	5
Fusible de la salida del PLC (Q10)	120	2	5
Fusible de la salida del PLC (Q11)	120	2	5

Fusible de la salida del PLC (Q12)	120	2	5
Fusible de la salida del PLC (Q13)	120	2	5
Fusible de la salida del PLC (Q14)	120	2	5

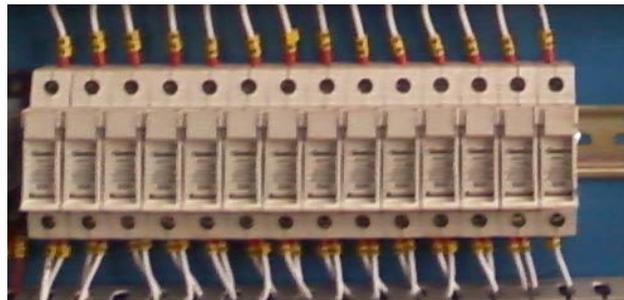


FIG. IV. 38. Fusibles utilizados para la protección del PLC

4.7 SELECCION DE COMPONENTES NEUMATICOS

4.7.1 Selección de unidad de mantenimiento neumática

Considerando que la presión de línea de los componentes neumáticos es de 120 psi, se requiere de una unidad de mantenimiento que se encuentra ubicado a la salida del acumulador que suministra de aire a toda la planta de Ecuateja.

Los aspectos considerados para la selección de las unidades de mantenimiento son:

- Conexión de entrada y salida: 1plg
- El regulador de presión viene incluido
- El rango de medida del manómetro de presión es de 0 a 200psi



FIG. IV. 39. Unidad de mantenimiento instalada en la salida del compresor

4.7.2 Cilindros neumáticos

Para el proyecto de automatización del proceso de mezclado se requirió de dos cilindros neumáticos el primero ubicado en la compuerta de la tolva de cemento secundario que permitirá dejar caer el contenido al recipiente de mezcla y el segundo cilindro que se encuentra en la tubería de salida del tanque de agua de reserva que nos permitirá obtener la mezcla las condiciones consideradas para su selección fueron las siguientes:

- a) Diámetro del vástago
- b) Carrera del vástago
- c) Rango de presión
- d) Conexiones neumáticas.

TABLA. IV. 20. Cilindros neumáticos utilizados en el sistema

Cilindro	Diámetro del vástago (mm)	Carrera del vástago (mm)	Rango de presión (PSI)	Conexiones Neumáticas (plg)
Cilindro que abre la tapa de la tolva de cemento	50	400	50-150	1/4
Cilindro que abre la válvula de agua	20	160	50-150	1/8



FIG. IV. 40. Cilindro ubicado en el silo de cemento



FIG. IV. 41. Cilindro que permite el aporte de agua

4.7.3 Selección de electroválvulas

Para el control de los cilindros neumáticos se utilizan electroválvulas, que son dispositivos electromecánicos que sirven para controlar el flujo del aire como puede ser una tubería, las electroválvulas están compuestas por la válvula y la solenoide que convierte la energía eléctrica en mecánica que permite actuar a la válvula. De esta manera se puede controlar por las salidas del PLC. Los parámetros considerados para

La selección de las válvulas es:

- a) Vías/posiciones
- b) Conexiones neumáticas
- c) Rango de presión
- d) Accionamiento

TABLA. IV. 21. Electroválvulas utilizadas en el sistema

Válvula	Vías/Posiciones	Conexiones neumáticas (plg)	Rango de presión (PSI)	Accionamiento
Electroválvula del Cilindro que abre la tapa de la tolva de cemento	5/2	1/4	28-145	Eléctrico retorno por resorte
Electroválvula del cilindro que abre la válvula de agua	5/2	1/8	28-145	Eléctrico retorno por resorte



FIG. IV. 42. Electroválvula del cilindro que abre la válvula de agua

4.8 DISEÑO, CONFIGURACION Y PUESTA EN MARCHA DEL PLC

El elemento de control del proceso de mezclado automático de materia prima viene dado por el PLC de base modular Twido TWDLMDA20DRT el cual cumple la función del arranque, puesta en marcha del sistema el controlador posee 12 entradas de 24 VDC y 8 salidas (2 salidas en común negativo de transistor de 0.3 A y 6 salidas de relé a 2 A), las comunicación que puede efectuar Twido son CAN open, Modbus y Ethernet también permite programar un máximo de 250 entradas y salidas.

Adicional a la base modular se necesita un módulo de salidas TM2DRA8RT módulo de ampliación con 8 salidas de relé de 2A, con dos líneas comunes bloques de terminales extraíbles de tornillo y un módulo de comunicación modbus (modulo Ethernet). La configuración del PLC es un proceso mediante el cual se determina ¿cómo? y ¿dónde? se sitúan los distintos componentes del sistema de control, la configuración dependerá de la tarea y del tipo de control propiamente dicho que se haya decidido y contempla tanto los elementos del PLC como sus periféricos.

La mejor manera de realizar la configuración es elaborar un mapa de direccionamiento, en el que mediante una representación de las estructuras de E/S se indica los componentes que se ubican en el local junto a la CPU y cuáles se sitúan en posiciones remotas. Concluida la configuración del sistema, se ejecutan simultáneamente dos trabajos: la programación y la instalación.

Para la instalación, dadas las características constructivas y de diseño de los PLC's, su instalación es viable en prácticamente cualquier ambiente industrial siempre que no se

sobrepasen las especificaciones dadas por el fabricante. No obstante, existen ciertas recomendaciones prácticas para asegurar un correcto funcionamiento del sistema, que atañen principalmente a las condiciones de temperatura, humedad.

Por tal motivo la ubicación del PLC se encuentra en el armario de Mando con dimensiones adecuadas para montar el equipo con sus demás componentes que se requieren para la automatización del proceso.

4.8.1 Ubicación de los componentes

Para la ubicación del PLC y sus componentes se seguirá con las recomendaciones del fabricante y así evitar daños y mal funcionamiento de los equipos para eso se ha tomado en cuenta las siguientes recomendaciones para su instalación:

- Es recomendable el montaje vertical de los componentes para facilitar la convección y disipación del calor.
- Las fuentes de alimentación deberán ocupar una posición por encima del resto de componentes y en la parte superior del armario, ya que son generadores de calor.
- La CPU ocupará una posición adyacente o por debajo de las fuentes de alimentación, en la zona superior del armario, quedando a una altura que facilite su inspección.
- Los módulos de E/S estarán dispuestos de la forma más conveniente para el acceso y cableado en el espacio libre.
- Se dejarán espacios suficientes entre los distintos elementos para una adecuada disipación del calor.

Para la alimentación al PLC se utilizó una fuente SIEMENS que nos permitirá trabajar incluso cuando exista altas fluctuaciones de tensión y aumento transitorio de potencia de esta manera nos garantiza seguridad y fiabilidad para el uso en nuestro sistema, a esta fuente se le puede alimentar con una tensión de 110 o 220 VAC y su voltaje de salida es de 24 VDC

está conformada por un cuerpo metálico compacto, no se precisa respetar distancias libres a los costados ya que cuenta con un ventilador que disipa el calor al momento de su funcionamiento.

4.8.2 Consideraciones sobre la instalación de E/S.

Cuando se emplean dispositivos electrónicos de detección como elementos de entrada, hay que tener en cuenta la corriente residual de los mismos (sensores de 2 hilos de corriente alterna). En general, el problema se reduce a que el indicador de entrada se ilumina tenuemente, pero en ocasiones, cuando la corriente residual es elevada.

Dependiendo de los umbrales de disparo del circuito de entrada, pueden darse señales falsas. Los circuitos de salida controlan habitualmente cargas inductivas (relés o contactores), que provocan la aparición de picos de tensión cuando se interrumpe el circuito de alimentación (descarga del circuito inductivo). Estas crestas, que pueden alcanzar varios centenares de voltios, deben ser suprimidas, ya que pueden averiar los circuitos de salida (estáticos) y provocar interferencias en todo el sistema. Los fabricantes suelen incorporar supresores de transitorios en los circuitos de los módulos de salida pero a veces no son suficientes para evitar anomalías.

En general los módulos de salida incorporan circuitos de protección dimensionados adecuadamente a las características nominales de la salida (transistor, triac); sin embargo, se redunda esta protección a través de fusibles instalados en la regleta de borneras, dimensionados de acuerdo a la corriente de la carga.

4.8.3 Puesta a punto

Una vez montado e instalado el equipo y cargado el programa en la memoria de la CPU, hay que poner en marcha el sistema para comprobar que responde adecuadamente a la descripción de la tarea de control original, y en su caso realizar las correcciones y mejoras oportunas.

Antes de energizar, hay que hacer una serie de comprobaciones rutinarias pero importantes:

1. Comprobar que todos los componentes del PLC están en su lugar perfectamente insertados y asegurados en sus conectores.

2. Comprobar que la línea de alimentación está conectada a los correspondientes terminales de la fuente de alimentación del equipo, y que se distribuye adecuadamente a los módulos de entrada y salida.
3. Verificar que los cables de conexión a periféricos están correctamente instalados.
4. Verificar que las conexiones de las borneras están firmes y corresponden al esquema de cableado.

CAPITULO V

5 DESARROLLO DEL SOFTWARE

Para la automatización del sistema de mezclado de materia prima para la fabricación de tejas de forma automática se eligió dos programas:

TWIDO SUITE: Se desarrolló un programa para el PLC TWIDO TWDLMDA20DRT que tiene como objetivo realizar los procesos necesarios para obtener el control del proceso de mezclado para la fabricación de los diferentes tipos de tejas que en lenguaje ladder.

LABVIEW: Se desarrollo un software en la PC que nos sirve como una interfaz gráfica para que el operador o el líder de Ecuateja ponga en marcha el proceso de mezclado permitiendo, monitorear, controlar, y obtener registros de la producción.

5.1 TWIDO SUITE

5.1.1 Generalidades²⁴

Twido Suite es un entorno de desarrollo gráfico para crear, configurar y mantener aplicaciones para controladores programables Twido. Twido Suite permite introducir programas de control utilizando los editores de programa de lista o Ladder Logic de Twido Suite y, a continuación, transferir el programa para ejecutarlo en un controlador. Twido Suite es un programa basado en Windows para un ordenador (PC) que se ejecuta con los sistemas operativos Microsoft Windows.

- Ventana Principal

La ventana principal de Twido Suite proporciona fácil acceso a los menús, comandos, ventanas, barras de herramientas, y vistas de una aplicación. En ella podemos encontrar: barra de título, barra de menús, barra de herramientas principal, navegador de aplicación, editores, visualizadores y barra de estado.

- Navegador Twido Suite

Es una ventana adicional que proporciona una vista en árbol de una aplicación. Las ventanas y

²⁴ <http://isa.uniovi.es/~sistemasautomaticos/Archivos/P2.TwidoSuite.pdf>

las barras de herramientas flotantes pueden trasladarse y colocarse en los bordes de una ventana principal. Los elementos de una aplicación aparecen en orden lógico dependiendo su relación dentro de la aplicación. Estos elementos son: nombre de la aplicación, modelo de autómeta, configuración de hardware, configuración de software, programa, símbolos, animación, documentación, barra del navegador y cuadro de cierre.

- Visualizador de Ladder Logic

Proporciona una visualización gráfica de un programa Ladder y los escalones que lo componen. Para editar o modificar escalones, se debe emplear el editor de Ladder Logic.

- Editor de Ladder Logic

Es un editor de programas basado en gráficos y es utilizado para crear diagramas ladder, mediante los siguientes elementos: barra de título, barra de herramientas, escalón, cabecera de escalón, comentario, reticulado de programación, elementos Ladder Logic, barra de herramientas de la paleta.

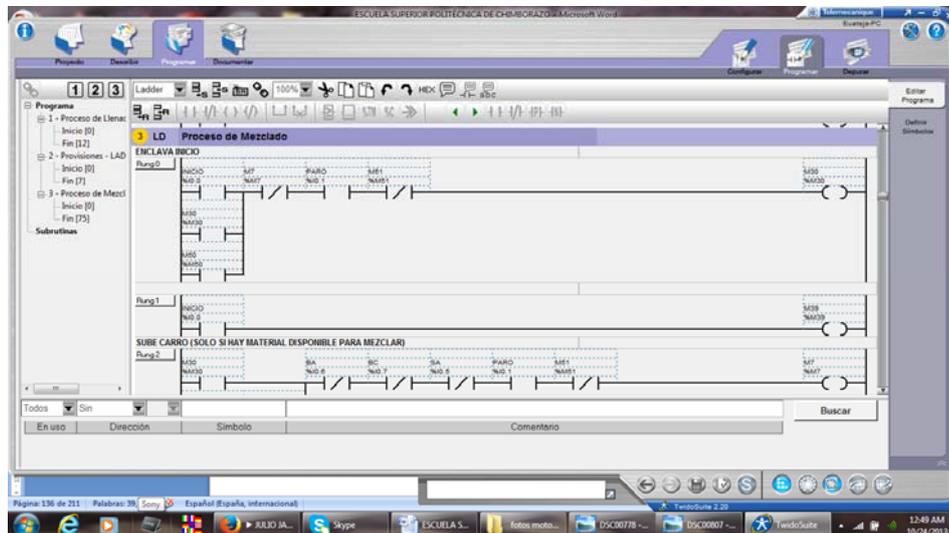


FIG. V. 43. Entorno Twido Suite

5.1.2 Lenguajes de programación.

Para la programación de nuestro proyecto se necesita un lenguaje de programación que me permita tener un programa robusto de fácil manejo y que sea compatible con el PLC TWDR20TDR para ello se ha elegido el programa de desarrollo TWIDOSUITE. Para crear programas de control

usando TWIDOSUITE se pueden utilizar tres lenguajes de programación diferentes:

5.1.2.1 Lenguaje Instruction List o lista de instrucciones

Un programa de lista de instrucciones o IL se compone de una serie de expresiones lógicas escritas como una secuencia de instrucciones booleanas ejecutadas de forma secuencial por el autómata. A continuación se muestra un ejemplo de un programa de Lista (Figura VII.100).

```
0 BLK %CS
1 LDF %I0.1
2 R
3 LD %I0.2
4 AND %M0
5 CU
6 OUT_BLK
7 LD D
8 AND %M1
9 ST %Q0.4
10 END_BLK
```

FIG. V. 44. Ejemplo de un programa de Lista

5.1.2.2 Diagramas Ladder Logic o Diagrama de contactos

Un diagrama Ladder es una forma gráfica de mostrar una expresión lógica. Los diagramas de contactos son similares a los diagramas lógicos de relé que representan circuitos de control de relé. En dichos esquemas, los elementos gráficos, como las bobinas, los contactos y los bloques, representan las instrucciones del programa. A continuación se muestra un ejemplo de un diagrama de contactos.



FIG. V. 45. Ejemplo de diagrama de contactos o ladder

5.1.2.3 Lenguaje Grafcet

El lenguaje grafcet está compuesto por una sucesión de pasos y transiciones. El método analítico grafcet divide cualquier sistema de control secuencial en una serie de pasos a los que se asocian acciones, transiciones y condiciones. A continuación se muestra un ejemplo de un diagrama de contactos.

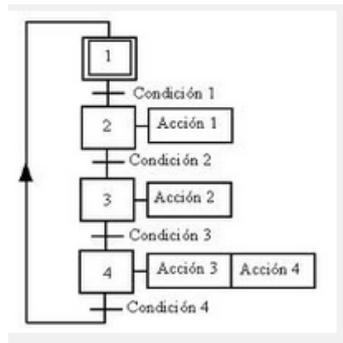


FIG. V. 46. Ejemplo de lenguaje Grafcet

5.1.3 Objetos del lenguaje Twido suite

TABLA. V. 22. Objetos que maneja el software

Apartado
Validación de objetos de lenguaje
Objetos de bit
Objetos de palabras
Objetos flotantes y palabras dobles
Direccionamiento de objetos de bit
Direccionamiento de objetos de palabra
Direccionamiento de objetos flotantes
Direccionamiento de objetos de palabras dobles
Direccionamiento de las entradas y salidas
Direccionamiento de red
Objetos de bloques de función
Objetos de estructurales
Simbolización de objetos

Objetos bit

Los objetos de bit son variables de software de tipo bit que se pueden utilizar como operandos y verificar mediante instrucciones booleanas. A continuación se ofrece una lista de objetos de bit.

- Bits de E/S
- Bits internos (bits de memoria)
- Bits de sistema
- Bits extraídos de palabras

Objetos palabra

Los objetos de palabras son registros de 16 bits, almacenados en la memoria de datos y pueden contener un valor entero de entre -32.768 y 32.767 .

Ejemplos de objetos de palabras:

- Valores inmediatos
- Palabras internas (%MWi) (palabras de memoria)
- Palabras constantes (%KWi)
- Palabras de intercambios de E/S (%IWi, %QWi)
- Palabras de sistema (%SWi)
- Bloques de función (datos de ejecución o configuración)

5.1.4 Direccionamientos de objetos en Twido suite

- Direccionamiento de objetos de bits

En la siguiente tabla se muestra el formato para direccionar objetos de bit de sistemas internos y la Tabla. V. 26. Describe los elementos del formato de direccionamiento.

TABLA. V. 23. Formato de direccionamiento de objetos de bits

%	MS o X	i
Símbolo	Tipo de Objeto	Número

TABLA. V. 24. Elementos de direccionamiento en bits.

Grupo	Elemento	Descripción
Símbolo	%	El símbolo de porcentaje siempre precede a una variable de software
TIPO DE OBJETO	M	Los bits internos almacenan valores intermedios mientras se está ejecutando un programa
	S	Los bits de sistema proporcionan información de control y de estado del controlador
	X	Los bits de pasos proporcionan información de estado de las actividades de pasos.
Numero	i	El valor numérico máximo depende del número de objetos configurados

- Direccionamiento de objetos de palabras

En la Tabla. V. 27 indica el formato para direccionar objetos de palabras y la Tabla. V. 28 describe los elementos del formato de direccionamiento.

TABLA. V. 25. Formato de direccionamiento de objetos de palabras.

%	M K o S	W	i
Símbolo	Tipo de Objeto	Sintaxis	Número

TABLA. V. 26. Elementos de direccionamiento de objetos de palabras.

