

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

MAESTRÍA EN AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL

Tema:

PARAMETRIZACION AUTOMATICA DE LAS VARIABLES DE CONTROL Y SU INFLUENCIA EN EL PROCESO DE MEZCLADO DE COMPUESTOS TERMOPLASTICOS APLICANDO PRINCIPIOS DE INDUSTRIA 4.0

Trabajo de Investigación, previo a la obtención del Grado Académico de Magister en
Automatización y Sistemas de Control

Autor: Ingeniero, Oscar Vinicio Altamirano Bautista.

Director: Ingeniero, Marcelo Vladimir García Sánchez, Doctor.

Ambato – Ecuador


2018

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industria. El Tribunal receptor del Trabajo de Investigación presidido por Ingeniera Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg., e integrado por los señores Ingeniera Rosa Estefanía Almache Hernández, Mg., Ingeniero Patricio Germán Encalada Ruiz, Mg., Ingeniero Carlos Diego Gordón Gallegos, Dr., designados por la Unidad Académica de Titulación de Posgrado de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Investigación con el tema: “Parametrización automática de las variables de control y su influencia en el proceso de mezclado de compuestos termoplásticos aplicando principios de Industria 4.0”, elaborado y presentado por el señor Ingeniero Oscar Vinicio Altamirano Bautista, para optar por el Grado Académico de Magister en Automatización y Sistemas de Control; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Investigación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.



Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg.

Presidente del Tribunal



Ing. Rosa Estefanía Almache Hernández, Mg.
Miembro del Tribunal



Ingeniero Patricio Germán Encalada Ruiz, Mg.
Miembro del Tribunal



Ingeniero Carlos Diego Gordón Gallegos, Dr.
Miembro del Tribunal

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Investigación presentado con el tema: “Parametrización automática de las variables de control y su influencia en el proceso de mezclado de compuestos termoplásticos aplicando principios de Industria 4.0”, le corresponde exclusivamente a: Ingeniero Oscar Vinicio Altamirano Bautista, Autor bajo la Dirección de Ingeniero Marcelo Vladimir García Sánchez Dr, Director del Trabajo de Investigación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.



Ing, Oscar Vinicio Altamirano Bautista

c.c.1803343092

AUTOR



Ing, Marcelo Vladimir García Sánchez, Dr.

c.c.1803543055

DIRECTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Investigación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.



Ing, Oscar Vinicio Altamirano Bautista,
c.c.1803343092

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

Portada.....	i
A la Unidad Académica de Titulación.....	ii
Autoría del Trabajo de Investigación.....	iii
Derechos de Autor.....	iv
Índice General de Contenidos	v
Índice de Tablas.....	x
Índice de Gráficos.....	xii
Agradecimiento.....	xv
Dedicatoria.....	xvi
Resumen Ejecutivo.....	xvii
Executive Summary.....	xix
Introducción.....	1
CAPITULO I.....	4
EL PROBLEMA DE INVESTIGACION	4
1.1 Tema:	4
1.2 Planteamiento del problema.....	4
1.2.1 Contextualización	4
1.2.2 Análisis crítico	7
1.2.3 Prognosis.....	8
1.2.4 Formulación del problema	8
1.2.5 Interrogantes	8
1.2.6 Delimitación.....	8

1.3	JUSTIFICACION	9
1.4	OBJETIVOS	10
1.4.1	Objetivo general.....	10
1.4.2	Objetivos específicos	10
CAPITULO II.....		11
MARCO TEORICO		11
2.1	Antecedentes investigativos.....	11
2.2	Fundamentación filosófica.....	13
2.3	Fundamentación Legal.....	13
2.4	Categorías fundamentales	14
2.4.1	Constelación de ideas conceptuales de la V.I.	15
2.4.2	Constelación de ideas conceptuales de la V.D.....	16
2.4.3	Categorización de la Variable Independiente	17
2.4.4	Categorización de la Variable Dependiente.....	23
2.5	Planteamiento de Hipótesis.....	27
2.6	Señalamiento de variables	27
CAPITULO III		28
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.....		28
3.1	Enfoque de la investigacion.....	28
3.2	Modalidad básica de la investigación	28
3.2.1	Investigación Documental o Bibliográfica	28
3.2.2	Investigación de Campo.....	28
3.3	Nivel o tipo de investigación	29

3.3.1	Investigación Descriptiva.....	29
3.3.2	Investigación Exploratoria.....	29
3.3.3	Investigación Correlacional.....	29
3.3.4	Investigación Explicativa.....	29
3.4	Población y Muestra.....	29
3.5	Operacionalización de Variables.....	31
3.5.1	Variable Independiente.....	31
3.5.2	Variable Dependiente.....	32
3.6	Recolección de Información.....	33
3.6.1	Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.....	33
3.6.2	Plan de recolección de la información.....	35
3.7	Procesamiento y Análisis.....	36
3.7.1	Plan de procesamiento de la Información.....	36
3.7.2	Análisis e interpretación de resultados.....	36
CAPITULO IV.....		37
ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS.....		37
4.1	Análisis e interpretación de resultados.....	37
4.1.1	Análisis Estadístico Encuesta.....	37
4.1.2	Análisis de Control de Calidad.....	44
4.2	Verificación de Hipótesis.....	50
4.2.1	Planeamiento de la hipótesis.....	50
4.2.2	Selección de los grados de libertad y significancia.....	51
CAPÍTULO V.....		54

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
5.1 CONCLUSIONES	54
5.2 RECOMENDACIONES.....	55
CAPITULO VI.....	56
LA PROPUESTA.....	56
6.1 Datos Informativos	56
6.2 Antecedentes de la propuesta.....	56
6.3 Justificación	59
6.4 Objetivos.....	60
6.4.1 Objetivo General.....	60
6.4.2 Objetivos específicos	60
6.5 Análisis de factibilidad	61
6.5.1 Factibilidad Operativa.....	61
6.6 Fundamentación.....	61
6.6.1 Fundamentación científico técnico	61
Entre los beneficios más importantes, podemos destacar los siguientes:.....	65
6.6.2 Fundamentación Teórica.....	72
6.7 Metodología, modelo operativo	73
6.8 Administración de la propuesta	74
6.9 Previsión de la evaluación	74
6.10 Desarrollo de la propuesta	74
6.10.1 Incorporación del código de barras.....	75
6.10.2 Inventario de las entradas y salidas, análogas y digitales:	77

6.10.3	Determinación de equipos para el proyecto.....	77
6.10.4	Diseño de planos eléctricos y diagrama P&ID	78
6.10.5	Programación del PLC y la HMI	78
6.10.6	Operación en automático de la mezcladora	88
6.10.7	Desarrollo del sistema SCADA en la PC industrial IPC	88
6.10.8	Desarrollo de la programación IoT	92
	Conclusiones.....	99
	Recomendaciones.....	100
	Bibliografía.....	101
	Anexos.....	104

INDICE DE TABLAS

Población y Muestra	30
Variable independiente: Variables del proceso a ser controladas	31
Variable dependiente: Mezclado de compuestos termoplásticos	32
Plan de recolección de la información.....	35
Aplicación del procedimiento para el mezclado de compuestos termoplásticos.....	38
Incumplimiento a las variables a ser controladas	39
Paradas rechazadas por errores operacionales.....	40
Paradas que no cumplen con los valores de las variables a ser controladas.....	41
La automatización ayudará a estabilizar el proceso	42
El proceso de mezclado mejorará con la calibración automática.....	43
Identificación de producción	44
Tipos de defectos con sus causas.....	45
Paradas producidas en los tres primeros semestres del 2017	45
Tipos de defectos de las paradas producidas en los tres primeros semestres del 2017 ..	46
Causas que dan lugar a los defectos en las mezclas de compuestos termoplásticos.	47
Causa del defecto de las paradas producidas en los tres primeros semestres del 2017..	47
Frecuencias observadas	52
Frecuencias esperadas.....	53
Cálculo del chi cuadrado	53
Características técnicas IEEE 802.3	63
Requisitos de Hardware y Software para IoT.....	67
Características técnicas IEEE 802.3	70

Metodología, modelo operativo.....	73
Familia de productos	76
Resumen de entradas y salidas	77
Listado de equipos para el proyecto	77
Direcciones IP de los dispositivos involucrados en el proyecto.....	79
Tipos de datos virtuales	82
Bloques de datos requeridos para el proyecto	83
Bloques de funciones necesarios para el proyecto	84
Parámetros de entrada de la herramienta RCV_PTP.....	84
Parámetros de salida de la herramienta RCV_PTP	85
Parámetros de entrada de la herramienta SEND_PTP.....	85
Parámetros de salida de la herramienta SEND_PTP	85

INDICE DE GRAFICOS

Árbol de Problemas	7
Red de inclusiones Conceptuales	14
Constelación de ideas conceptuales de la V.I.....	15
Constelación de ideas conceptuales de la V.D.	16
Aplicación del procedimiento para el mezclado de compuestos termoplásticos.....	38
Incumplimiento a las variables a ser controladas	39
Paradas rechazadas por errores operacionales.....	40
Paradas que no cumplen con los valores de las variables a ser controladas.....	41
La automatización ayudará a estabilizar el proceso	42
El proceso de mezclado mejorará con la calibración automática.....	43
Producción obtenida en los tres primeros semestres del 2017	45
Tipos de defectos identificados en los tres primeros semestres del 2017	46
Causa de defectos observados en la producción de los tres primeros semestres 2017...	48
Paradas detenidas para reprocesos por semana	49
Cpk del proceso de mezclado entre las semanas 1 y 39 del 2017	50
Especificación de las regiones de aceptación y rechazo.....	52
Botoneras, luces piloto y controles electromecánicos	58
Diagrama de funcionamiento de la mezcladora	58
Simatic Panel IPC 477D	65
Simatic IoT2040	66
Transferencia de información con IoT2040	67
Redes industriales Ethernet	68

Protocolo Industrial Común	69
Protocolo TCP/IP pila de Ethernet/IP	70
Modelo de red industrial.....	71
Lector de código de barras.....	72
Arquitectura de la propuesta.....	75
Etiqueta con el número de registro de producción	76
Etiqueta con el número de registro de producción	77
Desconexión de cables del tablero de potencia	86
Instalación de fuente, PLC, módulos y HMI.....	87
Conexión de equipos de control	87
Equipos instalados y funcionando	87
Agregar IPC.....	88
Agregar tarjeta de red	88
Agregar aplicación HMI en la IPC	89
Configuración de IP, máscara y router	89
Bases de datos de la IPC.....	90
Paradas detenidas entre las semanas 40 a la 51	91
Grafico del cpk del proceso con datos obtenidos de las semanas 40 a la 51 del 2017...	92
Servicio de Node-Red.....	93
Herramientas de Node Red.....	94
Configuración del enlace	94
Variables del proceso a ser visualizadas mediante IoT.	95
Programación en Node Red.....	95

Ejemplo desarrollado con Freeboard	96
Variables añadidas en la plataforma Ubidots	97
Visualización de las variables del proceso desde la plataforma Ubidots desde el computador	97
Visualización de las variables del proceso desde la plataforma Ubidots desde un celular	98

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todos mis maestros del Programa de Maestría en “Automatización y Sistemas de Control”, docentes con amplia experiencia y vastos conocimientos que me han orientado en el estudio y en la investigación. Especialmente agradezco al Ing. Marcelo García, Dr, Director de Tesis y a los miembros del tribunal revisor, quienes como guías y orientadores han sabido conducir este trabajo para llegar a un feliz término.

Oscar

DEDICATORIA

Con Amor y Respeto.

A Maritza Elizabeth, mi esposa.

A Oskitar, Dieguito y Mathías, mis hijos.

A Rosa (†) y Segundo, mis padres.

Oscar

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL / DIRECCION DE POSGRADO

MAESTRÍA EN AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL

TEMA:

“Parametrización automática de las variables de control y su influencia en el proceso de mezclado de compuestos termoplásticos aplicando principios de Industria 4.0”

Autor: Ing, Oscar Vinicio Altamirano Bautista.

Director: Ing, Marcelo Vladimir García Sánchez, Dr.

FECHA: 16 de mayo del 2018

RESUMEN EJECUTIVO

La industria en el mundo ha experimentado una serie de cambios gracias a los avances tecnológicos, a finales del siglo XVIII y durante el siglo XIX el proceso de transformación de los recursos de la naturaleza sufren un cambio radical dando lugar al nacimiento de la revolución industrial, posteriormente a inicios del siglo XXI la fusión de la automatización, tecnologías de la información y la comunicación originan la tercera revolución industrial; en el año 2011 en la feria de Hanover es donde se empleó por primera vez el concepto de la nueva estructuración industrial o Industria 4.0 conocida también como la cuarta revolución industrial, industria inteligente o Ciberindustria del futuro, la cual pretende organizar los medios de producción de forma que éstos ayuden a generar fabricas inteligentes que sean capaces de adaptarse rápidamente a las necesidades y a los cambios en los procesos productivos, para lo cual enfatiza en una adecuada y creciente digitalización de la información, de la cooperación coordinada de todos los entes involucrados en la cadena de valor del proceso productivo.

No habrá ninguna Industria 4.0 y tampoco fábrica inteligente sin la intervención del Internet de las Cosas, su aplicación es la base para brindar mayor flexibilidad al momento de personalizar la fabricación de los productos.

El proceso de mezclado de compuestos termoplásticos que se realiza en Plasticaucho Industrial, hasta antes de ejecutar la propuesta establecida en el presente trabajo, consistía en un proceso manual, por tal motivo se realizó el estudio y se propuso la implementación de un sistema de control de variables que elimine la manipulación de las mismas. El primer paso consistió en incluir en el proceso un código de barras que permita calibrar de manera automática las variables que intervienen en el proceso de mezclado, luego se eliminó los elementos electromecánicos para pasar de un proceso manual a uno totalmente automático para posteriormente crear un sistema Scada con el objetivo de tener información histórica y en tiempo real, finalmente se cierra el proyecto con la inclusión de un sistema IoT que permite tener acceso a la información del proceso en tiempo real y desde cualquier parte del mundo.

Descriptores: Variables a ser controladas, proceso de mezclado, compuesto termoplástico, código de barras, calibración, automatización, scada, control, industria 4.0, IoT,.

TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO
FACULTY OF ENGINEERING IN SYSTEMS, ELECTRONICS AND
INDUSTRIAL / POSTGRADUATE ADDRESS
MASTERS IN AUTOMATION AND CONTROL SYSTEMS

THEME:

AUTOMATIC PARAMETERIZATION OF CONTROL VARIABLES AND THEIR
INFLUENCE IN THE MIXING PROCESS OF THERMOPLASTIC COMPOUNDS
APPLYING INDUSTRY PRINCIPLES 4.0

Author: Ing, Oscar Vinicio Altamirano Bautista.

Directed by: Ing, Marcelo Vladimir García Sánchez, MI

DATE: may 16st, 2018

EXECUTIVE SUMMARY

The industry in the world has undergone a series of changes thanks to technological advances, at the end of the eighteenth century and during the nineteenth century the process of transformation of natural resources undergoes a radical change leading to the birth of the industrial revolution, later at the beginning of the 21st century, the fusion of automation, information technologies and communication originated the third industrial revolution; In 2011 at the Hanover fair, the concept of the new industrial structuring was used for the first time, or Industry 4.0, also known as the fourth industrial revolution, intelligent industry or Ciber-industry of the future, which aims to organize the means of production of they help to generate intelligent factories that are able to adapt quickly to the needs and changes in production processes, for which it emphasizes an adequate and growing digitization of the information of cooperation coordinates of all the entities involved in the chain of value of the productive process.

There will be no Industry 4.0 and no intelligent factory without the intervention of the Internet of Things, its application is the basis to provide greater flexibility when customizing the manufacture of products.

The process of mixing thermoplastic compounds that is carried out in Plasticaucho Industrial, until before executing the proposal established in the present work, consisted of a manual process, for this reason the study was carried out and the implementation of a control system was proposed. variables that eliminate the manipulation of them. The first step was to include in the process a bar code that allows to automatically calibrate the variables that intervene in the mixing process, then the electromechanical elements were eliminated, giving rise to a manual process to a fully automatic process to create a Scada system with the objective of having historical information and in real time, finally the project is closed with the inclusion of an IoT system that allows access to the information of the process in real time and from anywhere in the world.

Descriptors: Variables to be controlled, mixing process, thermoplastic compound, barcode, calibration, automation, scada, control, industry 4.0, IoT ,.

TEMA:

PARAMETRIZACION AUTOMATICA DE LAS VARIABLES DE CONTROL Y SU INFLUENCIA EN EL PROCESO DE MEZCLADO DE COMPUESTOS TERMOPLASTICOS APLICANDO PRINCIPIOS DE INDUSTRIA 4.0

INTRODUCCION

Mediante los avances tecnológicos que año a año se van presentando, la automatización de procesos industriales se vuelve imprescindible al momento de controlar los procesos productivos, generando directamente un impacto sobre la producción, reduciendo trabajos repetitivos, pérdidas en la producción y el mejoramiento de los estándares de producción y calidad (Córdova 2006); la transformación digital es el foco de la cuarta revolución industrial, en los próximos años, se espera que la industria manufacturera evolucione hacia una organización distribuida de producción, con productos conectados (productos con capacidad de comunicación), procesos de baja energía, robots colaborativos en fabricación y logística integradas; estos conceptos se cristalizan marcadamente bajo el modelo de industria 4.0 (Wollschlaegers - Sauter 2017); a raíz de la globalización y su cambio paradigmático está impactando en la economía de las empresas (Sánchez-Bayón, 2015). Industria 4.0, fabrica del futuro o fabrica inteligente permitirá hacer las máquinas más inteligentes e intuitivas para las personas, ofreciendo nuevas posibilidades y bondades en el sector industrial como la estandarización, el cambio rápido de en los procesos, capacidad de conectar máquinas a nivel global y análisis de datos; dando lugar a la fabricación flexible (Niegel, 2013).

La estandarización del proceso de mezclado de compuestos termoplásticos (mezcla que se obtiene a través de la polimerización de monómero de

acetato de vinil con un monómero de etileno en un sistema de alta presión EVA) mediante la automatización permitirá tener el control del proceso de producción; la creación de la base de datos ayudará a generar la trazabilidad para detectar fallas y corregirlas; establecer parámetros e indicadores de producción, calidad y mantenimiento, incrementando la confiabilidad de la máquina, mejorando la calidad de las mezclas, reduciendo los re-procesos e incrementando la productividad; el uso del IoT permitirá la armonización de los datos para su análisis y visualización en tiempo real de las variables de control del proceso.

Esta tesis de maestría tiene seis capítulos, los que se detallan a continuación:

En el Capítulo I, se describe de forma general el problema que se presenta en el proceso de mezclado de compuestos termoplásticos, convirtiéndose ésta en una oportunidad de investigación en el campo industrial. Adicionalmente se realiza el análisis crítico del problema, se delimita el campo de investigación y se plantean los objetivos.

En el Capítulo II se describe el marco teórico y se realiza la categorización y constelación de ideas de las variables de control y del mezclado de compuestos termoplásticos con la finalidad de determinar la categorización de las variables.

En el Capítulo III se define el enfoque que sustente la investigación, las modalidades de la investigación y la muestra, luego se realiza la operacionalización de las variables para definir las dimensiones, indicadores, ítems básicos, las técnicas e instrumentos que serán utilizadas y el plan de recolección de la información.

En el Capítulo IV se describe el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la investigación, luego se realiza el planteamiento de la hipótesis nula y

alterna; para realizar la verificación de la hipótesis mediante la aplicación del método chi cuadrado.

En el Capítulo V se describen las conclusiones y recomendaciones obtenidas de la investigación.

En el Capítulo VI se realiza la descripción de la propuesta, en la cual se define el lugar de aplicación detallando claramente el objetivo general y los específicos que se van a cumplir, posteriormente se describe el desarrollo de la propuesta con las conclusiones y recomendaciones, finalmente se encuentra la Bibliografía y los respectivos Anexos.

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1 TEMA:

PARAMETRIZACION AUTOMATICA DE LAS VARIABLES DE CONTROL APLICANDO PRINCIPIOS DE LA INDUSTRIA 4.0 Y SU INFLUENCIA EN EL PROCESO DEMEZCLADO DE COMPUESTOS TERMOPLASTICOS.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 Contextualización

Macro Contextualización

En la actualidad, a nivel mundial los avances tecnológicos han dado lugar a la cuarta revolución industrial, la misma que trata una nueva forma de organizar los medios de producción; la industria 4.0 es un referente y un objetivo a seguir por las empresas que desean afianzarse en el mercado. El mundo virtual y el real se están acercando para formar el Internet de las Cosas IoT, Alemania con Industria 4.0 está transformando los procesos industriales tradicionales y consecuentemente modificando las áreas productivas y convirtiéndolas en sistemas de producción caracterizadas por la rápida capacidad de adaptación y alta eficiencia en el uso de recursos. La industria, un sector estratégico de la producción que progresa y cambia a pasos desmedidos está siendo influenciada por el IoT, cuyo objetivo es transformar la producción manufacturera y convertirla en flexible, rentable y sensible a los cambios rápidos en los procesos que pide el exigente mercado actual.

Meso Contextualización

La matriz productiva en uno de sus objetivos propone el fortalecimiento del sistema productivo basado en eficiencia e innovación, para lo cual se debe incrementar la producción intensiva en innovación, tecnología y conocimiento. La transformación de la matriz productiva que es promovida por el ejecutivo impulsó la expedición de la normativa necesaria para fortalecer las actividades económicas, el Código Orgánico de la producción, Comercio e Inversiones (Copci) en el libro I, Código I, Capítulo I en el artículo 5 describe claramente que el estado fomentará el desarrollo productivo y transformación de la matriz productiva, para lo cual incentivará la inversión productiva mediante el fomento de la producción sostenible a través de la implementación de tecnologías. Esta iniciativa promovida por la vicepresidencia del Ecuador debería conducirnos a una nueva cultura de producción, si bien en el país se puede evidenciar destellos de una mayor automatización en los procesos de producción, un incremento en el uso de esquemas de informática y del manejo de datos, este es un proceso que debe profundizarse. Por lo tanto es importante que los empresarios se sientan respaldados con políticas de estado que promuevan e incentiven la investigación e implementación de industria 4.0.

En Ecuador aun miramos con distancia a un gran número de países que están ingresando a la cuarta revolución industrial y están realizando cambios estructurales en sus procesos productivos bajo la premisa de una nueva y moderna forma de entendimiento de la cadena productiva.

Micro Contextualización

En la provincia de Tungurahua existe la Cámara de Industrias de Tungurahua, la misma que no se ha pronunciado sobre industria 4.0 a pesar de tener convenios con instituciones dedicadas a la capacitación, evidenciando la falta de compromiso con el sector productivo. En el cantón Ambato está concentrado el sector industrial de la provincia, donde existen empresas que cuentan con procesos de fabricación automáticos con sistema de control y adquisición de datos, no obstante es importante resaltar la necesidad de implementar cambios estructurales que permitan mejorar el control y monitoreo en los sistemas productivos, específicamente en el proceso de mezclado de compuestos termoplásticos que es nuestro caso de estudio.

1.2.2 Análisis crítico

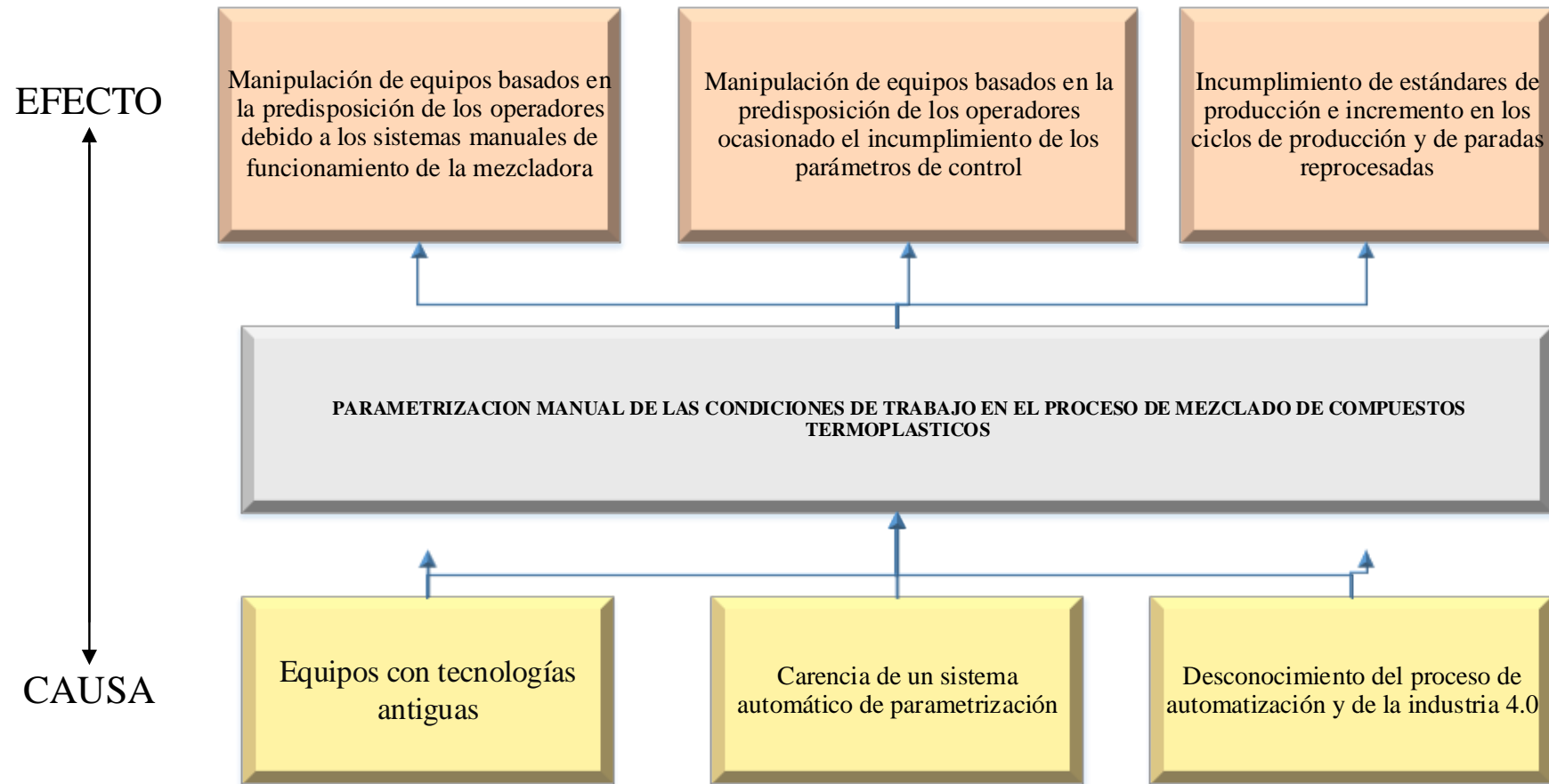


Fig. N° 1: Árbol de Problemas
Fuente: Investigación propia
Realizado por: Investigador

1.2.3 Prognosis

De no dar atención a la parametrización automática de las condiciones de trabajo de la mezcladora, el proceso de mezclado estaría ligado a la experiencia y predisposición de los operadores, impidiendo de esta manera la estabilización del proceso, ocasionando que se torne inestable e incontrolable debido a la manipulación manual de las variables del proceso. Imposibilitando de esta manera la reducción de los reprocesos y manteniendo los actuales índices de defectuosos, con estas premisas se torna importante la estandarización del proceso mediante la aplicación de la automatización y los principios de industria 4.0.

1.2.4 Formulación del problema

¿Cómo incide la parametrización automática de las variables de control en el proceso de mezclado de productos termoplásticos?

1.2.5 Interrogantes

¿Cómo inciden las variables de control en el tiempo de mezclado?

¿En el proceso de mezclado de compuestos termoplásticos se reducirá el índice de paradas reprocesadas y el número de planchas defectuosas?

¿Será que la estandarización de las variables de control ayudará a la estabilización del proceso de mezclado de compuestos termoplásticos?

¿La utilización de nuevos equipos basados en Industria 4.0 permitirá el análisis de información fiable del proceso de mezclado de compuestos termoplásticos?

1.2.6 Delimitación

Área académica: Electrónica

Línea de investigación: Automatización

Sublínea: Sistemas de control automatizados e instrumentación virtual para procesos industriales de baja y alta potencia.

Delimitación espacial: Se realizará en las instalaciones de la empresa Plasticaucho Industrial de la ciudad de Ambato, en el área de Industrias Diversas, en el proceso de mezclado de compuestos termoplásticos.

Delimitación temporal: El desarrollo del presente proyecto se realiza previo a la aprobación del perfil en un lapso aproximado de seis meses.

1.3 JUSTIFICACION

El impacto de la digitalización está creando entornos de producción más favorables, incrementando la productividad, aportando con productos eficientes y de mayor calidad; generando la capacidad de fabricar lotes más pequeños con plazos cortos de producción y comercialización de los productos; llevando a las empresas a encontrar nuevas formas de optimizar los procesos, aumentando el rendimiento y los intervalos de mantenimiento, haciendo uso el análisis de los datos que la digitalización de los procesos productivos ofrece.

La investigación de este tema sirve de referente para el sector productivo de industrias locales y nacionales, ya que no existen estudios realizados sobre este tema, convirtiéndose el proyecto de gran interés para el sector industrial debido a la necesidad de implementar y aprovechar las potencialidades de la nueva tecnología (Industria 4.0) la misma que considera la cooperación entre los seres humanos y las máquinas, el análisis de los datos de los procesos, la interconectividad y la digitalización de la información de forma que el hombre interactúe directamente con las nuevas tecnologías.

Es de interés para la universidad porque orienta las investigaciones a la aplicación del conocimiento científico-técnico, convirtiéndose en un elemento clave del sistema de innovación, promoviendo la interacción entre la investigación universitaria, el entorno tecnológico y el sector industrial; dando lugar a la generación del conocimiento y

motivando a la consecución de la investigación mediante la publicación de artículos que permiten mejorar el prestigio de la universidad a nivel nacional e internacional.

El trabajo de investigación posee utilidad teórica porque se acude a fuentes de información bibliográfica actualizada y especializada sobre el tema, mientras que la utilidad práctica se expone con una propuesta de solución al problema investigado.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Parametrizar automáticamente las variables a ser controladas que intervienen en el proceso de mezclado de compuestos termoplásticos aplicando principios de Industria 4.0

1.4.2 Objetivos específicos

- Automatizar el proceso de mezclado de compuestos termoplásticos utilizando dispositivos de la familia Siemens y crear una base de datos con los parámetros que caracterizan a cada familia de productos de Eva.
- Generar conectividad entre los procesos de pesaje y mezclado mediante el acceso automático a la base de datos de las familias de productos por medio de códigos de barras para realizar cambios en las variables de control.
- Determinar la estabilidad del proceso mediante el cálculo del índice de capacidad el proceso (cpk).

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Una vez revisados trabajos de investigación referente al tema, se afirma que la presente investigación no existe como tal en el proceso de automatización de líneas de mezclado de compuestos termoplásticos mediante la aplicación de principios de industria 4.0

Una investigación importante referente a la Automatización Industrial define a la automatización como la convergencia de tres tecnologías, mecánica, electrónica e informática y esto ha originado la evolución de la Mecatrónica; los proyectos de automatización en el área industrial han dado lugar a la reducción de pérdidas, al mejoramiento de los estándares de producción, reducción del esfuerzo físico, dar continuidad en la producción y mejorar los réditos económicos, son definiciones emitidas por Córdova (2006)

Investigación pertinente a *“Buses de Campo y Protocolos en redes Industriales”* (Salazar y Correa 2011) resaltan que las redes industriales se han convertido en un factor muy importante en el área industrial ya que permiten el flujo de información, empezando desde los sensores, actuadores, pasando por los buses de campo, los controladores, servidores hasta llegar a las estaciones de trabajo, existen diversos tipos de redes industriales pero sin duda la que ha revolucionado el ámbito industrial es el Ethernet industrial. El Ethernet industrial presenta muchas ventajas, reducción del costo del hardware, varios medios de transmisión, altas velocidades, etc.

La investigación referente a *“Big Data Challenges and Opportunities in the Hype of Industry 4.0”* (Khan, Wu, Xu y Dou 2017), resalta la difícil tarea y la importancia de la adquisición de datos debido a diferentes tecnologías, máquinas,

sensores, dispositivos IoT y redes de comunicación. Adicionalmente considera al SCADA como un potente sistema para la adquisición de datos de automatización industrial, el mismo que enfrenta desafíos de complejidad, fiabilidad, robustez, escalabilidad y seguridad.

En la investigación concerniente a *“Comparative Research on the IOT Industry Competitiveness of Eastern, Central and Western China”* (Li y Gao 2017), manifiestan que el desarrollo de la industria del internet de las cosas juega un papel importante en la transformación industrial y la modernización de un país generando el desarrollo económico a través de la informatización e intelectualización de las industrias tradicionales. IoT es una red donde todo está conectado al internet mediante dispositivos de radiofrecuencia, sistemas de posicionamiento, sensores infrarrojos, escáner laser y más dispositivos de detección de información con el propósito del intercambio y comunicación de información para identificar el posicionamiento de los actuadores y realizar el seguimiento, monitoreo y administración de los recursos.

En la investigación referente a *“Security Trends and Advances in Manufacturing Systems in the Era of Industry 4.0”* (Chhetri y otros 2017), revelan que la cuarta revolución industrial está transformando la próxima generación de sistemas de fabricación haciéndolos más inteligentes, auto organizados, bien conectados, descentralizados y flexibles. Esto es viable gracias a la incorporación de Cyber-Physical Systems (CPS) para supervisar y controlar las máquinas, y al uso del internet de las cosas (IoT) para conectar componentes de la planta de producción a Internet. Adicionalmente se estima que el 85% de las compañías implementen Industry 4.0, las cuales percibirán ganancias en sus ingresos y reducción de costos del proceso en un 30% aproximadamente.

2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

La presente investigación se enmarca en el paradigma Crítico Propositivo, es crítico porque realiza un Análisis Crítico del problema, y es Propositivo porque propone una solución factible al problema.

2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

La presente investigación se fundamenta por la constitución del 2008 en su artículo 334 literal 3, el cual establece lo siguiente:

El Estado promoverá el acceso equitativo a los factores de producción, para lo cual le corresponderá: 3) Impulsar y apoyar el desarrollo y la difusión de conocimientos y tecnologías orientados a los procesos de producción.

En la Constitución de la República del Ecuador 2008, el Art. 350 señala que el sistema de Educación Superior tiene como finalidad la formación académica y profesional con visión científica y humanística; la investigación científica y tecnológica; la innovación, promoción, desarrollo y difusión de los saberes y las culturas; la constitución de soluciones para los problemas del país, en relación con los objetivos del régimen de desarrollo.

La Constitución de Montecristi define a los sectores estratégicos como aquellos que, por su trascendencia y magnitud, tienen decisiva influencia económica, social, política o ambiental en el país, para lo cual el Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia (art. 313).

En el Plan Nacional Buen Vivir (2013 – 2017) en su objetivo 11, Asegurar la soberanía y de los sectores estratégicos para la transformación industrial y tecnológica, en nuestro proyecto aplica en la Matriz Energética del Ecuador ya que al mejorar la productividad se reducirá el consumo de energía eléctrica por cada Kg que se mezcla.