Grupo	Elemento	Descripción
Símbolo	%	El símbolo de porcentaje siempre precede a una dirección interna.
Tipo de Objeto	M	Las palabras internas almacenan valores inter medios mientras se está ejecutando un programa
	S	Las palabras de sistema proporcionan información de control y de estado del controlador
	K	Las palabras constantes almacenan valores constantes o mensajes alfanuméricos. Su contenido solo puede sobrescribirse o modificarse utilizando Twido Suite.
Sintaxis	W	Palabra de 16 bits.
Numero	i	El valor numérico máximo depende del número de objetos configurados

- Direccionamientos de las entradas/salidas

Cada punto de entrada/salida (E/S) de una configuración Twido tiene una única dirección (Ver TABLA V. 29). Por ejemplo, la dirección "%I0.0.4" sólo representa la entrada 4 de un autómata.

TABLA. V. 27. Formato de direccionamiento de entradas y salidas.

%	I Q	x	.	y	.	z
Símbolo	Tipo de Objeto	Posición del controlador	Punto	Tipo E/S	Punto	Número de canal

5.1.5 Comunicaciones del PLC Twido

Twido ofrece uno o dos puertos serie para las comunicaciones con controladores de E/S remotas o dispositivos generales. Cualquier puerto, si hay más de uno, se puede utilizar para cualquiera de los servicios, con excepción de la comunicación con Twido Suite, que sólo se puede establecer mediante el primer puerto²⁵. Los controladores Twido admiten tres protocolos básicos distintos: Conexión Remota, ASCII y Modbus (máster de Modbus o Slave de Modbus).

- **Conexión remota:**

El protocolo de conexión remota es un bus máster/Slave de alta velocidad diseñado para transferir una pequeña cantidad de datos entre el controlador máster y hasta siete controladores remotos (Slave). Se transfieren datos de E/S o de aplicación dependiendo de la configuración de los autómatas remotos.

- **ASCII:**

El protocolo ASCII es un protocolo simple de modo de caracteres de dúplex completo que se utiliza para transmitir o recibir una cadena de caracteres hacia o desde un dispositivo simple (impresora o terminal).

- **Modbus RTU²⁶:**

El protocolo Modbus es un protocolo máster/Slave que permite a un máster, y sólo a uno, pedir respuestas de los salves o realizar acciones dependiendo de las peticiones. El máster puede dirigirse a los salves individuales o iniciar una difusión de mensajes para todos los salves. Los salves devuelven un mensaje (respuesta) a las peticiones que se les envían individualmente.

5.1.5.1 Configuración del esclavo TWIDO.

Los autómatas TWIDO tienen un puerto integrado de comunicación RS-485 a RS-232 configurable para operar con los protocolos ya mencionados. Direccionamiento Modbus para el PLC TWIDO Estos autómatas atienden a las peticiones de un maestro Modbus mediante el manejo de espacios de memoria denominados marcas, las que pueden ser de tipo digital M (dato con formato booleano) o

²⁵ (<http://www.oei.es/memoriasetsi/mesa6/m06p17.pdf>)

²⁶ (http://tv.uvigo.es/uploads/material/Video/1567/ISAD_Tema6.pdf)

de tipo de registro MW (dato con formato de palabra). Así se tiene que cada marca digital o de tipo palabra posee una dirección particular para el máster Modbus.

TABLA. V. 28. Direccionamiento Modbus para PLC TWIDO.

DIRECCION MODBUS	R	W	DIRECCION TWIDO
.00001	√	√	M0
.00002	√	√	M1
.00003	√	√	M2
.0....	√	√	...
.00256	√	√	M255
.10001	√	-	M0
.10002	√	-	M1
.10003	√	-	M2
.1....	√	-	...
.10256	√	-	M255
.30001	√	-	MW0
.30002	√	-	MW1
.30003	√	-	MW2
.3....	√	-
.33000	√	-	MW2999
.40001	√	√	MW0
.40002	√	√	MW1
.40003	√	√	MW2
.4....	√	√
.43000	√	√	MW2999

5.1.5.2 Pasos a seguir para la configuración del PLC

Para configurar al PLC TWIDO y utilizar el enlace serial para enviar y recibir caracteres utilizando el protocolo Modbus, se procede cómo se explica a continuación:

1. Definir la comunicación en el puerto 1 en el hardware mediante Twido Suite.
2. Configurar los parámetros de comunicación del puerto utilizado para el protocolo Modbus RTU, siguiendo las condiciones de dirección, velocidad y paridad planteadas en el diseño.

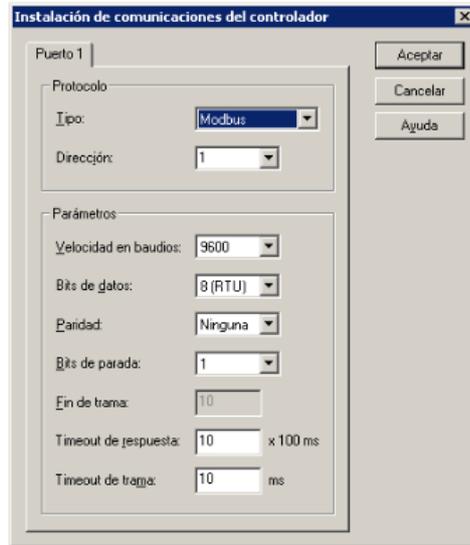


FIG. V. 47. Configuración de parámetros de comunicación TWIDO.

5.1.5.3 Descarga del programa al PLC

Para descargar el programa al controlador TWIDO es necesario contar con el software Twido Suite y el cable de comunicación TSX PCX 1031 conectado entre el puerto 1 RS485 del PLC al puerto COM serial del computador RS232 (DB9). Se debe asegurar que el conmutador rotativo del cable está en la posición 2 (Ver Figura 3-6).

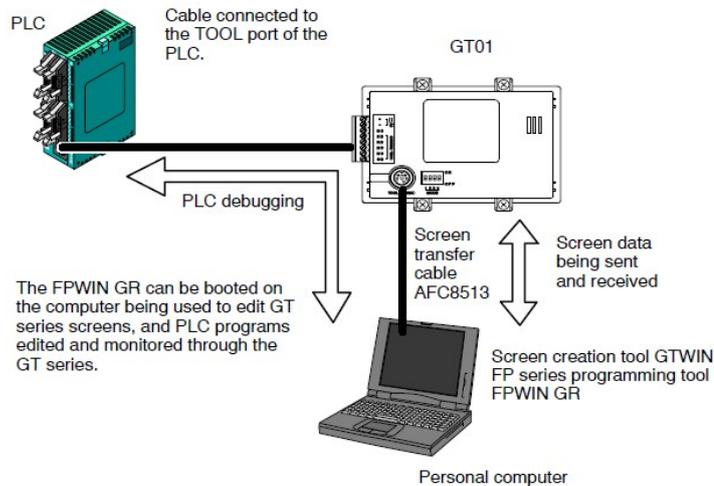


FIG. V. 48. Conexión PLC TWIDO con PC

Después de abrir el archivo contenedor del programa, la secuencia a seguir para la descarga es:

- Seleccionar una conexión en la opción Autómata en la barra de herramientas.
- Seleccionar Conectar en el icono o en la opción Autómata – Conectar.
- Seleccionar Transferir PC-Controlador en la ventana desplegada

5.2 SOFTWARE DE MONITOREO

Para el proceso de control, supervisión, y registro de reportes, se necesita un programa de desarrollo potente y que nos permita observar el proceso en tiempo real para supervisar los diferentes estados de los sensores y actuadores del sistema, es por eso que se ha elegido un programa gráfico y potente que desarrolla interfaces HMI, se ha considerado utilizar Labview 2011

5.2.1 Labview²⁷

LABVIEW es una plataforma estándar en la industria de pruebas y medidas, para el desarrollo de sistemas de prueba y control de instrumentación. En el campo de la automatización industrial se usa para la adquisición de datos, análisis, monitorización y registro, así como para el control y monitorización de procesos. Este software se eligió debido a que el proceso de creación de un Instrumento Virtual (VI), se ha simplificado notablemente, minimizándose el tiempo de desarrollo de las aplicaciones, en comparación con otros lenguajes de programación como C, C++, java.

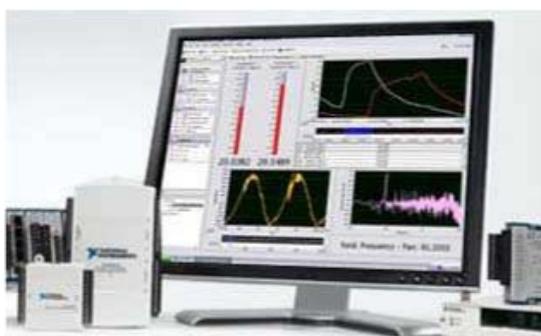


FIG. V. 49. Software Labview

Labview nos brinda los siguientes beneficios:

- Labview (Laboratorio Virtual Instrumento Engineering Workbench) es un lenguaje de programación gráfico para el diseño de sistemas de adquisición de datos, instrumentación

²⁷ http://www.gte.us.es/ASIGN/IE_4T/Tutorial%20de%20Labview.pdf

y control.

- Permite diseñar interfaces de usuario mediante una consola interactivo basado en software.
- Puede diseñar el software especificando el sistema funcional, el diagrama de bloques o una notación de diseño de ingeniería.
- Labview es a la vez compatible con herramientas de desarrollo similares y puede trabajar con programas de otra área de aplicación.

Tiene la ventaja de que permite una fácil integración con hardware, específicamente con tarjetas de medición, adquisición y procesamiento de datos (incluyendo adquisición de imágenes). Cuando se diseñan programas con Labview está trabajando siempre bajo algo denominado VI, es decir, un instrumento virtual, se pueden crear VI a partir de especificaciones funcionales que se diseñe.

5.2.1.1 Panel Frontal

El panel frontal (Figura V.59) de un VI es una combinación de controles e indicadores. Los controles son aquellos elementos que entregan datos al diagrama en bloques desde el panel frontal por entrada desde teclado o con el mouse, simulan los dispositivos de entrada de datos del VI y pasan los datos al diagrama en bloque del VI. Los indicadores son aquellos elementos que entregan datos al panel frontal desde el diagrama en bloques para ser visualizados en el display, simulan los dispositivos de salida de datos del VI que toman los datos desde el diagrama en bloque del VI.

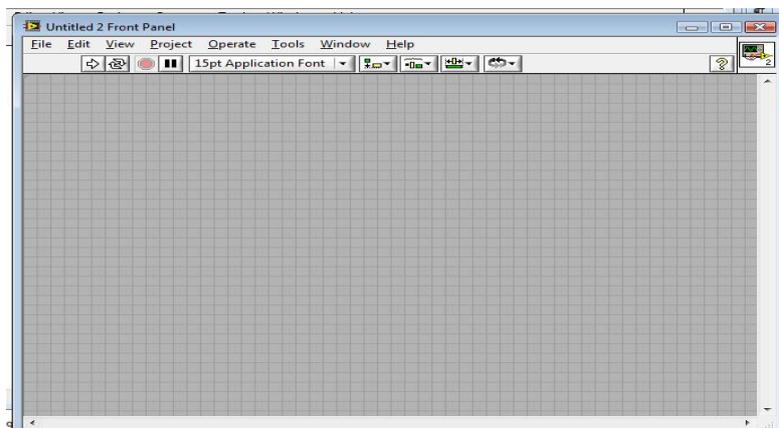


FIG. V. 50. Panel Frontal

5.2.1.2 Controles

- Entregan datos al diagrama en bloques por mediación del teclado o el ratón
- Simulan dispositivos de entrada de datos del VI



FIG. V. 51. Controles

5.2.1.3 Indicadores

- Muestran datos en el panel frontal desde el diagrama en bloques para ser visualizados
- Simulan los dispositivos de salida de datos del VI.



FIG. V. 52. Indicadores

5.2.1.4 El diagrama de bloques

- La ventana Diagrama almacena el diagrama en bloques del VI, el código fuente gráfico (**Lenguaje G**) del Instrumento Virtual.
- Se construye este diagrama con bloques funcionales denominados nodos, conectándose o uniéndose entre sí según sea el objetivo.
- Estos nodos realizan todas las funciones necesarias para el VI y controlan el flujo de la ejecución del VI.

5.2.1.5 Elementos de programación

Declaración de variables numéricas

- Cuando se pone un control o indicador en el panel frontal, Labview pone un terminal correspondiente a este control o indicador en el diagrama en bloque.
- Este terminal desaparece solo cuando se borra el control o indicador.
- Los enlaces o alambres son los caminos de los datos entre los terminales fuente y terminales destino algunos de los tipos de datos más utilizados se muestran en la

TABLA. V. 29. Tipos de datos en Labview

Long	I32	32 (4 bytes)	-2147483648 hasta 2147483647
Word	I16	16 (2 bytes)	-32768 hasta 32767
Byte	I8	8 (1 bytes)	-128 hasta 127
Long Unsigned	U32	32 (4 bytes)	0 hasta 4294967295
Word Unsigned	U16	16 (2 bytes)	0 hasta 65535
Byte Unsigned	U8	8 (1 bytes)	0 hasta 255
Extended	EXT	96 (12 bytes)	-1.00E-507 hasta 9.00E+515
Double	DBL	64 (8 bytes)	-5.00E-324 hasta 1.70E+308
Single	SGL	32 (4 bytes)	-1.40E-45 hasta 3.40E+38
Complex Extended	CXT	192 (24 bytes)	-1.00E-507 hasta 9.00E+515
Complex Double	CDB	128 (16 bytes)	-5.00E-324 hasta 1.70E+308
Complex Single	CSG	64 (8 bytes)	-1.40E-45 hasta 3.40E+38
Cadena(String)	abc	1 byte/caracter	Conjunto de Caracteres ascii.
Arreglos(Array)	[...]	Según el tipo de los elementos del arreglo	
Grupos (Cluster)			
Path			
Device			

Variables locales

Las variables locales permiten hacer lecturas y escrituras sobre el control o indicador al cual está asociado.

Paleta de controles

Para generar el panel frontal se colocan controles e indicadores de la paleta de controles (Figura VII.106). Cada icono representa una sub paleta, la cual contiene controles para colocar en el panel frontal.



FIG. V. 53. Paleta de controladores

5.3 DESCRIPCION DEL PROGRAMA PARA EL PLC

5.3.1 Análisis del diseño de Programación.

Antes de programar el PLC, se necesita realizar un análisis del sistema para el diseño del programa, esto implica seguir una secuencia de pasos:

- Identificación de entradas y salidas.
- Secuencia de estados en el proceso de mezclado.
- Obtención de ecuaciones secuenciales.
- Programación en el PLC.

5.3.2 Identificación de entradas y salidas.

Entradas.

Las entradas al PLC son todos los sensores y pulsadores instalados en el tablero que sirven para el arranque y paro del proceso que se controlan manualmente por parte del operador.

Los pulsadores y sensores instalados en el módulo se identifican en la tabla VII.XVII:

TABLA. V. 30. Identificación de las entradas al PLC.

Núm.	Designación
1	Pulsador inicio
2	Pulsador paro
3	Pulsador pause
4	Final de carrera de subida
5	Final de carrera de bajada
6	Sensor de peso arena
7	Sensor de peso cemento
8	Sensor nivel de agua

Salidas.

Las salidas del PLC, son todos aquellos actuadores electrónicos y eléctricos instalados directamente al PLC.

TABLA. V. 31. Identificación de salidas del PLC

Núm.	Designación
1	Relé de banda bajo silos.
2	Relé para subir tolva de arena
3	Relé para bajar tolva de arena
4	Relé de motor de mezcladora
5	Relé de motores para transportar cemento
6	Relé de bomba de agua
7	Relé de motor de aspiración
8	Relé de electroválvula cilindro que abre la tapa de cemento
9	Relé de electroválvula cilindro que abre la válvula de agua

5.3.3 Secuencia de estados en el proceso mezclado de la materia prima para la fabricación de tejas.

El proceso se encuentra dividido en pequeñas etapas, se divide al proceso en pequeñas etapas, las cuales van comunicadas por medio de una transición, teniendo como resultado una secuencia de estados, al cual se rige el proceso.

Descripción de la secuencia:

- **Llenado de materia prima**

Para realizar la primera mezcla las materias primas se llenan en cada uno de sus recipientes hasta que consigan su peso establecido y el nivel de agua indicado, para el llenado de arena se asegura la tolva que transporta que se encuentre en posición adecuada; el final de carrera de bajada se encuentre accionado envía la señal hacia el PLC, las bandas bajo silos se accionan para cargar la arena en la tolva transportadora de arena hasta su peso establecido. Para llenar el cemento en la tolva secundaria los motores se encienden y comienzan a transportar cemento y estos motores se desactivan cuando el cemento llegue al peso establecido. Para llenar el agua se procede de similar manera activando la bomba de agua que la lleva desde la cisterna hacia el tanque de reserva, desactivándose cuando el sensor de agua nos indique que ha llegado al nivel adecuado para realizar la mezcla.

- **Proceso de mezclado**

Cuando se encuentra la materia prima lista para el proceso. La tolva transportadora de arena sube hasta accionar el final de carrera que está en la parte de arriba del recipiente de

mezclado y se detiene, para depositar su contenido en el recipiente; la tolva transportadora comienza a descender hasta tomar contacto con el final de carrera que se encuentra en la parte de abajo para comenzar su llenado quedando listo para el siguiente proceso de mezclado, luego se activa las paletas de mezclado esparciendo la arena en el recipiente después que cumpla un determinado tiempo se desactivan para esperar la siguiente acción.

Se activa la electroválvula del cilindro que abre la compuerta de la tolva secundaria de cemento, y cae el contenido en el recipiente de mezclado; se activan las paletas de mezclado para realizar una composición homogénea con arena y cemento, se cierra la compuerta de la tolva permitiendo su llenado para producirse la segunda carga que se utilizara a continuación. Transcurrido un tiempo caerá el pigmento que proporciona de color a las tejas; se activan las paletas de mezclado y la válvula de agua se abre dejando caer la cantidad necesaria de agua para la mezcla. Las paletas de mezclado se desactivan permitiendo que se ponga la segunda carga de cemento para poder completar la mezcla, ubicados todos los elementos que conforman la materia prima se activan las paletas de mezclado para culminar el proceso.

- **Proceso de descarga**

Antes de proceder a descargar la mezcla para el siguiente proceso, toda la materia prima que interviene en el proceso debe estar llena para realizar las siguientes mezclas.

Cuando la mezcla se encuentre terminada, se procede abrir la compuerta para la descarga para ello se deben desactivar las paletas de mezclado, abrir la compuerta, activar las paletas hasta vaciar todo el recipiente, cuando se descarga en su totalidad la compuerta se procede a cerrarse; de esta manera todo queda listo para la siguiente mezcla.

5.3.4 Programación en el PLC

Para cumplir con el sistema del proceso de mezclado de materia prima, se dividió la programación del PLC en varias etapas:

- Realizar la estructura Grafset.
- Obtención de ecuaciones del proceso.
- Asignación de las señales de entrada y de salida al PLC.
- Asignación de temporizadores, memorias a cada variable de entrada y de salida,
- Configuración de la comunicación Modbus Ethernet.

5.3.4.1 Diagrama Grafcet del proceso

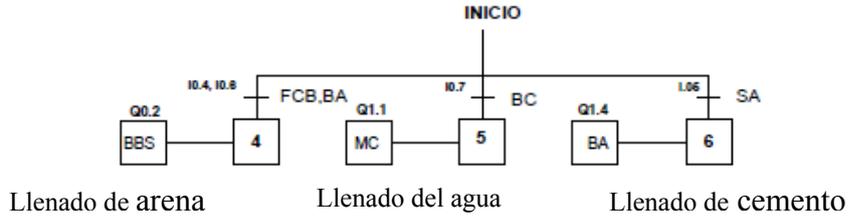


FIG. V. 54. Diagrama Grafcet del proceso de llenado de la materia prima

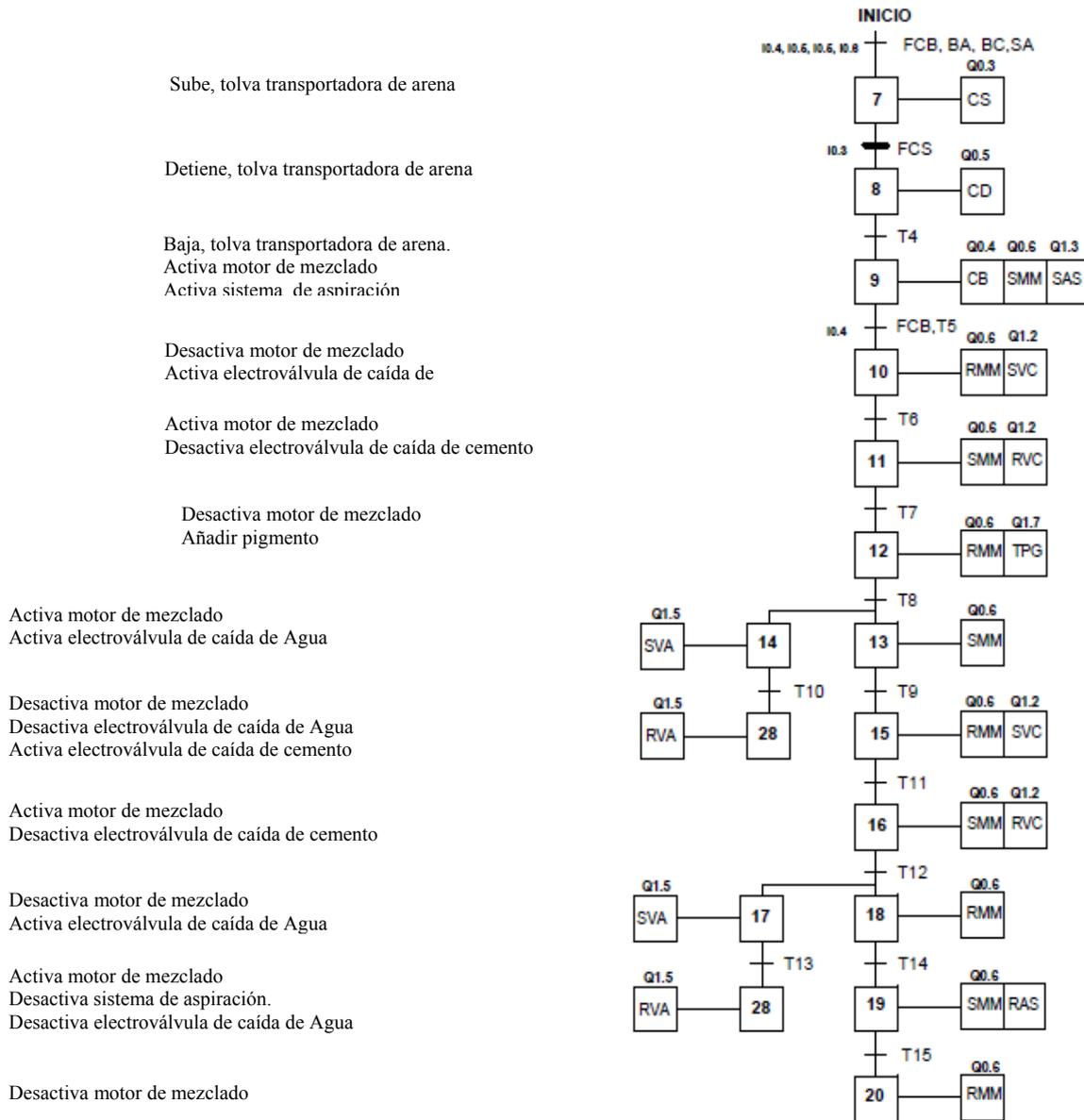


FIG. V. 55. Diagram Grafcet del proceso de mezclado

5.3.4.2 Obtención de ecuaciones secuenciales.

Una vez terminado de obtener la estructura del Grafcet se procede a obtener las ecuaciones necesarias para programar el PLC en un lenguaje ladder, en el programa Twido Suite.

5.3.4.2.1 Asignación de memorias

En cada etapa se asigna memorias de la siguiente manera:

TABLA. V. 32. Asignación de memorias para la programación.

Memoria	Descripción
M4	Llenado de arena
M5	Llenado de agua
M6	Llenado de cemento
M7	Sube tolva de arena
M8	Detiene tolva de arena
M9	Baja tolva de arena
M10	Activa electroválvula de cemento
M11	Desactiva electroválvula de cemento
M12	Activa electroválvula de agua
M13	Desactiva electroválvula de agua
M15	Activa electroválvula de cemento
M16	Desactiva electroválvula de cemento
M18	Activa electroválvula de agua
M19	Desactiva electroválvula de agua
M20	Desactiva motor de mezclado

5.3.4.2.2 Ecuaciones de grafcet:

En esta etapa se toma en cuenta las memorias utilizadas en el proceso y sus transiciones, que vendrían a ser los tiempos, y los estados de los sensores.

- $M7 = \text{INICIO} * \text{FCB} * \text{BA} * \text{BC} * \text{SA} + M7 * \overline{M8}$
- $M8 = M7 * \text{FCS} + M8 * \overline{M9}$
- $M9 = M8 * \text{TM4} + M9 * \overline{M10}$
- $M10 = M9 * \text{FCB} * + M10 * \overline{M11}$

- $M11 = M10 * TM6 + M11 * \overline{M12}$
- $M12 = M11 * TM7 + M12 * \overline{M13}$
- $M13 = M12 * TM8 + M13 * \overline{M14}$
- $M15 = M13 * TM9 + M15 * \overline{M16}$
- $M16 = M15 * TM11 + M16 * \overline{M18}$
- $M18 = M16 * TM12 + M18 * \overline{M19}$
- $M19 = M18 * TM14 + M19 * \overline{M20}$
- $M20 = M19 * TM15$

5.3.4.3 Asignación de Entradas

Cada sensor y pulsador que se encuentran ubicados en el sistema de mezclado están asignados a una determina entrada del PLC como se detallan en la siguiente tabla.

TABLA. V. 33. Símbolos asignados para las entradas del PLC

Entrada	Símbolo
%I0.0	INICIO
%I0.1	PARA
%I0.2	PAUSE
%I0.3	FCS
%I0.4	FCB
%I0.5	SA
%I0.6	BA
%I0.7	BC

5.3.4.4 Asignación de Salidas

Cada salida del PLC está asignada a un determinado actuador eléctrico, como los relés de conexión, relés de las electroválvulas neumáticas como se detalla en la siguiente tabla.

TABLA. V. 34. Símbolos asignados para las salidas del PLC

Salida	Símbolo
%Q0.2	SILOS
%Q0.3	CARRO_SUBE
%IQ0.4	CARRO_BAJA
%Q0.5	CARRO
%Q0.6	MEZCLADOR
%Q1.1	CEMENTO
%Q1.2	V_CEMENTO
%Q1.3	ASPIRACION
%Q1.4	AGUA
%Q1.5	V_AGUA
%Q1.6	SIRENA
%Q1.7	PIGMENTO

5.3.4.5 Asignación de memorias

Se asignan memorias para poder guardar los estados en que se encuentra cada sensor pueden ser de presencia o ausencia, y en cada actuador pueden estar activados o desactivados. Para ello se detallan en la siguiente tabla todas las memorias utilizadas el programa ladder desarrollado en Twido Suite.

TABLA. V. 35. Símbolos asignados para las memorias utilizadas en la programación

%M	Símbolo	%M	Símbolo	%M	Símbolo
%M0	M0	%M19	M19	%M56	M56
%M1	M1	%M21	M21	%M57	M57
%M2	M2	%M23	M23	%M60	M60
%M3	M3	%M24	M24	%M62	M62
%M4	M4	%M25	M25	%M63	M63
%M5	M5	%M26	M26	%M64	M64
%M6	M6	%M27	M27	%M65	M65
%M7	M7	%M28	M28	%M67	M67
%M8	M8	%M30	M30	%M68	M68
%M9	M9	%M31	M31	%M69	M69
%M10	M10	%M35	M35	%M70	M70
%M11	M11	%M37	M37	%M71	M71
%M12	M12	%M38	M38	%M72	M72

%M13	M13	%M39	M39	%M73	M73
%M14	M14	%M40	M40	%M74	M74
%M15	M15	%M50	M50	%M75	M75
%M16	M16	%M51	M51	%M76	M76
%M17	M17	%M54	M54	%M77	M77
%M18	M18	%M55	M55		

5.3.4.6 Asignación de Variables Word

En la programación del PLC se utilizaron variables tipo Word ya que se pueden almacenar valores durante la operación del programa y se utiliza para la conexiones remotas, a continuación se detallan las siguientes variables utilizadas.

TABLA. V. 36. Variables tipo Word utilizadas en el programa

%MW	Símbolo
%MW0	MW0
%MW1	MW1
%MW2	MW2
%MW10	MW10
%MW20	MW20
%MW60	MW60
%MW61	MW61

5.3.4.7 Asignación de temporizadores

Los temporizadores son utilizados como transiciones para pasar de un estado a otro, el tipo de temporizadores usado so en retardo a la conexión, y el tiempo base utilizada es en segundos como a continuación se detallan en la siguiente tabla.

TABLA. V. 37. Configuración de los temporizadores utilizados en la programación

%TM	Símbolo	Tiempo (s)
%TM0	TM0	5
%TM1	TM1	10
%TM2	TM2	15
%TM4	TM4	7
%TM5	TM5	4

%TM6	TM6	6
%TM7	TM7	3
%TM8	TM8	10
%TM9	TM9	80
%TM10	TM10	53
%TM11	TM11	6
%TM12	TM12	180
%TM13	TM13	3
%TM14	TM14	3
%TM15	TM15	50
%TM16	TM16	3
%TM25	TM25	3

5.3.5 Configuración de la comunicación Modbus Serial.

En esta comunicación se utiliza el cable TSX C USB 485, el cual nos permite la transmisión y recepción de datos del PLC al computador y viceversa, este cable de comunicación nos sirve para pasar el programa realizado y todas las configuraciones que se le realiza al PLC como es el caso la configuración del modulo Ethernet que ocuparemos en la comunicación Modbus Ethernet. Todo esto realizado en el software Twido Suite.

La configuración del protocolo consta en elegir el tipo de protocolo y la dirección IP/teléfono será el puerto de conexión del computador hacia el PLC que se detectara de manera automática cuando se realice la conexión, se configurar el tiempo de espera y el tiempo espera pausa. Como se muestra a continuación en el siguiente grafico.

Gestión de las conexiones									
Nombre	Tipo de conexión	IP / Teléfono	Punit / Dirección	Caudal	Paridad	Bits de parada	Tiempo espera	Tiempo espera pausa	
COM3	Serie	COM3	Punit				5000	5	

FIG. V. 56. Configuración de la comunicación Modbus Serial.

5.3.6 Configuración de la comunicación Ethernet.

Para la comunicación del PLC con el computador donde se encuentra el sistema de control y monitoreo desarrollado en el software Labview se ha establecido utilizar el protocolo de

comunicación Modbus Ethernet.

Para la comunicación Modbus Ethernet, se necesita de un cable cruzado ya que su comunicación es de diferentes niveles del modelo OSI y de un módulo de comunicación ya que el PLC utilizado en el sistema no cuenta con el puerto de comunicación integrado. Como se muestra en la siguiente figura.

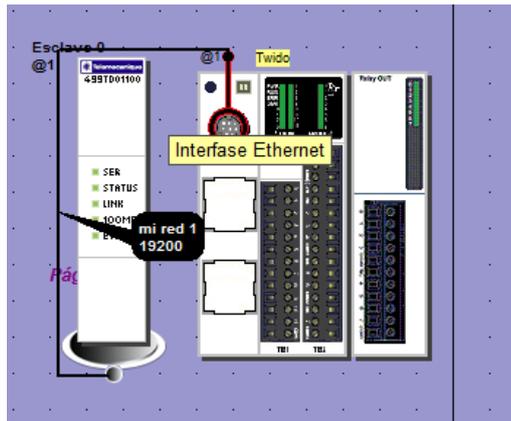


FIG. V. 57. Puertos de comunicación del PLC

La configuración de este puerto, es asignar una dirección IP estática, la máscara de subred, y la dirección de pasarela o la dirección del computador. Marcar la dirección con la que siempre se comunicara.

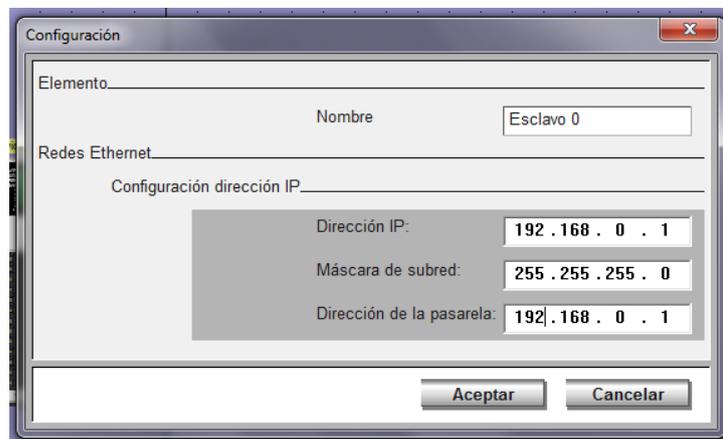


FIG. V. 58. Configuración de la comunicación Ethernet.

La configuración del protocolo consta en elegir el tipo de protocolo en este caso Ethernet y la dirección IP/teléfono será el puerto de conexión del computador hacia el PLC, la dirección y, se configurará el tiempo de espera y el tiempo espera pausa. Como se muestra a continuación en el siguiente gráfico.

Gestión de las conexiones									
Nombre	Tipo de conexión	IP / Teléfono	Punit / Dirección	Caudal	Paridad	Bits de parada	Tiempo espera	Tiempo espera pausa	
COM3	Serie	COM3	Punit				5000	5	
Mi conexión 1	Ethernet	192.168.0.1	@				5000	5	

FIG. V. 59. Configuración de la comunicación Ethernet.

5.4 PROGRAMACION EN EL SOFTWARE LABVIEW.

Para la obtención de una aplicación que me permita el control y supervisar el sistema de mezclado se procedió a dividirlo en dos etapas; para establecer la comunicación con las memorias internas del PLC y la interfaz desarrollada en Labview se utilizo OPC server una vez realizada la comunicación se procede a realizar la programación en el panel frontal y en el diagrama de bloques. Este programa consta de varias pantallas que a continuación se irán detallando.

5.4.1 Configuración de los OPC Server

La comunicación²⁸

Para comunicarse con el PLC es necesario utilizar la librería NI OPC Servers el cual proporciona un medio de llevar los datos y la información del PLC al computador donde está alojado el HMI. El servidor OPC permite el intercambio de datos del sistema de mezclado de materia prima.

Un servidor OPC está compuesto de varios objetos: el servidor, el grupo, y el artículo. El objeto de servidor OPC mantiene información sobre el servidor y sirve como contenedor de objetos del grupo OPC, estos datos pueden ser leídos y escritos.

Y el protocolo de comunicación que estamos utilizando es Modbus Ethernet, Las características especiales de este controlador permiten al usuario controlar la cantidad de datos solicitados desde un dispositivo en una sola solicitud.

Los parámetros que se han ajustado para el correcto funcionamiento del protocolo de comunicación es:

²⁸ <http://www.ni.com/white-paper/7906/es/>

- Velocidad de Transmisión: 19200
- Paridad: Ninguno
- Bits de datos: 8
- Bits de parada: 1,2

Para crear los tags en los OPC Server se debe configurar varios parámetros como son, el nombre de la variable, el tipo de dato, la dirección, la misma que hay que saber si es de escritura o solo lectura o a las dos cosas a la vez, y dependiendo hay que sumar a la dirección más 1, por ejemplo en la memoria %m10, se le asigna la dirección 000011, y así con todas las memorias que se vaya a utilizar.