En el plan Nacional de Desarrollo 2017 – 2021, en el Eje 2 de la Economía al servicio de la Sociedad, en el objetivo 5 describe claramente impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento sostenible; en este sentido, el reto más significativo se encuentra en el cambio de la matriz productiva del país; para lo cual las políticas 5.2 y 5.6 se refieren a promover la productividad, competitividad y calidad de los productos mediante la investigación, la formación, la capacitación, el desarrollo y transferencia tecnológica, la innovación y el emprendimiento.

2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

Red de inclusiones conceptuales

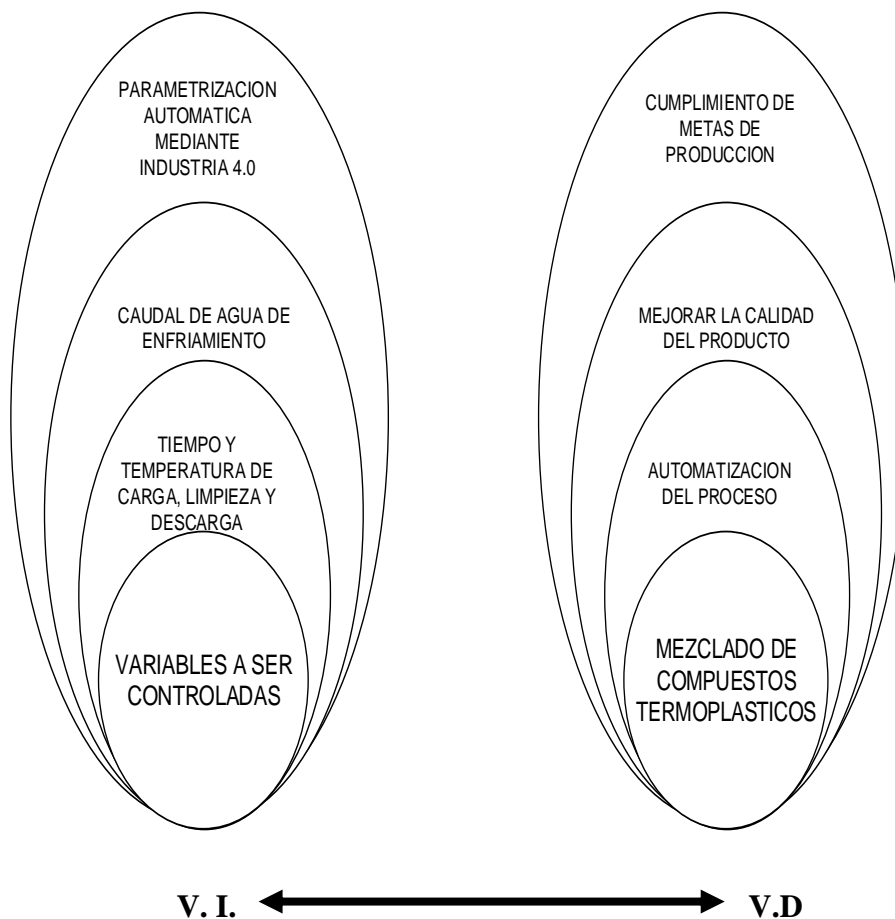


Fig. N° 2: Red de inclusiones Conceptuales
 Fuente: Investigación propia
 Elaborado por: Investigador

2.4.1 Constelación de ideas conceptuales de la V.I.

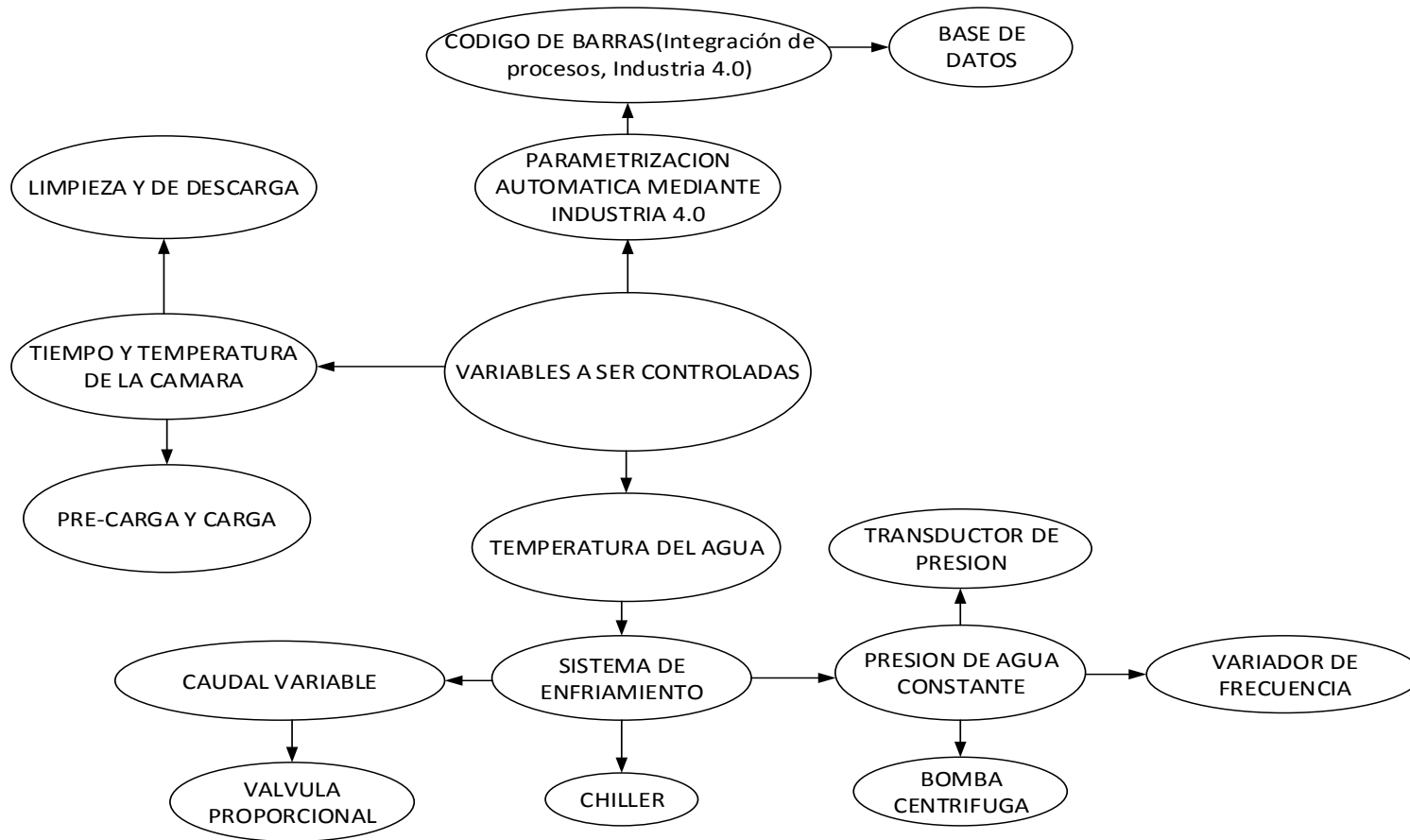


Fig. N° 3: Constelación de ideas conceptuales de la V.I.
Fuente: Investigación propia
Elaborado por: Investigador

2.4.2 Constelación de ideas conceptuales de la V.D.

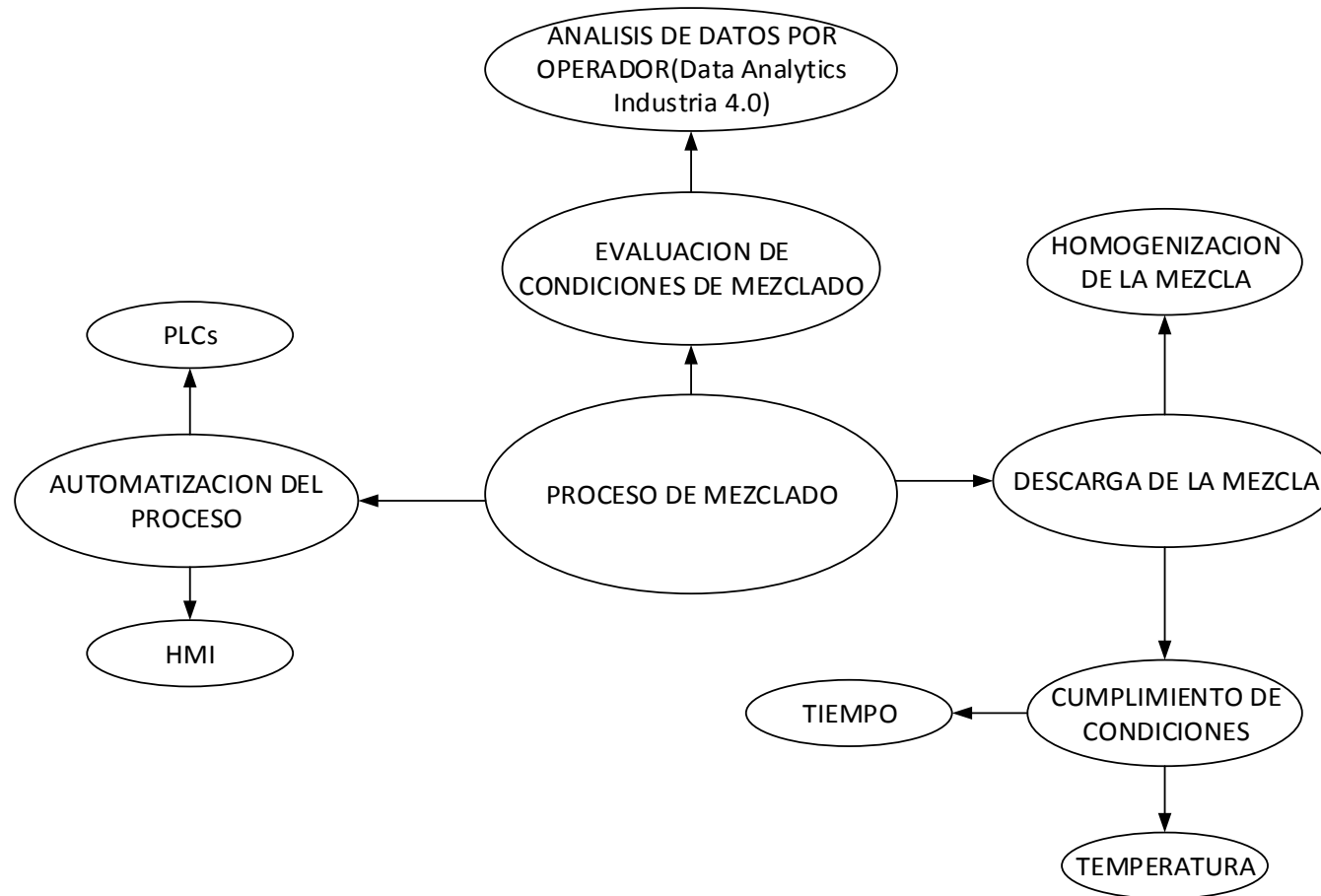


Fig. N° 4: Constelación de ideas conceptuales de la V.D.
Fuente: Investigación propia
Elaborado por: Investigador

2.4.3 Categorización de la Variable Independiente

Variables de control

Son magnitudes físicas que están involucradas en el proceso de mezclado, pueden ser manipuladas, medidas y controladas.

Temperatura

La temperatura de un cuerpo es una medida de su capacidad de transferir calor. El calor es una forma de transferir energía esa transferencia ocurre cuando hay desequilibrio térmico, es decir cuando una de las partes entre las que tiene lugar esa transferencia “está más caliente” (tiene mayor temperatura) que otras. Es muy importante tener bien en claro la diferencia que existe entre calor y temperatura. Todos, en nuestra experiencia cotidiana, hemos experimentado la desagradable sensación de una quemadura. Si tocamos un objeto que está a mayor temperatura que la piel decimos que “está caliente” y si nos piden explicaciones posiblemente digamos que el objeto “tiene mucho calor”. Este es un mal uso de la palabra calor, y un ejemplo de confusión entre calor y temperatura. En términos familiares calor es lo que emite una estufa y temperatura es lo que mide un termómetro. Temperatura, por lo tanto, es una propiedad de los cuerpos, que no se puede dissociar de la materia tangible, mientras que calor es energía y puede existir independientemente de la materia, punto de vista establecido por Rodríguez (2010).

En el proceso de mezclado es importante definir la temperatura a la cual se debe ingresar la carga inicial de la mezcla, esto con la finalidad de evitar que las materias primas sufran cambios bruscos de sus propiedades químicas por el choque térmico que se genera. Cuando la cámara haya homogenizado la carga inicial, se debe completar la carga para lo cual se debe definir la temperatura de completación de carga; posteriormente se debe realizar la limpieza de la cámara para incorporar a la mezcla las materias primas volátiles que se encuentren dispersas sobre el pisador; finalmente la mezcla debe alcanzar

la temperatura de descarga, momento en el cual se procede a descargar la mezcla y trasladarla al siguiente proceso.

Tiempo

Es la magnitud física con la que medimos la duración de acontecimientos, en nuestro caso vamos a medir la duración del proceso de mezclado, el cumplimiento del tiempo de descarga asegura que las materias primas involucradas en el proceso se hayan homogenizado de forma adecuada.

Caudal

La medición y control de caudal es un proceso básico de la industria, la misma que requiere de fluidos que deben ser bombeados hacia los procesos de producción y en esos transportes de fluidos es necesario el censado y control de caudal (Vacca 2014)

Válvula proporcional

En la investigación ***“Pneumatic position servo control considering the proportional valve zero point”*** (Gong y Li 2017) describen que los sistemas neumáticos son ampliamente utilizados en diversas aplicaciones industriales debido a su bajo costo, fácil maniobrabilidad y altas propiedades de relación potencia-peso, convirtiéndose en un sistema práctico para controlar y mantener estables ciertas variables de los procesos productivos como presión, caudal, nivel, temperatura, etc.

Las válvulas proporcionales puede ajustarse electrónicamente para una serie de cargas, se caracterizan por:

- Produce una salida proporcional a la señal de entrada.
- Puede ajustarse a distancia por medios electrónicos.

Salida de la válvula proporcional:

- Presión variable.
- Caudal variable.

➤ Dirección y caudal variables.

Para controlar el caudal de agua de enfriamiento que ingresa a la mezcladora instalaremos una válvula proporcional, la misma que modificara el caudal en función de la temperatura del agua.

Sistema de enfriamiento (Chiller)

Los sistemas de enfriamiento, enfriadores o chillers comprenden refrigeradores modulares condensados por aire o por agua y construidos según las tecnologías más actualizadas y disponibles en el sector de la refrigeración de los procesos industriales, presentan características como eficacia, flexibilidad y confianza. Estos equipos deben ser diseñados para ser instalados en el exterior de los recintos industriales, utilizan gas ecológico R407C y R134a según la aplicación y el empleo deseados. (Eurochiler, 2011)

En nuestro caso, el chiller es el equipo encargado de recibir el agua caliente que retorna del proceso productivo y quitarle calor para ingresarlo nuevamente al proceso productivo con la temperatura adecuada.

Presión de agua (Bomba centrífuga)

Las bombas son utilizadas en una amplia gama de aplicaciones industriales y residenciales, existe variedad en función del tipo, tamaño y materiales de construcción (Nelik, 1999).

Cavitación

La cavitación se produce cuando el líquido contiene moléculas de gas o de vapor en forma de burbujas de diámetros muy pequeños, este fenómeno se presenta en la mayoría de sistemas de transporte de líquidos (Friedrich, 2010).

Bomba de succión positiva

Carga de succión positiva neta disponible (NPSHA) cuando la posición del eje de la bomba se encuentra sobre la superficie del agua, es la cabeza de succión total expresada

en pies de líquido absoluta, determinada en la boquilla de aspiración menos la presión del líquido en pies absolutos (Lobanoff, R. Ross, R., 1992).

Las bombas centrifugas son las encargadas de impulsar el agua desde los tanques de almacenamiento hasta las maquinas o consumidores en el proceso, generalmente son instaladas en la parte exterior de la planta industrial, debemos evitar el fenómeno de cavitación ya que esto genera el deterioro de la bomba y reducción de su eficiencia.

Presión constante (Transmisor de presión)

En el manual de Danfoss VLT 6000 (2012) se define que el transmisor de presión es un elemento electrónico que permite transformar una señal de presión de un fluido en señales eléctricas estandarizadas ya sean de voltaje o de corriente, están diseñados para utilizarse en la mayoría de los equipos industriales y ofrecen mediciones de presión fiables, incluso en condiciones adversas, existen en diferentes rangos de acuerdo a la necesidad (bombas, compresores, sistemas neumáticos, plantas de tratamiento de aguas, etc.)

En nuestro sistema de enfriamiento el transmisor de presión es el dispositivo encargado de medir la presión del agua que circula por la tubería y enviar esta señal al variador de frecuencia para que modifique la velocidad de la bomba centrifuga y de esta manera mantener una presión constante en el sistema de enfriamiento.

Variador de frecuencia

Danfoss (2012) establece que un convertidor de frecuencia rectifica la tensión alterna de alimentación en tensión continua, posteriormente dicha tensión continua se convierte en corriente alterna variable con amplitud y frecuencia variables. De este modo, el motor recibe tensión y frecuencia variables, permitiendo una regulación infinitamente variable de la velocidad en motores CA trifásicos.

La demanda de agua en la planta industrial varía de forma considerable a lo largo del día, por lo que es importante mantener la presión constante para garantizar que todos los equipos cuenten con el suministro de agua requerido para cumplir con su proceso, por ende los convertidores de frecuencia permiten reducir al mínimo el consumo de energía de las bombas, y ofrecen a la vez un abastecimiento óptimo de agua a los consumidores.

Parametrización automática usando Código de barras

Es un sistema de codificación creado a través de series de líneas y espacios paralelos de distinto grosor que pueden ser leídos de manera rápida y precisa. Normalmente se utiliza como sistema de control que proporciona datos de operaciones aplicados a identificar productos, llevar control de inventarios, carga y descarga de mercancías en bases de datos, disminuir tiempos de atención en ventas y recolección de datos.

La lectura de un código de barras es un proceso en el cual un dispositivo de entrada que recibe la luz reflejada y la convierte en energía eléctrica (lector o scanner laser), posteriormente se debe convertir la señal eléctrica en datos para traducirlos en información (decodificador).

Industria 4.0

La industria 4.0 fue una creación del gobierno alemán, con la cual se pretende hacer cada vez más cortos los ciclos de producto, mercado y tecnología convirtiéndose en un gran desafío para las industrias manufactureras. Iniciativas como Industry 4.0 e IoT están siendo impulsadas con el objetivo de reducir los tiempos de lanzamiento de productos al mercado, mejorar la flexibilidad incrementando la eficiencia y la calidad. La digitalización y la creación de redes de productos, procesos, máquinas y personas es otra iniciativa de industria 4.0 que se apoya con los sistemas de tecnología de la información y las comunicaciones para integrar estos recursos y conectar plantas industriales a través

de redes eficientes, creando de esta forma redes en tiempo real y llegando éstas a constituirse en el núcleo de la industria. (Martin, Burbano y León, 2017)

La industria 4.0 está generando una gran transformación en los procesos de manufactura, con la posibilidad de comunicación e interacción entre las propias máquinas, también con piezas, con herramientas y con los seres humanos, todo ello gracias al intercambio de información y las máquinas podrán tomar información del producto para mejorar el proceso productivo y cambiar sus condiciones y parámetros de trabajo; a medida que la tecnología avanza, todo pasa a ser más dinámico, intuitivo, ágil y asertivo; en este contexto, el intercambio de información tiene otro significado, más colaborativo e integrado.

Transformación digital

La Industria 4.0 abarca la automatización a nivel industrial mientras que la transformación digital abarca a todas las áreas de la economía. La transformación digital integra la conexión de máquinas, productos, clientes dándole valor a todas las áreas de la economía.

Información digital

La adquisición de datos y el procesamiento de los mismos con las nuevas tecnologías permiten un mejor análisis para prever resultados más eficientemente.

Conectividad

La unión de toda la línea de procesos mediante la utilización de sistemas de comunicación vía internet da lugar a sincronizar la logística y llevar mayor cohesión en el equipo de trabajo.

Acceso digital

Sistema electrónico que permite el intercambio seguro de la información.

Base de datos

Base de datos o banco de datos se refiere a un conjunto de datos que pertenecen a un mismo contexto y que son almacenados sistemáticamente para su posterior uso, actualmente las bases de datos están en formato digital, siendo este un componente electrónico que ofrece un amplio rango de soluciones al problema del almacenamiento de datos.

En el diseño de la base de datos es importante considerar la fase de modelado conceptual que consiste en la descripción del mundo real, con un esquema independiente del Sistema Gestor de Bases de Datos (SGBD), luego la fase de diseño lógico en la cual se obtiene un esquema que responde a la estructura lógica específica que requiere el SGBD para finalmente generar las recetas que se van a crear en la Base de Datos (Sandoval 2014)

2.4.4 Categorización de la Variable Dependiente

Proceso de mezclado de compuestos termoplásticos

El proceso de mezclado de compuestos termoplásticos se obtiene a través de la polimerización de monómero de acetato de vinil con un monómero de etileno en un sistema de alta presión (EVA) en el cual interactúan variables como: caudal, presión, temperatura y tiempo.

Automatización

Los sistemas de automatización industriales deben ser capaces de llevar en tiempo real la adquisición de datos en línea y la manipulación, su configuración debe ser flexible para red de área local (LAN) y redes de área amplia (WAN), adicionalmente deben brindar la facilidad para construir redes de monitoreo global que integre diversas funciones tales como recolección de datos, monitoreo de la condición, el diagnóstico de fallos, etc.

Señales analógicas

En el procesamiento de señales analógicas se utiliza elementos de circuito analógicos, como resistencias, condensadores, inductores, y componentes activos, como amplificadores operacionales y dispositivos no lineales, eso conlleva a ser voluminosos y su eficacia se reduce, definición establecida por Rao (2010).

Señales digitales

Para el procesamiento de señales digitales se utiliza un ordenador de propósito que básicamente tiene tres elementos, sumadores, multiplicadores, y memoria para el almacenamiento, establecido por Rao (2010).

Fases para automatizar un proyecto

Existen complejos procesos de automatización que requieren la colaboración de diversos departamentos de una empresa (compras, logística, automatización, mantenimiento, calidad, producción, etc.).

Fase de Automatización

En esta fase vamos a desarrollar el GRAFCET (Grafo de Estados y transiciones) de primer nivel, seleccionaremos el PLC, Módulos, HMI, sensores y actuadores que serán considerados para la automatización.

Fase de Supervisión

En esta etapa nos apoyamos del diagrama GRAFCET en el que se muestra el control secuencial a modo de etapas de funcionamiento de la máquina/proceso y de la guía GEMMA que nos muestra la presencia de las acciones del operador en forma de estados de parada, funcionamiento y fallo.

Fase Interacción

En esta fase definiremos las actividades de intervención que serán ejecutadas por el operador en el HMI en función de las acciones físicas sobre dispositivos y la recepción de señales informativas visuales o acústicas.

Fase de Implementación

Esta fase estará sustentada en la experiencia, habilidades prácticas y conocimiento del proceso productivo del ingeniero de automatización para desarrollar el algoritmo de control del automatismo.

Fase de prueba

Una vez implementada la automatización, vamos a verificar el algoritmo, realizar pruebas de funcionamiento por partes e interactuar con el proceso mediante la utilización de la HMI simulando situaciones de emergencia para analizar cómo responde el sistema automatizado.

PLC (Controlador Lógico programable)

El controlador S7-1200 presenta un diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones por lo que es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones (Siemens, 2012).

Los PLC son utilizados en muchas industrias y máquinas, están diseñados para automatizar procesos industriales electromecánicos que pueden contar con múltiples señales de entrada y salida, analógicas y digitales con amplios rangos de temperatura, presentan inmunidad al ruido eléctrico y buena resistencia a la vibración y al impacto; entre sus ventajas podemos destacar las siguientes:

- El costo efectivo para el control de sistemas complejos.
- Es muy flexible y se puede volver a aplicar para controlar otros sistemas de forma rápida y fácil.

- Posee capacidades computacionales que permiten un control más sofisticado.
- Facilita la solución de problemas auxiliares, rápida programación y reduce el tiempo de inactividad.
- Componentes confiables que garantizan su funcionamiento durante muchos años antes de que fallen.

La lógica de escalera (Ladder) es el método de programación más utilizado para PLCs, esta lógica fue desarrollada para imitar la lógica de relé y generar un ambiente amigable de programación (Jack, 2008).

El controlador seleccionado debe ofrecernos flexibilidad y la potencia necesaria para controlar los dispositivos que están interactuando en nuestro proceso a ser automatizado.

HMI (Human Machine Interface)

Una HMI es una interfaz que presenta datos a un operador y a través del cual se controla un determinado proceso por lo que se les conoce también como panel operado, están equipados con una pantalla táctil, la misma que permite interactuar al operador con el proyecto que se está ejecutando. El entorno industrial se caracteriza por presentar altas temperaturas, ambientes contaminados, por lo que es imprescindible que la HMI este diseñada para estos ambientes (Siemens, 2012).

Las HMI permiten al operador utilizar pantallas simples para determinar la condición de la máquina y hacer ajustes simples, los usos más empleados definidos por Jack (2008) son:

- Visualización de fallos de la máquina de visualización
- Visualización del estado de la máquina
- Iniciar y detener los ciclos de trabajo

Software de programación

Es el ambiente de programación que permite enlazar el PLC con la HMI, existen diferentes software de programación dependiendo de la marca y del fabricante de los elementos involucrados en la automatización.

Es importante guiarnos en nuestra experiencia en programación al momento de seleccionar el software que vamos a utilizar para el desarrollo de la automatización, esto permitirá aprovechar satisfactoriamente los beneficios y bondades del software.

Descarga de la mezcla

La descarga de la mezcla se realiza de forma manual por medio de la manipulación de los pulsadores que se encuentran en el panel de control, para que la mezcla cumpla con los requerimientos de calidad es necesario que cumpla dos condiciones:

- Tiempo de mezclado, que debe ser calibrado guiándose en los instructivos de producción.
- Temperatura de la mezcla, debe alcanzar el valor recomendado en el instructivo de producción de la línea de mezclado.

El tiempo y la temperatura de la mezcla son dos condiciones que debemos cumplir antes de realizar la descarga de la mezcla, el incumplimiento de estas condiciones genera inconvenientes en la cadena del proceso productivo, por tal motivo es importante la implementación de la automatización.

2.5 PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS

La calibración automática de las variables que intervienen en el proceso incidirá en el mezclado de compuestos termoplásticos.

2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES

Variable independiente: Variables del proceso a ser controladas

Variable dependiente: Mezclado de compuestos termoplásticos

CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACION

El enfoque que se orientó al problema y las variables de la investigación será cualitativo porque estos resultados serán interpretados críticamente con el apoyo del marco teórico y cuantitativo puesto que los resultados de la investigación de campo serán sometidos a análisis con el apoyo de la estadística.

3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

En la presente investigación se utilizaran las siguientes modalidades de investigación:

- Documental o bibliográfica
- De campo

3.2.1 Investigación Documental o Bibliográfica

Al obtener datos de material impreso como son libros, publicaciones y catálogos de equipos sobre este tema, lo que permitió conocer antecedentes de la investigación.

Esta investigación se utilizó para la elaboración del marco teórico, ya que se investigó los diferentes enfoques, conceptos, puntos de vista, etc., de varios autores con referencia al problema de investigación.

Nuestro interés es determinar la incidencia de las variables de control en el proceso de mezclado de compuestos termoplásticos y se pretende con esta investigación medir la relación entre las dos variables.

3.2.2 Investigación de Campo

La información se recogió en el lugar mismo de la investigación, es decir donde existe el problema, en el sector productivo. En referencia a lo mencionado en el trabajo Tipos de Investigación (Grajales, 2000), donde se indica:

“El lugar donde se desarrolla la investigación, si las condiciones son las naturales en el terreno de los acontecimientos tenemos una investigación de campo, como los son las observaciones en un barrio, las encuestas a los empleados de las empresas, el registro de datos relacionados con las mareas, la lluvia y la temperatura en condiciones naturales.”

3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.3.1 Investigación Descriptiva

Por medio de la recolección de datos, análisis y conclusiones por medio de los registros de tiempos de ciclos de mezclado se llegara a identificar la relación entre la variable independiente y la variable dependiente.

3.3.2 Investigación Exploratoria

Cae dentro de esta categoría al no haberse realizado trabajos de esta categoría en la empresa Plasticaucho Industrial S.A.

3.3.3 Investigación Correlacional

Por medio de esta investigación se medirá la relación que existe entre las variables del proceso y el mezclado de compuestos termoplásticos.

3.3.4 Investigación Explicativa

Dentro de la investigación presente se intentara comprobar la siguiente afirmación:

¿Existe incidencia de la calibración automática de las variables que intervienen en el proceso de mezclado de productos termoplásticos?

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

Considerando que la metodología de la investigación es el conjunto total de individuos, objetos o medidas que poseen algunas características comunes observables en un lugar y en un momento determinado. Cuando se vaya a llevar a cabo alguna

investigación debe de tenerse en cuenta algunas características esenciales al seleccionarse la población bajo estudio.

Entre las características a considerar, tenemos:

En la población considerada debe existir **Homogeneidad**, es decir deben contar con las mismas características a considerar en el estudio o investigación.

Se debe considerar el **tiempo** donde se ubicaría la población objeto de estudio.

Se debe definir el **espacio**, es decir considerar el tiempo y recursos disponibles, limitando el área o lugar donde se encuentra la población.

Definir el tamaño de la población objeto de estudio, es decir la **cantidad**.

De acuerdo a lo descrito anteriormente, la población objeto de estudio se define de la siguiente forma:

Tabla 1: Población y Muestra

CARACTERISTICA	DESCRIPCION
Homogeneidad	Supervisores y operadores de máquina Paradas producidas
Tiempo	Año 2017
Espacio	Plasticaucho Industrial área de Mezclado de compuestos termoplásticos
Cantidad	11 Operadores y supervisores Todas las paradas producidas

Fuente: Investigación propia
Elaborador por: Investigador

Para el estudio se realizará una encuesta al personal involucrado en el proceso de mezclado de compuestos termoplásticos debido a que los operadores son quienes realizan la manipulación de las variables del proceso ya que se trata de un proceso manual.

Con la finalidad de determinar la incidencia del cumplimiento de los parámetros de las variables de control en el proceso de mezclado de compuestos termoplásticos se realizará el análisis del producto, es decir de las paradas mezcladas.

3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.5.1 Variable Independiente

Tabla 2: Variable independiente: Variables del proceso a ser controladas

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS BASICOS	TECNICAS E INSTRUMENTOS
Variables del proceso a ser controladas.- Son magnitudes físicas que están involucradas en el proceso de mezclado, pueden ser manipuladas, medidas y controladas.	Conocimientos	Aplicación de procedimientos.	Se cumple el procedimiento definido para el mezclado de compuestos termoplásticos.	Pruebas de laboratorio: Control de características en productos expandidos.
	Porosidad Veteados Manchas Contaminación Recuperado mal disperso. Expansión grande o pequeña.	Tiempo de mezclado	Temperatura de descarga	El proceso de mezclado cumple con el tiempo requerido para la homogenización de las materias primas. La descarga de la mezcla homogenizada se ejecuta a la temperatura sugerida en el procedimiento.

Fuente: Autoría propia
Realizo por: Investigador

3.5.2 Variable Dependiente

Tabla 3: Variable dependiente: Mezclado de compuestos termoplásticos

CONCEPTUALIZACION	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS BASICOS	TECNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Mezclado de compuestos termoplásticos.- Proceso mediante el cual se obtiene la homogenización de monómero de acetato de vinil con un monómero de etileno en un sistema de alta presión (EVA), en el cual interactúan variables como: caudal, presión, temperatura y tiempo.</p>	<p>Tarjeta celeste: Parada detenida e identificada con tarjeta de color celeste para ser analizada en laboratorio y definir los parámetros para ser reprocesada.</p>	<p>Paradas detenidas a causa de: Expansión grande Expansión pequeña Contaminación Porosidad Recuperado mal disperso Veteado Manchas</p>	<p>¿La automatización de la mezcladora garantizará el cumplimiento de las condiciones de trabajo? ¿Considera que la automatización del proceso reducirá el tiempo del ciclo e incrementara el estándar de producción? ¿Se cuenta con proyectos de mejoramiento continuo para reducir el número de paradas reprocesadas? ¿Se cuenta con un sistema de control automático en la mezcladora YT04 que permita homogenizar el proceso de mezclado y evitar errores operacionales?</p>	<p>Encuesta (Anexo 1) Registro de paradas a ser reprocesadas.</p>

Fuente: Autoría propia
Realizo por: Investigador

3.6 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

3.6.1 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

Entre las técnicas que se utilizarán para la recolección de datos se tendrá: las pruebas de laboratorio, la encuesta y el registro. Las pruebas de laboratorio se realizan a cada parada de mezclado de compuesto termoplástico con la finalidad de validar las características de las mezclas.

Encuesta

Es una técnica de recolección de información por la cual los informantes responden por escrito, el instrumento es el cuestionario estructurado con preguntas impresas sobre hechos y aspectos que interesan investigar, el cuestionario sirve de enlace entre los objetivos de la investigación y la realidad estudiada, cuya finalidad es obtener de manera sistemática información de la población investigada sobre cada una de las variables.

Pruebas de laboratorio

Procedimiento mediante el cual se analiza una muestra de la parada mezclada con la finalidad de determinar las características de expansión, porosidad, manchas, etc.; y liberar o no la parada para que ésta pueda ser utilizada en el siguiente proceso de producción.

Registro de información

Se obtienen directamente del proceso, mediante el uso de instrumentos y equipos que realizan la validación de las características de la parada de mezclado de compuestos termoplásticos, para nuestro caso de estudio el registro de los datos obtenidos en las pruebas de laboratorio.

Validez y Confiabilidad

Validez

Un instrumento de recolección es válido ***“cuando mide de alguna manera demostrable aquello que trata de medir, libre de distorsiones sistemáticas”***. Herrera (2008).

Muchos investigadores en ciencias sociales prefieren asegurar la validez cualitativa a través de juicios de expertos, en la perspectiva de llegar a la esencia del objeto estudiado, más allá de lo que expresan los números.

La validez del instrumento de investigación se la obtuvo a través del “Juicio de expertos”.

Confiabilidad

Una medición es confiable o segura cuando aplicada repetidamente a un mismo individuo o grupo, o al mismo tiempo por investigadores diferentes, proporciona resultados iguales o parecidos. La determinación de la confiabilidad consiste, pues, en establecer si las diferencias de resultados se deben a inconsistencias en la medida. De la revisión de los expertos y de sus recomendaciones, se procederá a la modificación de los instrumentos, si es necesario, definiciones establecidas por Herrera (2008)

3.6.2 Plan de recolección de la información

Tabla 4. Plan de recolección de la información

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
1. ¿Para qué?	Para alcanzar los objetivos que en esta investigación se han propuestos.
2. ¿A qué personas o sujetos?	Supervisores de producción y operadores de máquina del proceso de mezclado de compuestos termoplásticos. Paradas mezcladas Aplicación de procedimientos, disminución de reprocesos, etc.
3. ¿Sobre qué aspectos?	Control de características en productos expandidos
4. ¿Quién?	Investigador: Ing. Oscar Vinicio Altamirano Bautista
5. ¿Cuándo?	Año 2017
6. ¿Lugar de recolección de la información?	Línea de mezclado de Eva del área de Industrias Diversas de la empresa Plasticaucho Industrial de la ciudad de Ambato.
7. ¿Cuántas veces?	Una.
8. ¿Qué técnica de recolección?	Encuesta; Registro de información.
9. ¿Con qué?	Cuestionario, pruebas de laboratorio, Registros
10. ¿En qué situación?	En la línea de producción

Fuente: Autoría propia
Realizado por: Investigador

3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

3.7.1 Plan de procesamiento de la Información

Los datos recogidos se transforman siguiendo los procedimientos sugeridos por Herrera (2008):

- Revisión crítica de la información recogida; es decir limpieza de información defectuosa: contradictoria, incompleta, no pertinente, etc.
- Tabulación o cuadros según cada variable de la hipótesis.
- Estudio estadístico de datos para presentación de resultados.