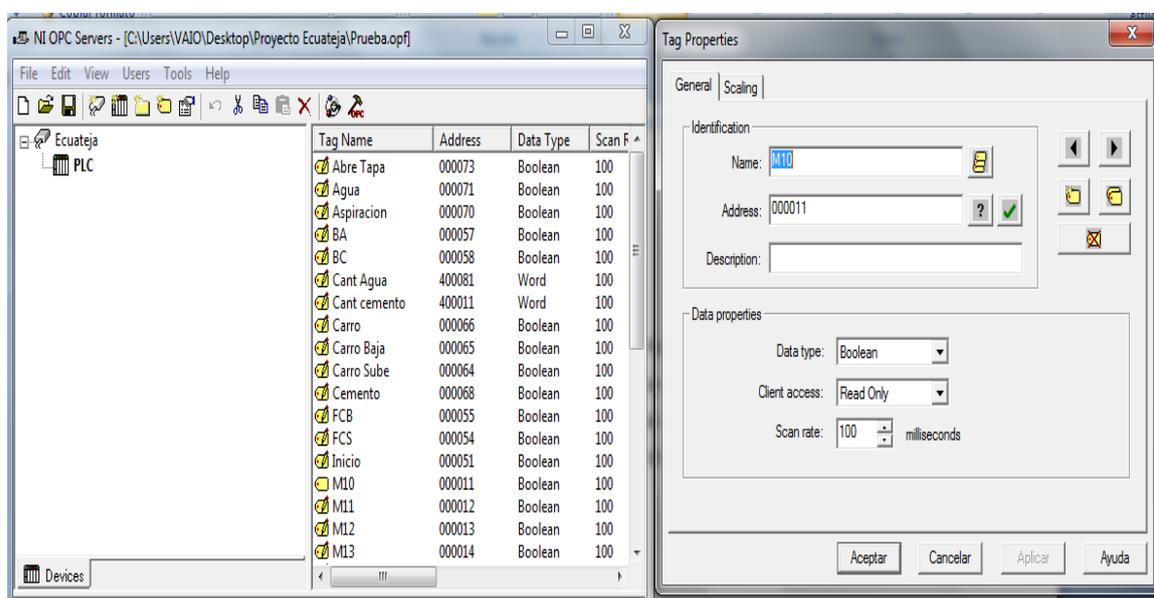


FIG. V. 60. Pantalla para la configuración de Tags

El número máximo de canales es de 100 y de 255 dispositivos. Una vez configurado la comunicación procedemos a describir las variables a utilizar en el proceso de mezclado, es por eso que en la programación del PLC, las variables a ser monitoreadas se asignó a una memoria específica, la cual corresponderá a un sensor o actuador, la configuración de las variables en el NI OPC Servers se muestra en las siguientes tablas.

5.4.1.1 Asignación tags de tipo Boolean

TABLA. V. 38. Asignación tags de tipo Boolean utilizadas para la programación

Tag	Dirección	Tipo de acceso
Abre Tapa	000073	R/W
Agua	000071	R/W
Aspiración	000070	R/W
BA	000057	R/W
BC	000058	R/W
Carro	000066	R/W
Carro Baja	000065	R/W
Carro Sube	000064	R/W
Cemento	000068	R/W
FCB	000055	R/W
FCS	000054	R/W
Inicio	000051	R/W
M10	000011	RO
M11	000012	R/W
M12	000013	R/W
M13	000014	R/W
M16	000017	R/W
M19	000020	R/W
M27	000028	R/W
M8	000009	R/W
M9	000010	RO
Mezclador	000067	R/W
Paro	000052	R/W
Pigmento	000074	R/W
Reset	000053	R/W
SA	000056	R/W
Silos	000063	R/W
V_Agua	000072	R/W
V_Cemento	000069	R/W

5.4.1.2 Asignación de tags de tipo Word

TABLA. V. 39. Asignación de tags tipo Word utilizadas para la programación

Tag	Dirección	Tipo de acceso
Cant Agua	400081	R/W
Cant cemento	400011	R/W
MW60	400061	R/W
Tiempo Mezclado	400021	R/W
Cant Arena	400050	R/W

5.4.2 Pantalla de la Aplicación desarrollada en Labview

5.4.2.1 Pantalla de ingreso a la aplicación

En esta pantalla se encuentra en acceso a la aplicación, la única persona que tiene el acceso a la aplicación será el líder de la planta, en esta pantalla se deberá ingresar el usuario, el password y si la combinación es correcta podrá ingresar al sistema que le permitirá ejecutar el proceso. En la siguiente imagen se muestra la pantalla de ingreso.



FIG. V. 61. Pantalla de ingreso al sistema

TABLA. V. 40. Componentes de la pantalla de ingreso del sistema

Símbolo	Descripción
1	Ingresar el usuario
2	Ingresar en password
3	Botón para ingresar al sistema
4	Botón para salir de la pantalla principal

5.4.2.2 Pantalla del proceso

En esta pantalla se monitorea todo el proceso en tiempo real, como es el caso del llenado de las materias primas, el proceso de mezclado, se puede modificar los parámetros del proceso, también se genera un reporte indicando numero de mezcla, hora de inicio, hora de finalización entre otros parámetros que se detallaran a continuación, en esta pantalla se encuentra un botón ayuda el cual nos direccionara a un documento que nos indica el proceso el sistema.

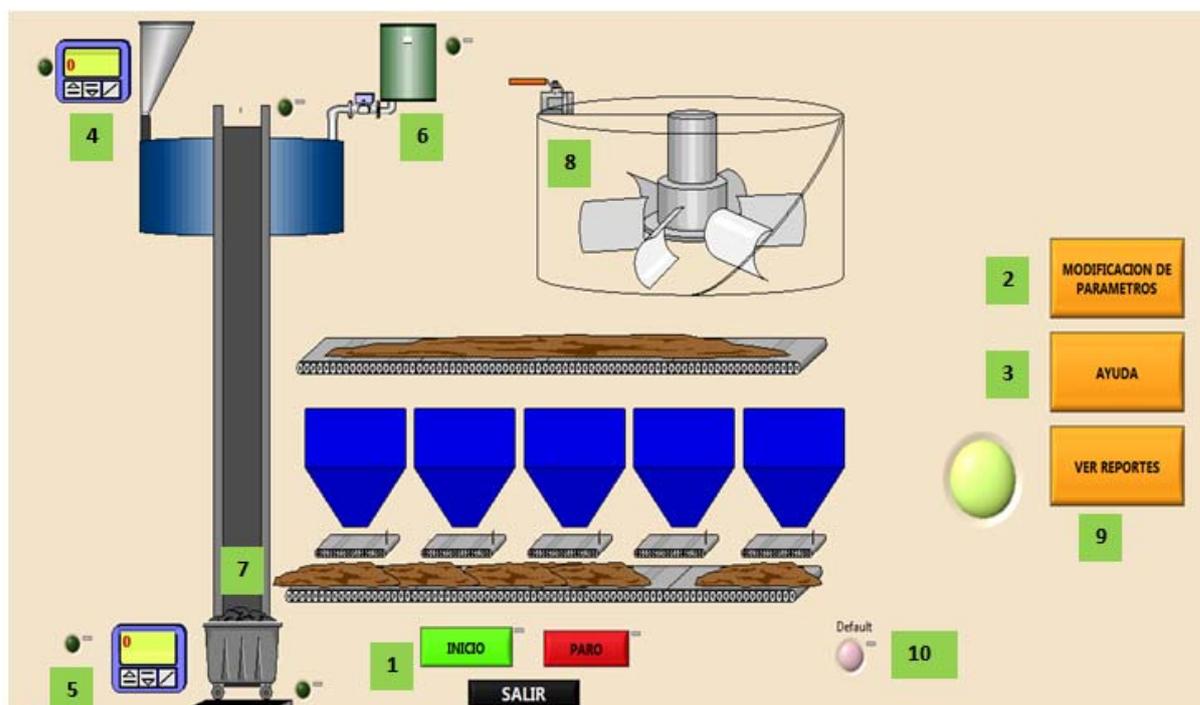


FIG. V. 62. Pantalla de monitoreo y control del sistema

TABLA. V. 41. Componentes de la pantalla de monitoreo y control del sistema

Símbolo	Descripción
1	Arranque y paro del proceso
2	Modificación de parámetros
3	Ayuda del sistema

4	Llenado de cemento
5	Llenado de arena
6	Llenado de agua
7	Transportación de la arena
8	Mezclador
9	Ver reportes
10	Indicador visual de parámetros por default

1. Arranque y paro del proceso.

El botón de inicio y paro se encuentran asociados con los pulsadores que están ubicados el tablero de mando, el botón salir nos permite abandonar la aplicación pero el sistema continuara su funcionamiento. El proceso se puede iniciar y detenerse accionando los pulsadores desde el tablero de mando o accionando los botones desde la aplicación.

2. Modificación de parámetros.

Dependiendo del tipo de teja que se fabrique, se tendrá que modificar estos parámetros antes de iniciar con el proceso. Al pulsar este botón nos direccionara a otra pantalla en donde se modificara los parámetros como es el caso de la cantidad de cemento, cantidad de agua, cantidad arena, y el tiempo de mezclado



FIG. V. 63. Pantalla para la configuración de parámetros del sistema

3. Ayuda del sistema

En el caso de ocurrir algún tipo de fallo en el proceso se ingresa en la opción ayuda del sistema. Al pulsar este botón se abrirá un documento en Word que contiene el instructivo del proceso.

4. Llenado de cemento

En este proceso la tolva realiza un parpadeo que nos indica que los motores que transportar el cemento se encuentran activados, un visualizador numérico en donde se encuentra la cantidad de cemento que se llena en tiempo real, y cuando el cemento llega su peso deseado se enciende un indicador visual.

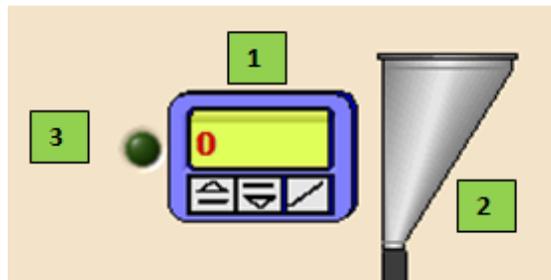


FIG. V. 64. Llenado del cemento interfaz

TABLA. V. 42. Descripción de los componentes del proceso de llenado del cemento

Símbolo	Descripción
1	Indicador numérico del peso
2	Indicador visual
3	Tolva del cemento

5. Llenado de arena

Para iniciar el llenado de arena, debe cumplir con ciertos requerimientos como es el caso de la tolva, que debe estar ubicada en el lugar correcto y debe estar vacía. Estos requerimientos se los puede comprobar utilizando el indicador visual que está asociado al final de carrera de bajada y al indicador numérico de peso que está asociado al sensor de peso de arena. Una vez cumplidos los requerimientos comienza a llenarse.

Las bandas bajo silos se mueven permitiendo el llenado de la arena en la tolva, se podrá observar el peso que se encuentra en la tolva utilizando el indicador numérico de peso, las

bandas bajo silos se detienen cuando el peso sea el indicado para ello se observara en el indicador visual.

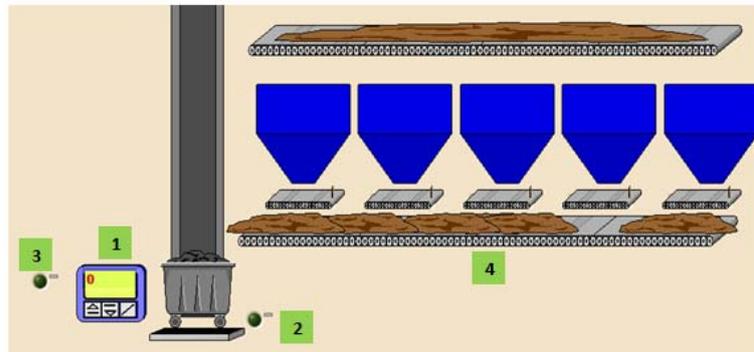


FIG. V. 65. Llenado de arena en la interfaz

TABLA. V. 43. Descripción de los componentes del Proceso de llenado de arena

Símbolo	Descripción
1	Indicador numérico del peso
2	Indicador visual del final de carrera de bajada
3	Indicador visual del sensor de peso
4	Bandas Bajo Silos

6. Llenado de agua

Cuando se asta llenando el tanque, este realiza un parpadeo esto permite indicar que la bomba de agua se encuentra funcionando, cuando se llega al nivel de agua indicado en los parámetros, el tanque dejara de parpadear y se encenderá un indicador visual el cual se encuentra asociado al sensor de nivel de agua.

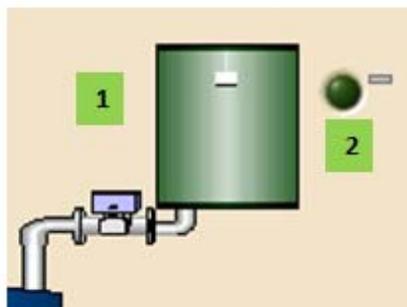


FIG. V. 66. Llenado de agua en la interfaz

TABLA. V. 44. Descripción componentes de del proceso de llenado de agua

Símbolo	Descripción
1	Tanque de agua
2	Indicador visual del sensor de nivel de agua

7. Transportación de la arena

Cuando la tolva transportadora de arena se encuentre con el peso correcto. La tolva comienza a subir hasta accionar el final de carrera, este enviara la orden para que se detenga la tolva y todo el material contenido se depositara en el recipiente de mezclado después de un tiempo determinado la tolva empezara a descender hasta ubicarse en su lugar de origen para ser llenada nuevamente.

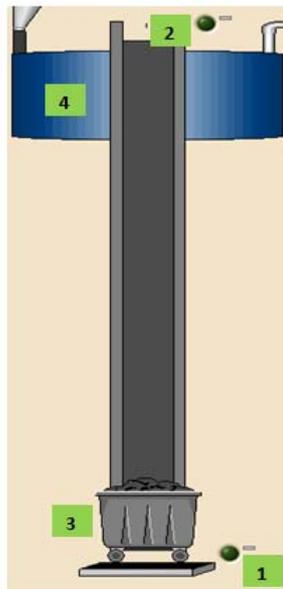


FIG. V. 67. Transportación de arena representada en la interfaz

TABLA. V. 45. Descripción de los componentes del proceso de transportación de arena

Símbolo	Descripción
1	Indicador visual del final de carrera de bajada
2	Indicador visual del final de carrera de subida
3	Tolva transportadora de arena
4	Recipiente de mezclado

8. Mezclador

En este proceso se observará en tiempo real las diferentes secuencias de mezclado hasta llegar a obtener el producto final.

- Cuando la arena cae las paletas de mezclado se activan para expandir la arena de manera uniforme por todo el recipiente.
- Se realiza la primera descarga de cemento y las paletas de mezclado se activan para obtener una mezcla homogénea con arena y pigmento.
- Se ubica el pigmento que proporciona color a las tejas, y se abre la llave de paso de agua; las paletas de mezclado se encienden, para obtener una mezcla homogénea de todos los componentes que han intervenido hasta el momento en el proceso.
- Para finalizar con el proceso de mezclado se realiza la segunda descarga de cemento y se encienden las paletas de mezclado durante un tiempo hasta conseguir una mezcla apropiada para utilizar en el siguiente proceso.

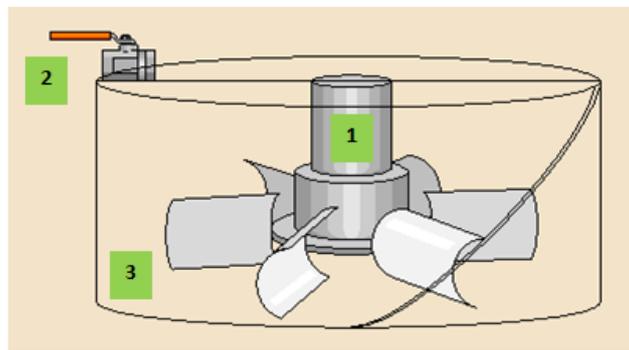


FIG. V. 68. Representación del recipiente de mezclado en la interfaz

TABLA. V. 46. Descripción de los componentes del recipiente de mezclado

Símbolo	Descripción
1	Paletas de mezclado
2	Válvula de paso de agua
3	Recipiente de mezclado

9. Ver reportes

Al finalizar cada proceso de mezclado se encenderá un indicador visual el que nos indica que se ha generado una tabla de reportes en el cual indica el número de mezcla, hora de inicio, hora de finalización, cantidad de cemento, agua, y arena que se utilizó.

Para poder acceder a estos reportes se pulsará el botón de reportes, el cual aparecerá un cuadro donde nos pida ingresar el día, mes y año; si la combinación es incorrecta saldrá un cuadro de texto

indicando el error que se ha cometido este puede ser, la fecha ingresada no es correcta, o no existe reporte en esa fecha.

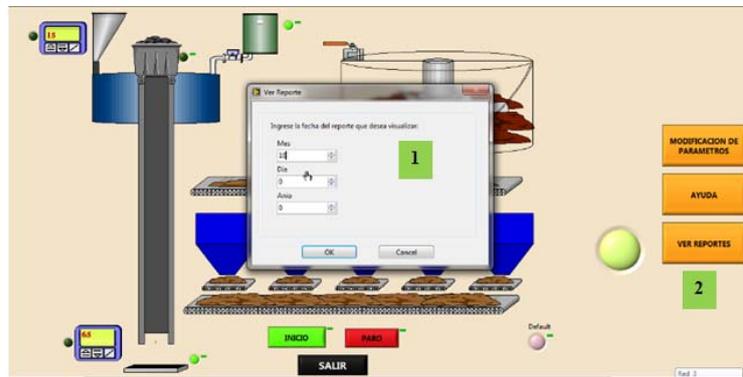


FIG. V. 69. Cuadro para acceder a reportes

TABLA. V. 47. Descripción de los componentes para acceder a reportes

Símbolo	Descripción
1	Cuadro para ingresar la fecha
2	Botón para acceder a los reportes

10. Indicador de parámetros predeterminados

Este indicador visual se encenderá cuando el operador pulse el botón de paro durante 3 segundos este botón se encuentra en el tablero de mando, esta acción sirve para cargar parámetros default de forma manual, sin tener que configurar en la aplicación.



FIG. V. 70. Indicador del ingreso de los parámetros predeterminados

CAPITULO VI

6 PRUEBAS Y RESULTADOS

6.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Comprobación de activación y desactivación de sensores. La Planta Ecuateja de la Fabrica TUBASEC C.A lleva mucho tiempo en el mercado ofertando productos con altos estándares de calidad; en lo referente a las tejas, estas tienen características normalizadas como: el peso, la dimensión, la dureza, la resistencia, y la composición química.

Es por ello de mucha relevancia realizar pruebas del funcionamiento del sistema de automatización, para corroborar que cada componente realice la maniobra correcta de manera que el producto final sea el deseado.

Para esto se activó cada uno de los sensores y actuadores mediante el HMI y se pudo evidenciar en la parte física y virtual si efectivamente se activaba tal o cual sensor o actuador, a continuación se muestra un compendio de los sensores y actuadores probados.

TABLA. VI. 48. Pruebas de funcionamiento del Botón Inicio

BOTON INICIO		
VIRTUAL		REAL
	SIN PULSAR	
	PULSADO	

Fuente.- Autores

TABLA. VI. 49. Pruebas de funcionamiento del Botón Paro

BOTON -PARO		
VIRTUAL		REAL
	SIN PULSAR	
	PULSADO	

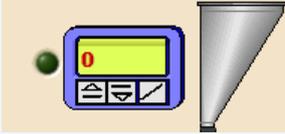
Fuente.- Autores

TABLA. VI. 50. Pruebas de funcionamiento del Botón Reset

BOTON RESET		
VIRTUAL		REAL
	SIN PULSAR	
	PULSADO	

Fuente.- Autores

TABLA. VI. 51. Pruebas de funcionamiento del sensor de Peso -Cemento

SENSOR DE PESO-CEMENTO		
VIRTUAL		REAL
	SIN PULSAR	
	PULSADO	

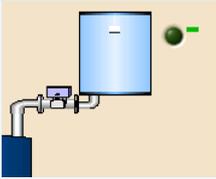
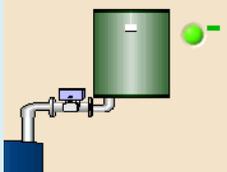
Fuente.- Autores

TABLA. VI. 52. Pruebas de funcionamiento del sensor de Peso -ARENA

SENSOR DE PESO-ARENA		
VIRTUAL		REAL
	SIN PULSAR	
	PULSADO	

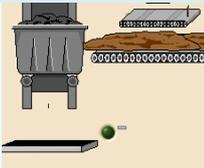
Fuente.- Autores

TABLA. VI. 53. Pruebas de funcionamiento del sensor de Nivel de Agua

SENSOR DE NIVE-AGUA		
VIRTUAL		REAL
	SIN PULSAR	
	PULSADO	

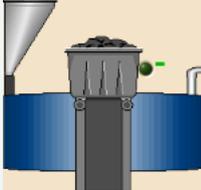
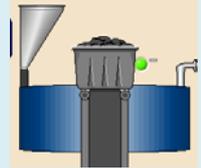
Fuente.- Autores

TABLA. VI. 54. Pruebas de funcionamiento del sensor Final de carrera de Bajada

SENSOR FINAL DE CARRERA-BAJADA		
VIRTUAL		REAL
	SIN PULSAR	
	PULSADO	

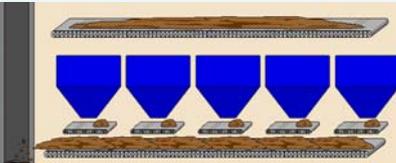
Fuente.- Autores

55. Pruebas de funcionamiento del sensor Final de carrera de Subida

SENSOR FINAL DE CARRERA-SUBIDA		
VIRTUAL		REAL
	SIN PULSAR	
	PULSADO	

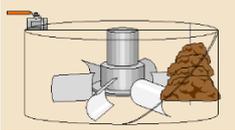
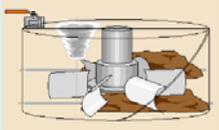
Fuente.- Autores

TABLA. VI. 56. Prueba de funcionamiento de los motores que activan las bandas bajo silos

MOTORES BANDAS BAJO SILOS		
VIRTUAL		REAL
	DESACTIVADO	
	ACTIVADO	

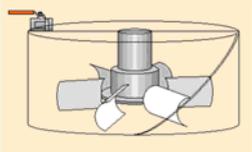
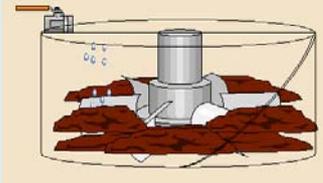
Fuente.- Autores

TABLA. VI. 57. Prueba de funcionamiento Electroválvula del Cemento

ELECTROVALVULA DE CEMENTO		
VIRTUAL		REAL
	DESACTIVADO	
	ACTIVADO	

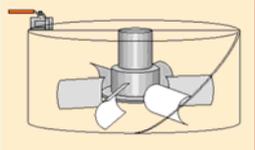
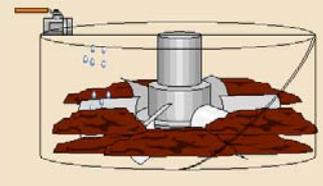
Fuente.- Autores

TABLA. VI. 58. Prueba de funcionamiento Electroválvula de Agua

ELECTROVALVULA DE AGUA		
VIRTUAL		REAL
	DESACTIVADO	
	ACTIVADO	

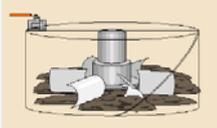
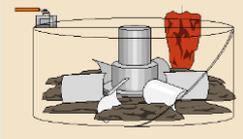
Fuente.- Autores

TABLA. VI. 59. Prueba de funcionamiento del motor de mezclado

MOTOR DE MEZCLADO		
VIRTUAL		REAL
	DESACTIVADO	
	ACTIVADO	

Fuente.- Autores

TABLA. VI. 60. Prueba de funcionamiento del indicador para ubicar pigmento en la mescla

UBICAR PIGMENTO		
VIRTUAL		REAL
	DESACTIVADO	
	ACTIVADO	

Fuente.- Autores

6.2 RESULTADOS

6.2.1 Estudio de tiempos

Cualquier sistema cuidadosamente planeado y controlado puede mostrar considerablemente mejoramiento si se basa en datos sobre normas de tiempo. En la industria, el tiempo es un factor importante ya que determina las horas laborables de los operarios, así como el consumo energético de los diferentes actuadores que se utilizan para cumplir determinado proceso.

El objetivo de la planta Ecuateja es producir 5000 tejas por día, para cumplir con este objetivo se realizan 30 mezclas de materia prima (Arena, Cemento, Agua, Pigmento), obteniéndose un promedio de 167 tejas por mezcla.

Para calcular el tiempo estimado que conlleva este proceso, se han tomado datos del tiempo en que tarda en producirse una mezcla, la tabla mostrada a continuación contiene la información adquirida de 30 muestras tomadas antes de haber implementado el sistema de automatización:

➤ **Antes de la Implementación del Sistema de Automatización**

TABLA. VI. 61. Tiempo de producción sin el sistema automatizado

No. Mezcla	Tiempo (s)
1	375
2	362
3	364
4	364
5	365
6	377
7	362
8	363
9	360
10	365
11	365
12	362
13	375
14	360
15	364
16	366
17	362
18	373
19	362
20	365
21	364
22	365

23	365
24	366
25	363
26	375
27	373
28	376
29	369
30	364

Fuente.- Autores

Obtenemos la media aritmética (\bar{x}) :

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\bar{x} = \frac{1}{30} (375 + 362 + 364 + 364 + 365 + 377 + 362 + 363 + 360 + 365 + 365 + 362 + 375 + 360 + 364 + 366 + 362 + 373 + 362 + 365 + 364 + 365 + 365 + 366 + 363 + 375 + 373 + 376 + 369 + 364)$$

$$\bar{x} = 366.37 \text{ seg}$$

El cálculo de la media aritmética, nos indica el tiempo promedio en que el operario, de manera semiautomática tarda en producir una mezcla: 366.37 segundos, es decir 6 minutos con 6 segundos aproximadamente.

Los operarios tardan alrededor de 6 min para producir las 167 tejas por cada mezcla, y si tomamos en cuenta el tiempo que se tarda en estar lista la siguiente mezcla se nota claramente una pérdida de 6 segundos durante la producción.

TABLA. VI. 62. Tabla de tiempos que se utilizan en el sistema con el sistema semiautomático

No. Mezclas	1	2	3	4	5	.....	25	26	27	28	29	30
	6'6''	6'6''	6'6''	6'6''	6'6''	.....	6'6''	6'6''	6'6''	6'6''	6'6''	6'6''
No. Producción	1	2	3	4	5	.....	25	26	27	28	29	30
	6'	6'	6'	6'	6'	.....	6'	6'	6'	6'	6'	6'

Los cuadros marcados con color rojo representan el tiempo “muerto”, es decir se produce un paro en la producción debido a la demora que existe para que la siguiente mezcla esta lista.

Tomando en cuenta este desfase, entonces, el tiempo total aproximado, para procesar las 30 mezclas, sería:

$$T_{total1} = 30(366) + 360 = 11340 \text{ seg}$$

Lo que implicaría que para producir las 5000 tejas diarias se tomaría un tiempo aproximado de 11340 segundos, es decir 3 horas con 9 minutos, estos datos son calculados tomando en cuenta una jornada de trabajo sin interrupciones, es decir sin tomar en cuenta los paros que podrían producirse en la producción debido a factores externos, tales como: fatiga, cansancio, falta de materia prima, interrupciones en la etapa de moldeo, etc.

➤ **Después de la implementación del sistema de automatización**

TABLA. VI. 63. Tiempo de producción con el sistema automatizado

No. Mezcla	Tiempo (s)
1	282
2	260
3	260
4	260
5	257
6	260
7	260
8	257
9	256
10	260
11	260
12	260
13	258
14	258
15	260
16	257
17	260
18	260
19	260
20	260
21	261
22	260
23	260
24	260
25	260

26	262
27	261
28	259
29	260
30	260

Fuente.- Autores

Obtenemos la media aritmética (\bar{x}) :

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\bar{x} = \frac{1}{30} (282 + 260 + 260 + 260 + 257 + 260 + 260 + 257 + 256 + 260 + 260 + 260 + 258 + 258 + 260 + 257 + 260 + 260 + 260 + 260 + 261 + 260 + 260 + 260 + 260 + 262 + 261 + 259 + 260 + 260)$$

$$\bar{x} = 260.26 \text{ seg}$$

Ya con el sistema automatizado, el cálculo de la media aritmética, nos indica el tiempo en el que automáticamente se produce una mezcla de materias primas, este tiempo es alrededor de 260 segundos, es decir que cada mezcla conlleva un tiempo aproximado de 4 minutos con 20 segundos.

TABLA. VI. 64. Tabla de tiempos que se utilizan en el sistema con el sistema automatico

No. Mezclas	1	2	3	4	5	.....	25	26	27	28	29	30
	4'20"	4'20"	4'20"	4'20"	4'20"	..	4'20"	4'20"	4'20"	4'20"	4'20"	4'20"
No. Producción	1	2	3	4	5	.....	25	26	27	28	29	30
	6'	6'	6'	6'	6'	..	6'	6'	6'	6'	6'	6'

Los cuadros celestes indican el tiempo ahorrado en cada mezcla, claramente se puede observar en el grafico () que la mezcla estará lista incluso antes de que los operarios encargados del moldeo y prensado terminen de procesar el lote anterior de mezcla.

Una vez calculado el tiempo utilizado por cada proceso de mezcla, se podrá obtener el tiempo total que implicaría producir las 30 mezclas de manera automática:

$$T_{total2} = 30(360) + 260 = 11060 \text{ seg}$$

Este valor determina que usando el sistema automatizado, las 5000 tejas se producirían en un tiempo aproximado de 11060 seg, es decir 3 horas con 4 min y 20 seg. Comparando este resultado con el obtenido anteriormente:

$$\begin{aligned} \Delta Td &= T_{total1} - T_{total2} \\ \Delta Td &= 11340 - 11060 \\ \Delta Td &= 280 \text{ seg} \end{aligned}$$

Lo que determina una disminución en el tiempo de producción diaria de 280 seg, es decir 4 minutos con 40 segundos. Si se multiplica este factor por los 5 días a la semana y las 4 semanas del mes, se obtendrá, la disminución del tiempo en la producción mensual de tejas:

$$\begin{aligned} \Delta Tm &= \Delta Td * 5 \text{ dias} * 4 \text{ semanas} \\ \Delta Tm &= 280 * 5 * 4 \\ \Delta Tm &= 5600 \text{ seg} \\ \Delta Tm &= 1 \text{ hora } 33 \text{ min } 20 \text{ seg} \end{aligned}$$

6.2.2 Estudio de materia prima

Como se mencionaba anteriormente cada teja tiene una composición química, la misma que determina las características finales del producto: resistencia, dureza, etc. La fórmula es de uso confidencial de la empresa TUBASEC C.A., por ello a continuación se muestra solo los porcentajes de cada materia prima usados durante cada proceso de mezcla:

TABLA. VI. 65. Materia prima que interviene en el proceso

Materia Prima	Porcentaje
Arena	62.73 %
Cemento	25.93 %
Agua	10.86 %
Pigmento	0.48 %
	100.00 %

Fuente.-Autores

La tabla anterior muestra los porcentajes exactos de la fórmula teórica para la producción de un lote de tejas, es decir para cada mezcla. Se dice que es una fórmula teórica, puesto a que según análisis químicos, esa debería ser la composición para que las tejas obtengan las características finales deseadas. A continuación se muestra una tabla de los datos tomados en el día de las cantidades usadas por los operarios:

➤ **Antes de la implementación del sistema de automatización**

TABLA. VI. 66. Porcentaje de la materia sin el sistema automatizado

No. Mezcla	Arena (%)	Cemento (%)	Agua (%)
1	63.82	24.36	11.22
2	63.57	24.72	11.10
3	63.57	24.60	11.58
4	63.33	24.84	11.46
5	63.82	24.60	11.46
6	63.45	24.60	11.22
7	63.57	24.84	11.46
8	63.82	24.97	11.58
9	63.70	24.72	11.22
10	63.09	24.72	11.34
11	63.82	24.60	11.58
12	63.33	24.84	11.46
13	63.70	24.72	11.10
14	63.57	24.84	11.34
15	63.82	24.60	11.10
16	63.45	24.97	11.10
17	63.70	24.97	10.38
18	63.70	24.72	11.46
19	63.45	24.48	10.74
20	63.82	24.84	11.22
21	63.94	24.84	11.46
22	63.70	24.72	11.10
23	63.45	24.72	11.34
24	63.94	24.60	10.98
25	63.57	24.97	11.58
26	63.45	24.72	11.22
27	63.70	24.84	11.46
28	63.57	24.72	11.58
29	63.57	24.84	10.74
30	63.45	24.72	11.46

Fuente.-Autores

6.2.2.1 Arena:

Obtenemos la media aritmética (\bar{x}) para la cantidad de arena usada:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\bar{x} = \frac{1}{30}(63.82 + 63.57 + 63.57 + 63.33 + 63.82 + 63.45 + 63.57 + 63.82 + 63.70 + 63.09 + 63.82 + 63.33 + 63.70 + 63.57 + 63.82 + 63.45 + 63.70 + 63.70 + 63.45 + 63.82 + 63.94 + 63.70 + 63.45 + 63.94 + 63.57 + 63.45 + 63.70 + 63.57 + 63.57 + 63.45)$$

$$\bar{x} = 63.61\%$$

La media obtenida indica que para cada mezcla se usa un porcentaje de 63.61% de arena respecto a la formula estándar. Con la media procedemos a calcular la varianza (σ^2) de la producción.

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{30} [(63.82 - 63.61)^2 + (63.57 - 63.61)^2 + (63.57 - 63.61)^2 + (63.33 - 63.61)^2 \dots \dots \dots + (63.70 - 63.61)^2 + (63.57 - 63.61)^2 + (63.57 - 63.61)^2 + (63.45 - 63.61)^2]$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{30}(1.0873)$$

$$\sigma^2 = 0.0362$$

Al sacar la raíz cuadrada de la de la varianza, conocemos la desviación estándar (σ)

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Ecuación 3

$$\sigma = \sqrt{0.0362}$$

$$\sigma = 0.1903\%$$

Podemos también obtener la desviación de la media ($D_{\bar{x}}$), la cual servirá para medir la distancia existente entre los datos obtenidos y la media aritmética:

$$D_{\bar{x}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|$$

Ecuación 4

$$D_{\bar{x}} = \frac{1}{30} [(63.82 - 63.61) + (63.57 - 63.61) + (63.57 - 63.61) + (63.33 - 63.61) \dots \dots \dots + (63.70 - 63.61) + (63.57 - 63.61) + (63.57 - 63.61) + (63.45 - 63.61)]$$

$$D_{\bar{x}} = \frac{1}{30}(4.6552)$$

$$D_{\bar{x}} = 0.1551\%$$

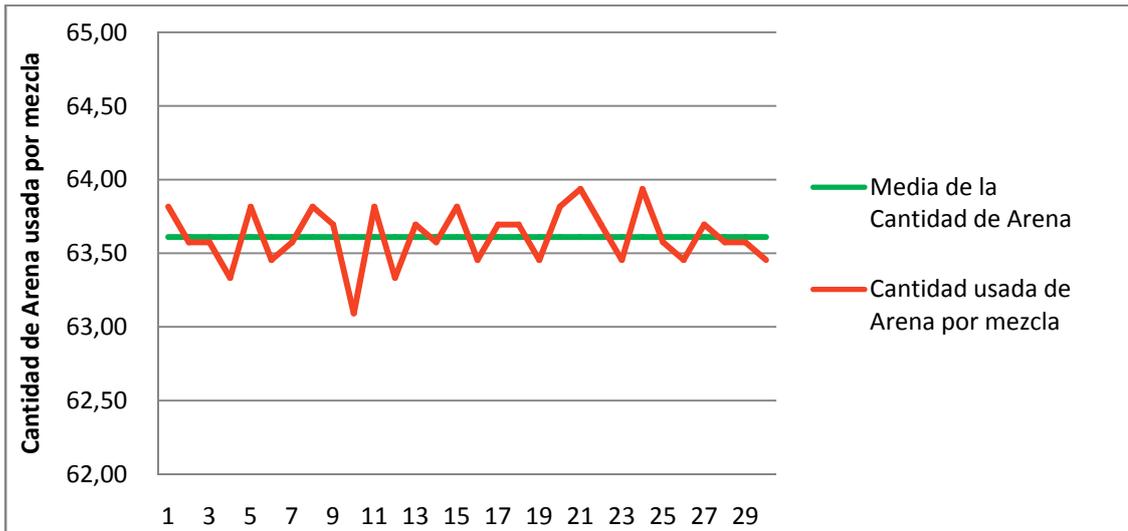


FIG. VI. 71. Variaciones obtenidas de las cantidades de la arena respecto a su media sin el sistema

El grafico anterior indica la desviación existente entre los datos obtenidos y su media aritmética. Se puede observar que la cantidad de arena usada para el proceso de mezclado, es muy variante para cada. Cada mezcla lleva una cantidad diferente de arena y rara vez este valor se estabiliza, es decir no tiende a acercarse a su media, los valores están muy dispersos.