3.7.2 Análisis e interpretación de resultados

- Análisis de los resultados estadísticos, destacando tendencias o relaciones fundamentales de acuerdo con los objetivos e hipótesis.
- Interpretación de los resultados con apoyo del marco teórico, es decir atribuciones del significado científico a los resultados estadísticos manejando las categorías correspondientes al marco teórico
- Comprobación de hipótesis para la verificación estadística.
- Establecimiento de conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO IV

ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

Una vez aplicada la encuesta, recolectados tabulados y analizados, se procede a la interpretación de resultados estadísticamente, los cuales cuentan con sus respectivos cuadros y gráficos, observando los siguientes resultados.

4.1 ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

En el Capítulo IV, se muestran los resultados de las encuestas realizadas sobre el tema tratado, con el propósito de confirmar la relación e incidencia que existe entre las variables a ser controladas y el proceso de mezclado, determinando si existen oportunidades de mejora para el proceso.

A su vez es importante señalar que para el análisis de los datos de control de calidad se aplicó graficas de tendencia a fin de determinar la relación que existe entre los tipos de defectos y el incumplimiento de las variables a ser controladas en el proceso.

4.1.1 Análisis Estadístico Encuesta

Para el desarrollo de la encuesta se aplicó preguntas que permitan conocer el criterio de los operadores y supervisores de producción del área de mezclado respecto al cumplimiento del procedimiento establecido para el proceso.

1. ¿Considera usted que se cumple con el procedimiento definido para el proceso de mezclado de productos termoplásticos?

Tabla 5: Aplicación del procedimiento para el mezclado de compuestos termoplásticos

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	2	18%
No	9	82%
Total	11	100%

Fuente: Investigación de campo: Encuesta

Realizado por: Investigador

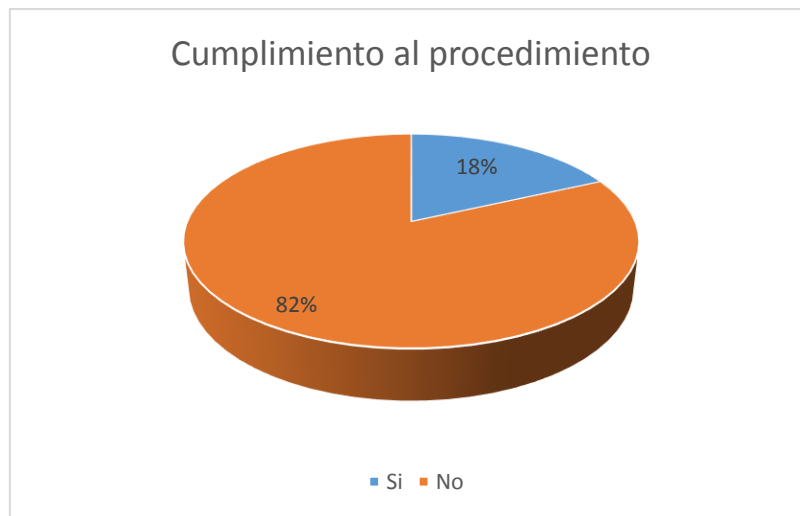


Fig. N° 5: Aplicación del procedimiento para el mezclado de compuestos termoplásticos

Fuente: Tabla 5

Elaborado por: Investigador

Análisis e interpretación

De la encuesta realizada a los operadores del mezclado de compuestos termoplásticos se observa que el 18% cumple con el procedimiento definido para el proceso de mezclado de compuestos termoplásticos, mientras que el 82% no cumple como se puede observar en el cuadro y en el gráfico.

De lo expuesto en la pregunta se deduce que el 82% de la población no cumple con el procedimiento definido para el mezclado de compuestos termoplásticos, esto se debe posiblemente a la falta de concientización sobre la problemática que acarrea el incumplimiento.

2. ¿En qué nivel considera usted que el incumplimiento a las variables a ser controladas para en el proceso de mezclado influye en la calidad del producto?

Tabla 6: Incumplimiento a las variables a ser controladas

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Leve	1	9%
Moderado	3	27%
Alto	7	64%
Total	11	100%

Fuente: Investigación de campo: Encuesta
Realizado por: Investigador

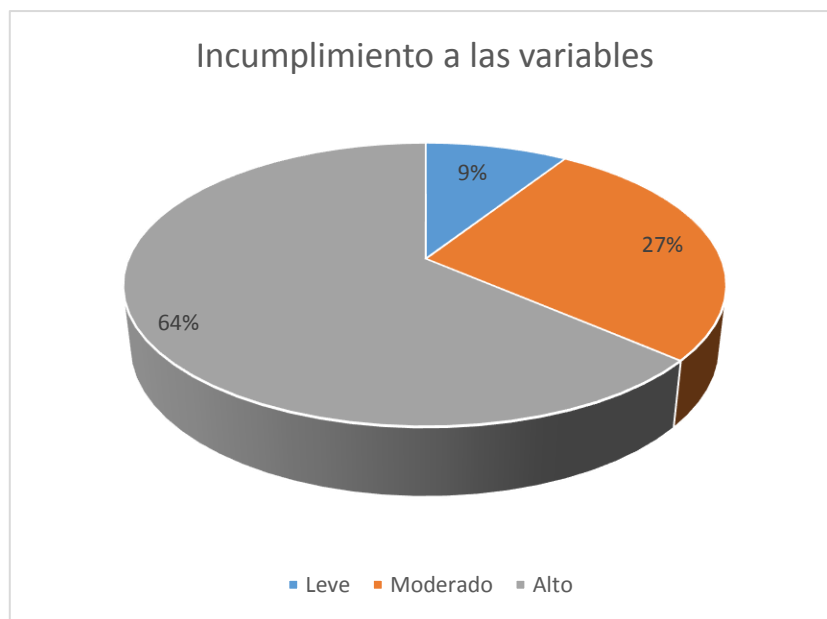


Fig. N° 6: Incumplimiento a las variables a ser controladas
Fuente: Tabla 6
Elaborado por: Investigador

Análisis e interpretación

De la encuesta realizada a los operadores del mezclado de compuestos termoplásticos se observa que el 9% considera una influencia leve de las variables a ser controladas referente a la calidad del producto, mientras que el 27% moderado y el 64% alto.

De lo expuesto en la pregunta se deduce que el 64% de la población considera que el incumplimiento a las variables a ser controladas influye directamente en la calidad del producto.

3. ¿Considera usted que el índice de paradas rechazadas para reproceso se debe principalmente a errores operacionales?

Tabla 7: Paradas rechazadas por errores operacionales

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	10	91%
No	1	9%
Total	11	100%

Fuente: Investigación de campo: Encuesta
Realizado por: Investigador



Fig. N° 7: Paradas rechazadas por errores operacionales
Fuente: Tabla 7
Elaborado por: Investigador

Análisis e interpretación

En la tabla y gráfico se puede observar que el 91% considera que el índice de paradas rechazadas se debe principalmente a errores operacionales, mientras que el 9% considera que no.

4. ¿En qué grado considera usted que las paradas mezcladas cumplen con los valores establecidos para las variables a ser controladas en el proceso de mezclado de compuestos termoplásticos?

Tabla 8: Paradas que no cumplen con los valores de las variables a ser controladas

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Leve	8	73%
Moderado	2	18%
Alto	1	9%
Total	11	100%

Fuente: Investigación de campo: Encuesta
Realizado por: Investigador

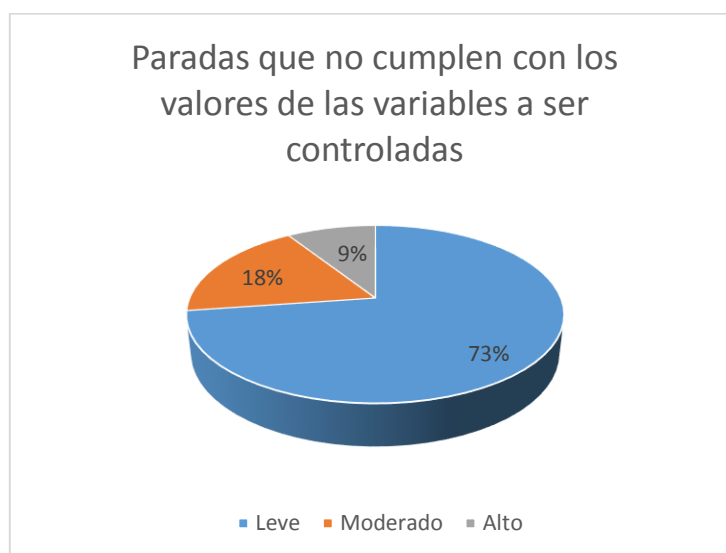


Fig. N° 8: Paradas que no cumplen con los valores de las variables a ser controladas
Fuente: Tabla 8
Elaborado por: Investigador

Análisis e interpretación

De la encuesta realizada a los operadores del mezclado de compuestos termoplásticos se observa que el 9% de los operadores consideran que no cumplen de forma leve con los valores de las variables a ser controladas, mientras que el 18% moderado y el 73% alto. De lo expuesto en la pregunta se deduce que el 73% de la

población consideran que existe un alto incumplimiento con los valores de las variables a ser controladas en el proceso.

5.- ¿Considera usted que la automatización ayude a estabilizar el proceso referente a la cantidad de paradas rechazadas para reproceso?

Tabla 9: La automatización ayudará a estabilizar el proceso

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	10	91%
No	1	9%
Total	11	100%

Fuente: Investigación de campo: Encuesta
Realizado por: Investigador

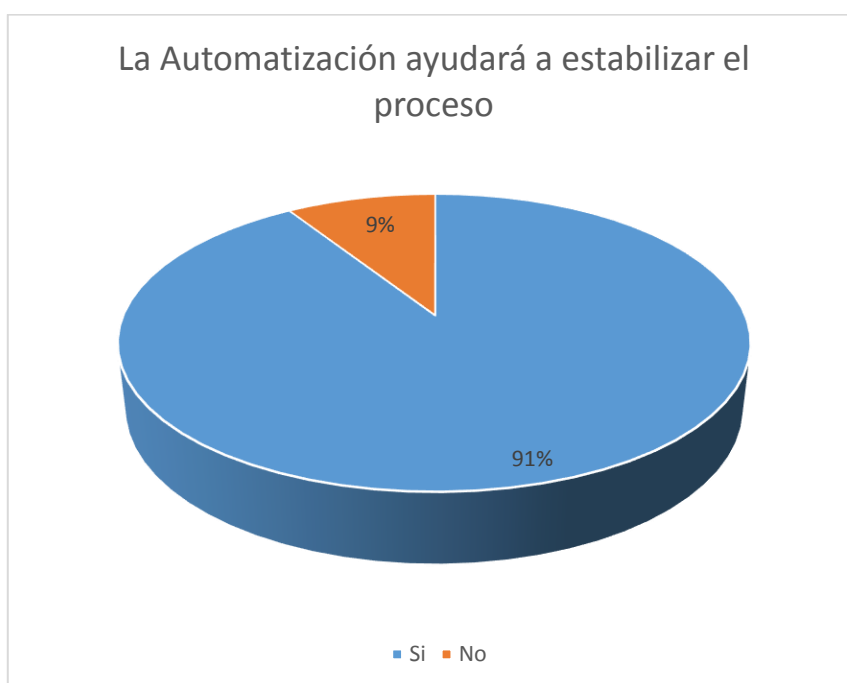


Fig. N° 9: La automatización ayudará a estabilizar el proceso
Fuente: Tabla 9
Elaborado por: Investigador

Análisis e interpretación

De la encuesta realizada a los operadores del mezclado de compuestos termoplásticos se observa que el 9% considera que la automatización no ayudará a estabilizar el proceso referente a la cantidad de paradas rechazadas para reproceso, mientras que el 91% considera que si ayudará. De lo expuesto en la pregunta se deduce

que el 91% de la población considera que la automatización si ayudará a estabilizar el proceso referente a la cantidad de paradas rechazadas para reproceso.

6.- ¿En qué grado considera usted que el proceso de mezclado mejoraría con la implementación del sistema automático de parametrización?

Tabla 10: El proceso de mezclado mejorará con la calibración automática

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Leve	1	9%
Moderado	1	9%
Alto	9	82%
Total	11	100%

Fuente: Investigación de campo: Encuesta
Realizado por: Investigador

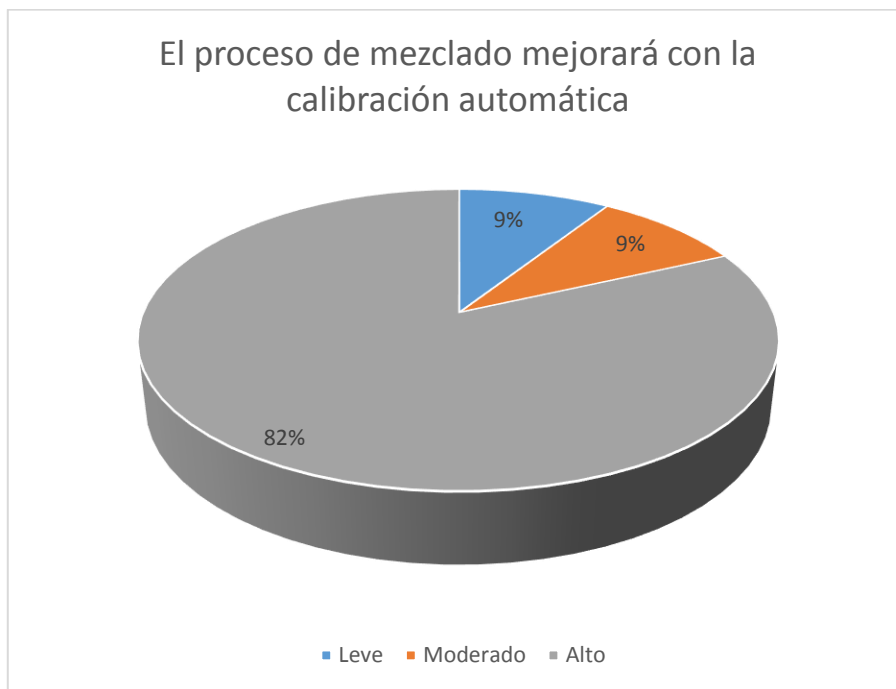


Fig. N° 10: El proceso de mezclado mejorará con la calibración automática
Fuente: Tabla 10
Elaborado por: Investigador

Análisis e interpretación

En la tabla y gráfico se puede observar que el 9% considera que el proceso de mezclado mejoraría levemente con la implementación del sistema automático de calibración, mientras que el 9% considera que será moderado y el 82 que será alto.

4.1.2 Análisis de Control de Calidad

Con la finalidad de tener un escenario más amplio sobre la incidencia de las variables a ser controladas en el proceso de mezclado de compuestos termoplásticos y relacionar con la información obtenida de las encuestas se hace preciso realizar un análisis pertinente de calidad de las mezclas con el propósito de identificar las causas y llegar a puntualizar las conclusiones y recomendaciones más oportunas para el proceso en estudio. A continuación se presentan datos obtenidos de la base de calidad de los tres primeros semestres del 2017.

Control de Calidad por parada

Al tratarse de un proceso delicado y costoso, es importante realizar el control de calidad al 100% de las paradas mezcladas para evaluar las características de expansión, tonalidad, porosidad, burbujas, etc. e identificar cada parada con el color de la tarjeta que corresponda según los datos obtenidos, en la siguiente tabla se detalla los colores de las tarjetas utilizadas en el proceso de mezclado con su respectiva descripción.

Tabla 11: Identificación de producción

Color de la tarjeta	Descripción
Blanca	Paradas buenas que cumplen los requisitos de calidad
Celeste	Paradas que no cumplen los requisitos de calidad y deben ser reprocesadas (defectuosas)
Lila	Paradas rechazadas que deben ser desechadas

Fuente: Control de calidad
Realizado por: Investigador

Las paradas que son detenidas e identificadas con tarjetas de color celeste pueden presentar defectos que mantienen estrecha relación con las variables a ser controladas en el proceso de mezclado de compuestos termoplásticos.

Tabla 12: Tipos de defectos con sus causas

Defecto	Causa
Expansión pequeña	Exceso de temperatura de descarga
Expansión grande	Déficit de temperatura de descarga
Contaminado	Déficit de tiempo de mezclado
Porosidad	Déficit de tiempo de mezclado
Recuperado mal disperso	Déficit de tiempo de mezclado
Veteados	Déficit de tiempo de mezclado
Manchas	Déficit de tiempo de mezclado

Fuente: Control de calidad
Realizado por: Investigador

Producción de mezclas de compuestos termoplásticos

A continuación se muestra la cantidad de paradas producidas en la línea de mezclado de compuestos termoplásticos durante los tres primeros semestres del año 2017.

Tabla 13: Paradas producidas en los tres primeros semestres del 2017

Producción	Cantidad (paradas)
Buena	11213
Defectuosa	415
Rechazada	1

Fuente: Control de calidad
Realizado por: Investigador

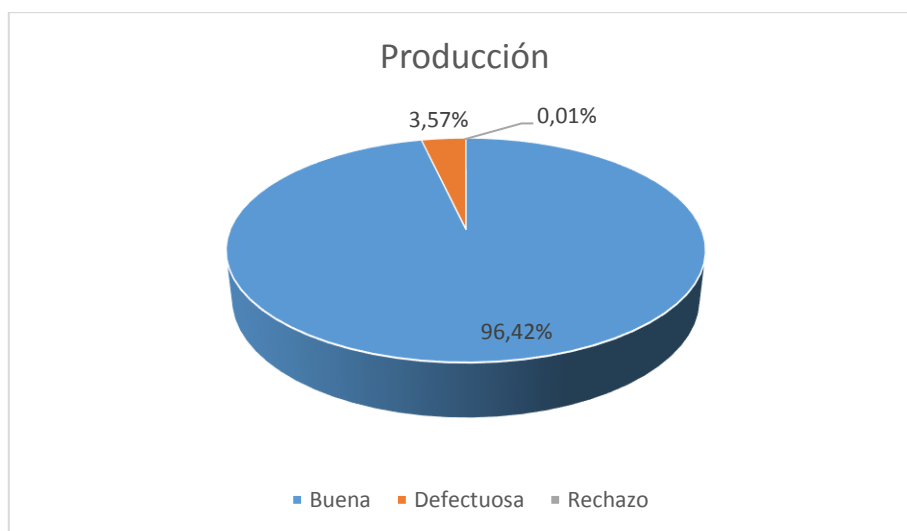


Fig. N° 11: Producción obtenida en los tres primeros semestres del 2017
Fuente: Tabla 13
Elaborado por: Investigador

En la tabla y gráfico se puede observar que el 3,57% de las paradas producidas necesitan ser reprocesadas, es decir que deben dedicar 15 turnos de producción para

corregir los defectos, ocasionando de esta manera el consumo innecesario de recursos como energía eléctrica, tiempo de trabajo de los operadores y retrasos en la producción y entrega de pedidos.

Tipos de defectos

A continuación se detallan los diferentes tipos de defectos encontrados:

Tabla 14: Tipos de defectos de las paradas producidas en los tres primeros semestres del 2017

Defecto	Cantidad (Paradas)
Burbujas	10
Contaminado	73
Expansión Grande	85
Expansión Pequeña	115
Fórmula incompleta	15
Manchas	7
Polietileno no fundido	2
Porosidad	59
Recuperado mal disperso	16
Tonalidad Diferente	15
Veteados	18

Fuente: Control de calidad
Realizado por: Investigador



Fig. N° 12: Tipos de defectos identificados en los tres primeros semestres del 2017
Fuente: Tabla 14
Elaborado por: Investigador

En la tabla y grafico se puede evidenciar que la expansión pequeña abarca el 28% de las paradas con defectos, mientras que la expansión grande el 20% y el 18% corresponde a material contaminado, evidenciando la carencia que existe en el empoderamiento del proceso por parte de los operadores.

Causas del defecto

Con la finalidad de relacionar los defectos con las causas que ocasionaron dichos defectos y a su vez estas causas relacionarlas con las variables a ser controladas, en la siguiente tabla se muestran los defectos y sus causas.

Tabla 15: Causas que dan lugar a los defectos en las mezclas de compuestos termoplásticos.

Defecto	Causa
Burbujas	Otros
Contaminado	Déficit de tiempo de mezclado
Expansión Grande	Déficit de temperatura de descarga
Expansión Pequeña	Exceso de temperatura de descarga
Fórmula incompleta	Otros
Manchas	Déficit de tiempo de mezclado
Polietileno mal incorporado	Otros
Porosidad	Déficit de tiempo de mezclado
Recuperado mal disperso	Déficit de tiempo de mezclado
Tonalidad Diferente	Otros
Veteados	Déficit de tiempo de mezclado

Fuente: Control de calidad
Realizado por: Investigador

Tabla 16: Causa del defecto de las paradas producidas en los tres primeros semestres del 2017

Causa del defecto	Cantidad (paradas)
Déficit de temperatura de descarga	85
Exceso de temperatura de descarga	115
Déficit de tiempo de mezclado	173
Otros	42

Fuente: Control de calidad
Realizado por: Investigador

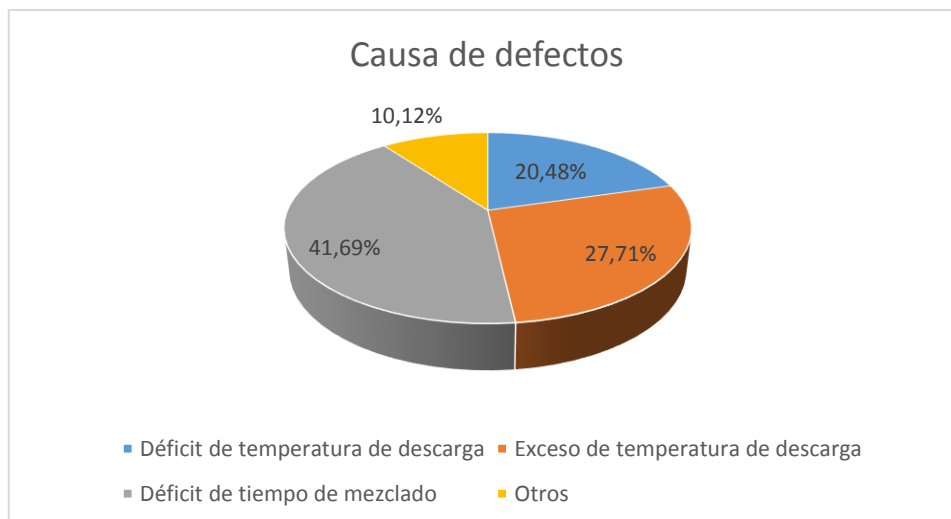


Fig. N° 13: Causa de defectos observados en la producción de los tres primeros semestres 2017
Fuente: Tabla 16
Elaborado por: Investigador

En la tabla y gráfico se puede identificar que el déficit del tiempo de mezclado representa el 41,69%, el exceso de temperatura de descarga el 27,71%, el déficit de temperatura de descarga el 20,48% y otras causas el 10,12%. Con esta información se puede determinar el incumplimiento por parte de los operadores con el tiempo y la temperatura requerida para el proceso de mezclado.

Defectos por semanas

El proceso de mezclado de compuestos termoplástico se lo ha considerado inestable debido a la variabilidad que existe en los defectos y en la cantidad de paradas detenidas por semana. En la siguiente tabla se puede observar la variabilidad que existe en las paradas detenidas por cada semana.

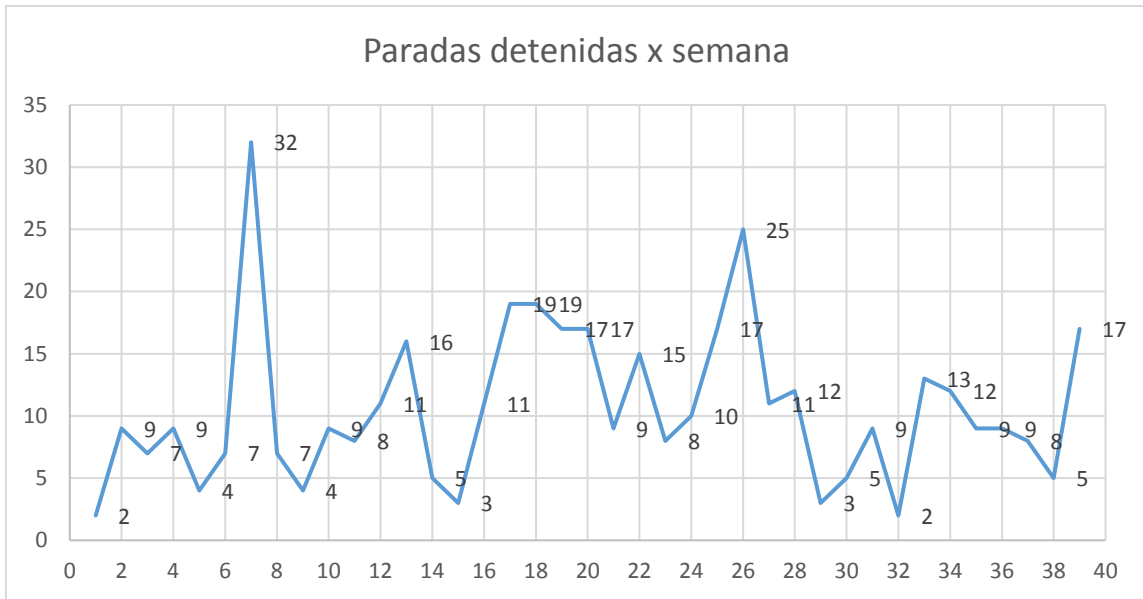


Fig. N° 14: Paradas detenidas para reprocesos por semana
Fuente: Control de calidad
Elaborado por: Investigador

Con la finalidad de determinar la estabilidad del proceso de mezclado, se realiza el cálculo del Cpk, el Cpk es un índice de capacidad del proceso que se utiliza para comprobar la calidad y estabilidad de un proceso, para lo cual se considera algunos límites en las especificaciones.

Si el proceso se mantiene estable y sostenible en el tiempo, el índice Cpk será $\geq 1,33$, el Cpk no tiene un valor objetivo, lo que se busca con el Cpk es comprobar que la distribución esté centrada con relación a los límites de las especificaciones. En la siguiente figura se muestra el cpk obtenido con la ayuda del software minitab y los datos de defectuosos generados entre la semana 1 y la semana 39 del año 2017 en el proceso de mezclado de compuestos termoplásticos.

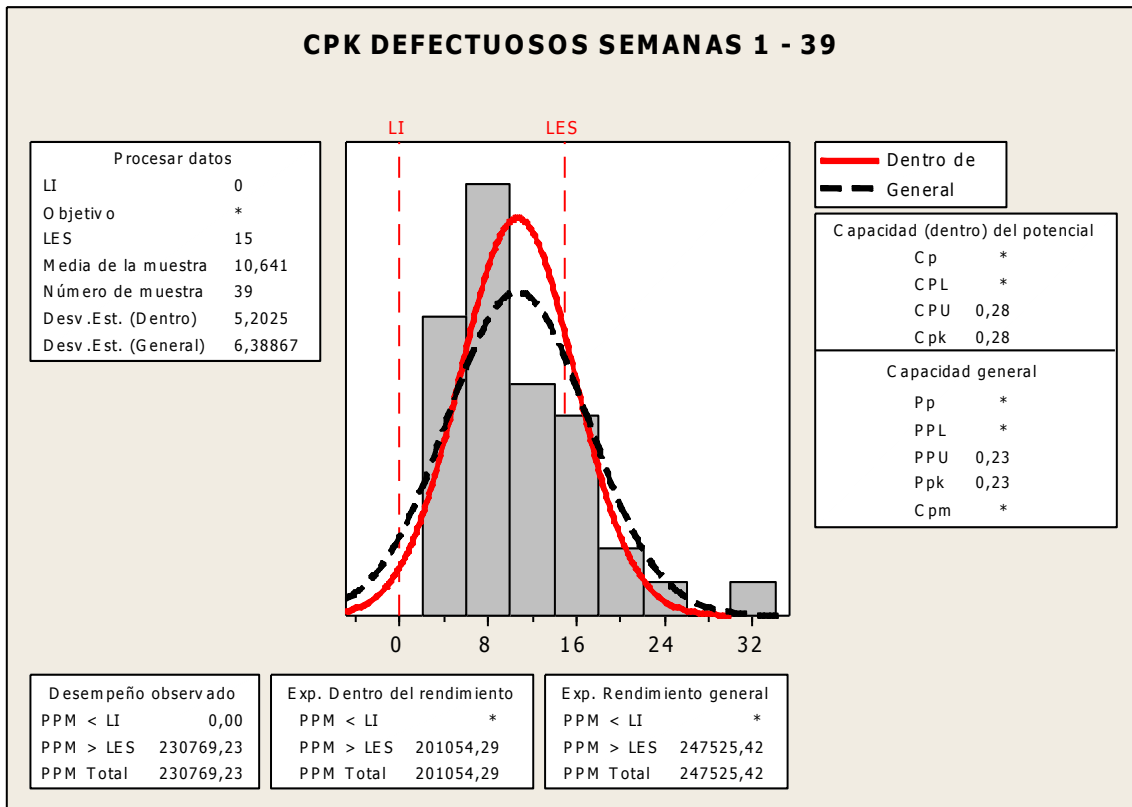


Fig. N° 15: Cpk del proceso de mezclado entre las semanas 1 y 39 del 2017
Fuente: Control de calidad
Elaborado por: Investigador

En la gráfica anterior se puede observar que el Cpk es de 0,28 causado por la elevada variación de valores ya que se mueven en un rango muy alto; esto evidencia la inestabilidad del proceso de mezclado de compuestos termoplásticos.

4.2 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Para la verificación de la hipótesis se utilizarán las preguntas 4 y 6 las mismas que poseen relación con las variables de estudio, para lo cual se aplicará el método del Chi cuadrado.

4.2.1 Planeamiento de la hipótesis

Las variables a ser controladas influyen en el proceso de mezclado de compuestos termoplásticos del área de Industrias Diversas de la empresa Plasticaucho Industrial de la ciudad de Ambato.

Análisis de Chi Cuadrado

Modelo Lógico

H0 (hipótesis nula): la calibración automática de las variables a ser controladas influye negativamente en el proceso de mezclado de compuestos termoplásticos del área de Industrias Diversas de la empresa Plasticaucho Industrial de la ciudad de Ambato.

H1 (hipótesis alterna): la calibración automática de las variables a ser controladas influye positivamente en el proceso de mezclado de compuestos termoplásticos del área de Industrias Diversas de la empresa Plasticaucho Industrial de la ciudad de Ambato.

Modelo Matemático

H0; O = E

H1; O ≠ E

Modelo Estadístico

$$X^2 = \sum \left[\left(\frac{(O - E)^2}{E} \right) \right]$$

Simbología:

X² = Chi Cuadrado

O = Frecuencia observada.

E = Frecuencia esperada.

4.2.2 Selección de los grados de libertad y significancia

Se trata de un cuadro de contingencia de 2 filas con 3 columnas con la aplicación de la siguiente fórmula determinamos los grados de libertad.

$$gl = (n-1)(m-1)$$

$$gl = (2-1)(3-1)$$

$$gl = 2$$

Donde:

n = columna

m = fila

gl = grados de libertad

El nivel de significancia con el cual se trabajará es del 5%, es decir $\alpha= 0.05$;
tomando en consideración los grados de libertad y la significancia, el Chi tabla es de
 $X^2_t=5,99$

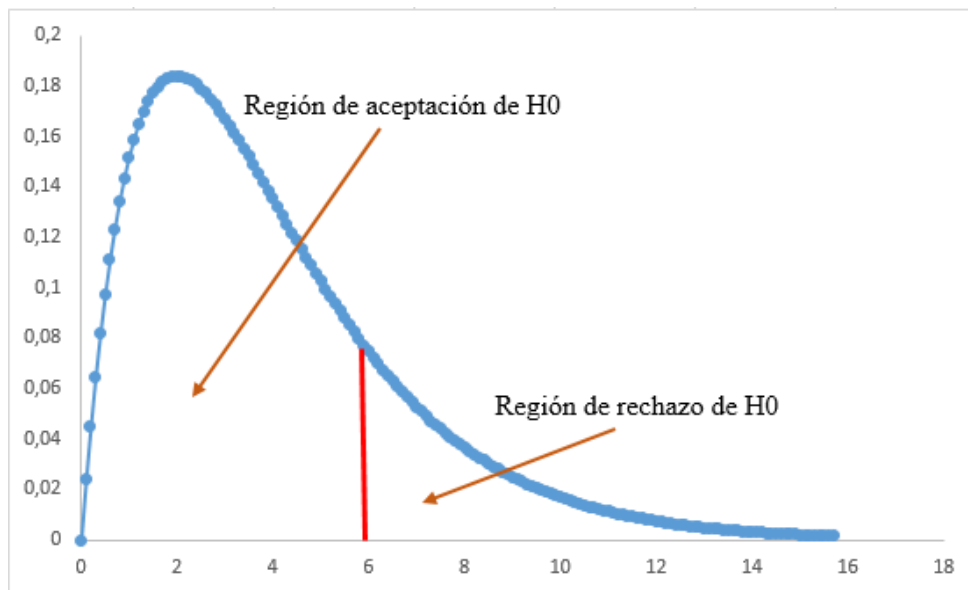


Fig. N° 16: Especificación de las regiones de aceptación y rechazo
Fuente: Método del chi cuadrado
Elaborado por: Investigador

Cálculo del Chi cuadrado

Frecuencias observadas

Tabla 17: Frecuencias observadas

Parámetros	Alternativas			Total
	Leve	Moderado	Alto	
Pregunta 4	1	2	8	11
Pregunta 6	1	1	9	11
Total	2	3	17	22

Fuente: Investigación de campo: Encuesta
Realizado por: Investigador

Frecuencias esperadas

Tabla 18: Frecuencias esperadas

Parámetros	Alternativas			Total
	Leve	Moderado	Alto	
Pregunta 4	1	1,5	8,5	11
Pregunta 6	1	1,5	8,5	11
	2	3	17	22

Fuente: Investigación de campo: Encuesta
Realizado por: Investigador

Chi cuadrado calculado X^2

Tabla 19: Cálculo del chi cuadrado

O	E	(O - E)	(O - E) ²	(O - E) ² /E
8	4,5	3,5	12,25	2,72
2	1,5	0,5	0,25	0,17
1	5	-4	16	3,20
1	4,5	-3,5	12,25	2,72
1	1,5	-0,5	0,25	0,17
9	5	4	16	3,20
X^2c				12,18
Valor crítico al 95%				5,99

Fuente: Investigación de campo: Encuesta
Realizado por: Investigador

Regla de decisión

Si el valor crítico $X^2c \geq X^2t$ entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

El valor de $X^2c = 12,18$ (tabla 19) $\geq X^2t = 5,99$ (Anexo 2); por consiguiente se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, es decir: “la calibración automática de las variables a ser controladas influyen positivamente en el proceso de mezclado de compuestos termoplásticos del área de Industrias Diversas de la empresa Plasticaucho Industrial de la ciudad de Ambato”.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

De la investigación realizada se concluye que:

- La mayoría de los operadores no cumplen con el procedimiento establecido para el mezclado de compuestos termoplásticos.
- El incumplimiento a las variables a ser controladas para el proceso de mezclado, inciden directamente en la calidad del producto.
- El 3,57% de las paradas mezcladas deben ser reprocesadas debido a que incumplen con las pruebas de calidad que evalúan las características de expansión, tonalidad, porosidad, burbujas, etc.
- Los defectos más repetitivos son las expansiones grandes, expansiones pequeñas y contaminaciones, adicionalmente se identificó que el 89.88% de los defectos detectados en las paradas detenidas están relacionados al déficit o exceso en la temperatura de descarga y al déficit que existe en el tiempo de mezclado.
- Los operadores consideran que el sistema de control actual para el cumplimiento de las variables que intervienen en el proceso de mezclado es muy básico y debe ser cambiado por un sistema que ayude a estandarizar el mismo.
- El cálculo del cpk ayudó a identificar la inestabilidad del proceso de mezclado de compuesto termoplástico, debido a que se obtuvo 0,28 y el cpk debe ser \geq a 1,33 para considerar que el proceso es estable.

5.2 RECOMENDACIONES

- Los supervisores deben realizar la actualización del procedimiento del mezclado de compuestos termoplásticos en función de los cambios que se realicen en el proceso.
- Los supervisores deben realizar auditorías periódicas para validar el cumplimiento del procedimiento del mezclado de compuestos termoplásticos.
- El responsable de mantenimiento de Industrias Diversas debe proponer un sistema de control automático que reduzca al mínimo o elimine la manipulación de las variables del proceso de mezclado de compuestos termoplásticos por parte de los operadores.
- El responsable de mantenimiento de Industrias Diversas debe proponer una alternativa para realizar la parametrización automática del proceso de mezclado de compuestos termoplásticos en función del producto a ser procesado o mezclado.
- Realizar el seguimiento al proceso de mezclado para calcular el cpk y validar la funcionalidad de la mejora que se vaya a realizar en el proceso.

CAPITULO VI

LA PROPUESTA

Diseño e implementación de un sistema de control automático para la calibración de las variables de control que intervienen en el proceso de mezclado de compuestos termoplásticos del área de Industrias Diversas de la empresa Plasticaucho Industrial de la ciudad de Ambato.

6.1 DATOS INFORMATIVOS

Institución Ejecutora: Plasticaucho Industrial S.A.

Beneficiarios directos: Área de Industrias Diversas

Beneficiarios indirectos: Operadores de la línea de mezclado de compuestos termoplásticos

Ubicación: Panamericana Norte, Kilómetro 2 ½, calle Toronto, sector Catiglata, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua.

Tiempo estimado para la ejecución:

Inicio: 07/08/2017

Fin: 15/12/2017

Equipo técnico responsable:

Investigador: Ing. Oscar Altamirano

Costo de implementación: 9563 dólares

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

El trabajo diario en la empresa y el involucramiento en la investigación, ayudaron a obtener datos y resultados sobre los problemas que existen por la falta del cumplimiento de las variables de control y su incidencia directa en el proceso de mezclado de compuestos termoplásticos, estos datos nos permiten determinar variabilidad de condiciones en el proceso como la falta de control y seguimiento del mismo.

Luego de la investigación se ha determinado que en el proceso de mezclado de compuestos termoplásticos es de fundamental importancia el diseño e implementación de un sistema automático para la calibración de las variables de control que intervienen, con esto se pretende fortalecer el cumplimiento y evitar la manipulación de las variables.

Se deja como producto de esta investigación, un sistema de control automático para la calibración de las variables de control que intervienen, el mismo que permite calibrar el equipo con los valores previamente establecidos en la base de datos del PLC, la calibración se realiza mediante la lectura de un código de barras que identifica a la familia del producto que va a ser procesado, esto permite dar solución a los problemas encontrados. Los operadores trabajan con mayor confianza e interés por el proceso y se incrementa con ello la productividad, facilitando la tarea tanto para los operadores como para el supervisor. Se pretende desarrollar un proceso de mezclado estandarizado que permita fortalecer de manera integral la producción de compuestos termoplásticos.

Situación actual

El funcionamiento de la mezcladora está basado en mandos manuales con elementos electromecánicos, en la siguiente imagen se puede visualizar los dispositivos que permiten accionar el funcionamiento de la máquina, entre los principales tenemos pulsadores de marcha y paro para el accionamiento del motor principal, motor del volcador, pisador, compuerta y protector; selectores para el arranque del compresor, colector de polvo, selección del fluido a utilizar, definición de control manual o automático para el ingreso del agua o del vapor al interior de los rotores; alerta sonora, temporizador de mezclado, medidor de voltaje, medidor de corriente del motor principal, medidor de corriente del motor del volcador, medidor de temperatura de la cámara de mezclado, luces piloto y paro de emergencia; como se puede apreciar el accionamiento

de la mezcladora es manual y cada uno de los pasos a seguir para el proceso de mezclado está sujeto al operador.



Fig. N° 17: Botoneras, luces piloto y controles electromecánicos
Fuente: Mezcladora YT04

Las señales analógicas son solamente para visualizar el estado del proceso sin opción a establecer algún tipo de control; el cumplimiento del procedimiento definido para el proceso de mezclado depende en su totalidad de la experiencia y predisposición del operador ya que debe manipular los mandos para realizar las actividades que implica el proceso; esto da lugar al bajo cumplimiento de las variables a ser controladas ocasionando que el proceso sea inestable. Al tratarse de un control electromecánico no se puede llevar un historial del funcionamiento del equipo ni del cumplimiento de los tiempos y la temperatura de carga, completación de carga, limpieza y descarga.

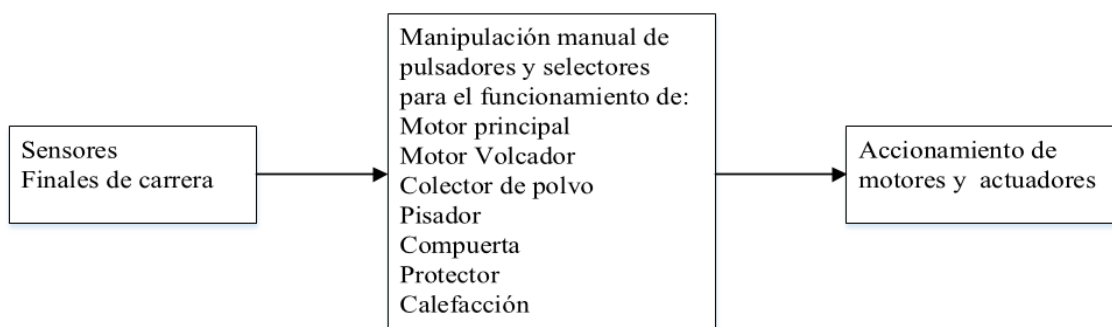


Fig. N° 18: Diagrama de funcionamiento de la mezcladora
Fuente: Proceso de mezclado de compuestos termoplásticos
Elaborador por: Investigador

6.3 JUSTIFICACIÓN

El presente sistema permite el control de las variables y contribuye al mejoramiento del proceso de mezclado de compuestos termoplásticos del área de Industrias Diversas de la empresa Plasticaucho Industrial de la ciudad de Ambato; por lo mismo, tiene una importancia significativa para iniciar una nueva fase en el desarrollo productivo.

El presente proyecto de investigación y desarrollo se lo considera integral debido a que involucra varias áreas de la empresa, tales como: tecnología de la información, desarrollo de compuestos, mantenimiento, pesaje y mezclado de compuestos termoplásticos. El área de tecnología de la información permitió realizar el desarrollo de una etiqueta impresa con código de barras que identifica a cada una de las familias de compuestos termoplásticos.

La aplicación de nuevas tecnologías en la industria, como es la industria 4.0 que busca en uno de sus principios básicos la interoperabilidad de sus elementos y procesos, la interoperabilidad entre el proceso de pesaje (preparación de los materiales en función de la lista de materiales definidas) y el mezclado de compuestos termoplásticos se consigue mediante la utilización de un código de barras que es impreso y colocado en la jaba que contiene las materias primas que son trasladados desde el proceso de pesaje hasta el proceso de mezclado de compuestos termoplásticos. Esto significa, que tanto la configuración de los parámetros como los requerimientos individualizados de cada familia de producto pueden ser automáticamente parametrizados, permitiendo de esta manera acelerar los procesos de producción, minimizar errores e incrementar la transferencia en los procesos productivos.

El área de desarrollos de compuestos permitió la validación de los valores de las variables que intervienen en el proceso de mezclado de compuestos termoplásticos, esto

con el objetivo de garantizar la calidad de las mezclas y reducir los reprocesos o retrabajos.

El levantamiento de información respecto a la mezcladora y sus equipos auxiliares se realizó mediante la revisión de catálogos e información técnica de los equipos, esto con el objetivo de dimensionar adecuadamente los equipos, módulos y elementos requeridos para la automatización de la mezcladora ya que únicamente contaba con un sistema electromecánico de control, el mismo que no permitía tener control adecuado sobre las variables en términos de garantizar el proceso de mezclado de compuestos termoplásticos.

Es necesaria y oportuna la propuesta, porque contribuye en el mejoramiento continuo del proceso, aportando con procesos ágiles y eficientes que permiten la optimización de los recursos fortaleciendo adecuadamente la producción.

6.4 OBJETIVOS

6.4.1 Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema para la calibración automática de las variables que intervienen en el proceso de mezclado de compuestos termoplásticos del área de Industrias Diversas de la empresa Plasticaucho Industrial de la ciudad de Ambato.

6.4.2 Objetivos específicos

- Definir la lista de familia de productos con sus respectivas variables que intervienen en el proceso de mezclado.
- Generar la conectividad entre los procesos de pesaje y mezclado con la ayuda de código de barras.
- Cambiar el sistema de control electromecánico de la mezcladora de compuestos termoplásticos por un control automático basado en la familia de productos Siemens.

- Crear una base de datos en la IPC de las variables más importantes del proceso.
- Implementar una página de visualización en línea de las variables importantes del proceso de mezclado de compuestos termoplásticos mediante la aplicación de Industria 4.0 e IoT.

6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

La presente propuesta si es factible realizarla en el área de Industrias Diversas de la empresa Plasticaucho Industrial de la ciudad de Ambato, porque se cuenta con los recursos económicos, logísticos y técnicos necesarios para la implementación, además cuento con el apoyo incondicional de los funcionarios de la empresa quienes conocen de cerca la problemática en el proceso de mezclado de compuestos termoplásticos.

6.5.1 Factibilidad Operativa

El factor que contribuye a la factibilidad operativa de la propuesta es el deseo del personal administrativo y operativo por mejorar el proceso de mezclado de compuestos termoplásticos, ya que éste se ha convertido en el pilar fundamental para reducir los reprocesos y retrabajos en los procesos posteriores.

6.6 FUNDAMENTACIÓN

6.6.1 Fundamentación científico técnico

Esta propuesta está basada en la información técnica obtenida del análisis del proceso de mezclado de compuestos termoplásticos.

Introducción

El compuesto termoplástico que se procesa en Plasticaucho Industrial es el Etilenviniloacetato más conocido como EVA, está compuesto de etileno y acetato de vinilo; es un polímero que se acerca a los elastómeros por lo que también recibe el nombre de elastómero termoplástico, entre algunas de sus características podemos destacar que tiene buena calidad, excelente brillo, es resistente a bajas temperaturas, al agua y a la

radiación UV, no posee olor a menos que sea aromatizado, el porcentaje en peso de acetato de vinilo generalmente varía de 10 a 40%, mientras que el resto es etileno.

Automatización industrial

Los controladores lógicos programables (PLC) son los dispositivos más utilizados para la automatización de procesos industriales; los PLC se programan principalmente en diagrama tipo escalera, sin embargo, cuando los programas son complejos, esta herramienta es débil y el tiempo empleado para en el desarrollo de la programación es alto, para reducir el tiempo de programación se han desarrollado herramientas que utilizan representaciones gráficas para diseñar programas altamente complejos, estas herramientas son:

- Redes de Petri
- GRAFCET o diagrama de flujo secuencial (SFC),







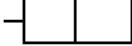
Las redes de Petri son una herramienta teórica y visual que es usada para modelar y analizar sistemas discretos de eventos, esencialmente aquellos caracterizados por procesos de secuencia, sincronización, concurrencia y paralelismo; la desventaja de estas redes es que no existen herramientas para traducir a lenguaje de programación PLC. Grafcet es una herramienta estimulada en las redes de Petri cuyo objetivo es la especificación de controladores lógicos, su desventaja es que no posee una herramienta matemática; adicionalmente es la base del Diagrama de flujo secuencial (SFC) que se convirtió en un estándar internacional en 1987 (Villamizar, 2016).

Grafcet

El GRAFCET es un modelo de representación gráfica de los comportamientos sucesivos de un sistema lógico, se lo puede definir también como un diagrama funcional normalizado que permite hacer un modelo del proceso a automatizar, contemplando entradas, acciones a realizar, y los procesos intermedios que provocan estas acciones.

Para programar un PLC en GRAFCET es importante conocer los elementos que podemos utilizar, en la siguiente tabla se muestra los más comunes.

Tabla 20: Características técnicas IEEE 802.3

Símbolo	Nombre	Descripción
	Etapa inicial	Indica el comienzo del esquema GRAFCET y se activa al poner en RUN el autómeta.
	Etapa	Su activación lleva consigo una acción o una espera.
	Unión	Las uniones se utilizan para unir entre sí varias etapas.
	Transición	Condición para desactivarse la etapa en curso y activarse la siguiente etapa.
	Direccionamiento	Indica la activación de una y/u otra etapa en función de la condición que se cumpla.
	Proceso simultáneo	Muestra la activación o desactivación de varias etapas a la vez.
	Acciones asociadas	Acciones que se realizan al activarse la etapa a la que pertenecen.

Fuente: IEEE802.3

Realizado por: Investigador

Para realizar el programa correspondiente a un ciclo de trabajo en lenguaje GRAFCET, se deberán considerar los siguientes principios:

- Descomponer el proceso en etapas
- Asociar a cada etapa una o varias acciones.
- Una etapa se activa cuando se cumple la condición de transición.
- El cumplimiento de una condición de transición implica la activación de la etapa siguiente y la desactivación de la etapa anterior.
- Nunca puede haber dos etapas o condiciones consecutivas, siempre deben ir colocadas de forma alterna.

Sistemas SCADA

Scada se define como un sistema de control de supervisión y adquisición de datos que combina el sistema de adquisición y el sistema de control, el manejo automático de procesos desde cualquier ubicación remota con posibilidades de funciones de seguridad, advertencia, visualización, control y la generación automática de informes es posible gracias a una poderosa herramienta para aplicaciones industriales que se denomina Scada (Rajkumar, 2016)

Los sistemas de control basados en SCADA utilizan mecanismos de adquisición de datos centralizados para supervisar los objetivos de campo que se distribuyen de forma desigual. La combinación de adquisición precisa de datos, transmisión de datos y ayudas de software HMI proporcionan monitoreo y control centralizado sobre diversos procesos físicos del área industrial, lo que ha generado que los sistemas SCADA se conviertan en la opción más popular entre las configuraciones de los sistemas de control industrial (Babu, 2017).

Simatic IPC 477D

El panel PC Simatic IPC es un potente todo en uno ideal para operación a pie de máquina, monitorización y control, tareas de procesamiento de datos y control de movimiento, gracias a su construcción robusta puede estar sometido a grandes esfuerzos mecánicos, los SIMATIC Panel PC tienen un diseño compacto con una memoria integrada que no necesita batería y son ideales para procesos de producción en ambientes industriales.



Fig. N° 19: Simatic Panel IPC 477D
Fuente: Siemens, Paneles de operador

Los SIMATIC Panel PC cuentan con protección IP65, pueden ser empleados en atmósferas explosivas, son de bajo consumo de energía eléctrica, disponen de innovadores frentes HMI con alta resolución y gran ángulo de visión con una imagen brillante y detallada, mejor legibilidad y gran comodidad de manejo.

Entre los beneficios más importantes, podemos destacar los siguientes:

- Máxima compatibilidad industrial gracias al diseño robusto.
- Ahorro de tiempo y de costes gracias a que no necesita mantenimiento debido a que no posee componentes rotativos.
- Alta funcionalidad industrial gracias a las interfaces integradas PROFIBUS DP/MPI y PROFINET.
- Minimización de los tiempos improductivos gracias a la alta disponibilidad del sistema.

SIMATIC IoT2040

Como parte de Industria 4.0, la pasarela inteligente Simatic facilita las soluciones industriales de IoT, gracias a ello, los datos de producción son recopilados en la nube para su análisis. Esta plataforma es confiable y abierta para el almacenamiento, procesamiento y transferencia de datos en los entornos industriales, constituyéndose en la herramienta

idónea entre la nube, los sistemas IT y producción, permitiendo la armonización entre las diferentes fuentes de datos, su análisis, redirigir los resultados a los correspondientes receptores y logrando una mayor optimización del sistema productivo. Simatic IoT se ha considerado el eslabón entre la producción y el análisis de datos basados en la nube, con el objetivo de reducir al mínimo los paros de máquinas ocasionados por problemas de mantenimiento, esta pasarela recolecta, guarda y comunica datos relevantes a las herramientas de análisis ubicadas en la nube permitiendo un mantenimiento preventivo oportuno.

Simatic IoT es una pasarela inteligente que permite la armonización de datos de diferentes fuentes, su análisis y redirigir los resultados a los oportunos destinatarios.



Fig. N° 20: Simatic IoT2040
Fuente: Siemens IoT2040

Simatic IOT2040 permite soluciones personalizadas en función a las necesidades de los diversos escenarios productivos, puede ser utilizado en la transferencia de información en ambos sentidos, abriendo la posibilidad de utilizar diferentes protocolos de comunicación, pudiendo ser utilizada para la transmisión de análisis de datos desde la

Nube a los sistemas de control de la producción utilizando distintos lenguajes de programación de alto nivel.

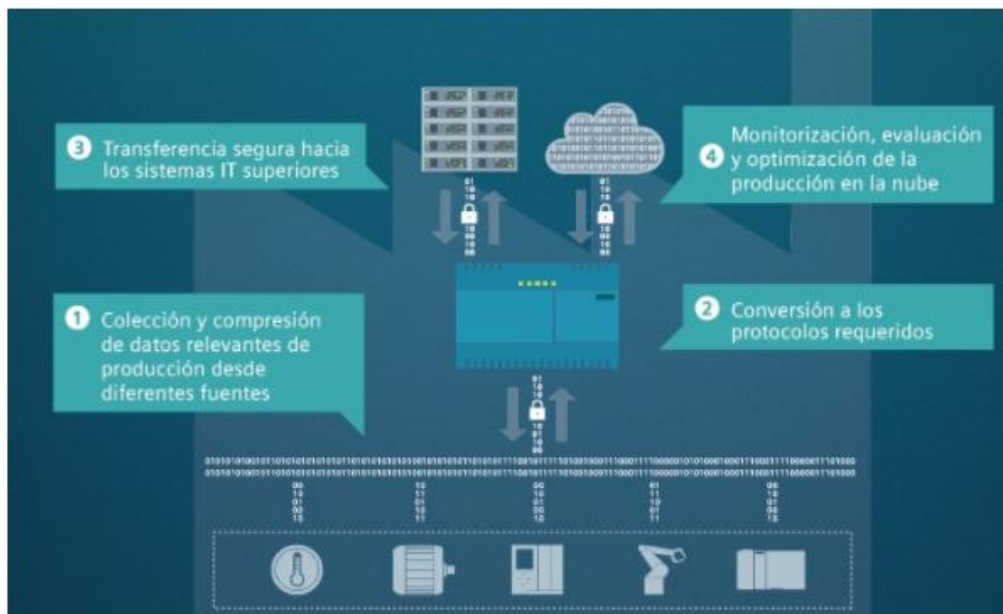


Fig. N° 21: Transferencia de información con IoT2040
Fuente: Siemens IoT2040

Para realizar la configuración se necesita los requisitos de se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 21: Requisitos de Hardware y Software para IoT

Requisitos de Hardware
IoT2040 + (Fuente de alimentación 24Vdc)
μSD ≥2 Gb. + (adaptador para lectura en PC)
PC/Laptop de configuración
Conexión a Internet vía puerto RJ45
Controlador S7
Patch Cords
Requisitos de software
IoT2040_SiemensEC_20170620
Win32diskimager-1.0.0
Putty-64bit-0.69

Fuente: Siemens IoT2040
Realizado por: Investigador

Profinet

El protocolo Profinet se usa en el sistema de control industrial, se trata de un estándar abierto de Ethernet industrial de Profibus y Profinet International y un conjunto

de protocolos de bus de campo; la comunicación Profinet puede proporcionar tres tipos de canales de comunicación: el protocolo de control de transmisión / protocolo de Internet (TCP / IP), el canal de comunicación en tiempo real (RT) y el canal de comunicación isócrono en tiempo real (IRT), (Sujuan, 2016).

Red industrial Ethernet

Ethernet industrial se define como el sistema de cableado para transmitir datos entre dispositivos interconectados, se centra en el entorno de producción y no debe confundirse con el Ethernet comercial, las aplicaciones de redes industriales requieren alto nivel de determinismo para asegurar que los datos se transfieren de manera confiable; las redes Ethernet Industrial deben ser confiables y soportar las interferencias electromagnéticas provenientes de motores, así como soportar las condiciones adversas de humedad, altas temperaturas, frío, vapores atmosféricos, etc. Para las redes Ethernet digitales industriales es importante tener en cuenta las siguientes características:

- Mayor capacidad para lograr un real control distribuido.
- Enlace on-line de la información del proceso productivo con la gestión empresa.
- Fácil y bajo costo de implementación.
- Dispositivos Ethernet industriales robustos y confiables

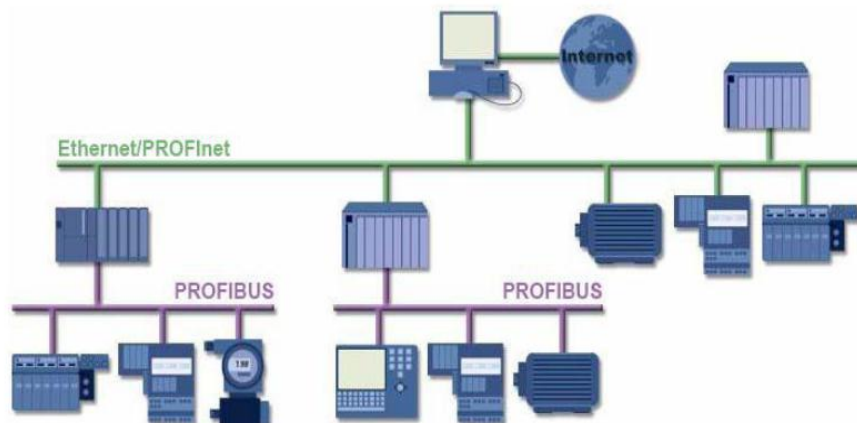


Fig. N° 22: Redes industriales Ethernet
Fuente: Siemens, redes industriales

Existen varios protocolos de redes industriales digitales basados Ethernet y se caracterizan por la robustez y seguridad, entre los principales tenemos:

- Modbus con Modbus/TCP
- ControlNet/DeviceNet con EtherNet/IP
- Foundation Fieldbus con High Speed Ethernet
- Profibus con ProfiNet

Debido a que existen varios tipos y diferentes estándares de buses de campo, la interoperabilidad resulta complicada y cara, por tal motivo se ha considerado la utilización del Ethernet en aplicaciones industriales, esta tecnología presenta algunas ventajas como fiabilidad, velocidad y determinismo.

Características de la red industrial Ethernet

Es una red abierta que forma parte de la familia CIP (Protocolo Industrial Común)

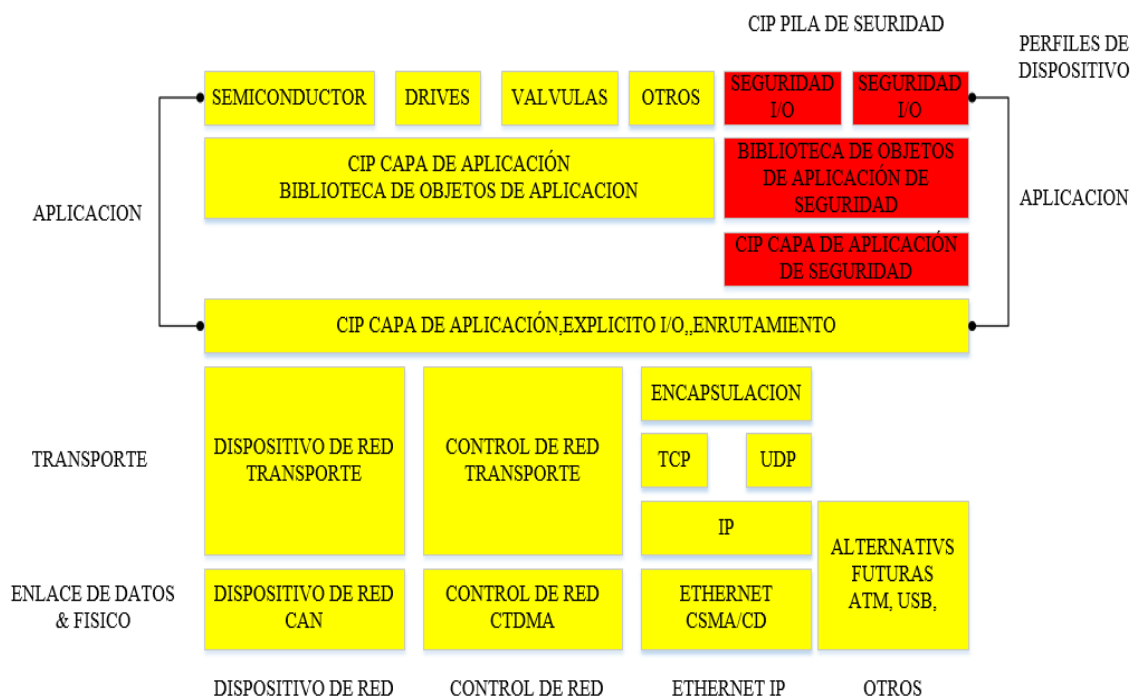


Fig. N° 23: Protocolo Industrial Común

Fuente: Red Industrial Ethernet norma IEEE802.3

Realizado por: Investigador

La red industrial Ethernet utiliza Ethernet estándar IEEE802.3 como base.

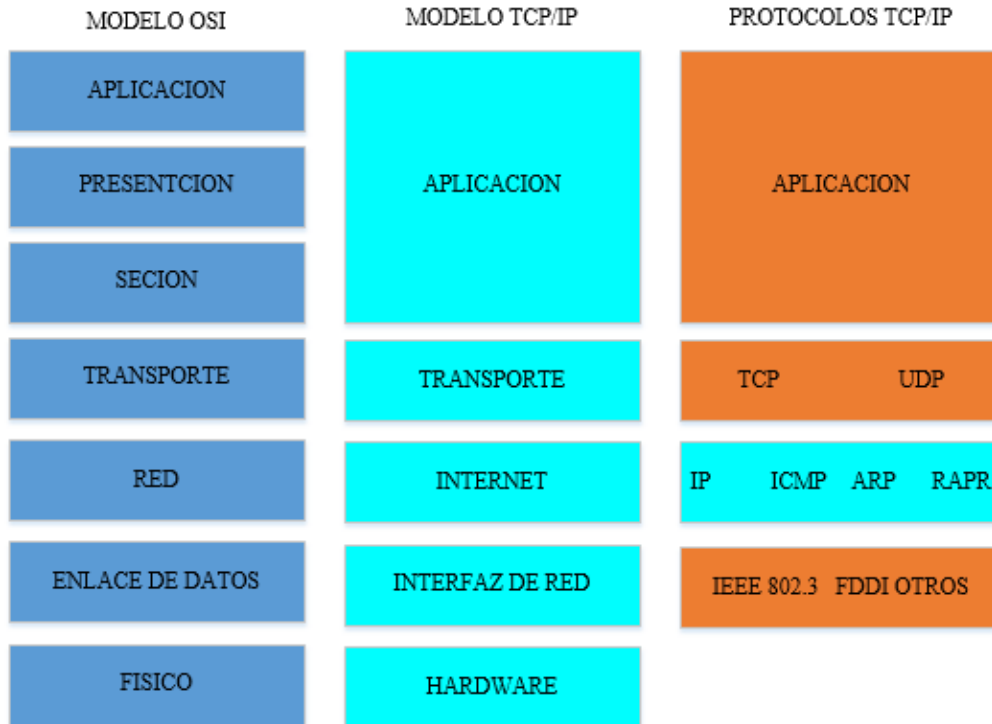


Fig. N° 24: Protocolo TCP/IP pila de Ethernet/IP
Fuente: Red Industrial Ethernet norma IEEE802.3
Realizado por: Investigador

A continuación se muestra algunas características importantes de la Norma IEEE802.3 para las redes industriales Ethernet.

Tabla 22: Características técnicas IEEE 802.3

	Norma IEEE 802.3
Método de acceso	CSMA/ CD (Estocástico).
Índice de transmisión	10 a 100 Mbps.
Medio de transmisión	Eléctrica: par trenzado apantallado o coaxial. Óptica: FO (vidrio o plástico).
Máximo número estaciones	1024, ampliable con enrutadores (Routers). Eléctrica: máximo 1,5 Km.
Amplitud de la red	Óptica: más de 50 Km. LAN: hasta 150 Km con tecnología de conmutación.
Topología	Bus, anillo, anillo redundante, estrella, árbol.

Fuente: Red Industrial Ethernet norma IEEE802.3
Realizado por: Investigador

Red de datos industriales

Las redes de datos son un conjunto de dispositivos industriales de procesamiento de datos que tienen la habilidad de comunicarse entre sí a través de un medio común. En las redes industriales se puede identificar cuatro niveles, los mismos que se observan en la siguiente imagen.



Fig. N° 25: Modelo de red industrial.

Fuente: Aplicaciones para la Automatización de Industrias

Código de barras

La representación de un conjunto de líneas paralelas de distinto grosor y espaciado que contienen información se conoce como código de barras; las barras y espacios del código de barras representan pequeñas cadenas de caracteres. Una de las aplicaciones típicas de los códigos de barras es el reconocimiento rápido de artículos de forma única, global y no ambigua, para nuestro estudio vamos hacer uso del código de barras para reconocer rápidamente la familia a la cual pertenece el producto que se va a mezclar y parametrizar automáticamente las variables a ser controladas durante el proceso de mezclado del compuesto termoplástico.

Lector de código de barras

El lector de códigos de barras es un dispositivo electrónico que lee el código de barras por medio de un láser y emite el número que muestra el código de barras; está

integrado principalmente por el escáner, el decodificador y el cable que actúa como interfaz entre el decodificador y el PLC para nuestro caso de estudio; el escáner es el encargado de leer las barras y los espacios del código de barras para proporcionar una salida eléctrica, el decodificador es el que examina la simbología del código de barras y transmite los datos por medio del cable. El modelo MS7120 Orbit de Honeywell ofrece una lectura omnidireccional dinámica para aplicaciones económicas y seguras, posee lectura hasta 22 cm de distancia, profundidad de campo programable, ideal para aplicaciones industriales gracias a su cable de comunicación RS232.



Fig. N° 26: Lector de código de barras.

6.6.2 Fundamentación Teórica

La propuesta hace uso de la información teórica del proceso, así también de catálogos de los equipos como base fundamental para el desarrollo y ejecución del sistema automático de control.

6.7 METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO

Tabla 23: Metodología, modelo operativo

FASE	META	ACTIVIDAD	RECURSOS	RESPONSABLE	RESULTADOS
SENSIBILIDAD	Sensibilizar a los funcionarios del área de industrias Diversas sobre la necesidad de implementar el sistema automático de parametrización.	Socialización entre los funcionarios del área (supervisores de producción, jefe de planta y gerencia de operaciones)	Humano	Investigador	Funcionarios dispuestos a brindar facilidades para el proyecto
EJECUCIÓN	Mezcladora que cuenta con un sistema automático de parametrización de las variables.	Automatizar la mezcladora	Humanos Equipos para automatización industrial	Investigador	Mezcladora automatizada
CAPACITACIÓN	Capacitar a los operadores de la mezcladora sobre la utilización del equipo con los cambios realizados.	Entregar un manual con los pasos a seguir para el funcionamiento en automático de la mezcladora.	Humanos Manual de funcionamiento	Investigador	Operadores capacitados
EVALUACIÓN	Determinar la incidencia en el proceso de mezclado así, así como el interés de los operadores en garantizar el proceso	Trabajar en modo automático	Humanos	Investigador	Los operadores dominan la operación de la mezcladora

Fuente: Investigación propia
Realizado por: Investigador

6.8 ADMINISTRACIÓN DE LA PROPUESTA

Se desarrollará la propuesta con la participación de los operadores de la línea de mezclado de compuestos termoplásticos a quienes se les capacitará para su ejecución direccionando su atención a los objetivos planteados, mismos que fueron estructurados para lograr solucionar el problema planteado en la investigación.

La propuesta se desarrollará mediante la ejecución de las siguientes actividades:

- Incorporación del código de barras
- Inventario de las entradas y salidas, análogas y digitales
- Determinación de los equipos para el proyecto
- Diseño de planos eléctricos y diagrama P&ID
- Programación del PLC y la HMI
- Desarrollo del sistema Scada en la PC industrial IPC.
- Desarrollar la programación para visualizar las variables del proceso e información relevante mediante la utilización del SIMATIC IoT.
- Capacitación al personal involucrado.
- Seguimiento de la aplicación de la propuesta.

6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Esta propuesta se llevará a cabo en el área de mezclado de compuestos termoplásticos de la sección de Industrias Diversas de la empresa Plasticaucho Industrial de la ciudad de Ambato, para lo cual se realizará la socialización de la propuesta y organización del grupo de operadores que estarán a cargo de la operación del equipo en el cuál se aplicará la propuesta.

6.10 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Arquitectura de la propuesta

En la siguiente figura se muestra la arquitectura de la propuesta, posteriormente se detallan las etapas realizadas en la ejecución de la propuesta, la misma que se encuentra

funcionando en el proceso de mezclado de compuestos termoplásticos del área de industrias diversas de la empresa Plasticaucho Industrial de la ciudad de Ambato.