6.2.2.2 Cemento:

Obtenemos la media aritmética (\bar{x}) para la cantidad de cemento usado:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\begin{aligned} \bar{x} = \frac{1}{30} & (24.36 + 24.72 + 24.60 + 24.84 + 24.60 + 24.60 + 24.84 + 24.97 + 24.72 + 24.72 + 24.60 \\ & + 24.84 + 24.72 + 24.84 + 24.60 + 24.97 + 24.97 + 24.72 + 24.48 + 24.84 \\ & + 24.84 + 24.72 + 24.72 + 24.60 + 24.97 + 24.72 + 24.84 + 24.72 + 24.84 \\ & + 24.72) \end{aligned}$$

$$\bar{x} = 24.74 \%$$

Con la media procedemos a calcular la varianza (σ^2) de la producción.

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

$$\begin{aligned} \sigma^2 = \frac{1}{30} & [(24.36 - 24.74)^2 + (24.72 - 24.74)^2 + (24.60 - 24.74)^2 + (24.84 - 24.74)^2 \dots \dots \dots \\ & + (24.84 - 24.74)^2 + (24.72 - 24.74)^2 + (24.84 - 24.74)^2 + (24.72 - 24.74)^2] \end{aligned}$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{30} (0.6138)$$

$$\sigma^2 = 0.0205$$

Al sacar la raíz cuadrada de la de la varianza, conocemos la desviación estándar (σ)

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\sigma = \sqrt{0.0205}$$

$$\sigma = 0.1432\%$$

Podemos también obtener la medida de dispersión desviación de la media ($D_{\bar{x}}$)

$$D_{\bar{x}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|$$

$$D_{\bar{x}} = \frac{1}{30} [(24.36 - 24.74) + (24.72 - 24.74) + (24.60 - 24.74) + (24.84 - 24.74) \dots \dots \dots$$

$$+ (24.84 - 24.74) + (24.72 - 24.74) + (24.84 - 24.74) + (24.72 - 24.74)]$$

$$D_{\bar{x}} = \frac{1}{30} (3.3526)$$

$$D_{\bar{x}} = 0.112\%$$

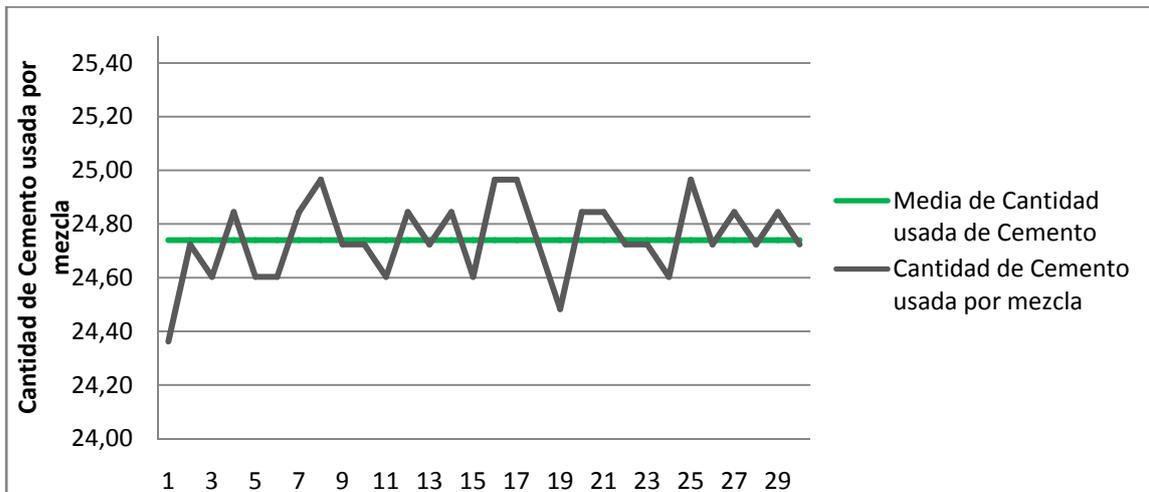


FIG. VI. 72. Variaciones obtenidas de las cantidades del cemento respecto a su media sin el sistema

Al igual que sucede con la arena, el cemento tiene una gran variación, lo que se traduce en una inconsistencia de la mezcla, el cemento es un elemento muy importante ya influye de manera imperativa en la dureza final de la teja, por ello es prominente que vaya en cantidades adecuadas. En la grafica se puede observar como la cantidad de cemento varia altamente de una macla a otra

6.2.2.3 Agua

Obtenemos la media aritmética (\bar{x}) para la cantidad de agua usada:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\begin{aligned} \bar{x} = \frac{1}{30} & (11.22 + 11.10 + 11.58 + 11.46 + 11.46 + 11.22 + 11.46 + 11.58 + 11.22 + 11.34 + 11.58 \\ & + 11.46 + 11.10 + 11.34 + 11.10 + 11.10 + 10.38 + 11.46 + 10.74 + 11.22 \\ & + 11.46 + 11.10 + 11.34 + 10.98 + 11.58 + 11.22 + 11.46 + 11.58 + 10.74 \\ & + 11.46) \end{aligned}$$

$$\bar{x} = 11.27 \%$$

Con la media procedemos a calcular la varianza (σ^2) de la producción.

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

$$\begin{aligned} \sigma^2 = \frac{1}{30} & [(11.22 - 11.27)^2 + (11.10 - 11.27)^2 + (11.58 - 11.27)^2 + (11.46 - 11.27)^2 \dots \dots \dots \\ & + (10.98 - 11.27)^2 + (11.58 - 11.27)^2 + (10.74 - 11.27)^2 + (11.46 - 11.27)^2] \end{aligned}$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{30} (2.4054)$$

$$\sigma^2 = 0.08$$

Al sacar la raíz cuadrada de la de la varianza, conocemos la desviación estándar (σ)

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\sigma = \sqrt{0.08}$$

$$\sigma = 0.28\%$$

Podemos también obtener la medida de dispersión desviación de la media ($D_{\bar{x}}$)

$$D_{\bar{x}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|$$

$$\begin{aligned} D_{\bar{x}} = \frac{1}{30} & [(11.22 - 11.27) + (11.10 - 11.27) + (11.58 - 11.27) + (11.46 - 11.27) \dots \dots \dots \\ & + (10.98 - 11.27) + (11.58 - 11.27) + (10.74 - 11.27) + (11.46 - 11.27)] \end{aligned}$$

$$D_{\bar{x}} = \frac{1}{30} (6.6613)$$

$$D_{\bar{x}} = 0.222\%$$

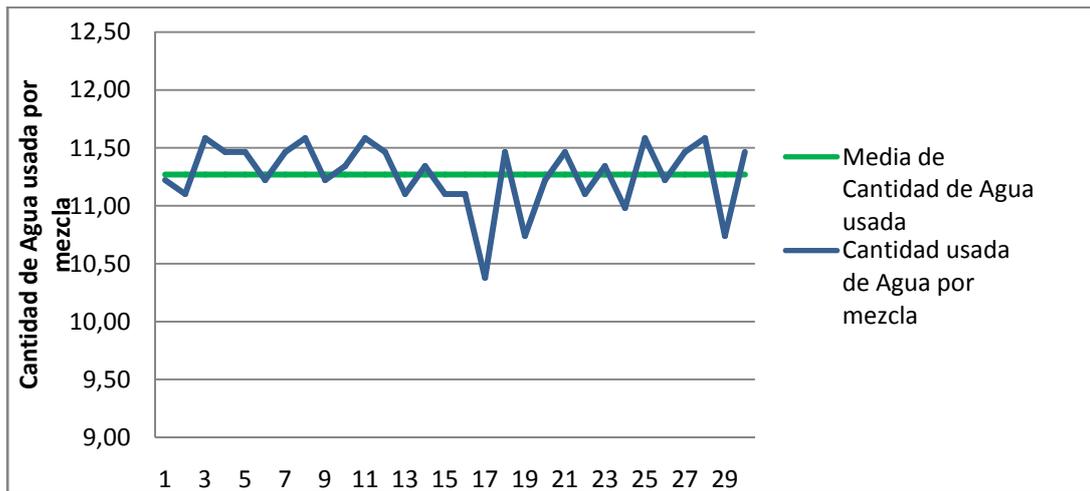


FIG. VI. 73. Variaciones obtenidas de las cantidades del agua respecto a su media sin el sistema

Al igual que sucede con la arena y el cemento. El agua tiene una variación grande, lo que lleva a una inconsistencia de la mezcla y una variación de una mezcla a otra, esto conlleva a múltiples problemas como:

- La mezcla al contener demasiada o poca cantidad de agua en su composición se vuelve inmanejable en el proceso de moldeo.
- La Humedad en la mezcla es alta.
- Cuando las tejas se ha fraguado, estas dejan una gran cantidad de porosidad debido a la evaporación del agua, esto hace que su resistencia disminuya y cuando son expuestas a la lluvia estas absorben grandes cantidades de agua produciéndose una disminución de su vida útil.

✓ **Con el sistema automatizado**

TABLA. VI. 67. Porcentaje de la materia sin el sistema automatizado

DIA 1			
No. Mezcla	Arena (%)	Cemento (%)	Agua (%)
1	62,73	25,33	10,86
2	62,73	25,33	11,10
3	62,73	25,45	10,98
4	62,85	25,33	10,98
5	62,73	25,33	10,98
6	62,97	25,45	10,98
7	62,61	25,57	10,86
8	62,85	25,45	10,86
9	62,85	25,09	10,98
10	62,73	25,33	10,74
11	62,73	25,21	10,98

12	62,97	25,21	10,86
13	62,97	25,33	11,10
14	62,73	25,33	10,86
15	62,73	25,33	10,86
16	62,61	25,45	10,86
17	62,85	25,33	10,74
18	62,73	25,45	10,74
19	62,73	25,21	10,74
20	62,73	25,21	10,98
21	62,85	25,21	10,86
22	62,73	25,09	10,86
23	62,61	25,45	11,10
24	62,85	25,33	10,98
25	62,85	25,33	10,86
26	62,85	25,45	10,74
27	62,73	25,57	10,86
28	62,73	25,57	10,98
29	62,73	25,45	10,86
30	62,73	25,33	10,74

- **Arena**

Obtenemos la media aritmética (\bar{x}) para la cantidad de arena usada:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\begin{aligned} \bar{x} = \frac{1}{30} & (62.73 + 62.73 + 62.73 + 62.85 + 62.73 + 62.97 + 62.61 + 62.85 + 62.85 + 62.73 + 62.73 \\ & + 62.97 + 62.97 + 62.73 + 62.73 + 62.61 + 62.85 + 62.73 + 62.73 + 62.73 \\ & + 62.85 + 62.73 + 62.61 + 62.85 + 62.85 + 62.85 + 62.73 + 62.73 + 62.73 \\ & + 62.73) \end{aligned}$$

$$\bar{x} = 62.77 \%$$

Con la media procedemos a calcular la varianza (σ^2) de la producción.

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

$$\begin{aligned} \sigma^2 = \frac{1}{30} & [(62.73 - 62.77)^2 + (62.73 - 62.77)^2 + (62.73 - 62.77)^2 + (62.85 - 62.77)^2 \dots \dots \dots \\ & + (62.73 - 62.77)^2 + (62.73 - 62.77)^2 + (62.73 - 62.77)^2 + (62.73 - 62.77)^2] \end{aligned}$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{30} (0.2766)$$

$$\sigma^2 = 0.0092$$

Al sacar la raíz cuadrada de la de la varianza, conocemos la desviación estándar (σ)

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\sigma = \sqrt{0.0092}$$

$$\sigma = 0.096\%$$

Podemos también obtener la medida de dispersión desviación de la media ($D_{\bar{x}}$)

$$D_{\bar{x}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|$$

$$D_{\bar{x}} = \frac{1}{30} [(62.73 - 62.77) + (62.73 - 62.77) + (62.73 - 62.77) + (62.85 - 62.77) \dots \dots \dots$$

$$+ (62.73 - 62.77) + (62.73 - 62.77) + (62.73 - 62.77) + (62.73 - 62.77)]$$

$$D_{\bar{x}} = \frac{1}{30} (2.3708)$$

$$D_{\bar{x}} = 0.079\%$$

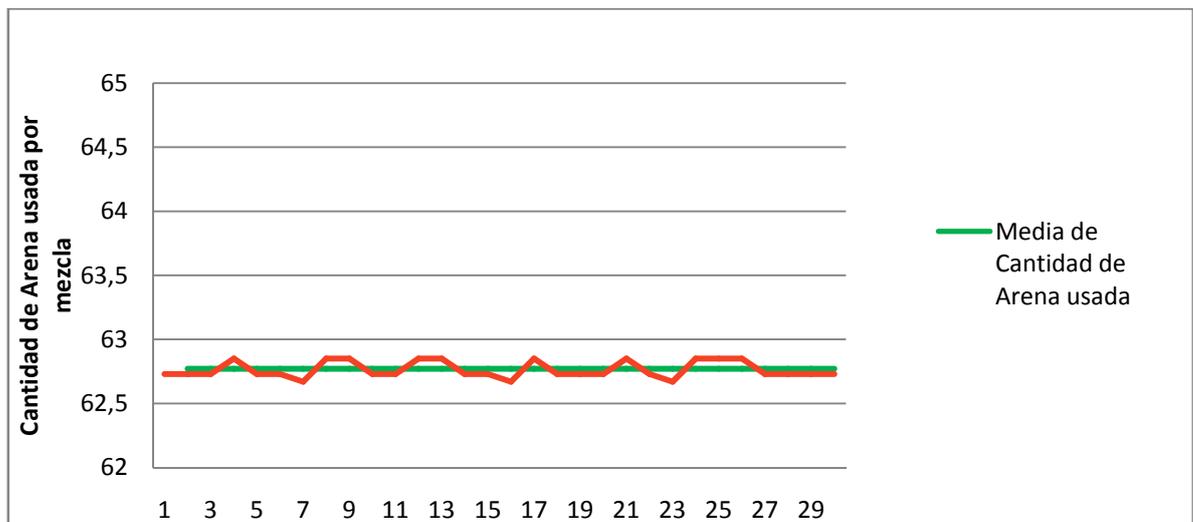


FIG. VI. 74. Variaciones obtenidas de las cantidades de la arena respecto a su media con el sistema

Implementado el sistema se puede observar que en algunas muestras, existen pequeñas variaciones en la cantidad de arena que se utiliza en el proceso de mezclado, y en otras muestras llegan a ser iguales las cantidades de arena utilizada, con cantidad teórica que se establece en su formulación.

- **Cemento**

Obtenemos la media aritmética (\bar{x}) para la cantidad de cemento usado:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\begin{aligned} \bar{x} = \frac{1}{30} & (25.33 + 25.33 + 25.45 + 25.33 + 25.33 + 25.45 + 25.57 + 25.45 + 25.09 + 25.33 + 25.21 \\ & + 25.21 + 25.33 + 25.33 + 25.33 + 25.45 + 25.33 + 25.45 + 25.21 + 25.21 \\ & + 25.21 + 25.09 + 25.45 + 25.33 + 25.33 + 25.45 + 25.57 + 25.57 + 25.45 \\ & + 25.33) \end{aligned}$$

$$\bar{x} = 25.35 \%$$

Con la media procedemos a calcular la varianza (σ^2) de la producción.

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

$$\begin{aligned} \sigma^2 = \frac{1}{30} & [(25.33 - 25.35)^2 + (25.33 - 25.35)^2 + (25.45 - 25.35)^2 + (25.33 - 25.35)^2 \dots \dots \dots \\ & + (25.57 - 25.35)^2 + (25.57 - 25.35)^2 + (25.45 - 25.35)^2 + (25.33 - 25.35)^2] \end{aligned}$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{30} (0.4681)$$

$$\sigma^2 = 0.016$$

Al sacar la raíz cuadrada de la de la varianza, conocemos la desviación estándar (σ)

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\sigma = \sqrt{0.016}$$

$$\sigma = 0.13 \%$$

Podemos también obtener la medida de dispersión desviación de la media ($D_{\bar{x}}$)

$$D_{\bar{x}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|$$

$$\begin{aligned} D_{\bar{x}} = \frac{1}{30} & [(25.33 - 25.35) + (25.33 - 25.35) + (25.45 - 25.35) + (25.33 - 25.35) \dots \dots \dots \\ & + (25.57 - 25.35) + (25.57 - 25.35) + (25.45 - 25.35) + (25.33 - 25.35)] \end{aligned}$$

$$D_{\bar{x}} = \frac{1}{30} (2.9581)$$

$$D_{\bar{x}} = 0.0986 \%$$

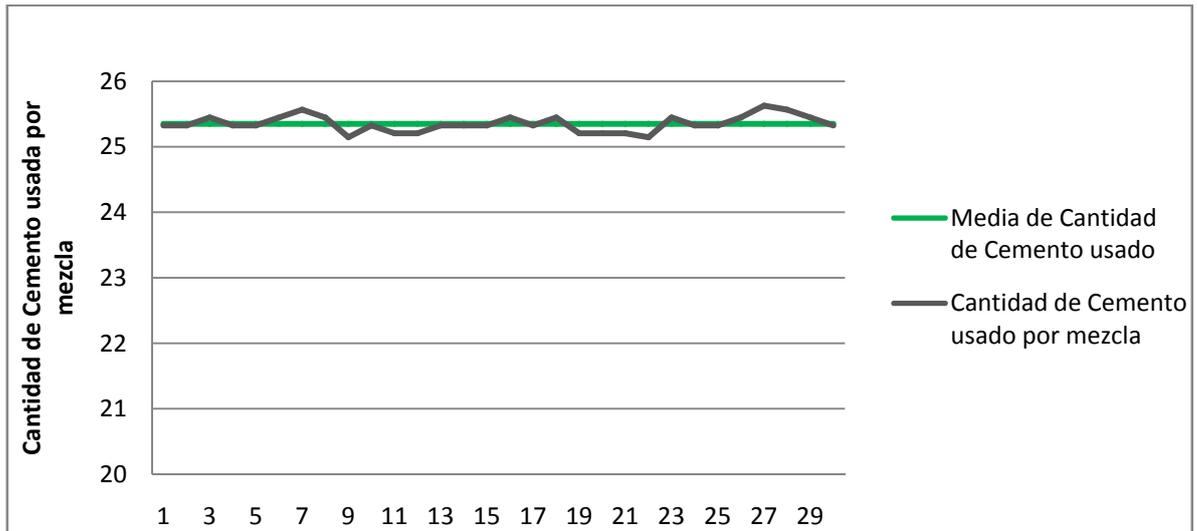


FIG. VI. 75. Variaciones obtenidas de las cantidades del cemento respecto a su media con el sistema

Implementado el sistema se puede observar que en algunas muestras, existen pequeñas variaciones en la cantidad de cemento que se utiliza en el proceso de mezclado, permitiendo tener un a igualdad en la composición de la mezcla.