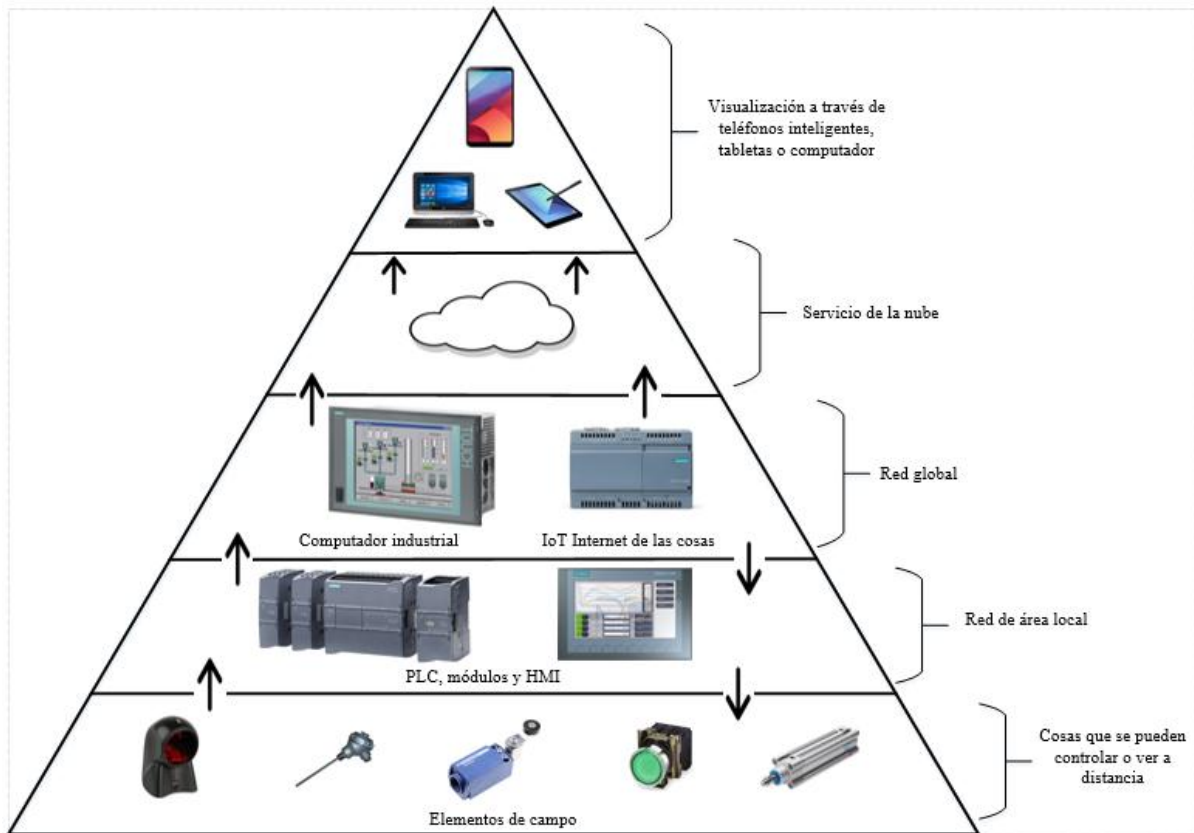


Fig. N° 27: Arquitectura de la propuesta
Fuente: Investigación propia
Elaborado por: Investigador

En la pirámide se muestra la arquitectura planteada para la propuesta, adicionalmente se puede interpretar los cinco niveles tecnológicos que se pueden encontrar en un entorno industrial, a través de los diferentes estándares de comunicaciones industriales, los distintos niveles pueden relacionarse dentro de cada nivel y entre los distintos niveles.

6.10.1 Incorporación del código de barras

Con el objetivo de generar conectividad entre los procesos de pesaje y mezclado de compuestos termoplásticos, se procede a:

Identificar los componentes de la etiqueta que contiene el número de registro de producción.



Fig. N° 28: Etiqueta con el número de registro de producción
Fuente: Proceso de mezclado de compuestos termoplásticos
Elaborado por: Investigador

Definir las familias de productos que se procesan en la mezcladora de compuestos termoplásticos para asignar un código a cada familia.

Tabla 24: Familia de productos

Código	Familia de producto
1000	Plg
1001	Eva Sandalia
1002	Foamy
1003	Empaque
1004	Plantilla
1005	Relleno
1006	Genérico
1007	Sandalia Venus
1008	Sandalia Liberty
1009	Talonera
1010	Pruebas
1011	Pruebas

Fuente: Proceso de mezclado de compuestos termoplásticos
Elaborado por: Investigador

Luego de haber definido el número que identifica a cada familia de productos, se procede a incorporar cuatro dígitos al inicio del código de barras que hasta el momento solo contenía el número de la orden de producción, estos dígitos servirán para identificar a la familia de productos.



Fig. N° 29: Etiqueta con el número de registro de producción
Fuente: Proceso de mezclado de compuestos termoplásticos
Elaborado por: Investigador

6.10.2 Inventario de las entradas y salidas, análogas y digitales:

Con el objetivo de determinar los módulos necesarios para la ejecución del proyecto, se procede a realizar una lista ordenada y detallada de todas las entradas y salidas digitales y analógicas, las mismas que se muestran al detalle en el anexo 3 y un resumen en la siguiente tabla.

Tabla 25: Resumen de entradas y salidas

Descripción	Cantidad
Entradas digitales	32
Salidas digitales	20
Entrada analógica de 4-20 mA	1
Entrada analógica para termocupla	2
Salida analógica de 4-20 mA	1

Fuente: Investigación propia
Realizado por: Investigador

6.10.3 Determinación de equipos para el proyecto.

Luego del estudio y análisis de necesidades para el proyecto se define el requerimiento de módulos de entradas y salidas analógicas y digitales, elementos y dispositivos adicionales que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 26: Listado de equipos para el proyecto

Cantidad	Código	Descripción
1	6EP1332-1SH43	Logo Power. In: 110/220Vac Out: 24Vdc 2.5A
1	6ES7 214-1AG40-0XB0	CPU 1214C DC/DC/DC 14 DI/10 DO, 2 AI.
1	SM 1223 DI16/DQ16 x 24V DC	SM1223 Módulo de 16DI / 16DO 24VDC
1	SM 1231 AI4 x TC	SM1231 Módulo de 4 In analógicas para TC
1	SM 1234 AI4/AQ2	SM1234 Módulo de 4 In 2 Out analógicas.
1	6ES7 223-0BD30-0XB0	SB1223 Signal Board 2DI / DO 24v DC
1	6GK7277-1AA10-0AA0	CSM1277 Switch Industrial Ethernet
1	CM 1241 (RS232)	CM1241 Módulo de comunicación RS232
1	6AV2 123-2GB03-0AX0	KTP700 Basic PN Color 7 pulgadas
1		Lector de códigos de barras RS232
1	6AV2124-0MC01-0AX0	SIMATIC IPC 477D
1	6ES7647-0AA00-1YA2	SIMATIC IOT 2040
1	SBG34IF0FRKG	Sensor de Flujo Mecatrónico
1		Software Tía Portal V13 de Siemens
1		Software WIN CC RT ADV. V13 SP1 128PT

Fuente: Investigación propia
Realizado por: Investigador

6.10.4 Diseño de planos eléctricos y diagrama P&ID

Los planos eléctricos o diagramas son la representación gráfica de los elementos que componen una instalación eléctrica, en el cuál se especifican las relaciones eléctricas de los componentes mediante símbolos que están basados en estándares creados por diversas organizaciones internacionales; Los esquemas funcionales son muy utilizados debido a su forma gráfica y esquemática de representar el funcionamiento de una máquina o circuito, convirtiéndose en una herramienta práctica al momento de realizar el montaje o reparación de los sistemas eléctricos. En el anexo 4 se muestran los planos eléctricos diseñados para la automatización de la mezcladora y en el anexo 5 se muestra el diagrama P&ID.

6.10.5 Programación del PLC y la HMI

En función de su tamaño, sus prestaciones y la marca, los PLCs pueden ser programados en diferentes tipos de lenguajes, tales como diagrama de funciones secuenciales, diagramas de

bloques de funciones, diagrama tipo escalera o de contactos, texto estructurado y lista de instrucciones; en nuestro proyecto utilizaremos el diagrama de contactos. Para la creación del nuevo proyecto empezamos ejecutando el TIA Portal y creamos un Nuevo proyecto que se llamará: “Proyecto YT04 Scada”; el siguiente paso consiste en agregar todos los módulos en el software y configurarlos.

Configuración de dispositivos

El proceso de configuración de los dispositivos involucrados es necesaria para validar su correcta instalación, para lo cual es importante definir las direcciones IP que serán utilizadas por los dispositivos involucrados en el proyecto, en la siguiente tabla se muestra el resumen de las direcciones IP.

Tabla 27: Direcciones IP de los dispositivos involucrados en el proyecto

Dispositivo	Dirección IP	MAC
PLC-C1214	10.10.4.114	28-63-36-9D-E9-FA
HMI-KTP700	10.10.4.115	E0-DC-A0-0A-8A-F9
IoT-2040	10.10.4.116	E0-DC-A0-1B-B1-47
IoT-2040	10.10.4.117	E0-DC-AB-1B-B1-48
IPC-477D	10.10.4.118	20-87-56-33-8D-95
IPC-477D	10.10.4.119	20-87-56-33-CC-F0

Fuente: Programa desarrollado en TIA PORTAL

Realizado por: Investigador

PLC CPU 1214C DC/DC/DC

Posee un módulo central de procesamiento modelo 1214C de alimentación a 24 Vdc, tiene 14 entradas digitales de alimentación con corriente continua de 24v, las 10 salidas digitales son de corriente continua 24v a transistor y dos entradas análogas de 0 – 10v. El Sistema de comunicación a utilizar es el protocolo Profinet (Profibus Ethernet), el cual está definido como un estándar de redes de área local para computadoras con acceso al medio por detección de la onda portadora y con detección de colisiones.

El software Tía Portal por defecto asigna al PLC la dirección IP, la máscara de la subred y el Router. La dirección IP: 10.10.4.114 es el número que identifica a cada dispositivo dentro

de una red; la máscara de la subred: 255.255.248.0 es una combinación de bits que sirve para delimitar el ámbito de una red de ordenadores, su función es indicar a los dispositivos qué parte de la dirección IP es el número de la red, incluyendo la subred, y qué parte es la correspondiente; la función principal del Router consiste en enviar o encaminar paquetes de datos de una red a otra, es decir, interconectar subredes, entendiendo por subred un conjunto de máquinas IP que se pueden comunicar sin la intervención de un encaminador.

Entradas y salidas digitales y analógicas

Las entradas y salidas digitales están asignadas por defecto en el Byte 0 y 1, por lo que no se requiere ninguna configuración especial. Las entradas análogas disponibles del equipo por defecto están asignadas con IW64 e IW66, con el objeto de seguir un orden son modificadas a IW8 e IW10 con el filtro de ruido eléctrico a 60Hz de acuerdo a nuestra red eléctrica; estas entradas análogas no serán utilizadas debido a que son de 0 a 10Vdc; para el proyecto existe la necesidad de entradas análogas de 4 a 20mA y/o 0 a 20mA, razón por la cual surge la necesidad de incluir un módulo adicional de entradas y salidas analógicas al proyecto.

Marcas del sistema y de ciclo

El PLC dispone de herramientas opcionales que pueden ser activadas si las necesidades del proyecto lo requieren, estas son las marcas del sistema y de ciclo, las mismas que serán utilizadas para el desarrollo del proyecto; por defecto están asignadas en el Byte 1 para las memorias del sistema y en el Byte 0 para las marcas de ciclo.

Módulo de entradas y salidas digitales

De acuerdo a la necesidad del proyecto se requiere de un módulo SM1223 16DI / 16DO a 24Vdc, el mismo que dispone de 16 entradas y 16 salidas digitales a 24Vdc, están configuradas por defecto las direcciones de Byte IB8 e IB9 para las entradas y QB8 y QB9 para las salidas, se realiza el cambio de direcciones para mantener el orden, por lo que quedarían IB2 e IB3 para las entradas y QB2 y QB3 para las salidas.

Módulo de entradas analógicas para termopar

En el Slot3 se instaló el módulo SM1231 de 4 entradas analógicas para termopar. TIA Portal por defecto asigna las direcciones IW112 a la IW119, para mantener el orden, se realiza el cambio y quedan con las direcciones IW12 a IW19; adicionalmente se realiza las siguientes configuraciones: filtro de corriente a 60Hz, por defecto de sensor tipo K, como usamos ese mismo tipo de sensor no cambiamos, escala en Celsius filtrado débil y con referencia interna.

Módulo de entradas y salidas analógicas

A continuación se realiza la instalación en el Slot4 del módulo SM1234 de 4 entradas y dos salidas analógicas, por defecto están asignadas con las direcciones IW128 a IW35 para las entradas y QW128 - QW130 para las salidas, 50Hz, tensión +/- 0 a 10v, filtrado débil. De acuerdo a nuestras necesidades cambiamos a: Dirección de entradas IW20 – IW27 y salidas QW8 – QW10, 60Hz, intensidad 0 a 20mA, filtrado débil.

Configuración de la Signal Board SB1223

La dimensión del proyecto requiere de dos entradas digitales adicionales, esto da lugar a la integración de la Signal Board SB1223 2DI / DO 24v DC; por defecto tiene asignada la dirección de entrada IB4 y la dirección de salida QB4, para nuestra necesidad, mantenemos las mismas direcciones de entrada y salida.

Módulo de comunicaciones CM1241

Se añade el módulo de comunicaciones al lado izquierdo del CPU, el CM1241 es el módulo de comunicación RS232 el cual se ubica en el Slot 101, en el cual se configura los protocolos de comunicación, en este caso no cambiamos los parámetros por defecto; velocidad, paridad, bits de datos, bit de parada, control de flujo ya que son los mismos parámetros que vamos a utilizar para la comunicación con el lector de códigos de barras.

Panel KTP 700

Agregamos la HMI y realizamos la configuración, en esta etapa se establece la conexión de la HMI con el PLC mediante la vía Ethernet, adicionalmente se realiza la configuración de los colores de fondo de pantalla, encabezado, fecha, hora, pantallas de aviso de falla, aviso de sistema, aviso de estado, botones del sistema y su ubicación en la HMI.

Para establecer la conexión entre el PLC y la HMI, ingresamos al árbol de proyectos en dispositivos y redes, con la ayuda del mouse desplegamos una línea desde el PLC a la HMI, con este proceso establecemos la conexión de los dos dispositivos. Para verificar que el proceso de configuración de los dispositivos no presente errores de comunicación, seleccionamos los dispositivos y los compilamos por separado.

Programación PLC

Luego de agregar los módulos necesarios y configurarlos para el proyecto, es importante realizar la asignación de las direcciones en las variables físicas (entradas y salidas, digitales y análogas) y en las variables virtuales que pueden ser de diferente tipo. Los datos virtuales utilizados en la programación del PLC se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 28: Tipos de datos virtuales

Nombre	Tipo de dato	Dirección	Descripción
X x x	Bool	M2.0	Bit que tiene la capacidad de obtener 2 datos (0 1)
X y y	Byte	MB10	Byte comprende de 8 Bits capacidad de 256 datos
X y z	Int	MW100	Entero o palabra comprende 2 Bytes 32768 datos
X z z	Word	MW102	
Y z x	Dint	MD200	Doble entero o palabra con signo comprende 2 Int
Y z z	Dword	MD204	Enteros o palabras, millones de datos
Z z z	Real	MD208	Al igual que el doble entero, palabra con signo y punto decimal, millones de datos

Fuente: Investigación propia
Realizado por: Investigador

Bloques de datos

Son bloques de datos que no ocupan espacio en la memoria principal del controlador y sólo utilizan espacio en la memoria de carga de la CPU; en efecto son adecuados para el

almacenamiento de grandes volúmenes de datos que no se necesitan con frecuencia en el programa del controlador.

En virtud de las necesidades del proyecto, se han creado bloques de datos para las diferentes herramientas y aplicaciones tales como el módulo de comunicación RS 232, los datos HMI, datos lector, Reloj TR y las recetas para las diferentes familias de productos, en la siguiente tabla se muestran los bloques de datos requeridos para el proyecto.

Tabla 29: Bloques de datos requeridos para el proyecto

Nombre	Descripción
Buffer Send	Almacenamiento de envío de datos
Buffer receive	Almacenamiento de recepción de datos
Datos HMI	VARIABLES a ser utilizadas en la HMI
Datos lector	Almacenamiento de información del lector de códigos de barra
Horómetro	Registro de horas de funcionamiento
Receta 00	Datos familia PLG
Receta 01	Datos familia EVA SANDALIA
Receta 02	Datos familia FOAMY
Receta 03	Datos familia EMPAQUE
Receta 04	Datos familia PLANTILLA
Receta 05	Datos familia RELLENO
Receta 06	Datos familia GENERICO
Receta 07	Datos familia SANDALIA VENUS
Receta 08	Datos familia SANDALIA LIBERTY
Receta 09	Datos familia TALONERA
Receta 10	Datos familia PRUEBAS
Receta 11	Datos familia PRUEBAS
Receta 12	Datos familia PRUEBAS
Reloj TR	Reloj en tiempo real para el seguimiento del proceso

Fuente: Programa desarrollado en TIA PORTAL
Realizado por: Investigador

Bloque de funciones

Los bloques de función son bloques lógicos que consignan sus valores de forma permanente en bloques de datos, éstos contienen subprogramas que se ejecutan cada vez que un bloque de función es llamado por un bloque lógico. Los bloques de funciones pueden ser llamados cuantas veces sean necesarios en diferentes puntos del programa, esto facilita la programación de funciones confusas que redundan con frecuencia.

En el desarrollo del programa se necesitó la creación de dos bloques de funciones, los mismos que se describen en la siguiente tabla:

Tabla 30: Bloques de funciones necesarios para el proyecto

Nombre	Descripción
Salidas digitales	Activación de las salidas digitales involucradas en la programación
Send_Receive	Rutina de envío y recepción de información

Fuente: Programa desarrollado en TIA PORTAL

Realizado por: Investigador

Programación del envío y recepción de datos del lector de códigos de barra

Recepción de datos

Para realizar la programación de la recepción de los datos, seleccionamos la herramienta “RCV_PTP”, automáticamente se crea un bloque de datos DB1 "RCV_PTP_DB" protegido, esta herramienta se conecta según indicaciones mostradas en la siguiente tabla:

Tabla 31: Parámetros de entrada de la herramienta RCV_PTP

Puertos de Entrada	
Puerto	Descripción
EN	Conectamos a la línea de corriente virtual, es habilitar la herramienta.
EN_R	Asignamos la memoria “M1.2” (Bool = 1) programado inicialmente en la configuración del PLC.
PORT	“269” es la ID de hardware asignado al integrar el módulo CM1241 (SR232) en el equipo.
BUFFER	Apunta a la dirección inicial del buffer de recepción; se crea una base de datos en la cual se depositan los datos, en nuestro caso del lector código de barras.

Fuente: Software TIA PORTAL

Realizado por: Investigador

Los puertos de salida de la herramienta “RCV_PTP” deben ser conectados siguiendo la guía que se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 32: Parámetros de salida de la herramienta RCV_PTP

Puertos de Salida	
Puerto	Descripción
ENO	Salida de corriente virtual.
NDR	Bool (0) Petición no iniciada aún o en ejecución (1) Petición finalizada sin errores.
ERROR	Bool (0) Sin errores (1) Con errores
STATUS	Word Estado de la instrucción.
LENGTH	Uint (dato explicito) Longitud del mensaje en el buffer de recepción.

Fuente: Software TIA PORTAL

Realizado por: Investigador

Envío de datos

En el proyecto no existe la necesidad de enviar datos, pero es necesario programar la herramienta de envío de datos para que el programa funcione correctamente. Se integra la herramienta “SEND_PTP”, automáticamente se crea la base de datos protegida DB5 “SEND_PTP”, esta herramienta se conecta según la siguiente tabla:

Tabla 33: Parámetros de entrada de la herramienta SEND_PTP

Entrada	
Puerto	Descripción
EN	Conectamos a la línea de corriente virtual, es habilitar la herramienta.
REQ	Habilitación de la transferencia solicitada al detectarse un flanco ascendente (Bool + 1).
PORT	“269” es la ID de hardware asignado al integrar el módulo CM1241 (SR232) en el equipo.
BUFFER	Array, puntero hacia la dirección inicial del búfer de transmisión.
LENGTH	Longitud del búfer de transmisión, en este caso es (0)
PTRCL	Bool FALSE = operaciones punto a punto controladas por el programa de usuario.

Fuente: Software TIA PORTAL

Realizado por: Investigador

Tabla 34: Parámetros de salida de la herramienta SEND_PTP

Salida	
Puerto	Descripción
ENO	Salida de corriente virtual.
DONE	Bool (0) petición no iniciada aún o en ejecución (1) Petición finalizada sin errores.
ERROR	Bool (0) Sin errores (1) Con errores
STATUS	Word Estado de la instrucción.

Fuente: Software TIA PORTAL

Realizado por: Investigador

La mayor parte del programa lógico está desarrollado en el bloque de programación principal “Main OB1”. Se programa un reloj tiempo real con la herramienta “RD_SYS_T” por qué en nuestro caso se requiere un seguimiento de procesos. Adicionalmente es importante la programación de las horas de funcionamiento del equipo para realizar los mantenimientos preventivos en función de las horas que trabaja el equipo, se debe crear un bloque de datos para el almacenamiento.

Instalación de elementos para la automatización

Posterior al desarrollo del programa, se procede a realizar la instalación de los elementos involucrados en la automatización de la mezcladora, para lo cual, primero se realiza la desconexión de todos los elementos que hasta ese momento eran los encargados de hacer funcionar a la mezcladora, a continuación se presentan algunas imágenes del proceso de desconexión.

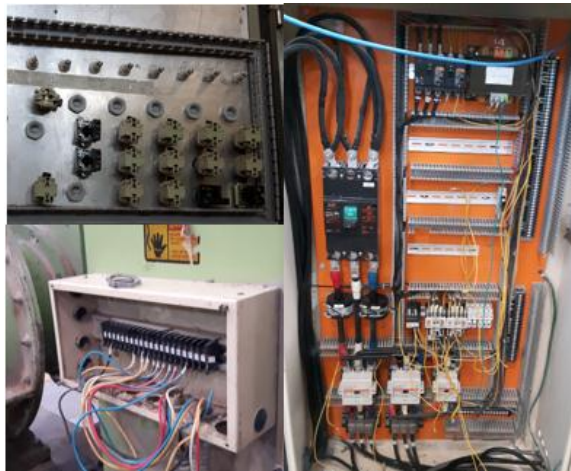


Fig. N° 30: Desconexión de cables del tablero de potencia
Fuente: Automatización de mezcladora YT04

Luego de realizar la desconexión y retiro de todos elementos, se debe proceder a la instalación de los equipos involucrados en la automatización; a continuación se muestra imágenes de los equipos ubicados en los tableros.



Fig. N° 31: Instalación de fuente, PLC, módulos y HMI
Fuente: Automatización de mezcladora YT04

Posterior a la instalación de los elementos se realiza la conexión de todos los equipos y elementos involucrados, para lo cual deben guiarse en los planos eléctricos que se muestran en el anexo 4, a continuación se muestran imágenes del proceso de conexión.



Fig. N° 32: Conexión de equipos de control
Fuente: Automatización de mezcladora YT04

Luego de realizar la conexión y programación de los elementos, éstos quedan operativos y ubicados en la máquina como se muestran en las siguientes imágenes.



Fig. N° 33: Equipos instalados y funcionando
Fuente: Automatización de mezcladora YT04

6.10.6 Operación en automático de la mezcladora

Con el objetivo de evitar al máximo la manipulación de las variables de control por parte del operador de la máquina, se realizó la automatización del proceso de mezclado y se capacitó al personal operativo sobre el funcionamiento de la mezcladora.

6.10.7 Desarrollo del sistema SCADA en la PC industrial IPC

Configuración de la IPC

Para realizar la configuración de la IPC debemos seguir algunos pasos, los mismos que se describen a continuación.

Agregamos el dispositivo, desde la plataforma Tía Portal, buscamos y agregamos la PC station

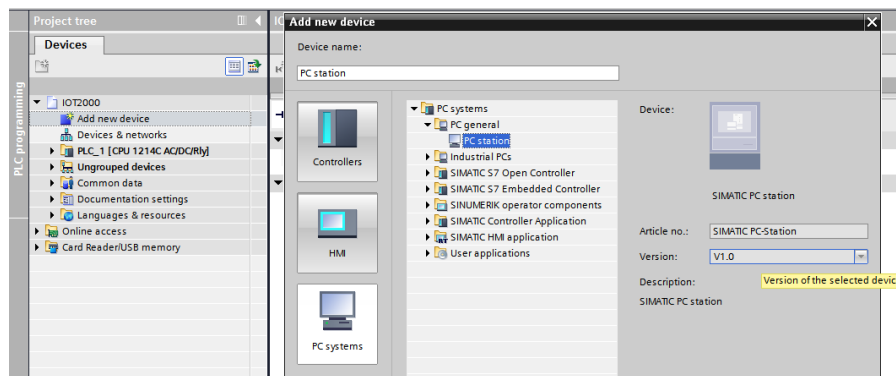


Fig. N° 34: Agregar IPC

Fuente: Programa desarrollado en TIA PORTAL

Luego insertamos la tarjeta de red, en la IPC podemos poner una de las CP que están integradas en los módulos de comunicación Profinet.

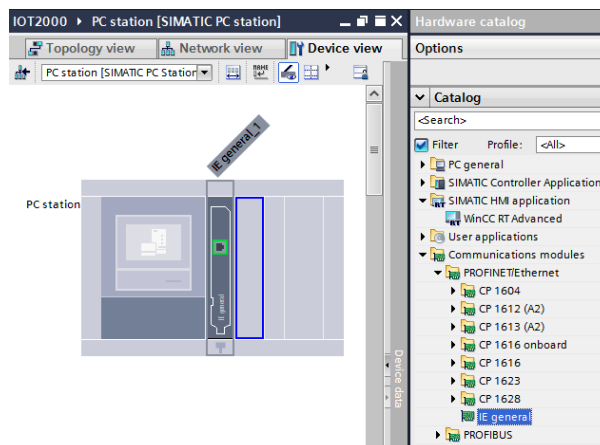


Fig. N° 35: Agregar tarjeta de red

Fuente: Programa desarrollado en TIA PORTAL

Para el desarrollo de nuestro proyecto es necesario añadir la aplicación para hacer uso de la IPC como una HMI, para lo cual agregamos la aplicación WinCC RT Advanced como se muestra en la siguiente figura.

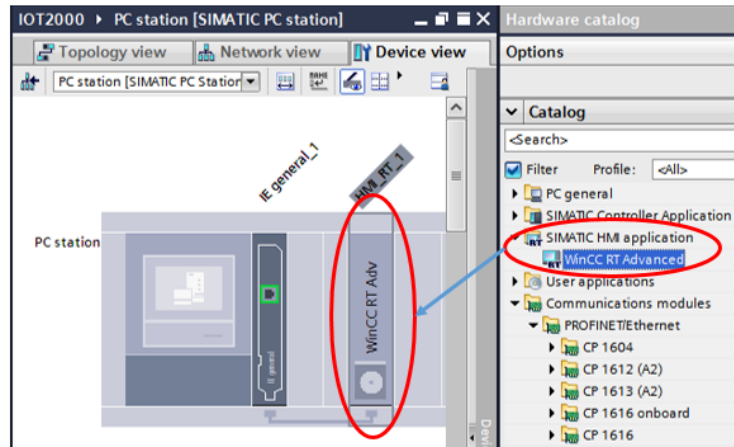


Fig. N° 36: Agregar aplicación HMI en la IPC
Fuente: Programa desarrollado en TIA PORTAL

El siguiente paso consiste en configurar la dirección IP de la IPC, para nuestra aplicación vamos hacer uso de la red de Plasticaucho Industrial con la finalidad de poder hacer cambios y modificaciones al programas desde cualquier ubicación de la empresa y de esta forma evitar las interrupciones al flujo de producción.

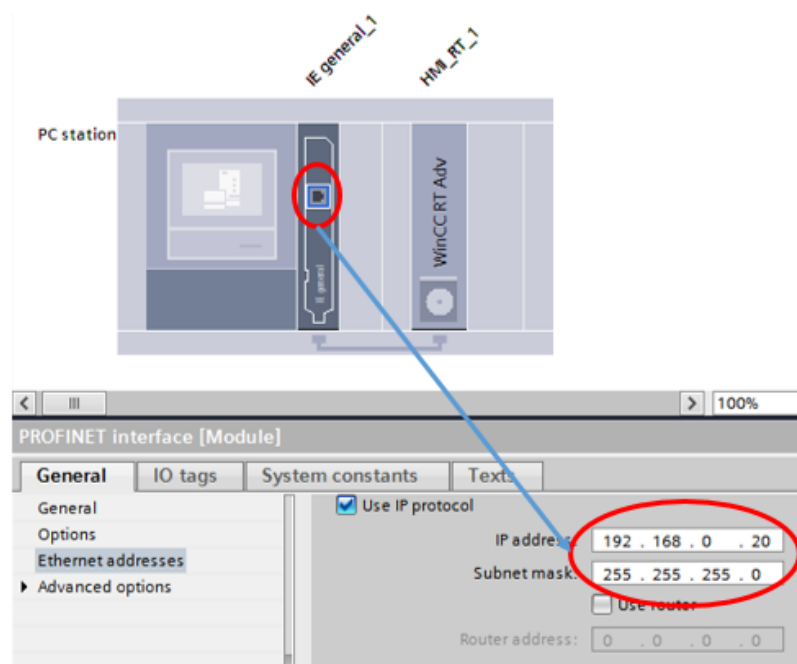


Fig. N° 37: Configuración de IP, máscara y router
Fuente: Programa desarrollado en TIA PORTAL

Luego de realizar la configuración de la IP, máscara y router; es importante generar y verificar la conexión con del PLC con la aplicación HMI de la IPC y la resolución de la pantalla para nuestro SCADA

Programación en la IPC

La importancia de obtener y visualizar datos en tiempo real dan lugar a la inclusión y generación de las bases de datos del proceso de mezclado de compuestos termoplásticos, en las siguientes figuras se puede observar las bases de datos creadas en la IPC, entre las más importantes tenemos las recetas de todas las familias de productos, el histórico de las producciones de una semana y los históricos de semanas anteriores se van almacenando en la memoria de la IPC para que sean utilizados cuando la ocasión o necesidad del análisis de los datos lo amerite, adicionalmente se genera una curva con los datos de la temperatura de la cámara y también se añade una imagen con la información que se está generando en el proceso, es decir información en tiempo real.

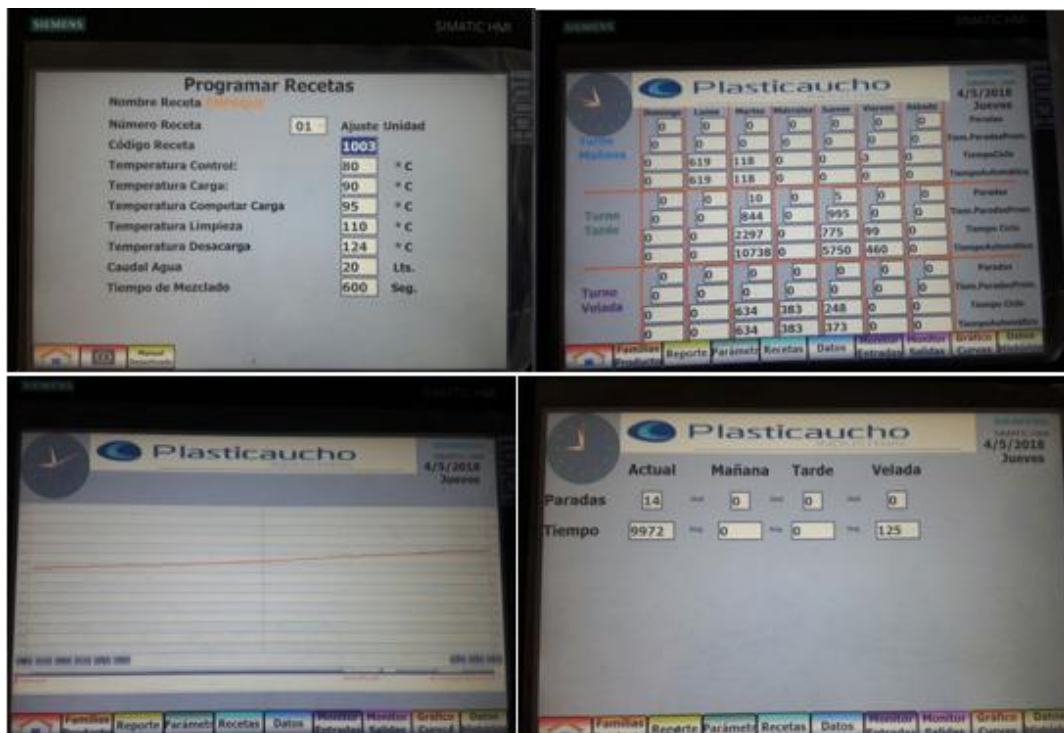


Fig. N° 38: Bases de datos de la IPC
Fuente: Programa desarrollado en TIA PORTAL

En las figuras anteriores se puede observar las bases de datos creadas en la IPC, entre las más importantes tenemos las recetas de todas las familias de productos, el histórico de las producciones de una semana y los históricos de semanas anteriores se van almacenando en la memoria de la IPC para que sean utilizados cuando la ocasión o necesidad del análisis de los datos lo amerite, adicionalmente se genera una curva con los datos de la temperatura de la cámara y también se añade una imagen con la información que se está generando en el proceso, es decir información en tiempo real.

Para el diseño de las pantallas de supervisión se recomienda la utilización de la guía ergonómica de diseño de interfaces de supervisión (GEDIS), la cual se enfoca en ambientes industriales.

Resultados del análisis de calidad

Luego de poner en funcionamiento la automatización desarrollada en la mezcladora, es conveniente realizar el análisis de los datos correspondientes a los defectuosos, a continuación se muestran los datos obtenidos desde la semana 40 hasta la semana 51 del año 2017.

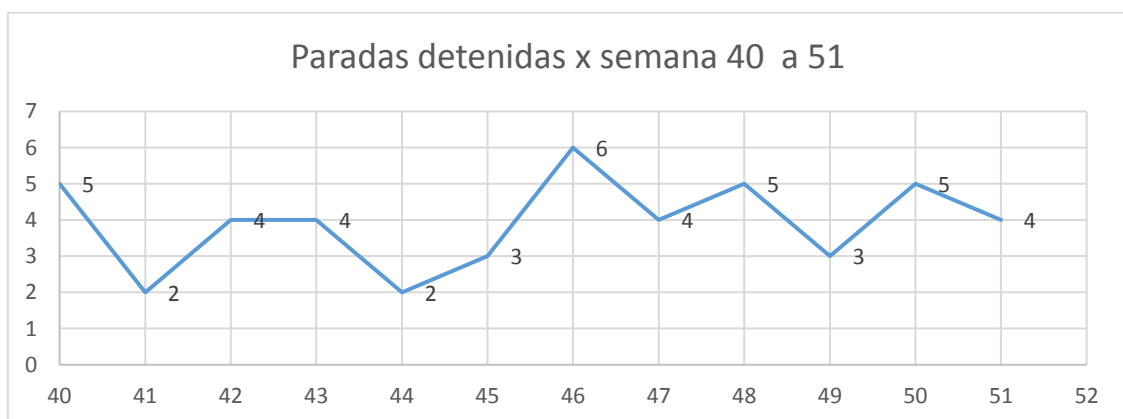


Fig. N° 39: Paradas detenidas entre las semanas 40 a la 51
Fuente: Control de calidad
Elaborado por: Investigador

Con la finalidad de realizar el análisis y comparación con los datos levantados antes de realizar la automatización de la mezcladora, se realizó el cálculo del cpk, el mismo que se muestra en la siguiente figura.

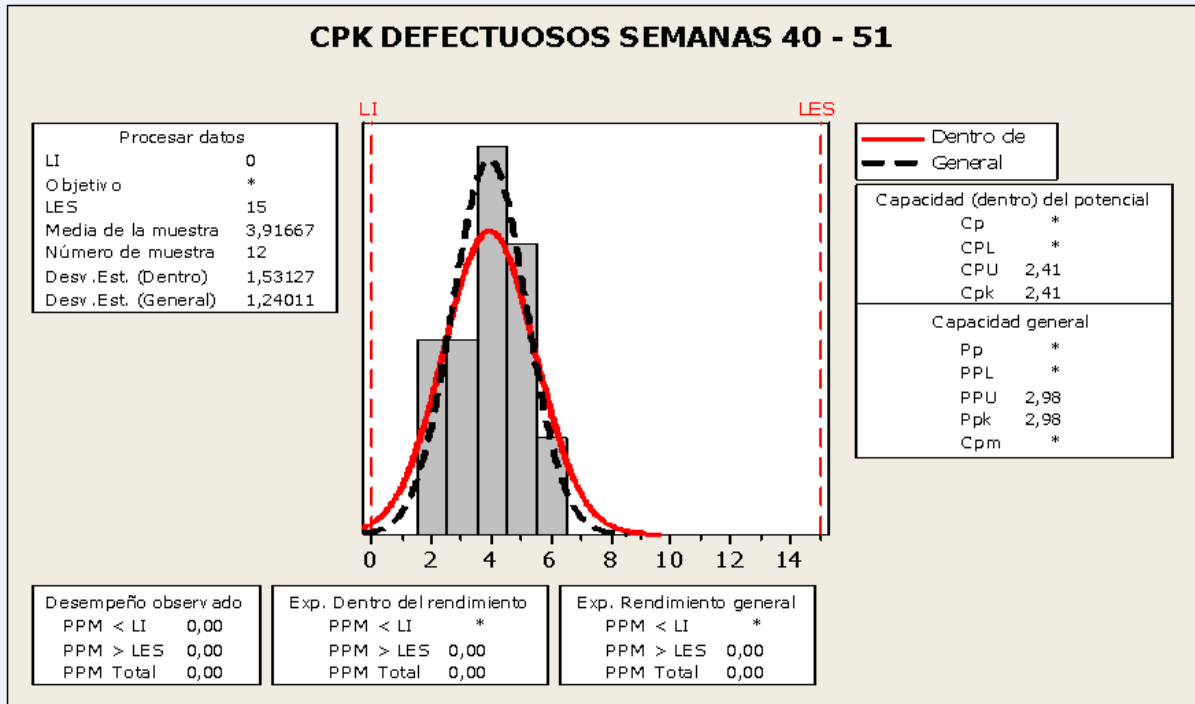


Fig. N° 40: Grafico del cpk del proceso con datos obtenidos de las semanas 40 a la 51 del 2017

Fuente: Control de calidad

Elaborado por: Investigador

El valor obtenido del cpk muestra el cambio positivo que sufrió el proceso de mezclado de compuestos termoplásticos gracias a la automatización.

6.10.8 Desarrollo de la programación IoT

Configuración y programación del Simatic IoT

Para realizar la configuración y programación del Simatic IoT es necesario realizar la eliminación de las particiones que exista en la memoria μ SD, la misma que debe tener 8 gigas de capacidad; posteriormente se graba la imagen "IoT2040_SiemensEC_20170620.IMG", en la μ SD con la ayuda del software "win32diskimager-1.0.0-install.exe", finalmente se instala la μ SD en el IoT y se energiza el módulo.

La configuración de las direcciones IP en el módulo IoT se realiza con la ayuda del software putty-64bit-0.69-installer.msi; el IoT que se va a utilizar en el proyecto cuenta con dos puertos distribuidos de la siguiente forma:

Puerto X1 P1 LAN (puerto 0): 10.10.4.116 para la red interna de Plasticaucho.

Puerto X2P2 LAN (puerto 1 dhcp): 10.10.4.117 para la salida a internet, en este puerto se cuenta con acceso al puerto 1880 y a las páginas de freeboard y ubidots.

Desarrollo de la aplicación de monitoreo

Primero debemos ingresar la dirección IP asignada al equipo 10.10.4.116 mediante WebBrowser, la dirección desplegará el servicio de Node-Red embebido y autoinicialización en el IoT.

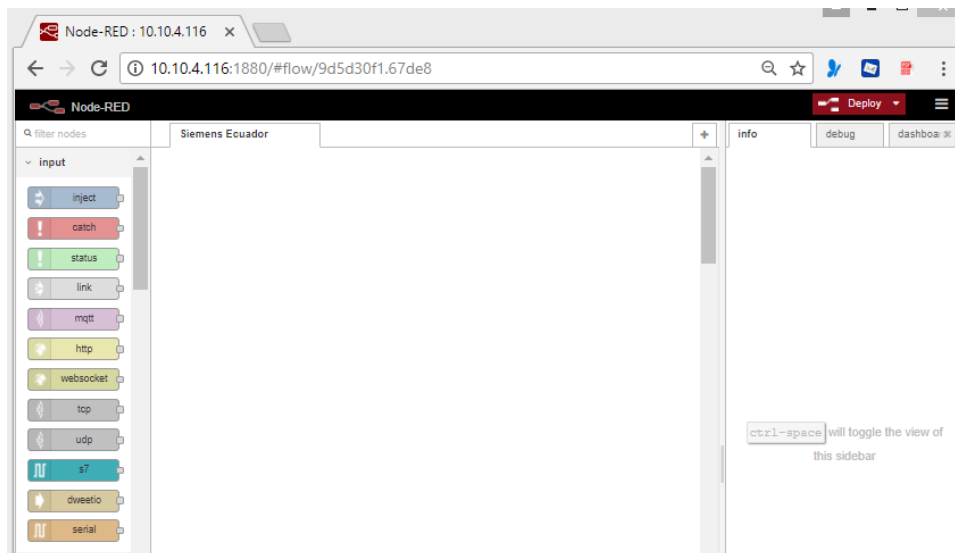


Fig. N° 41: Servicio de Node-Red

Fuente: Software Node RED

Realizado por: Investigador

Luego, en el campo de Input podemos observar las diferentes entradas, salidas y herramientas que posee Node RED para el desarrollo de la aplicación.

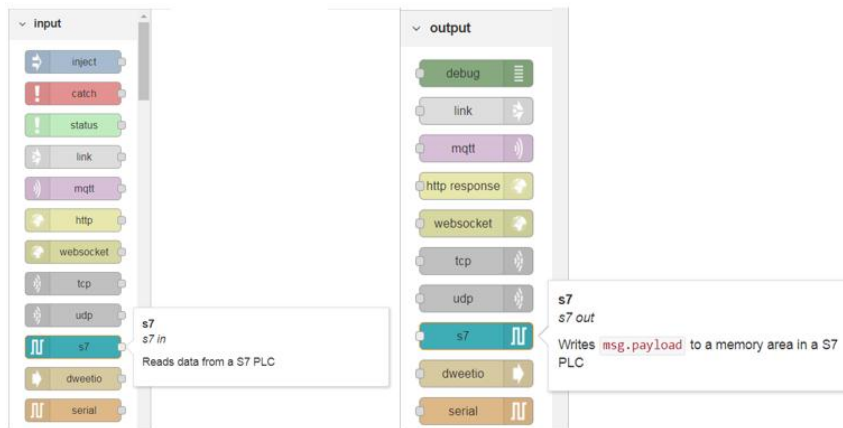


Fig. N° 42: Herramientas de Node Red
 Fuente: Software Node RED
 Realizado por: Investigador

A continuación se realiza la configuración del enlace entre Node Red y el PLC a través del IoT, para lo cual ingresamos la dirección IP del PLC y la información que se muestra en la siguiente figura:

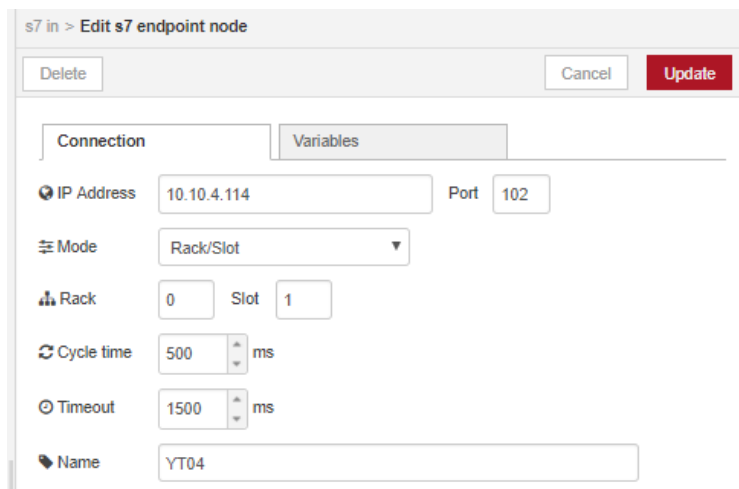


Fig. N° 43: Configuración del enlace
 Fuente: Software Node RED
 Realizado por: Investigador

Posteriormente se realiza la creación de las variables más importantes del proceso o las variables que se desee visualizar desde el internet mediante la utilización de páginas apropiadas para la aplicación del IoT, en la siguiente figura se muestra algunas de las variables creadas.

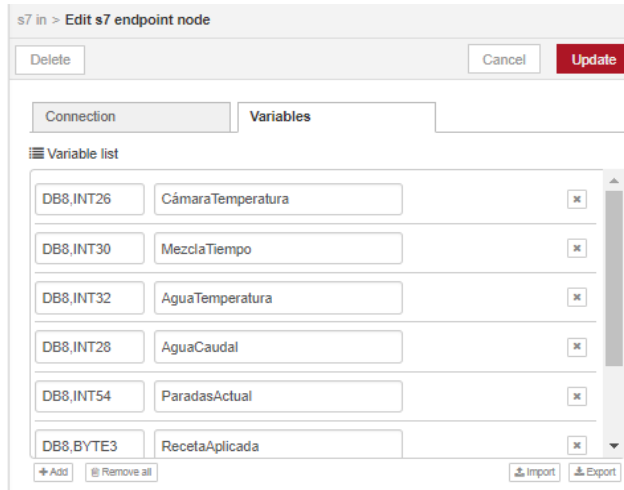


Fig. N° 44: Variables del proceso a ser visualizadas mediante IoT.
Fuente: Software Node RED
Realizado por: Investigador

Finalmente desarrollamos el programa en Node Red haciendo uso de las variables creadas y de las diferentes herramientas de Node Red de acuerdo a la necesidad de la aplicación.

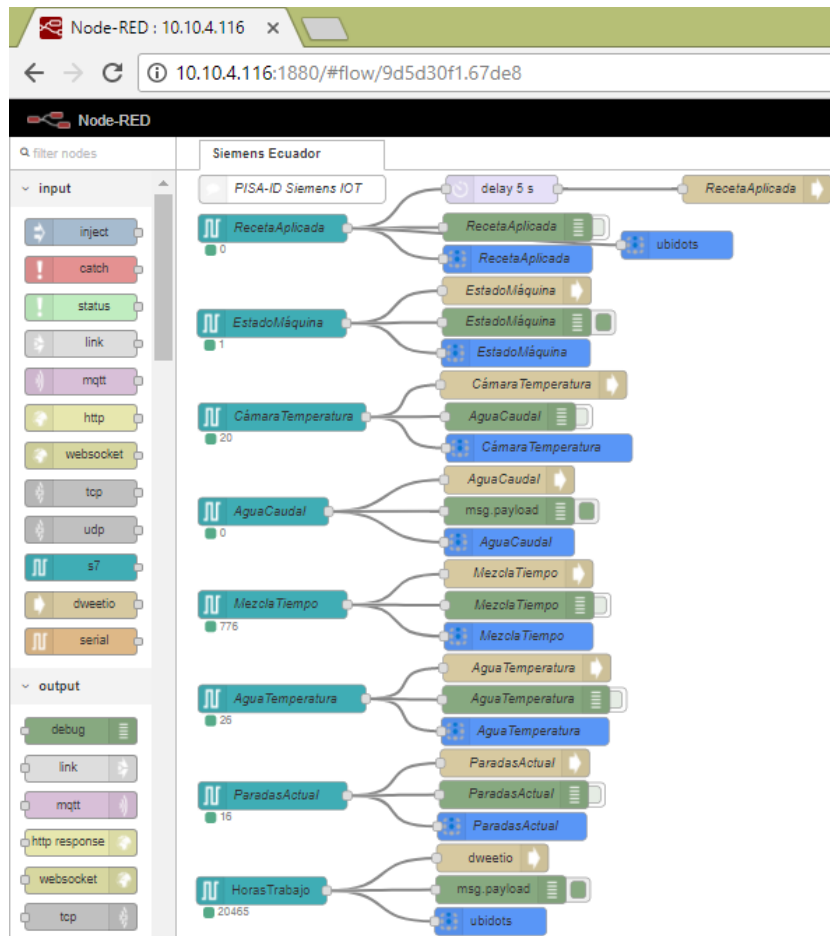


Fig. N° 45: Programación en Node Red
Fuente: Software Node RED
Realizado por: Investigador

A través de diversas aplicaciones se puede realizar la interfaz de monitoreo.

Ejemplo desarrollado con Freeboard

Para acceder a la plataforma de Freeboard es necesario registrarse para lo cual se crea una cuenta para posteriormente mediante la utilización de esta cuenta desarrollar la aplicación para la visualización desde una PC, un smartphone o una tablet, pudiendo tener un panel totalmente configurado.

A continuación podemos observar un ejemplo realizado con Freeboard, en el cual se muestra las variables más importantes del proceso de mezclado de compuestos termoplásticos, los datos que se pueden visualizar son en tiempo real y pueden ser observados desde cualquier parte del mundo con solo ingresar a la dirección: <http://freeboard.io/board/1ozQCa>

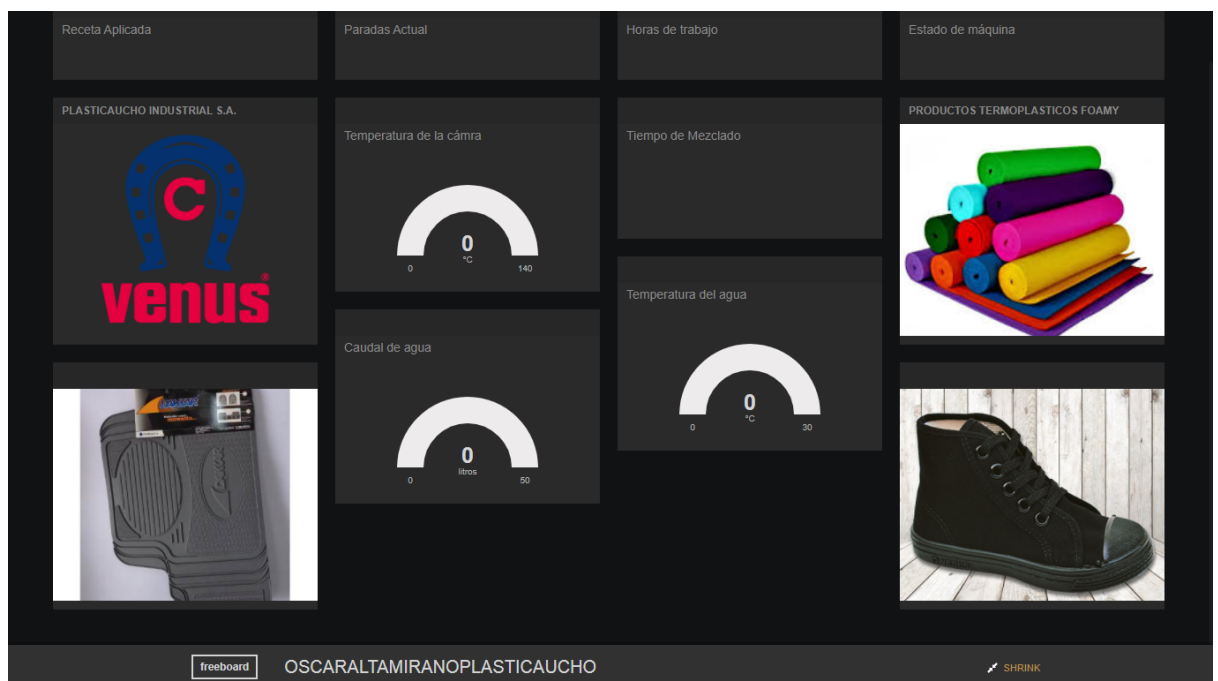


Fig. N° 46: Ejemplo desarrollado con Freeboard
Fuente: Freeboard
Realizado por: Investigador

Ejemplo desarrollado con Ubidots

Ubidots es una empresa de análisis y visualización de datos con la aplicación de Internet de las cosas (IoT), esta plataforma permite convertir los datos de sensores en información relevante al momento de tomar decisiones, ubidots se ha convertido en un medio accesible para integrar el IoT en los desarrollos e investigaciones, a través de los protocolos HTTP / MQTT /

TCP / UDP podemos acceder de forma segura para enviar y recuperar datos hacia y desde la nube en tiempo real (widgets), ubidots ayuda a potenciar los datos desde el dispositivo a la visualización.

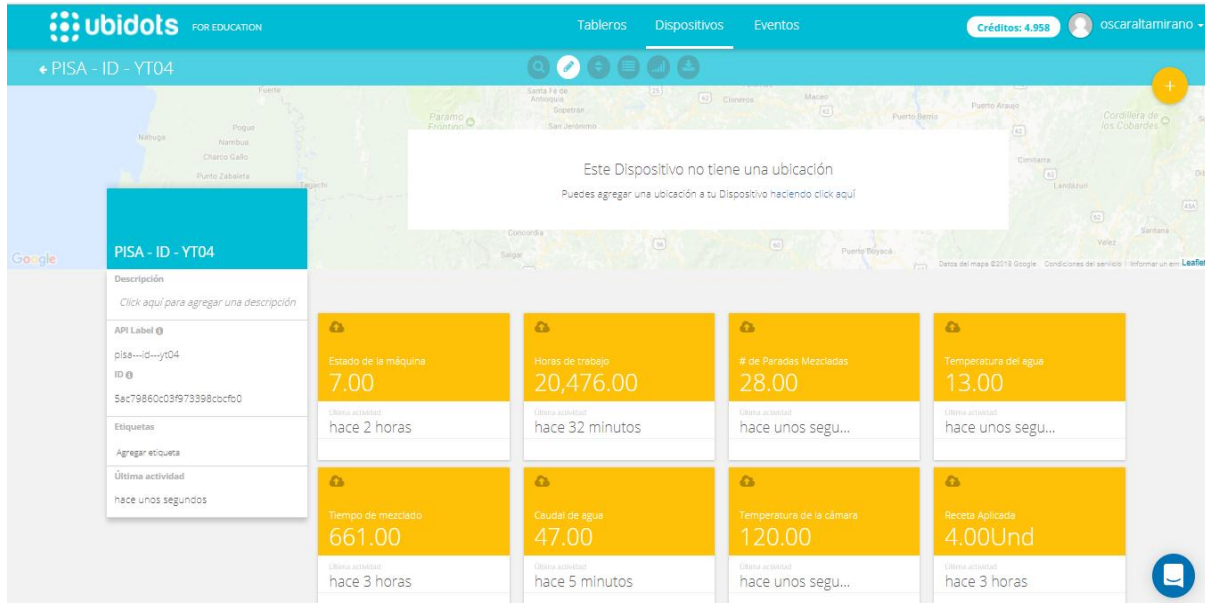


Fig. N° 47: Variables añadidas en la plataforma Ubidots
Fuente: Ubidoots
Realizado por: Investigador

En la siguiente figura se muestran las variables creadas para su visualización en tiempo real (widgets), los mismos que podemos visualizar desde el computador, tablet o celular ingresando a la siguiente dirección:

<https://app.ubidots.com/ubi/public/getdashboard/page/Bpr7jIBLA7UVwHjIUfWpmPkcdpg#/>

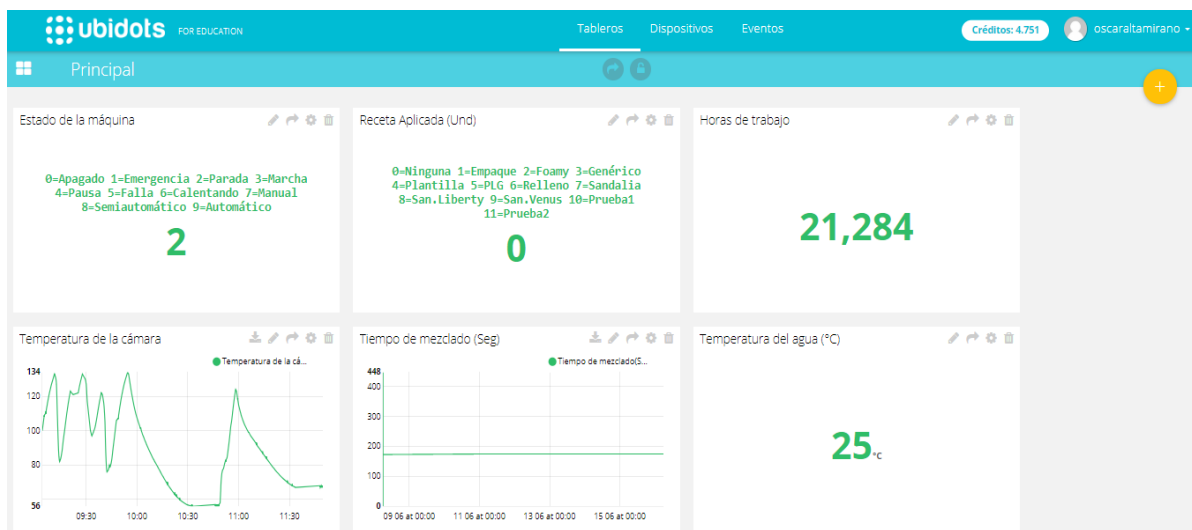


Fig. N° 48: Visualización de las variables del proceso desde la plataforma Ubidots desde el computador
Fuente: Ubidoots
Realizado por: Investigador

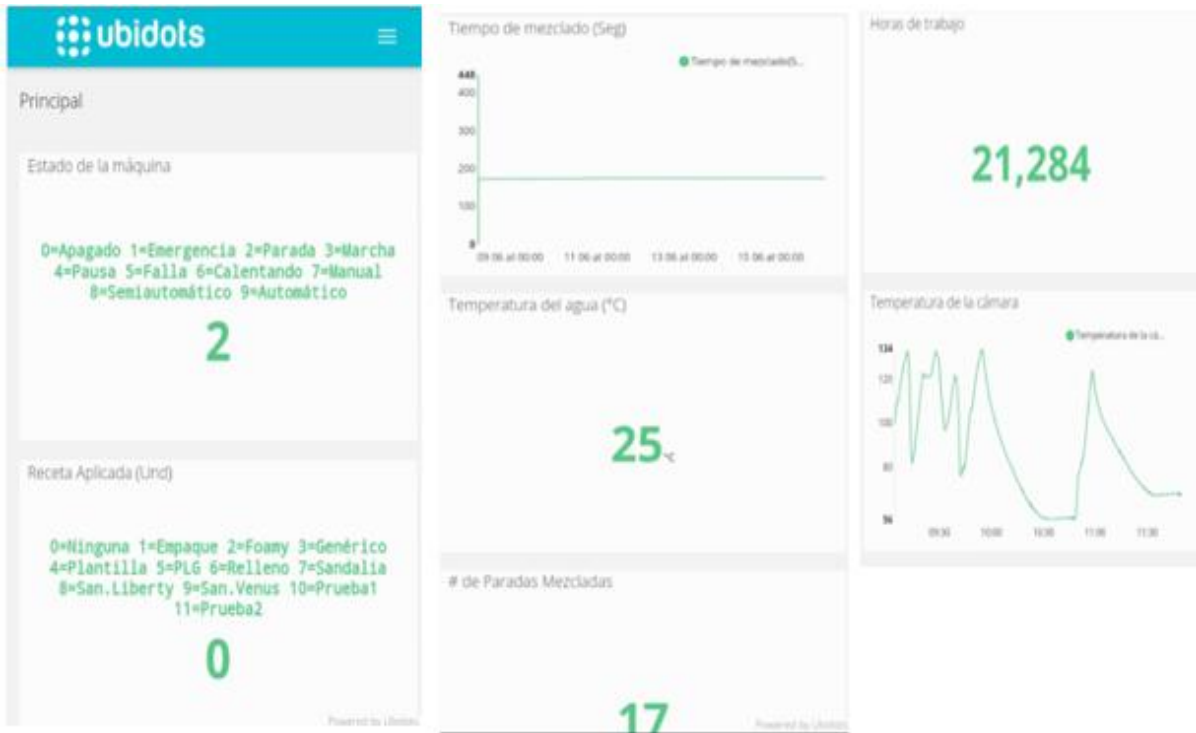


Fig. N° 49: Visualización de las variables del proceso desde la plataforma Ubidots desde un celular

Fuente: Ubidots

Realizado por: Investigador

Conclusiones

La definición de las familias de productos incidió positivamente en el proceso de mezclado de compuestos termoplásticos porque permitió asignar adecuadamente los diferentes parámetros de control que intervienen.

La conectividad entre los procesos de pesaje y mezclado de compuestos termoplásticos mediante la utilización de un sistema de códigos de barras influyó positivamente en la automatización del proceso porque ayudó a eliminar la manipulación de las variables de control por parte de los operadores.

El diseño e implementación de la automatización de la mezcladora con la utilización de software y hardware de la familia Siemens incidió favorablemente porque ayudó ampliamente a pasar de un proceso manual a un proceso automático en el cual el operador cumple con el proceso de mezclado establecido en la programación del autómata.

La automatización influyó positivamente debido a que ayudó en la estandarización del proceso de mezclado de compuestos termoplásticos y en la estabilización del mismo ya que el cpk actual alcanza el valor de 2,41 el mismo que pertenece a un proceso estable (2,41).

El almacenamiento de los datos se realiza de manera sistemática formando bases de datos para posteriormente acceder de forma rápida y estructurada con el objeto de analizarlos y tomar decisiones en función de datos históricos, relevantes y seguros.

La aplicación de industria 4.0, específicamente del internet de las cosas influyó positivamente en el seguimiento del funcionamiento de la mezcladora porque permitió mostrar datos en tiempo real con la utilización del módulo IoT, los mismos que pueden ser observados desde cualquier parte del mundo.

Recomendaciones

Es importante incluir en el listado de familias los nuevos desarrollos de productos y de haber modificaciones en las actuales, se deben modificar los parámetros en el programa de control.

Validar periódicamente la calidad de las impresiones de los códigos de barras con el objeto de garantizar la lectura y el proceso de mezclado.

Añadir módulos al PLC que permitan obtener información para el levantamiento de indicadores de gestión que ayuden a optimizar el proceso, por ejemplo un módulo de medición de energía para evaluar el consumo de energía eléctrica por cada kilogramo mezclado, es decir, saber cuántos centavos de dólar cuesta mezclar un kilogramo de mezclado termoplástico.

Enlazar los datos almacenados en la IPC de la mezcladora con la base de datos del sistema SAP que es utilizado en la empresa Plasticaucho Industrial para gestionar los stocks de materias primas y evitar el desabastecimiento de las mismas implementando alertas efectivas a diferentes niveles de los stocks.

Añadir variables de otros procesos productivos del área de industrias diversas en el módulo IoT con la finalidad de mostrar datos de producción en tiempo real y que éstos sean observados y analizados oportunamente para la toma de decisiones.

BIBLIOGRAFÍA

Babu, B., Ijyas, T., Muneer, P., & Varghese, J. (2017). Security Issues in SCADA based Industrial Control Systems. *IEEE*, 3–7. doi: 10.1109/Anti-Cybercrime.2017.7905261

Chhetri, S., Rashid, N., Faezi, S., Abdullah, M., & Faruque, A. (2017). Security Trends and Advances in Manufacturing Systems in the Era of Industry 4.0. *IEEE*, 1039–1046. doi: 10.1109/ICCAD.2017.8203896

Córdova, E., 2006. *Manufactura y Automatización*, [e-book]. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v26n3/v26n3a14>. [Accessed 25 ago 2017]

Danfoss Group Global., (2012). *Operation Manual VLT 6000*, Nordborg, Dinamarca, 1-187

Friedrich, J. (2010). *Centrifugal Pumps*. [e-book] Recuperado de <http://booksee.org/book/1176011> [Accessed 17 ago 2017]

Grajales, T. (2000). Tipos de Investigación, 4–7. Retrieved from <http://tgrajales.net/investipos.pdf> [Accessed 25 ago 2017]

Herrera, L y otros. (2008). *Tutoría de la Investigación Científica*. Quito, Ecuador: Empresdane Gráficas Cia. Ltda.

Jack, H. (2005). *Automating manufacturing systems with PLCs* [e-book]. Recuperado de <http://booksee.org/book/1478474> [Accessed 15 ago 2017]

Khan, M., Wu, X., Xu, X., and Dou, W. (2017). Big Data Challenges and Opportunities in the Hype of Industry 4.0. *IEEE*, 1-6. doi:10.1109/ICC.2017.7996801

Li, X., & Gao, Y. (2015). Comparative Research on the IOT Industry Competitiveness of Eastern , Central and Western China. *IEEE*, 187–193. doi: 10.1109/GSIS.2015.7301852

Lobanoff, V., Ross, R. (1992). *Centrifugal Pumps: Design and applications*. [e-book].

Recuperado de <http://booksee.org/book/1046463> [Accessed 15 ago 2017]

Martín-montes, A., Burbano, M., & León, C. (2017). Efficient Services in the Industry 4.0 and Intelligent Management Network. *IEEE*, 1495–1500. doi: 10.1109/ISIE.2017.8001467

Nelik, L. (1999). *Centrifugal and rotary pumps: Fundamental with applications* [e-book]. Recuperado de <http://booksee.org/book/1321450> [Accessed 18 ago 2017]

Pei-Fen, H., & Li, J. (2017). Pneumatic position servo control considering the proportional valve zero point. *IEEE*, 166-171. doi: 10.1109/ICMECH.2017.7921098

Rajkumar, R., Jerry, T., & Ponni, D., (2016). ZigBee Based Design of Low Cost SCADA System for Industrial Process Applications. *IEEE*, 1-4. doi: 10.1109/ICCIC.2016.7919696

Rao, R., (2010). *Analog and Digital Signals and Systems*. [e-book] Recuperado de <http://booksee.org/book/1462050> [Accessed 20 ago 2017]

Rincon, V. (2016). Standarized Methodology to Create and simulate automation of industrial processes using joins and splits. *IEEE*, 1-6. doi:10.1109/CCRA.2016.7811400

Rodriguez, J. (2010). *Introduccion a la termodinámica*. [e-book] Recuperado de <http://sh.st/uwWKA> [Accessed 22 ago 2017]

ADDIN Mendeley Bibliography CSL_BIBLIOGRAPHY Salazar, C., & Correa, L., (2011). Buses de campo y protocolos [Fieldbus and protocols in industrial networks], 83–109. Recueperado de: <http://revistasum.umanizales.edu.co/ojs/index.php/ventanainformatica/article/viewFile/126/1> 84. [Accessed 10 mar 2018]

Sandoval, L., Quevedo, J., (2014). Propuesta de evaluación formativa en entornos

virtuales para temáticas de Bases de Datos. *IEEE*, 833–838. doi:
10.1109/ARGENCON.2014.6868597

Siemens., (2012). *Paneles de operador*, Berlín, Alemania, 1–164.

Sujuan, Z., Ye, L., Pei, X., & Liming, W. (2016). Snort Improvement on Profinet RT for Industrial Control System Intrusion Detection. *IEEE*, (2), 942–946. doi:
10.1109/CompComm.2016.7924843

Vacca, C., Scaglia, G., Serrano, M., Godoy, S., & Mut, V. (2014). Sensado y Control de Caudal por Visión Artificial. *IEEE*, 84–89. doi: 10.1109/ARGENCON.2014.6868476

Vergara, J. Molina, R. Machado, C., (2011). Prototipo para control automático de nivel y caudal de líquidos, *INGENIUS*, 9-18 doi: 10.17163/ings.n6.2011.02

ADDIN Mendeley Bibliography CSL_BIBLIOGRAPHY Wollschlaeger, M., & Sauter, T. (2017). The Future of Industrial Communication. *IEEE*, 17-27, doi: [HYPERLINK "https://doi.org/10.1109/MIE.2017.2649104" \t "_blank"](https://doi.org/10.1109/MIE.2017.2649104) 10.1109/MIE.2017.2649104

ANEXOS

Anexo 1

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO

CENTRO DE MAESTRIA DE POSGRADO

MAESTRIA EN AUTOMATIZACION Y SISTEMAS DE CONTROL

Encuesta dirigida a los colaboradores del área de Mezclado Eva de la empresa Plasticaucho Industrial S.A.

Objetivo.- conocer el criterio de los colaboradores del área de Mezclado Eva de la empresa Plasticaucho Industrial S.A. con respecto al cumplimiento de las variables a ser controladas en el proceso de mezclado de productos termoplásticos

Instructivo:

- Procure ser lo más efectivo y veraz
- Selecciones solo una de las alternativas propuestas
- Marque con una X en el paréntesis de la alternativa que usted eligió.

Preguntas

1. ¿Considera usted que se cumple con el procedimiento definido para el proceso de mezclado de productos termoplásticos?

Si ()

No ()

2. ¿En qué nivel considera usted que el incumplimiento a las variables a ser controladas para en el proceso de mezclado influye en la calidad del producto?

Leve ()

Moderado ()

Alto ()

3. ¿Considera usted que el índice de paradas rechazadas para reproceso se debe principalmente a errores operacionales?

Si ()

No ()

4. ¿En qué grado considera usted que las paradas mezcladas no cumplen con los valores establecidos para las variables a ser controladas en el proceso de mezclado de compuestos termoplásticos?

Leve ()

Moderado ()

Alto ()

5. ¿Considera usted que la automatización ayude a estabilizar el proceso referente a la cantidad de paradas rechazadas para reproceso?

Si ()

No ()

6. ¿En qué grado considera usted que el proceso de mezclado mejoraría con la implementación del sistema automático de parametrización?

Leve ()

Moderado ()

Alto ()

Gracias por su colaboración.