Agua

Obtenemos la media aritmética (\bar{x}) para la cantidad de agua usada:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\begin{aligned} \bar{x} = \frac{1}{30} & (10.86 + 11.10 + 10.98 + 10.98 + 10.98 + 10.98 + 10.86 + 10.86 + 10.98 + 10.74 + 10.98 \\ & + 10.86 + 11.10 + 10.86 + 10.86 + 10.86 + 10.74 + 10.74 + 10.74 + 10.98 \\ & + 10.86 + 10.86 + 11.10 + 10.98 + 10.86 + 10.74 + 10.86 + 10.98 + 10.86 \\ & + 10.74) \end{aligned}$$

$\bar{x} = 10.90 \%$

Con la media procedemos a calcular la varianza (σ^2) de la producción.

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

$$\begin{aligned} \sigma^2 = \frac{1}{30} & [(10.86 - 10.90)^2 + (11.10 - 10.90)^2 + (10.98 - 10.90)^2 + (10.98 - 10.90)^2 \dots \dots \dots \\ & + (10.86 - 10.90)^2 + (10.98 - 10.90)^2 + (10.86 - 10.90)^2 + (10.74 - 10.90)^2] \end{aligned}$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{30} (0.3543)$$

$\sigma^2 = 0.0118$

Al sacar la raíz cuadrada de la de la varianza, conocemos la desviación estándar (σ)

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\sigma = \sqrt{0.0118}$$

$$\sigma = 0.109\%$$

Podemos también obtener la medida de dispersión desviación de la media ($D_{\bar{x}}$)

$$D_{\bar{x}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|$$

$$D_{\bar{x}} = \frac{1}{30} [(10.86 - 10.90) + (11.10 - 10.90) + (10.98 - 10.90) + (10.98 - 10.90) \dots \dots \dots$$

$$+ (10.86 - 10.90) + (10.98 - 10.90) + (10.86 - 10.90) + (10.74 - 10.90)]$$

$$D_{\bar{x}} = \frac{1}{30} (2.774)$$

$$D_{\bar{x}} = 0.092\%$$

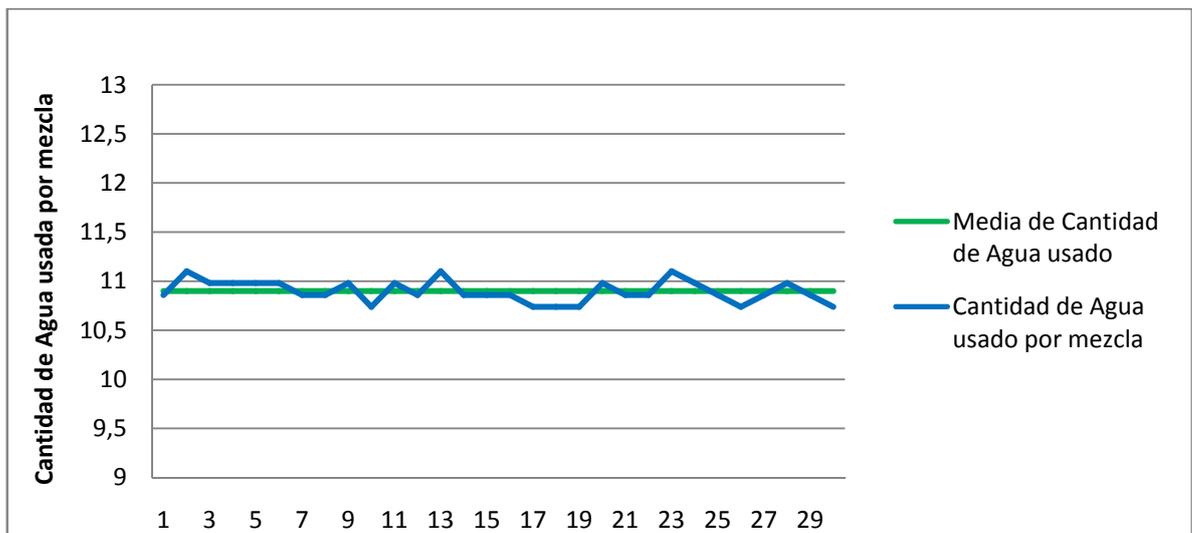


FIG. VI. 76. Variaciones obtenidas de las cantidades del agua respecto a su media con el sistema

Implementado el sistema se puede observar que existe una variación muy discreta en el aporte del agua hacia la mezcla permitiendo reducir los problemas que se tenía antes de implementar el sistema.

6.2.3 Comparación de los sistemas

- Arena

TABLA. VI. 68. Comparación de resultados obtenidos en la arena

Materia Prima	Sin automatización (%)	Con automatización (%)
\bar{x}	63.61 %	62.77 %
$D_{\bar{x}}$	0.1551 %	0.079 %

Fuente.-Autores

Al culminar con los estudios de las muestras recogidas, se ha llegado a obtener los siguientes resultados.

En el caso de la media que nos ayuda a tener un valor representativo de las muestras promediadas y poder realizar un comparación entre los valores obtenidos antes de implementar el sistema de automatización y después de haberlo implementado.

Al realizar la comparación entre el valor teórico de la cantidad de arena que debe tener en cada mezcla y el valor de la cantidad se ha venido utilizando en el proceso sin automatización obtuvo una disminución de 0.88%, y al realizar la comparación después de haber implementado el sistema automático se obtuvo un resultado de 0.04%, pudiendo comprobar que se acerca la cantidad de arena utilizada en cada proceso de mezclado al valor teórico

Al realizar un estudio con medidas de dispersión, en nuestro caso la desviación estándar nos permiten conocer que tanto se alejan los datos de su punto central es decir de su media, la tendencia que variar con respecto al valor de la media para la cantidad de arena utilizada en cada proceso de mezclado se encuentra por encima o por debajo de un 0.1551% y utilizando el sistema sin automatización, y con el sistema se halló una desviación estándar de 0.079%

Lo que se obtiene una disminución en las variaciones con respecto a la media en cada proceso

- **Cemento**

TABLA. VI. 69. Comparación de resultados obtenidos en la cemento

Materia Prima	Sin automatización (%)	Con automatización (%)
\bar{x}	24.47 %	25.35 %
$D_{\bar{x}}$	0.112 %	0.0986 %

Fuente.-Autores

Al realizar la comparación entre el valor teórico de la cantidad de cemento que debe tener en cada mezcla y el valor de la cantidad se ha venido utilizando, en el proceso sin automatización se dio un resultado de 1.46%, y al realizar la comparación después de haber implementado el sistema automático se obtuvo un resultado de 0.58%, pudiendo comprobar que se acerca la cantidad de cemento utilizado en cada proceso de mezclado al valor teórico.

La tendencia que variar con respecto al valor de la media para la cantidad de cemento utilizado en cada proceso de mezclado se encuentra por encima o por debajo de un 0.112%, utilizando el sistema sin automatización, y con el sistema se halló una desviación estándar de 0.0986%

Lo que se obtiene una disminución en las variaciones con respecto a la media en cada proceso.

- **Agua**

TABLA. VI. 70. Comparación de resultados obtenidos en el agua

Materia Prima	Sin automatización (%)	Con automatización (%)
\bar{x}	11.27 %	10.90 %
$D_{\bar{x}}$	0.222 %	0.092 %

Fuente.-Autores

Al realizar la comparación entre el valor teórico de la cantidad de agua que debe tener en cada mezcla y el valor de la cantidad se ha venido utilizando, en el proceso sin automatización se dio un resultado de 0.41%, y al realizar la comparación después de haber implementado el sistema automático se obtuvo un resultado de 0.58%, pudiendo comprobar que se acerca la cantidad de agua utilizado en cada proceso de mezclado, 0.04% al valor teórico.

La tendencia que variar con respecto al valor de la media para la cantidad de agua utilizado en cada proceso de mezclado se encuentra por encima o por debajo de un 0.222% y utilizando el sistema sin automatización, y con el sistema se halló una desviación estándar de 0.092%

Lo que se obtiene una disminución en las variaciones con respecto a la media en cada proceso.

TABLA. VI. 71. Comparación de resultados obtenidos en la materia prima

Materia Prima	Formula Estándar (%)	Formula sin automatización (%)	Formula con automatización (%)
Arena	62.73 %	63.61 %	62.77 %
Cemento	25.93%	24.74 %	25.35%
Agua	10.86%	11.27 %	10.90 %
Pigmento	0.48%	0.48 %	0.48 %

Fuente.-Autores

TABLA. VI. 72. Comparación de datos obtenidos, antes y después de automatizar el proceso

No. Mezcla	Datos Antes de la Automatización			Datos Después de la Automatización		
	Arena (%)	Cemento (%)	Agua (%)	Arena (%)	Cemento (%)	Agua (%)
1	63.82	24.36	11.22	62,73	25,33	10,86
2	63.57	24.72	11.10	62,73	25,33	11,1
3	63.57	24.60	11.58	62,73	25,45	10,98
4	63.33	24.84	11.46	62,85	25,33	10,98

5	63.82	24.60	11.46	62,73	25,33	10,98
6	63.45	24.60	11.22	62,97	25,45	10,98
7	63.57	24.84	11.46	62,61	25,57	10,86
8	63.82	24.97	11.58	62,85	25,45	10,86
9	63.70	24.72	11.22	62,85	25,09	10,98
10	63.09	24.72	11.34	62,73	25,33	10,74
11	63.82	24.60	11.58	62,73	25,21	10,98
12	63.33	24.84	11.46	62,97	25,21	10,86
13	63.70	24.72	11.10	62,97	25,33	11,1
14	63.57	24.84	11.34	62,73	25,33	10,86
15	63.82	24.60	11.10	62,73	25,33	10,86
16	63.45	24.97	11.10	62,61	25,45	10,86
17	63.70	24.97	10.38	62,85	25,33	10,74
18	63.70	24.72	11.46	62,73	25,45	10,74
19	63.45	24.48	10.74	62,73	25,21	10,74
20	63.82	24.84	11.22	62,73	25,21	10,98
21	63.94	24.84	11.46	62,85	25,21	10,86
22	63.70	24.72	11.10	62,73	25,09	10,86
23	63.45	24.72	11.34	62,61	25,45	11,1
24	63.94	24.60	10.98	62,85	25,33	10,98
25	63.57	24.97	11.58	62,85	25,33	10,86
26	63.45	24.72	11.22	62,85	25,45	10,74
27	63.70	24.84	11.46	62,73	25,57	10,86
28	63.57	24.72	11.58	62,73	25,57	10,98
29	63.57	24.84	10.74	62,73	25,45	10,86
30	63.45	24.72	11.46	62,73	25,33	10,74

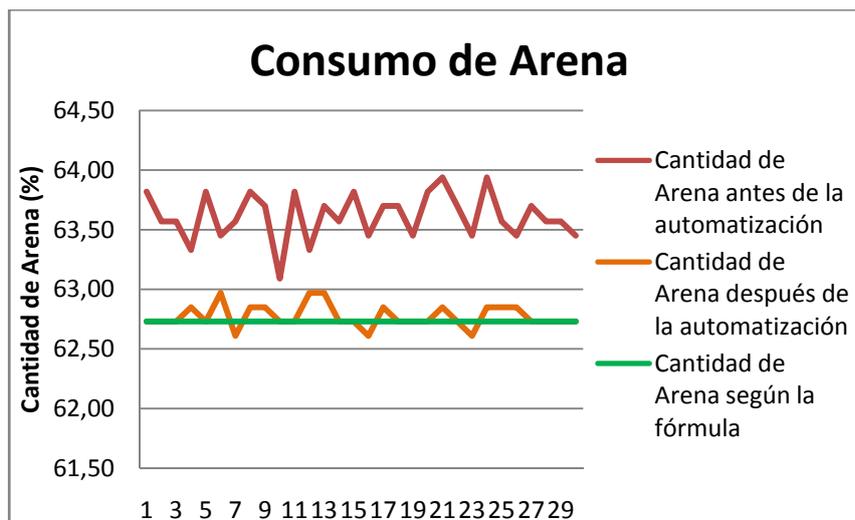


FIG. VI. 77. Comparaciones de las cantidades de arena que interviene en el proceso antes y después de automatizar

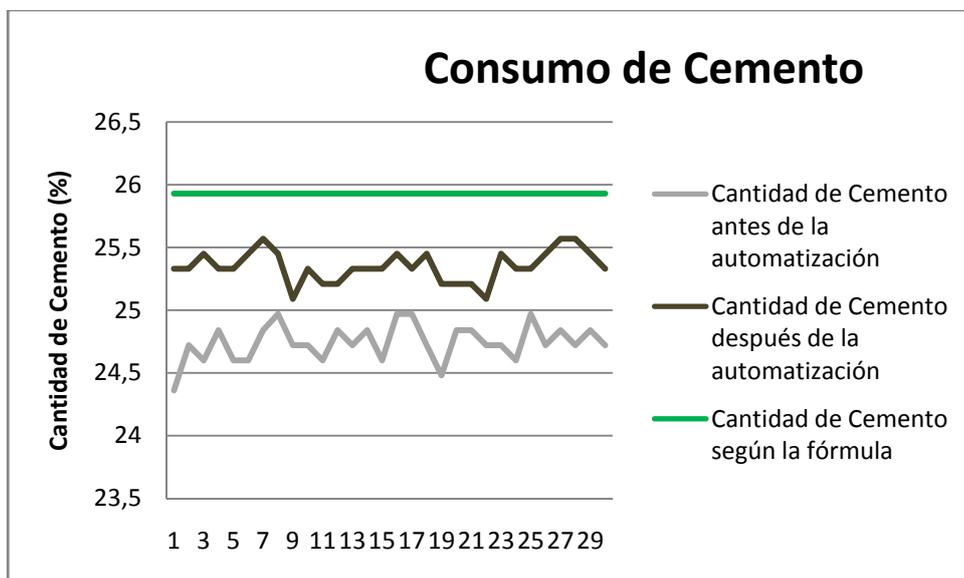


FIG. VI. 78. Comparaciones de las cantidades de cemento que interviene en el proceso antes y después de automatizar

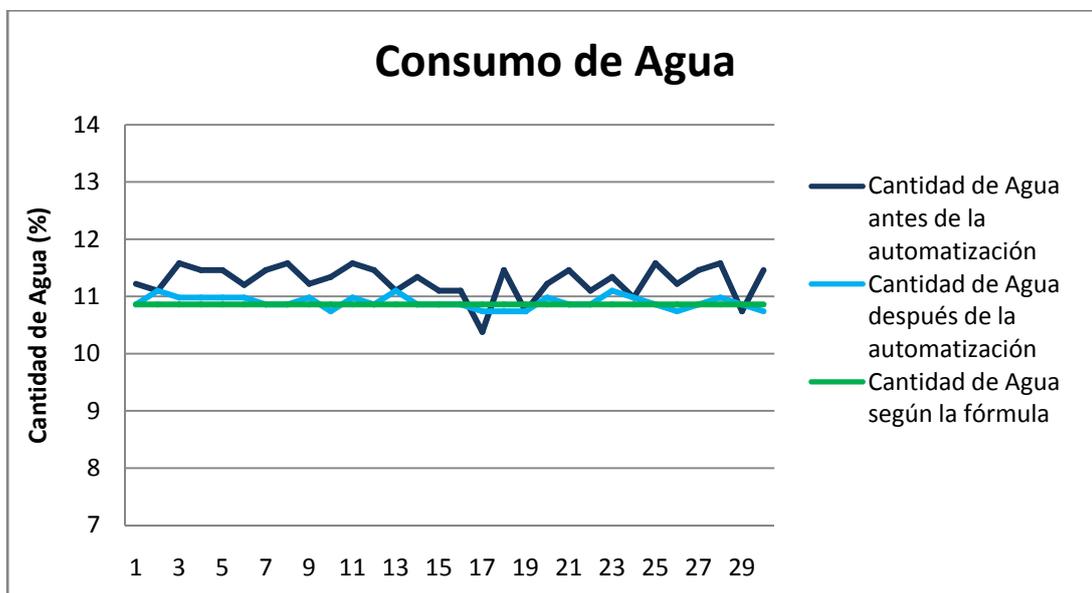


FIG. VI. 79. Comparaciones de las cantidades de agua que interviene en el proceso antes y después de automatizar

6.3 COMPROBACION DE LA HIPOTESIS

¿El sistema de automatización para el mezclado de materia prima para la fabricación de tejas, permitirá disminuir el tiempo de mezclado?

Esta hipótesis pudo ser comprobada con los datos arrojados en los estudios vistos anteriormente.

Se obtuvo una disminución en el tiempo de producción diaria de 280 seg, es decir 4 minutos con 40 segundos. Si se multiplica este factor por los 5 días a la semana y las 4 semanas del mes, se obtendrá, la disminución del tiempo en la producción mensual de tejas:

$$\Delta Tm = \Delta Td * 5días * 4semanas$$

$$\Delta Tm = 280 * 5 * 4$$

$$\Delta Tm = 5600 \text{ seg}$$

$$\Delta Tm = 1 \text{ hora } 33 \text{ min } 20 \text{ seg}$$

CONCLUSIONES

1. El proyecto desarrollado en el presente trabajo cumple con los objetivos inicialmente planteados, que son la automatización del proceso de mezclado de materia prima para la elaboración de tejas en la planta Ecuateja.
2. El sistema de automatización implementado dio excelentes resultados, es una herramienta ágil y robusta que permite acercarse las cantidades que intervienen de materia prima real a las cantidades teóricas en el proceso de mezclado estos datos fueron comprobados en base a estudios realizados mediante muestras recogidas y por medio de herramientas estadísticas, también se comprobó en forma práctica que el manejo del procesos de mezclado es más cómodos, ya que al centralizar las activaciones en un solo lugar, permite responder con mayor rapidez y más seguridad ante cualquier eventualidad.
3. Al programar el PLC por primera vez se utilizo el cable TSX C USB 485 ya que es necesario configurar su modulo de comunicación Ethernet, de ahí en adelante su programación se lo realiza utilizando cable de par trenzado en configuración cruzado.
4. La interfaz diseñada tanto para el control del sistema, se la realizó de manera que sea amigable, intuitiva y su diseño lo más parecido a la parte real, para que el operador y el líder de la planta, pudiesen saber exactamente que hace cada botón y para qué sirve cada pantalla. Además con la capacitación y el manual de usuario, el operador de la maquina y líder de producción saben qué hacer en caso de cualquier imprevisto.
5. Los reportes de producción, son una de las herramientas más útiles que genera el sistema, ya que ofrecen la posibilidad de saber: el numero de mezcla, tiempo de mezclado, cantidad cemento, arena y agua, permite que la planta lleve un mejor control de la materia prima que interviene en el proceso.
6. Se demostró que la hipótesis planteada, es verdadera en base a los correspondientes datos arrojados en esta investigación, gracias a los estudios realizados antes y después de la implementación del sistema, se pudo constatar que el sistema optimizó el tiempo de mezclado realizando una disminución de 280 segundos en el día de producción.