Anexo 2

TABLA 3-Distribución Chi Cuadrado χ^2

P = Probabilidad de encontrar un valor mayor o igual que el chi cuadrado tabulado, v = Grados de Libertad

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055	2,0722	1,6424	1,3233	1,0742	0,8735	0,7083	0,5707	0,4549
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942	3,2189	2,7726	2,4079	2,0996	1,8326	1,5970	1,3863
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514	5,3170	4,6416	4,1083	3,6649	3,2831	2,9462	2,6430	2,3660
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794	6,7449	5,9886	5,3853	4,8784	4,4377	4,0446	3,6871	3,3567
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363	8,1152	7,2893	6,6257	6,0644	5,5731	5,1319	4,7278	4,3515
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446	9,4461	8,5581	7,8408	7,2311	6,6948	6,2108	5,7652	5,3481
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671	12,0170	10,7479	9,8032	9,0371	8,3834	7,8061	7,2832	6,8000	6,3458
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3616	12,0271	11,0301	10,2189	9,5245	8,9094	8,3505	7,8325	7,3441
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,6660	19,0228	16,9190	14,6837	13,2880	12,2421	11,3887	10,6564	10,0060	9,4136	8,8632	8,3428
10	29,5879	27,1119	25,1881	23,2093	20,4832	18,3070	15,9872	14,5339	13,4420	12,5489	11,7807	11,0971	10,4732	9,8922	9,3418
11	31,2635	28,7291	26,7569	24,7250	21,9200	19,6752	17,2750	15,7671	14,6314	13,7007	12,8987	12,1836	11,5298	10,9199	10,3410
12	32,9092	30,3182	28,2997	26,2170	23,3367	21,0261	18,5493	16,9893	15,8120	14,8454	14,0111	13,2661	12,5838	11,9463	11,3403
13	34,5274	31,8830	29,8193	27,6882	24,7356	22,3620	19,8119	18,2020	16,9848	15,9839	15,1187	14,3451	13,6356	12,9717	12,3398
14	36,1239	33,4262	31,3194	29,1412	26,1189	23,6848	21,0641	19,4062	18,1508	17,1169	16,2221	15,4209	14,6853	13,9961	13,3393
15	37,6978	34,9494	32,8015	30,5780	27,4884	24,9958	22,3071	20,6030	19,3107	18,2451	17,3217	16,4940	15,7332	15,0197	14,3389
16	39,2518	36,4555	34,2671	31,9999	28,8453	26,2962	23,5418	21,7931	20,4651	19,3689	18,4179	17,5646	16,7795	16,0425	15,3385
17	40,7911	37,9462	35,7184	33,4087	30,1910	27,5871	24,7690	22,9770	21,6146	20,4887	19,5110	18,6330	17,8244	17,0646	16,3382
18	42,3119	39,4220	37,1564	34,8052	31,5264	28,8693	25,9894	24,1555	22,7595	21,6049	20,6014	19,6993	18,8679	18,0860	17,3379
19	43,8194	40,8847	38,5821	36,1908	32,8523	30,1435	27,2036	25,3289	23,9004	22,7178	21,6891	20,7638	19,9102	19,1069	18,3376
20	45,3142	42,3358	39,9969	37,5663	34,1696	31,4104	28,4120	26,4976	25,0375	23,8277	22,7745	21,8265	20,9514	20,1272	19,3374
21	46,7963	43,7749	41,4009	38,9322	35,4789	32,6706	29,6151	27,6620	26,1711	24,9348	23,8578	22,8876	21,9915	21,1470	20,3372
22	48,2676	45,2041	42,7957	40,2894	36,7807	33,9245	30,8133	28,8224	27,3015	26,0393	24,9390	23,9473	23,0307	22,1663	21,3370
23	49,7276	46,6231	44,1814	41,6383	38,0756	35,1725	32,0069	29,9792	28,4288	27,1413	26,0184	25,0055	24,0689	23,1852	22,3369
24	51,1790	48,0336	45,5584	42,9798	39,3641	36,4150	33,1962	31,1325	29,5533	28,2412	27,0960	26,0625	25,1064	24,2037	23,3367
25	52,6187	49,4351	46,9280	44,3140	40,6465	37,6525	34,3816	32,2825	30,6752	29,3388	28,1719	27,1183	26,1430	25,2218	24,3366
26	54,0511	50,8291	48,2898	45,6416	41,9231	38,8851	35,5632	33,4295	31,7946	30,4346	29,2463	28,1730	27,1789	26,2395	25,3365
27	55,4751	52,2152	49,6450	46,9628	43,1945	40,1133	36,7412	34,5736	32,9117	31,5284	30,3193	29,2266	28,2141	27,2569	26,3363
28	56,8918	53,5939	50,9936	48,2782	44,4608	41,3372	37,9159	35,7150	34,0266	32,6205	31,3909	30,2791	29,2486	28,2740	27,3362
29	58,3006	54,9662	52,3355	49,5878	45,7223	42,5569	39,0875	36,8538	35,1394	33,7109	32,4612	31,3308	30,2825	29,2908	28,3361

Anexo 3

Entradas y salidas digitales y analógicas:

Tabla N° 34: Entradas digitales

Número de entrada	Denominación
I0.0	Emergencia
I0.1	Switch Manual
I0.2	Switch Automático
I0.3	Paro Motor
I0.4	Marcha Motor
I0.5	Subir Cámara
I0.6	Paro Cámara
I0.7	Bajar Cámara
I1.0	Subir Pisador
I1.1	Paro Pisador
I1.2	Bajar Pisador
I1.3	Subir Protector
I1.4	Paro Protector
I1.5	Bajar Protector
I2.0	Subir Puerta
I2.1	Paro Puerta
I2.2	Bajar Puerta
I2.3	Fc. Abierta Cámara
I2.4	Fc. Cerrada Cámara
I2.5	Fc. Seguro Abre Cámara
I2.6	Fc. Arriba Pisador
I2.7	Fc. Abajo Lento Pisador
I3.0	Fc. Arriba Protector
I3.1	Térmico Motor Mezcla
I3.2	Térmico Motor Cámara
I3.3	Fc. Motor Estrella
I3.4	Fc. Motor Línea

I3.5	Fc. Motor Triángulo
I3.6	Fc. Motor Cámara Abre
I3.7	Fc. Motor Cámara Cierra
I4.0	Fc. Posición Volcador
I4.1	P. Inicio Ciclo Automático

Fuente: Programa desarrollado en Tia Portal
 Elaborado por: Investigador

Tabla N° 35: Salidas digitales

Número de salida	Denominación
Q0.0	Luz Verde Automático
Q0.1	Luz Blanco Manual
Q0.2	Ev. Pisador Subir
Q0.3	Ev. Pisador Bajar
Q0.4	Ev. Pisador Lento
Q0.5	Ev. Protector Subir
Q0.6	Ev. Protector Bajar
Q0.7	Ev. Puerta Subir
Q1.0	Ev. Puerta Bajar
Q1.1	Ev. Agua Enfriar
Q2.0	Ev. Vapor Calentar
Q2.1	Contactador Estrella
Q2.2	Contactador Línea
Q2.3	Contactador Triángulo
Q2.4	Contactador Cámara Abrir
Q2.5	Contactador Cámara Cerrar
Q2.6	Elemento Sonoro
Q2.7	Luz Roja Emergencia
Q3.0	Control Volcador
Q3.1	Agua Variador Bomba

Fuente: Programa desarrollado en Tia Portal
 Elaborado por: Investigador

Tabla N° 36: Entradas analógicas

Número de entrada	Módulo	Descripción	Comentarios
IW8	CPU1214C	Libre	0 - 10 v
IW10	CPU1214C	Libre	0 - 10 v
IW12	SM1231TC	Termocupla Cámara	mV
IW14	SM1231TC	Termocupla Agua	mV
IW20	SM1231AI/AO	Caudal Agua	0 - 20 mA

Fuente: Programa desarrollado en Tia Portal

Elaborado por: Investigador

Tabla N° 37: Salidas analógicas

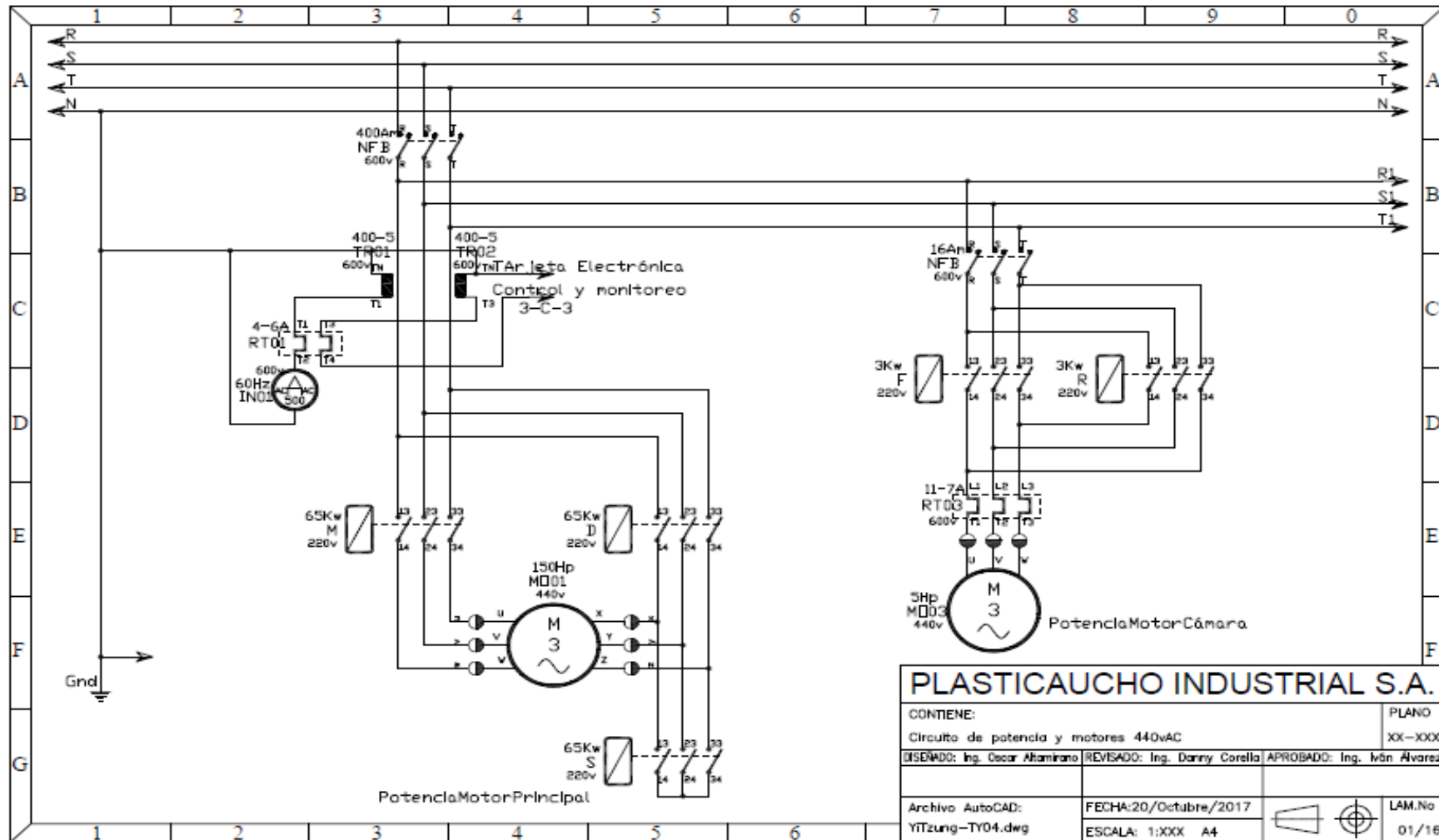
Número de salida	Módulo	Descripción	Comentarios
QW8	SM1231AI/AO	Caudal Agua	4 - 20 mA

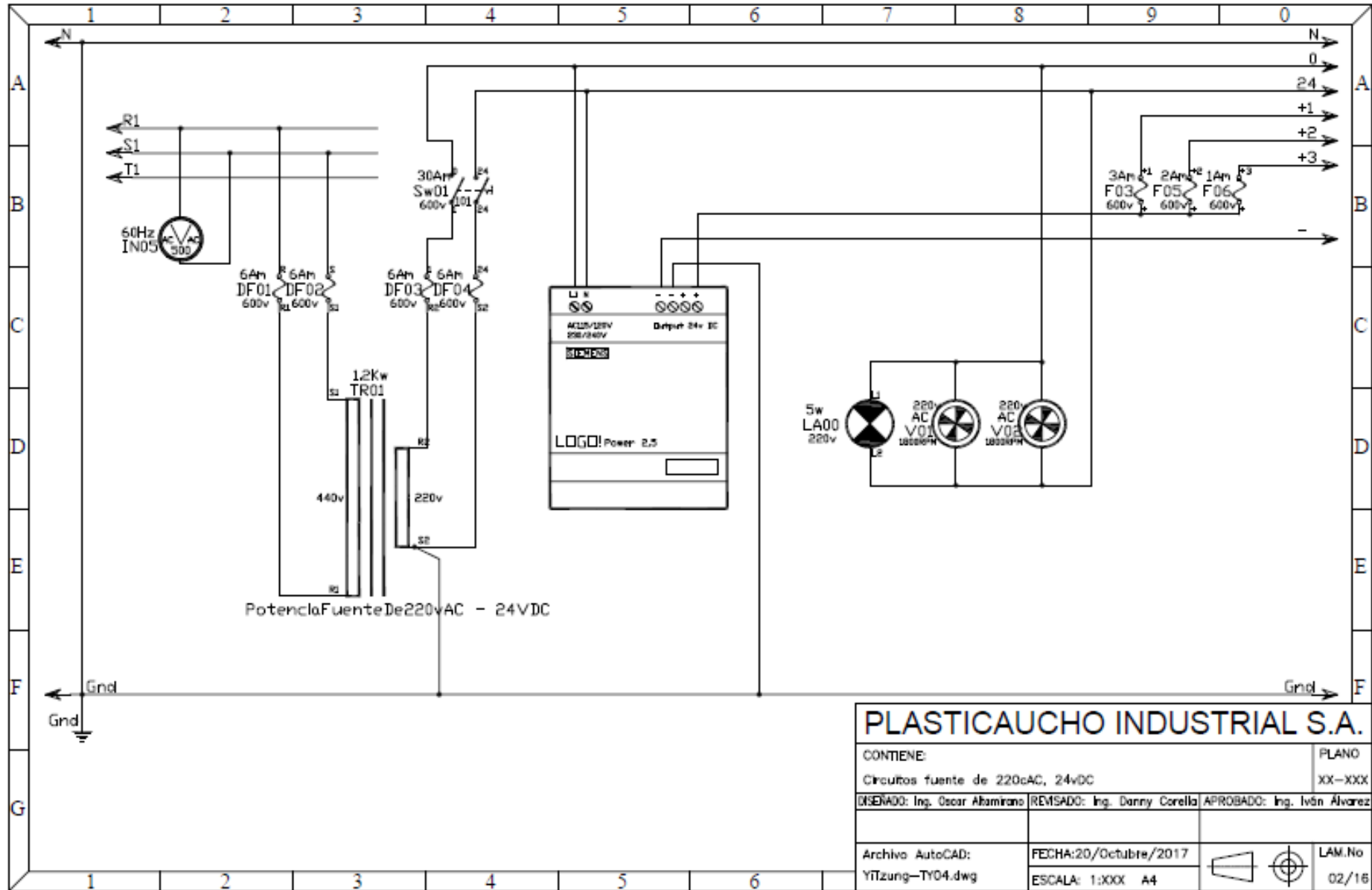
Fuente: Programa desarrollado en Tia Portal

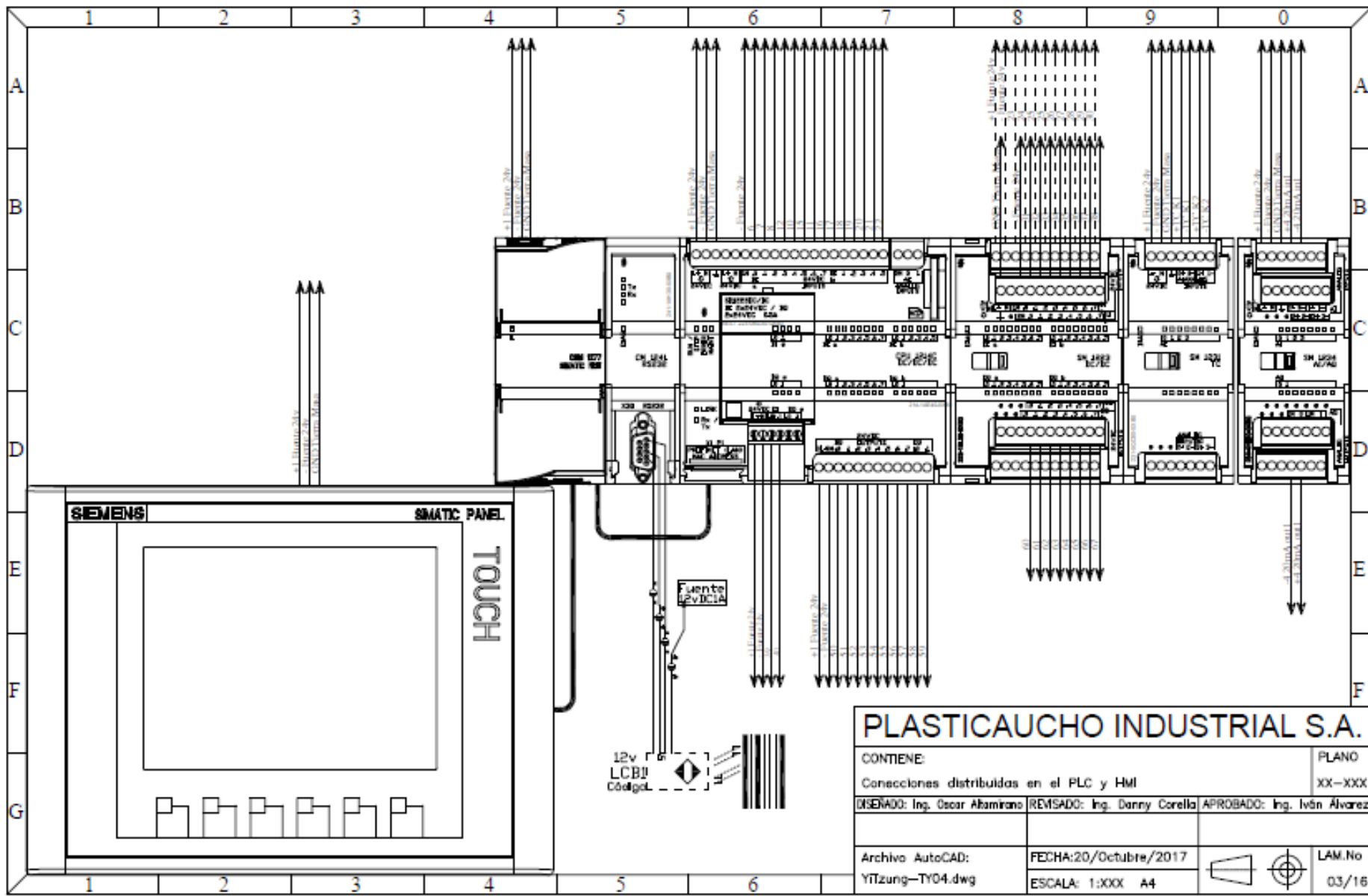
Elaborado por: Investigador

Anexo 4

Planos eléctricos de la mezcladora de compuestos termoplásticos YT04.



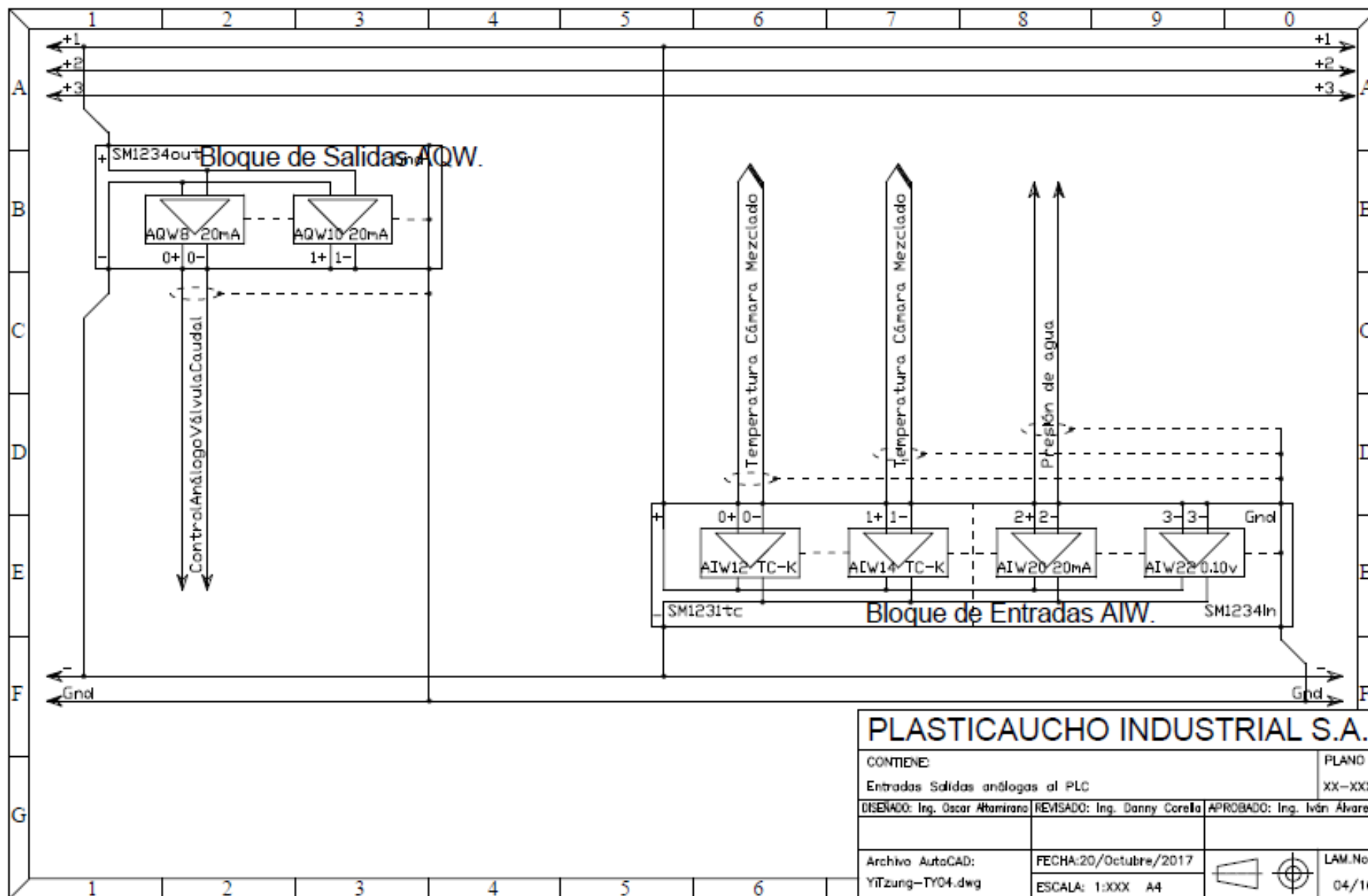




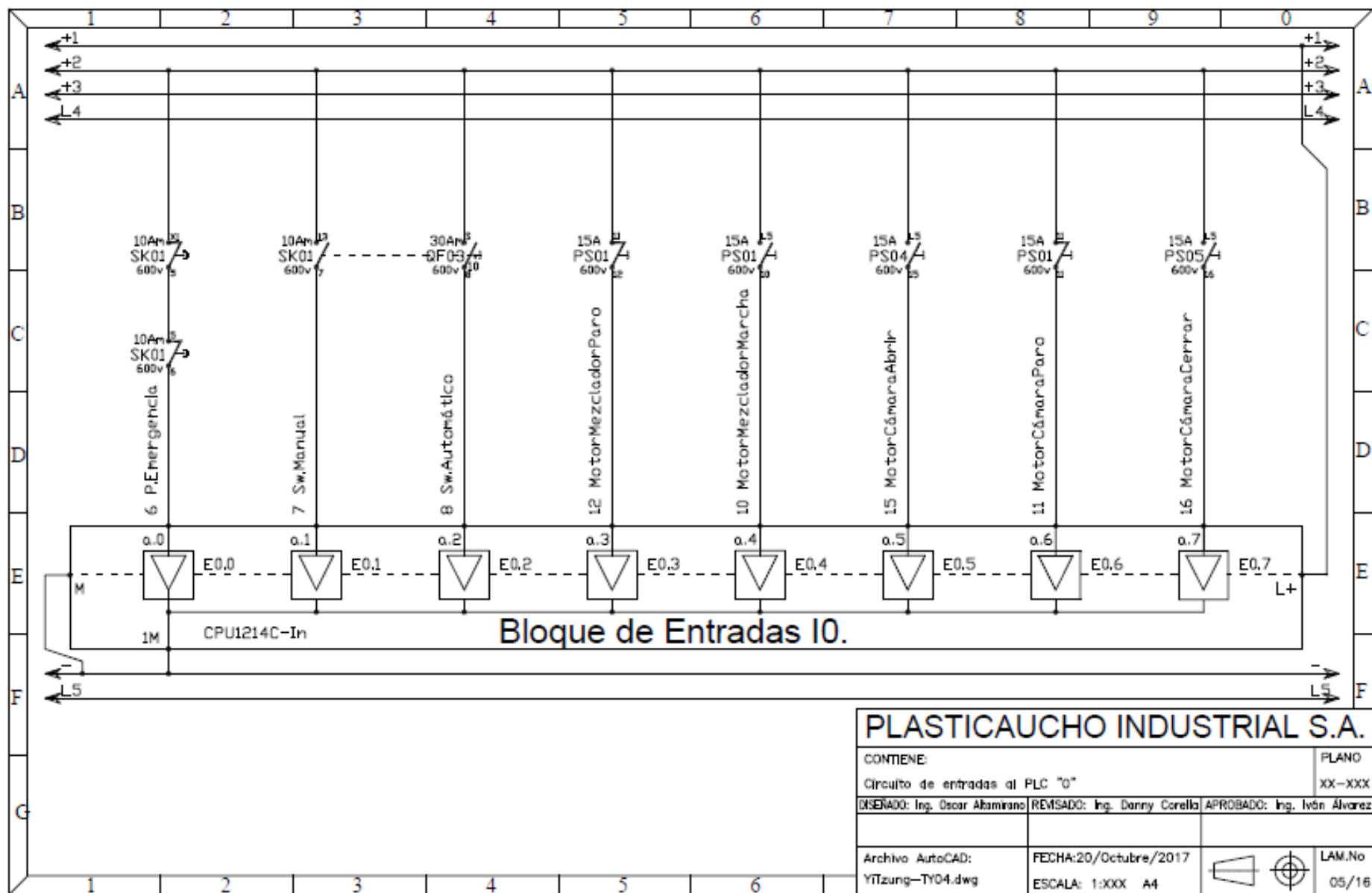
PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.

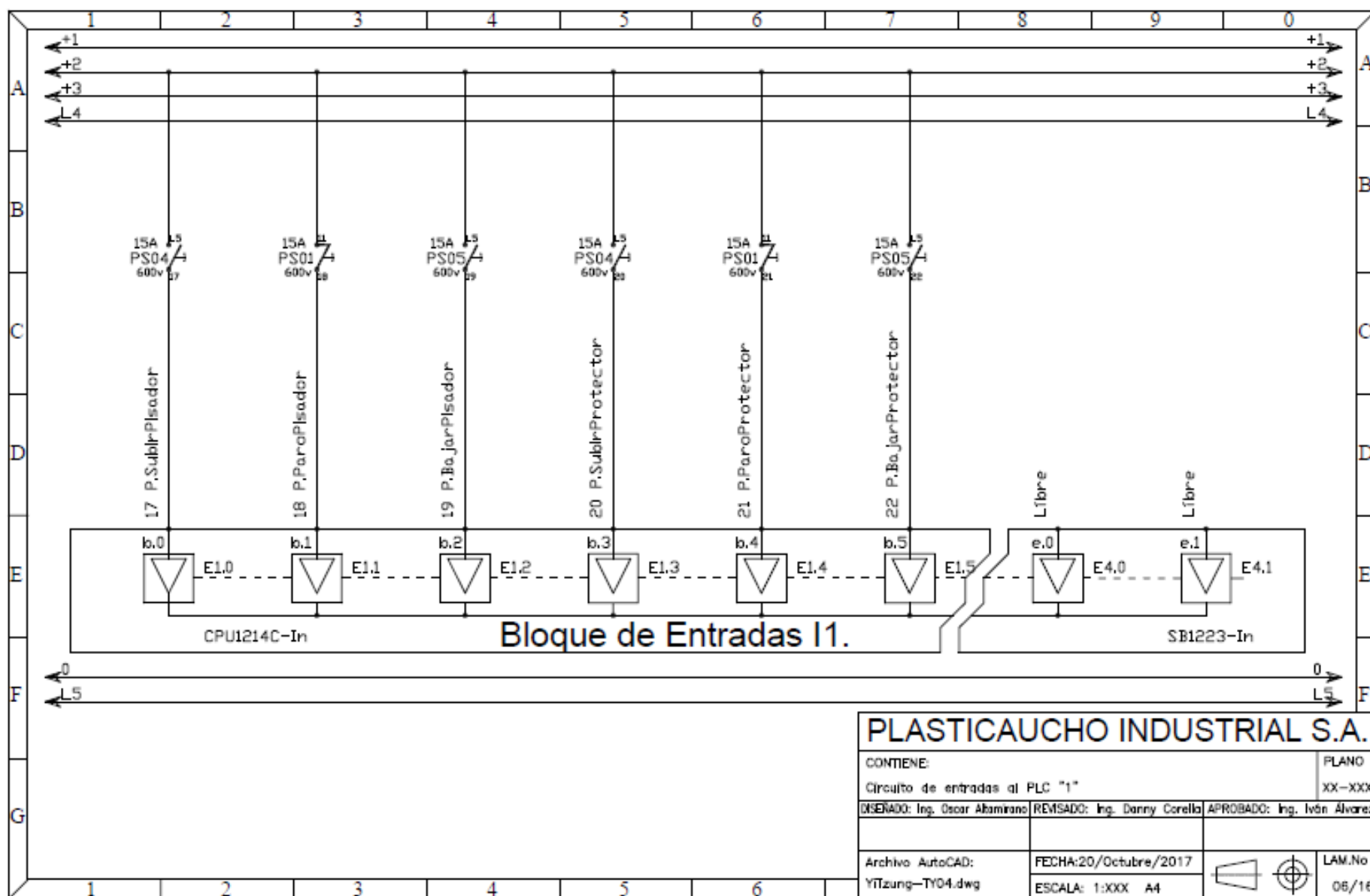
CONTIENE: Conexiones distribuidas en el PLC y HMI
 DISEÑO: Ing. Oscar Alamirans REMSADO: Ing. Danny Corella APROBADO: Ing. Iván Álvarez

PLANO	XX-XXX
Archivo AutoCAD:	FECHA: 20/Octubre/2017
YITzung-TY04.dwg	ESCALA: 1:XXX A4
LAM.No	03/16

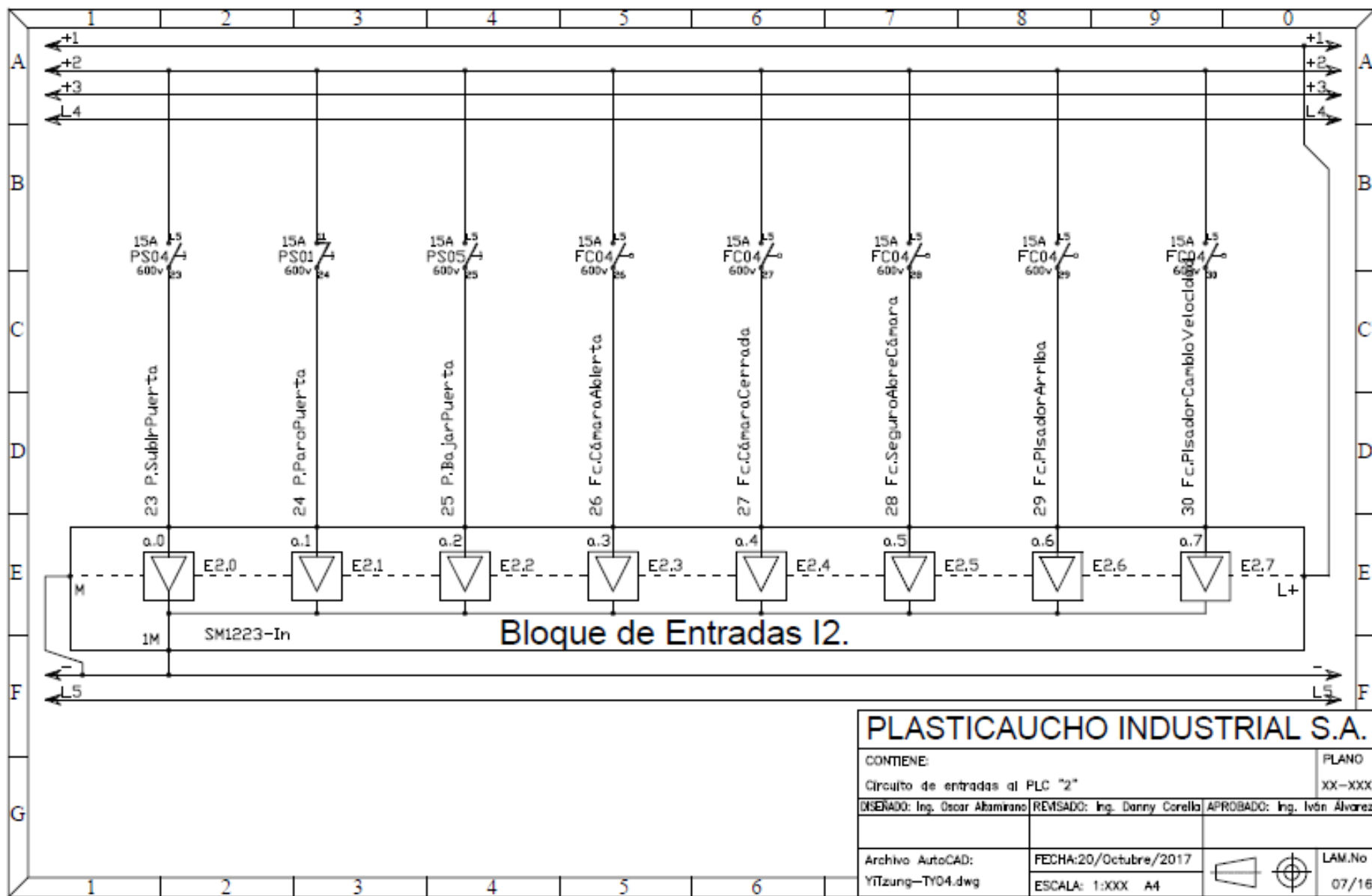


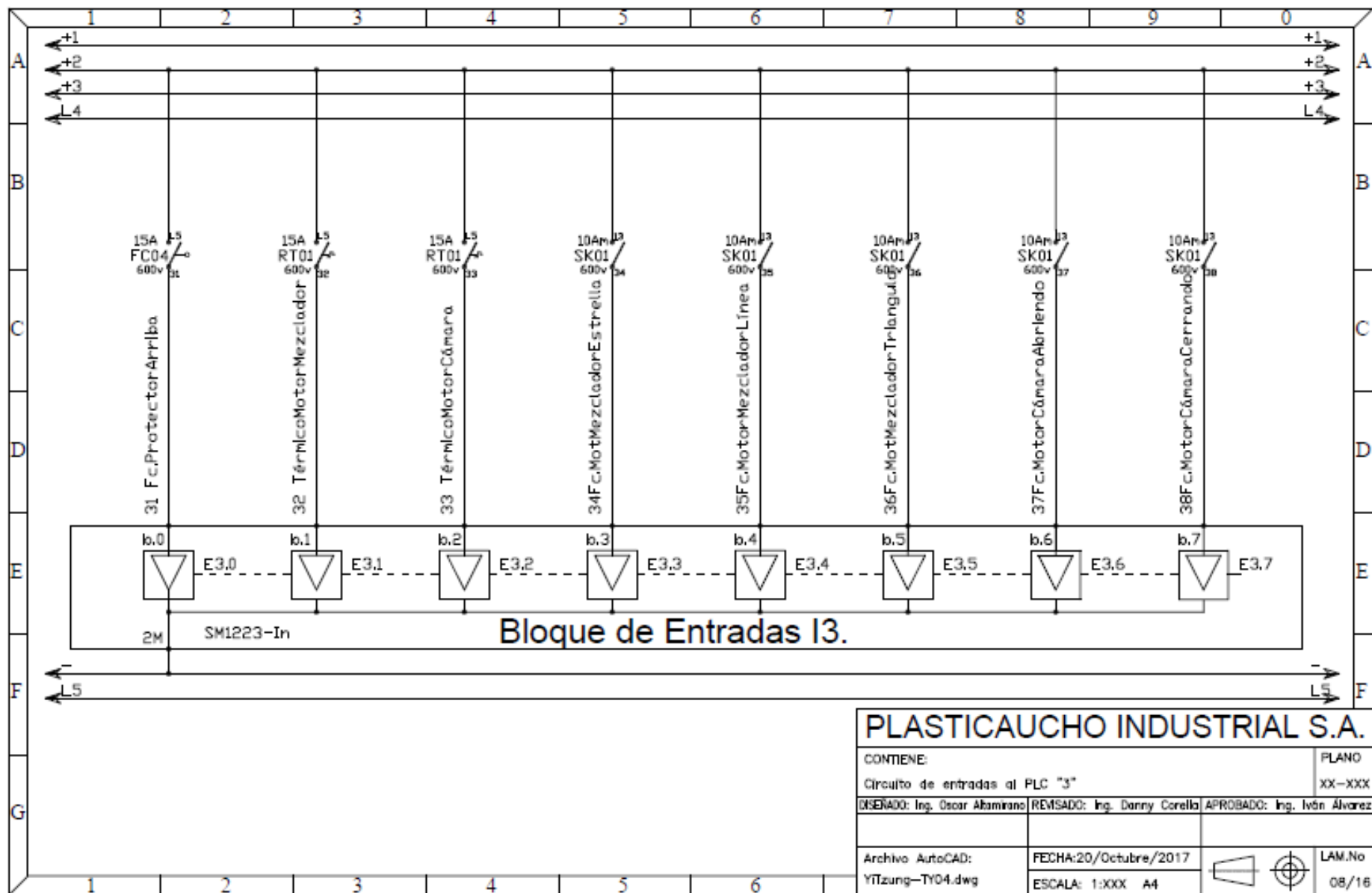
PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.	
CONTIENE: Entradas Salidas analógicas al PLC	PLANO: XX-XXX
DISEÑADO: Ing. Oscar Altamirano REVISADO: Ing. Danny Corella APROBADO: Ing. Iván Álvarez	
Archivo AutoCAD: YITzung-TY04.dwg	FECHA: 20/Octubre/2017 ESCALA: 1:XXX A4
	LAM.No 04/16