RECOMENDACIONES

1. Para empezar la producción es necesario calibrar los parámetros en el sistema, porque la composición de la materia prima que intervienen en el proceso de mezclado cambia dependiendo el tipo de tejas que se fabriquen.
2. Para el óptimo funcionamiento del sistema es necesario que los sensores de contacto como son los finales de carrera tanto de subida como el de bajada se encuentren en su posición correcta para que la tolva que transporta arena se detenga la posición adecuado para el llenado del material y para depositar su contenido en el recipiente de mezclado, si no sucede esto puede existir un desperdicio de material.
3. Al realizar el programa del PLC ser ordenado y tener en cuenta las reglas para programación ladder, de esta forma evitar daños al PLC, seguir la secuencia obtenida en método del graficet para no tener inconveniente en la programación.
4. Se recomienda dar un mantenimiento preventivo periódico a los sensores y actuadores del sistema, ya que con medidas sencillas se puede evitar que estos se deterioren rápidamente y pierdan sus funciones originales.
5. Es importante que antes de utilizar el sistema el operador y líder de Ecuateja tengan un conocimiento claro del funcionamiento del mismo.

RESUMEN

La implementación de un sistema automático para el mezclado de materia prima, en la planta Ecuateja perteneciente a la fábrica TUBASEC C.A

Se utilizó el método experimental para la obtención del tiempo correcto, que debe tener el proceso de mezclado de materia prima para conseguir un resultado satisfactorio.

El sistema consta de sensores, actuadores neumáticos lineales activados por electroválvulas, motores AC y Elementos funcionales electromecánicos de control, ubicados de forma experimental, de tal manera que puedan utilizarse en el proceso de mezclado de materia prima, para el control de estos elementos se utilizó un PLC (controlador lógico programable), programado a través del método Ladder y para la comunicación con el interfaz HMI (Interfaz hombre máquina) del PC (computador personal), elaborada en Labview, se utilizó el protocolo de comunicación MODBUS ETHERNET.

Como resultados obtenidos luego de la implementación del sistema automático, se obtuvo una disminución del tiempo en el proceso diario de mezclado de 280 segundos.

Se puede concluir que estos datos obtenidos con el sistema implementado en la planta ECUATEJA permiten eliminar los errores producidos por falla humana y aprovechar al máximo la materia prima que interviene en el proceso de mezclado.

Se recomienda al líder de la planta, configurar los parámetros del sistema antes de comenzar la producción ya que estos dependerán del tipo de teja que se fabrique.

ABSTRACT

Automatic system implementation for mixing raw material at Ecuateja plant belonging to BUBASEC C.A factory.

The experimental method was used to get to get the accurate time that raw material mixing process must have in order to get the best result. The system contains sensor, linear pneumatic actuators activated by electro valves, engines AC (Alternating Current) and functional control electro mechanical elements set in an experimental way so that they can be used in the raw material mixing process. A PLC(programmable logic controller) programmed by grafcet method was used for these elements control and the communication protocol MODBUS ETHERNET for the communication with the interface HMI (Human Machine Interface) of PC (Personal computer), elaborate in LABVIEW.

A time reduction of 280 seconds in the daily mixing process was gotten as result gotten after implementing the automatic system.

From these data, it is concluded that the system mentioned above can eliminate the mistakes produce by human faults and make the most of the raw material intervening in the mixing process.

It is recommended to the unit leader configure the parameters of the system before starting production because these will depend on the kind of little to be manufactured.

ANEXO 1.-MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

INSTRUCTIVO PARA EL ARRANQUE Y PARO DE LA MAQUINA
MEZCLADORA DE MATERIA PRIMA PARA LA FABRICACION DE
TEJAS DE MANERA AUTOMATICA

CONTENIDO

1. OBJETO

2. ALCANCE

3. IDENTIFICACION

4. PROCEDIMIENTO

1. OBJETO

Este instructivo detalla las actividades para la puesta en marcha y paro de la máquina mezcladora de materia prima para la fabricación de tejas de manera automática en la planta Ecuateja.

2. ALACANCE

Abarca el arranque de máquina y paro de la maquinaria mezcladora de materia prima para la fabricación de tejas de manera automática.

3. IDENTIFICACION

El presente instructivo se identifica con el código:

T.EC.MP.7.1.I11.P01

“Instructivo para el arranque y paro de la máquina mezcladora de materia prima para la fabricación de tejas de manera automática”

4. PROCEDIMIENTO

4.1 INSTRUCCIONES PARA EL ARRANQUE DE LA MAQUINA DE MEZCLADORA DE MATERIA PRIMA PARA LA FABRICACION DE TEJAS.

Para el arranque de la máquina mezcladora de materia prima para la fabricación de tejas en la planta Ecuateja, se debe aplicar las siguientes instrucciones:

- 4.1.1 Revisar que los elementos de control tanto eléctricos como mecánicos y/o automáticos se encuentren en adecuadas condiciones de operación y calibrados para el normal funcionamiento.
- 4.1.2 Inspeccionar que los silos de suministro de arena y silo de almacenaje de cemento principal se encuentren llenos, para poder trabajar sin ningún contratiempo y poder cumplir con el trabajo programado.

- 4.1.3 Revisar que las partes mecánicas como; carro suministrador de arena, Las bandas primarias y secundarias, cables de acero, silo suministrador de cemento, tanque reservorio de agua, paletas mezcladora, se encuentren en buen estado para su correcto funcionamiento.
- 4.1.4 Observar que en los depósitos que suministran materia prima como son: carro transportador de arena, silo de almacenaje de cemento secundario, tanque reservorio de agua. Se encuentren libres de impurezas que podrían afectar en el proceso de mezclado.

4.2 INSTRUCCIONES PARA EL PARO DE LA MAQUINA DE MEZCLADO CUANDO SE ENCUENTRA TRABAJANDO DE FORMA AUTOMATICA.

Para el paro de la máquina de mezclado cuando se encuentra trabajando de manera automática de procede de la siguiente manera.

- 4.2.1 Confirmar que se ha cumplido el programa de producción establecido
- 4.2.2 Verificar que en el recipiente de mezclado se encuentre totalmente vacío.
- 4.2.3 observar que todas las partes mecánicas móviles se encuentren en su posición inicial.
- 4.2.4 Cerrar las llaves de paso de aire principal que se encuentra a la salida del compresor y de igual manera cerrar las llaves de paso secundarias.
- 4.2.5 Pulsar el botón de paro de emergencia que se encuentra en el tablero de funcionamiento automático.
- 4.2.6 Una vez todos los equipos des energizado se procede a limpiar el área de trabajo como es el recipiente de mezclado, paletas de mezclado, superficie donde se ubica el pigmento.

4.3 INSTRUCCIONES PARA LA PUESTA EN MARCHA DE LA MAQUINA MEZCLADORA DE MATERIA PRIMA EN FORMA AUTOMATICA EN LA PLANTA ECULATEJA.

- 4.3.1 Colocar el selector en la posición donde indica operación automática, mencionado selector se encuentra ubicado en el tablero de funcionamiento automático de la máquina de mezclado de materia

prima. Y levantar el pulsador de emergencia de la maquina este pulsador se encuentra ubicado en el tablero de funcionamiento automática de la maquina mezcladora de materia prima.

4.3.2 Abrir la llave de paso de aire principal que se encuentra ubicado en la salida del compresor y de igual manera abrir la llave de paso de aire secundario.

4.3.3 Pulsar el botón inicio para empezar a realizar una mezcla de materia prima de manera automática, el proceso de mezclado empezara en la siguiente orden:

4.3.3.1 Los componentes que interviene el proceso de mezclado empezaran a llenarse de manera simultánea; las bandas que se encuentran bajo los silos secundarios de arena empezarán a transportar la arena hacia el carro transportador y se detendrá cuando llegue a su peso indicado; el silo secundario de cemento comenzará a llenarse hasta que llegue a su peso indicado para la mezcla; el tanque reservorio de agua se llenara hasta que alcance su nivel adecuado de agua para la mezcla; una vez lleno todos los elementos se procederá a realizar la siguiente acción.

4.3.3.2 El proceso de mezclado de la materia prima; comienza cuando suba el carro con la arena, vierta su contenido en la olla de mezclado y se encenderá el extractor de partículas sólidas; el carro empezará a descender hasta llegar a su posición inicial y se volverá a llenar con arena para estar listo para la siguiente mezcla, simultáneamente a este proceso, las paletas se activarán para esparcir la arena por toda la superficie de la olla mezcladora, después de un tiempo determinado la paletas se detendrán para esperar el siguiente proceso.

4.3.3.3 Se abrirá la tapa del silo secundario de cemento para dejar caer todo su contenido en la olla mezcladora y continuación las paletas se activarán para mezclar el cemento y la arena de una manera homogénea. Cuando se obtenga esta mezcla, después de un tiempo

determinado se desactivaran las paletas de manera automática, al mismo tiempo que se envía una señal para que el silo secundario de cemento empiece a llenarse hasta conseguir un peso indicado de manera que esté listo para la segunda carga de cemento.

4.3.3.4 Mientras las paletas se encuentre desactivadas por un tiempo determinado, el operario pondrá el pigmento adecuado en la olla de mezclado, después de haber terminado de poner el pigmento en la mezcla las paletas empezarán a funcionar y simultáneamente se abrirá una electroválvula neumática la cual dará el paso para que el agua caiga sobre la mezcla. Cuando a terminado de vaciarse toda el agua necesaria sobre la mezcla, la electroválvula neumática de paso se cerrara automáticamente, mientras las paletas del mezclador siguen girando para obtener una uniformidad en la mezcla, y al mismo tiempo se accionará la bomba de agua para permitir el llenado de tanque reservorio de agua, todo esto con el objetivo de tener listo la cantidad de agua correspondiente para la siguiente mezcla. Después de un tiempo las paletas de mezclado se detendrá para agregar una segunda carga de cemento.

4.3.3.5 Se abrirá la tapa del silo secundario de cemento para dejar caer todo su contenido en la olla mezcladora después de ello las paletas se activarán para mezclar la segunda carga de cemento con la mezcla anterior, mientras se realiza esta acción el silo secundario de cemento empezará a llenarse hasta conseguir un peso indicado de manera que esté listo para los siguientes procesos de mezclado.

4.3.3.6 Después de un tiempo determinado, cuando la mezcla final se encuentre lista, las paletas se desactivaran y de igual manera sucederá con el extractor de partículas sólidas.

4.3.3.7 Con la mezcla terminada, se procederá al descargue de la misma para lo cual se abrirá de manera automática la compuerta ubicada en la parte inferior de la olla y a continuación al mismo tiempo se activaran las paletas de la mezcladora para empujar la mezcla por la abertura de la olla. Una vez descargado todo el contenido de la olla las paletas se desactivaran y la compuerta se cerrara.

4.3.3.8 Para dar inicio al nuevo proceso de mezclado remitirse al proceso.

4.4 INSTRUCCIONES PARA. EL PARO DE LA MAQUINA DE MEZCLADO CUANDO SE ENCUENTRA TRABAJANDO DE FORMA AUTOMATICA.

Para el paro de la máquina de mezclado cuando se encuentra trabajando de manera automática de procede de la siguiente manera.

- 4.4.1 Confirmar que se ha cumplido el programa de producción establecido.
- 4.4.2 Verificar que en el recipiente de mezclado se encuentre totalmente vacío.
- 4.4.3 Observar que todas las partes mecánicas móviles se encuentren en su posición inicial.
- 4.4.4 Cerrar la llaves de paso de aire secundaria y de igual manera proceder a cerrar la llave de paso principal que se encuentra ubicada en la salida del compresor.
- 4.4.5 Pulsar el botón de paro de emergencia que se encuentra en el tablero de funcionamiento automática.
- 4.4.6 Una vez todos los equipos des energizado se procede a limpiar el área de trabajo como es el recipiente de mezclado, paletas de mezclado, superficie donde se ubica el pigmento.

4.5 ACCIONES PREVENTIVAS.

- Mantener cuidado con los elementos eléctricos y las partes mecánicas de la maquina, tomar medidas de seguridad y usar el equipo adecuado.
- Dar continuo mantenimiento a la maquina tanto en los elementos eléctricos, mecánicos, neumáticos.

4.6 ACCIONES CORRECTIVAS

- Si se tiene algún contratiempo al momento de poner en marcha y durante el proceso de mezclado, revisar el manual de fallos y posibles daños.
- De existir alguna anomalía o de presentarse algún problema durante la producción comunicarse al líder de ECUATEJA.

5. CONDICIONES DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

- Utilizar EPP (Equipo de protección Personal). Que su EPP no esté mojado, zapatos adecuados, guantes adecuados, gafas transparentes, mascarilla.
- Su ropa de trabajo tiene que tener mangas largas para evitar inflamaciones en la piel producidos por la materia prima con la que se trabaja como es: cemento, arena, pigmento.
- Utilice guantes adecuados para manipular el pigmento.
- Utilizar correctamente los EPP y COLECTIVA, proporcionadas por la empresa y cuidar su conservación.
- Para realizar esta labor se necesita de personal capacitado e instruido, tener cuidado con el personal nuevo primero se debe dar una capacitación e instruir no menos a tres semanas para que pueda realizar con esta labor.
- Los desperdicios de materia prima que se encuentra en el piso una vez culminado el cronograma de trabajo, se procede a retirar y transportar a su disposición final.
- Mantener el orden y la limpieza en toda la maquina, herramientas empleadas en el ares de producción.

5.1 CONDICIONES AMBIENTALES

- Instruir y capacitar al personal sobre el arranque, funcionamiento de forma automático; y paro de la maquina.
- Los residuos de la materia prima utilizada para producir la mezcla, son recogidas y trasportadas a su disposición final.

BIBLIOGRAFIA

- 1.-ALCIATORE, D Y OTROS.,** Introducción a la Mecatrónica y otros sistemas de medición., 3a.ed., México D.F., México., Mc Graw Hill., 2007., Pp. 40-43-44-76-77.
- 2.-BLANCHARD, M.,**El grafcet principios y conceptos., 4a.ed., Roma., Italia., ADEPA. 1999., Pp. 107-108-110.
- 3.-CREUS SOLE, A.,**Instrumentación industrial., 5a ed. Antioquia., Colombia., Colecciones gráficas., 1992., Pp. 113-115-116.
- 4.-CREUS SOLE, A.,** Neumática e Hidráulica., 2a.ed., México D.F., México., Alfaomega., 2007., Pp.57-58-61-63-64.
- 5.-GARCIA MORENO, E.,** Automatización de procesos Industriales., 2a.ed., México D.F., México., Alfaomega., 2008., Pp. 40-41-42.
- 6.-KATSUHIKO, O.,** Ingeniería de control moderna., 2a.ed. México DF.,México., Calypso S.A. 1985., Pp. 134-135.

7.-MAYOL, A.,Autómatas Programables., 3a.ed., México DF., México., 1987., Pp. 117-116.

8.-NATIONAL, I.,Instrumentation Reference and Catalogue., México DF., México., National Instruments Corporation., 6a.ed., 1995., Pp. 127-128-130.

9. TELEMECANIQUE., Programación TSX T407., Manual nº10., Bogotá., Colombia., Schneider Electric., 1986., Pp. 118-119-120-121.

10.-ACTUADORES

- <http://www.ceautomatica.uji.es/old/actividades/jornadas/XXIV/documentos/ro/77.pdf>
2013-05-20
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Temporizador>
2013-05-20
- <http://arvc.umh.es/documentos/articulos/ArticuloIdentificacionCuba1.pdf>
2013-05-20
- http://es.wikipedia.org/wiki/Bot%C3%B3n_%28dispositivo
2013-05-25
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Disyuntor>
2013-05-28

11.-COMUNICACIONES INDUSTRIALES

- <http://www.oei.es/memoriasctsi/mesa6/m06p17.pdf>
2013-07-10

- http://tv.uvigo.es/uploads/material/Video/1567/ISAD_Tema6.pdf
2013-07-14
- <http://www.europe.cisco.com>
2013-08-10
- <http://books.google.es/books/comunicacionesindustriales>
2013-08-1

12.-NEUMATICA

- <http://guindo.pntic.mec.es/~crangil/neumatica.htm>
2013-06-5
- <http://quantum.cucei.udg.mx/~gramirez/menus/introduccion/compresores.html>
2013-06-8
- <http://www.monografias.com/trabajos16/redes-de-aire/redes-de-aire.shtml>
2013-06-10
- http://fosva.seas.es/docs/t3_neumatica.pdf
2013-06-12

13.-PLC

- <http://www.cs.duke.edu/~magda/flap/index.html>
2013-08-30
- <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/sistemasinteligentes/UT3/PLC/PL.html>
2013-08-30
- <http://recursostic.educacion.es/observatorio>
2013-09-04

- <http://www.efn.uncor.edu/departamentos/electrotecnia.pdf>
2013-09-14

14.-SENSORES

- <http://www.monografias.com/trabajos1/sensores/humed.html>
2013-09-15
- <http://www.ingeborda.com/biblioteca/Biblioteca/ElectricasIndustriales/BuseIndustriales.pdf>
2013-09-15
- [http://books.google.es/books/sensores industriales de peso](http://books.google.es/books/sensores_industriales_de_peso)
2013-09-18

15.-TEJAS DE HORMIGON

- <http://www.monografias.com/trabajos94/evolucion-historica-materiales-construccion-viviendas>
2013-08-14
- <http://www.slideshare.net/jmarulanda/presentacin1-dibujo-de-la-construccion-presentation>
2013- 08-14
- <http://www.upv.es/upl/U0566484.pdf>
2013-08-15