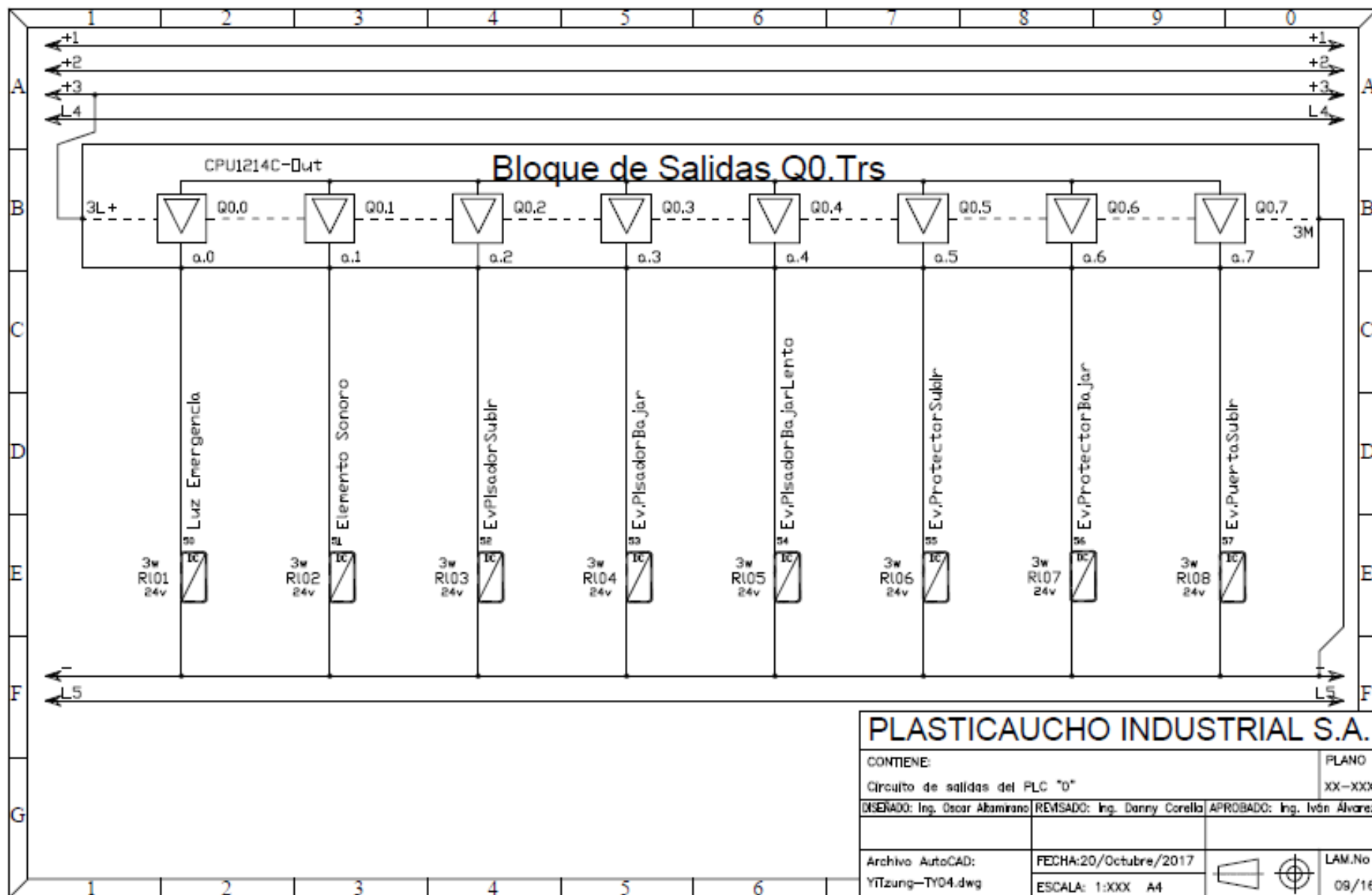


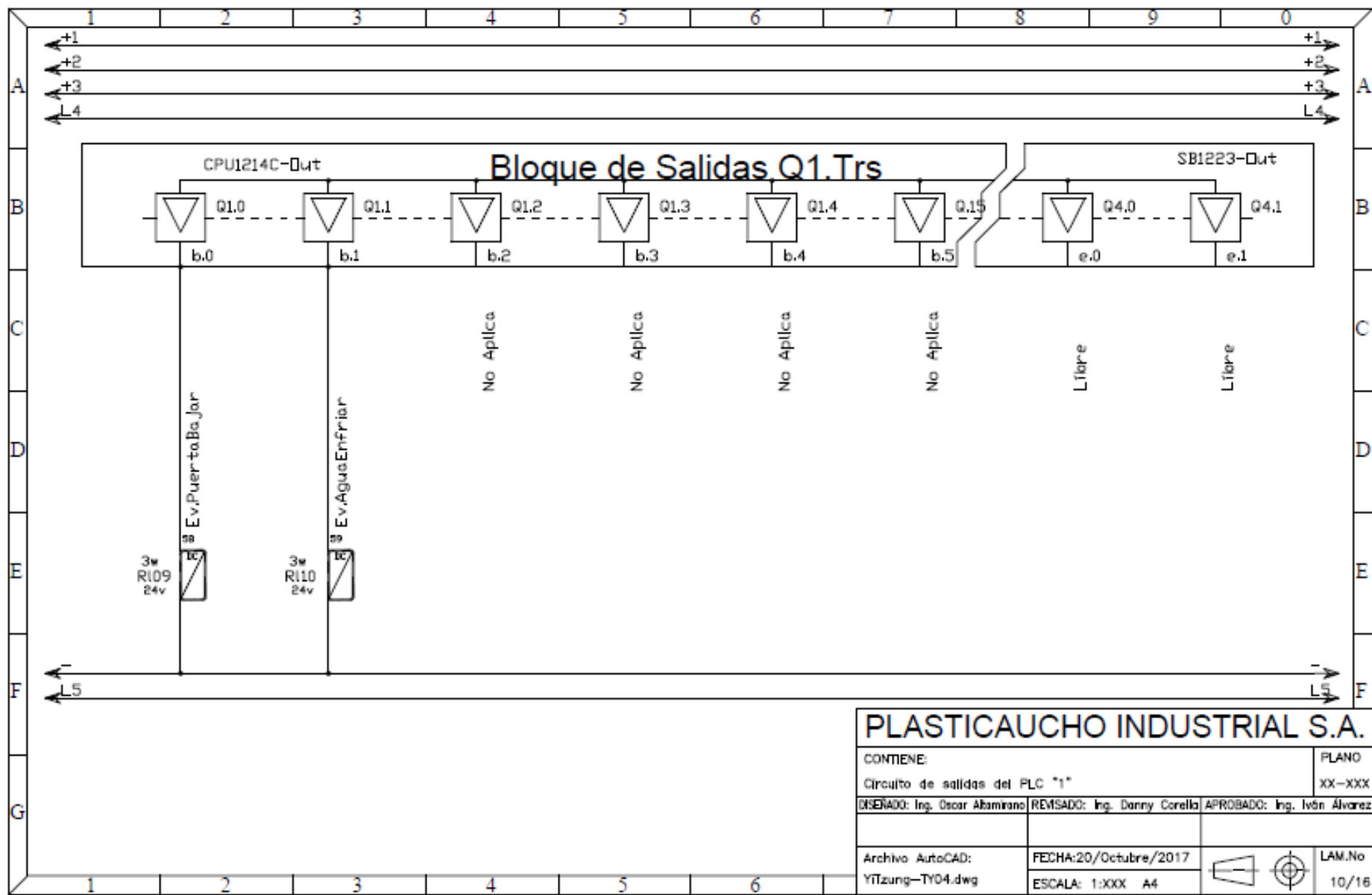
PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.		
CONTIENE:	PLANO	
Circuito de entradas al PLC "1"	XX-XXX	
DISEÑADO: Ing. Oscar Alamirano	REVISADO: Ing. Danny Corella	APROBADO: Ing. Iván Álvarez
Archivo AutoCAD:	FECHA: 20/Octubre/2017	
YTzung-TY04.dwg	ESCALA: 1:XXX A4	

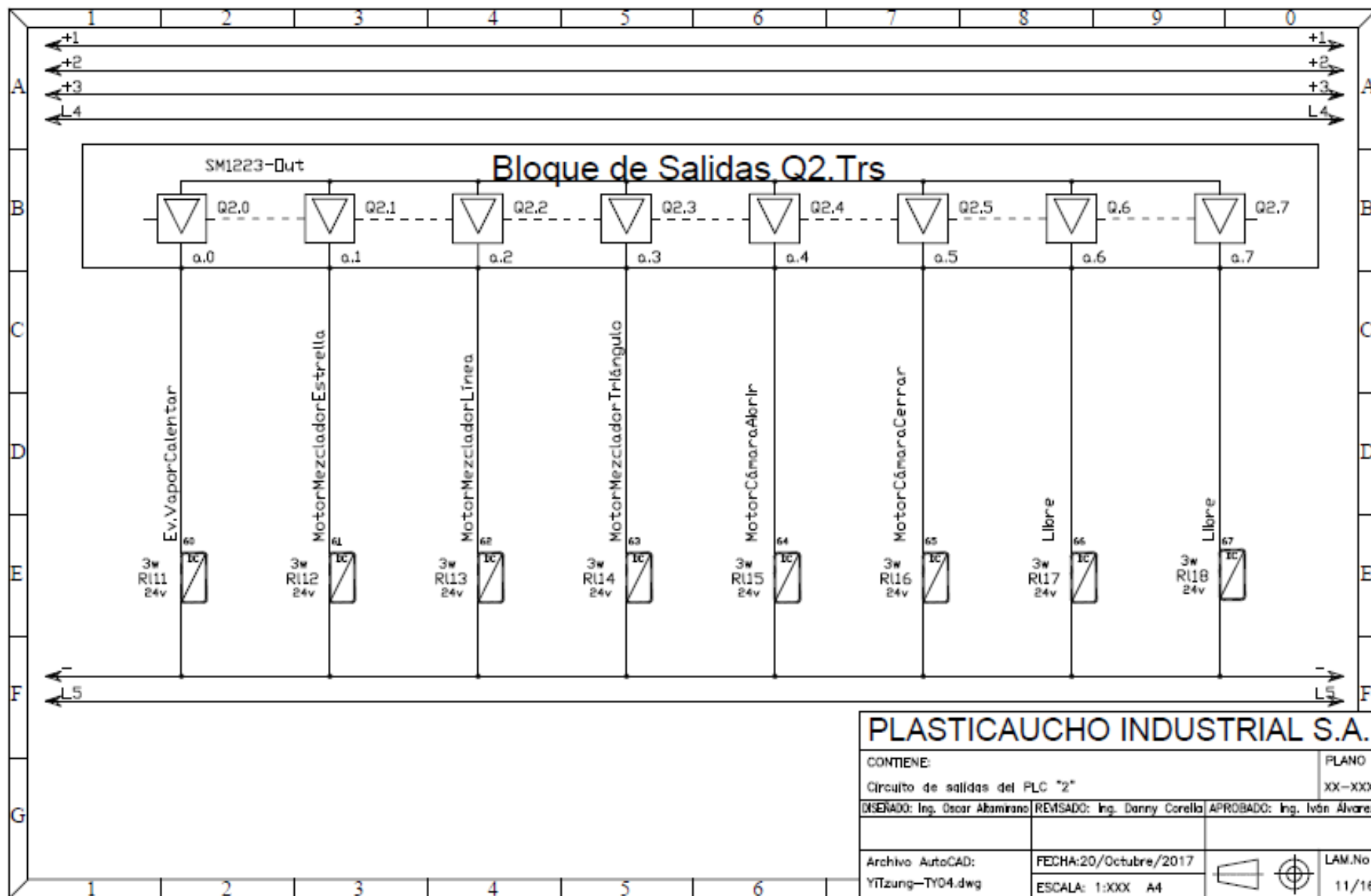


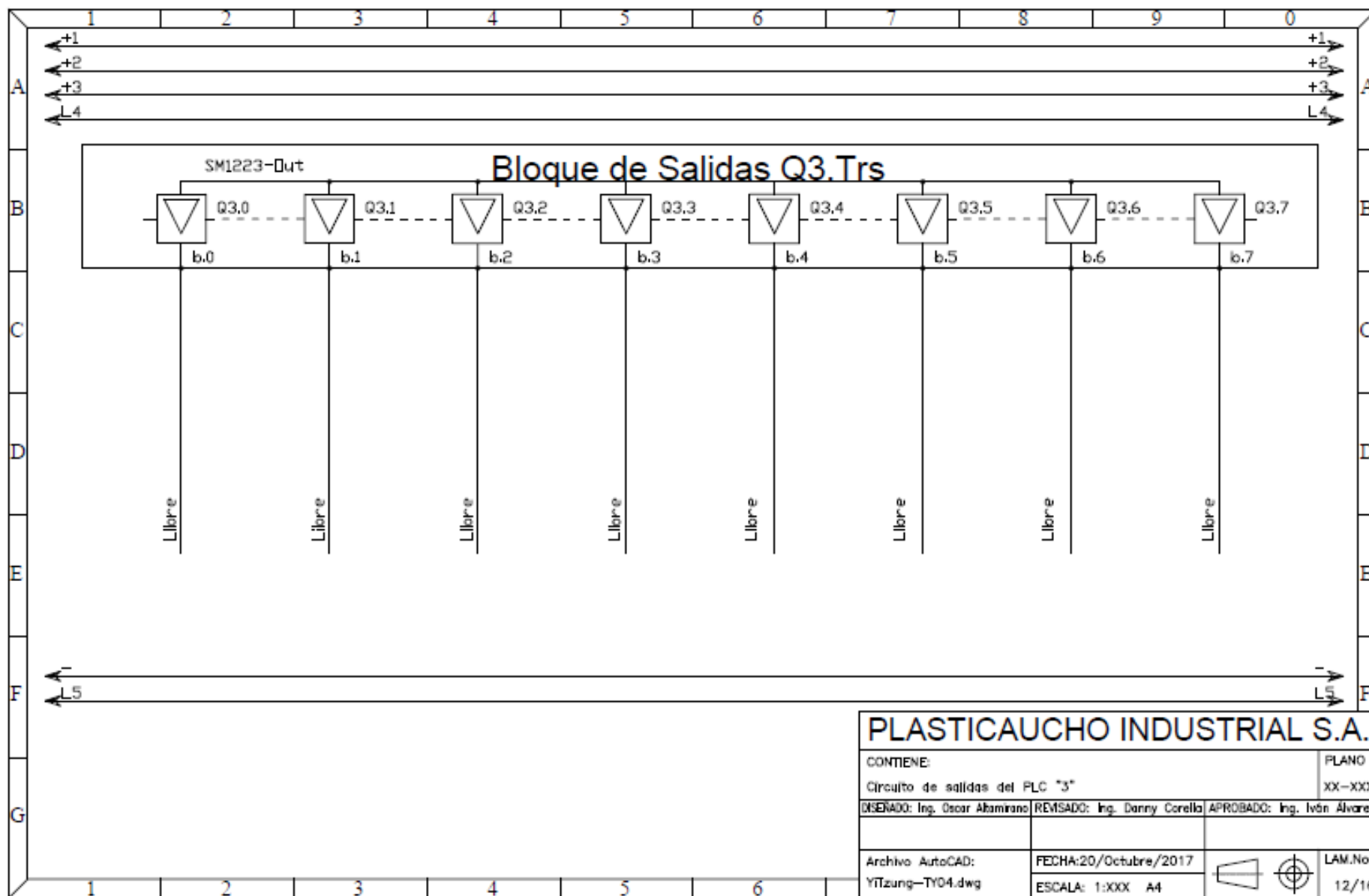


PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.		
CONTIENE: Circuito de entradas al PLC "3"	PLANO XX-XXX	
DISEÑADO: Ing. Oscar Abamirano	REVISADO: Ing. Danny Corella	APROBADO: Ing. Iván Álvarez
Archivo AutoCAD: YTzung-TY04.dwg	FECHA: 20/Octubre/2017 ESCALA: 1:XXX A4	LAM.No 08/16

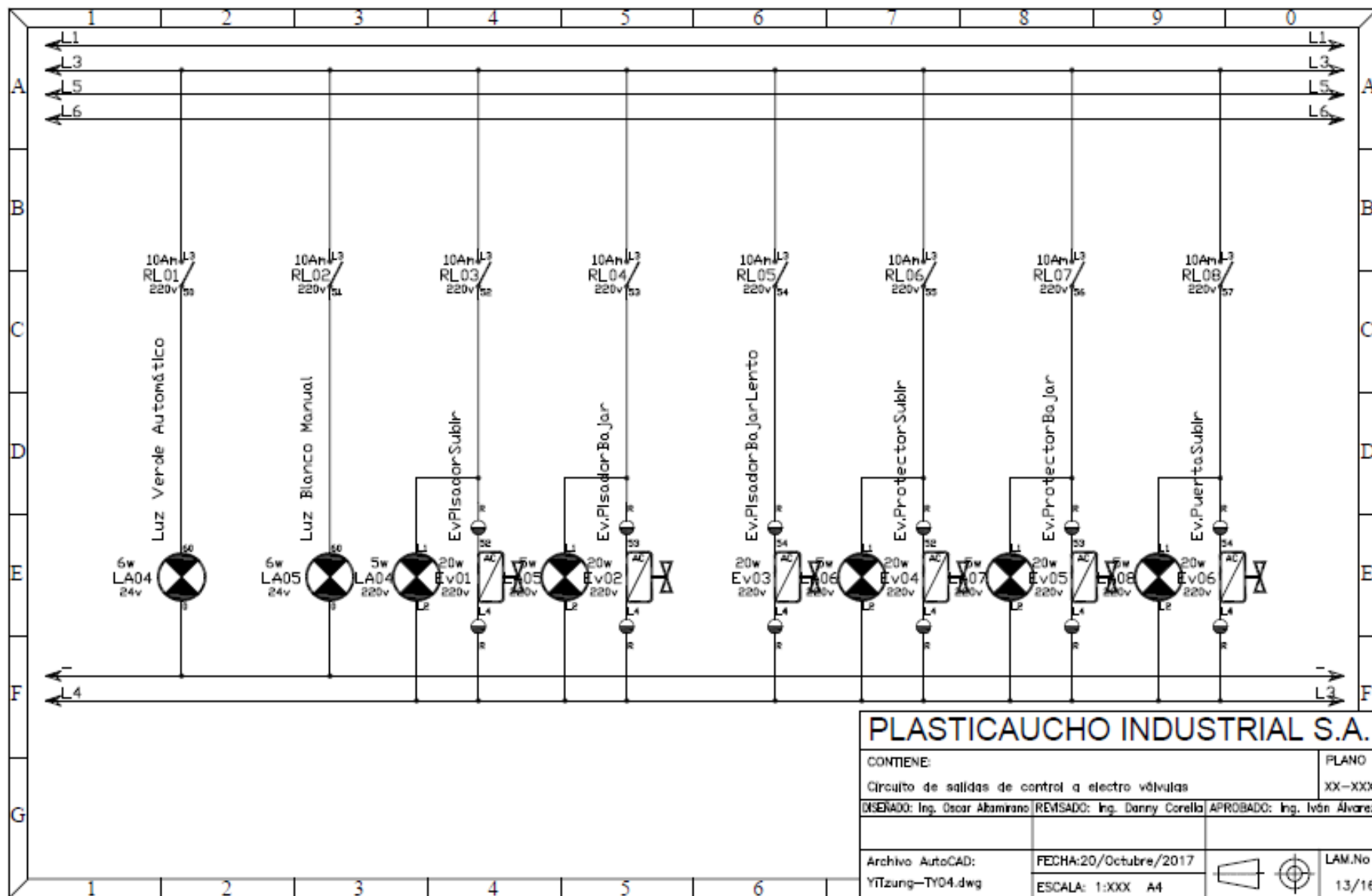


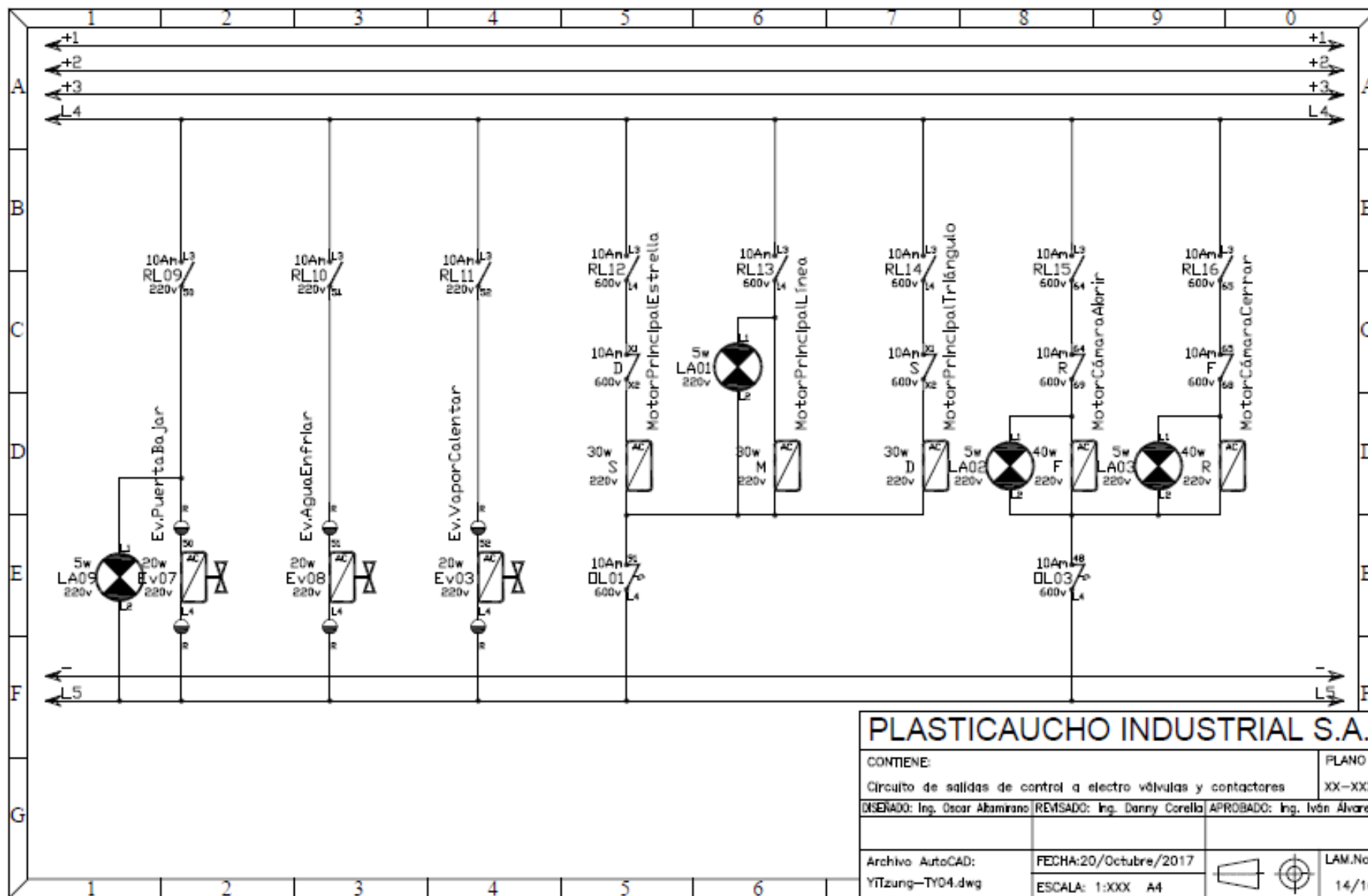




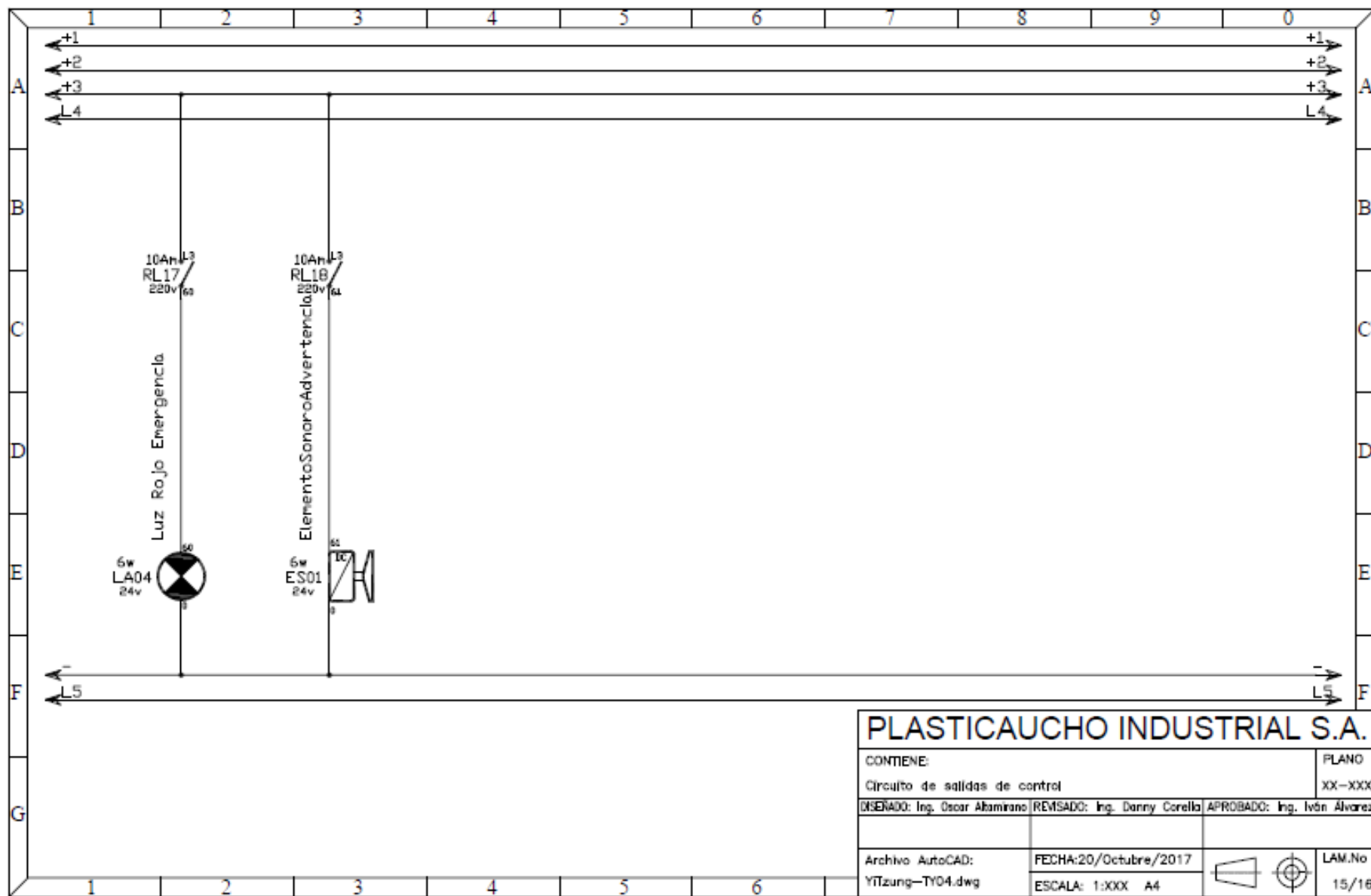


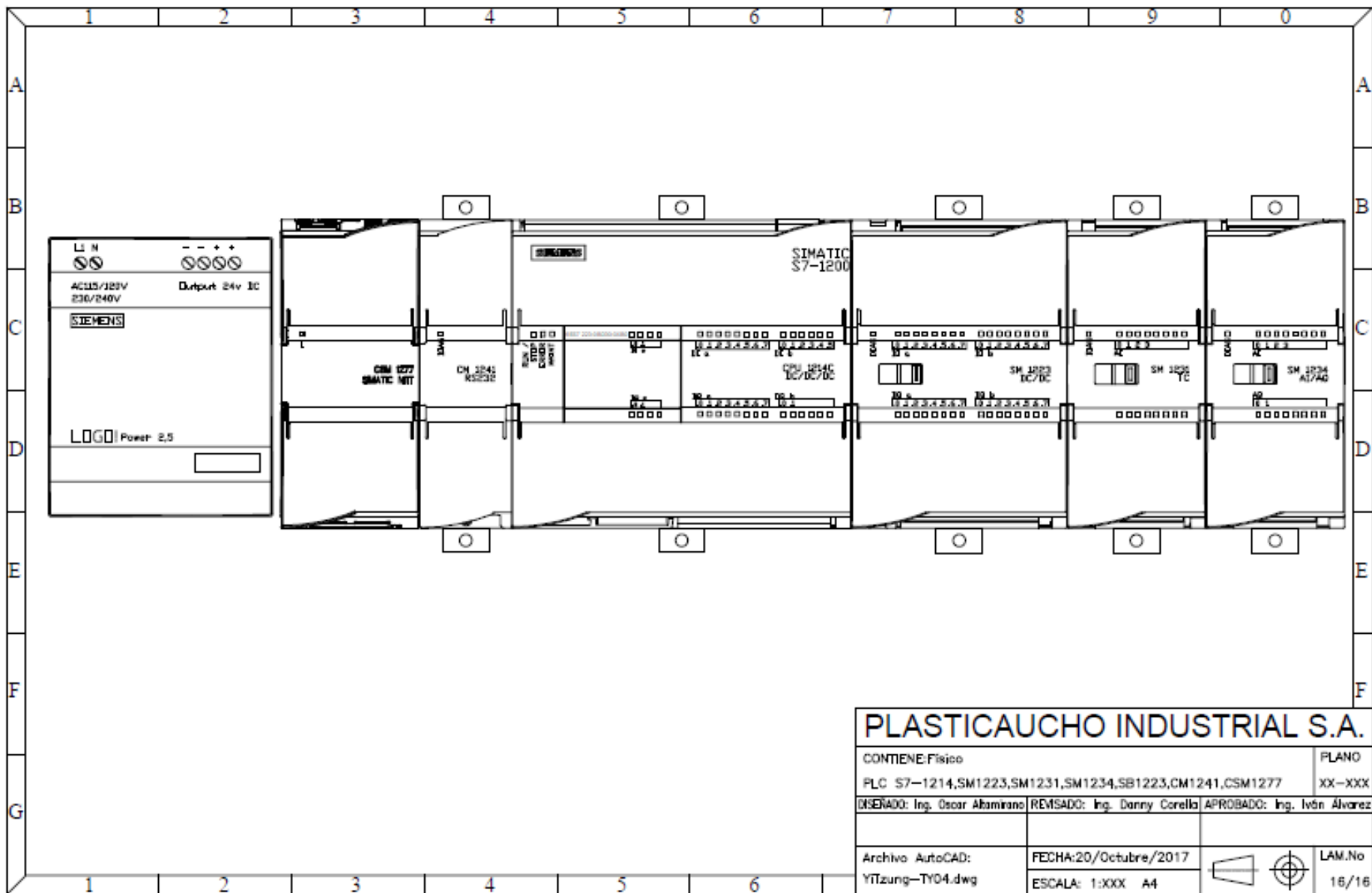
PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.		
CONTIENE:	Circuito de salidas del PLC "3"	PLANO XX-XXX
DISEÑADO: Ing. Oscar Alamirano	REVISADO: Ing. Danny Corella	APROBADO: Ing. Iván Álvarez
Archivo AutoCAD:	FECHA: 20/Octubre/2017	
YITzung-TY04.dwg	ESCALA: 1:XXX A4	





PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.	
CONTIENE: Circuito de salidas de control a electro válvulas y contactores	PLANO XX-XXX
DISEÑADO: Ing. Oscar Abamirano / REVISADO: Ing. Darry Corella / APROBADO: Ing. Iván Álvarez	
Archivo AutoCAD: YTzung-TY04.dwg	FECHA: 20/Octubre/2017 ESCALA: 1:XXX A4
	LAM.No 14/16





PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.	
CONTIENE: Físico	PLANO
PLC S7-1214, SM1223, SM1231, SM1234, SB1223, CM1241, CSM1277	XX-XXX
DISENADO: Ing. Oscar Abamirano	REVISADO: Ing. Danny Corella
APROBADO: Ing. Iván Álvarez	
Archivo AutoCAD:	FECHA: 20/Octubre/2017
YTzung-TY04.dwg	ESCALA: 1:XXX A4
	LAM.No
	16/16

