

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



TESIS

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA
AUTOMATIZAR EL PROCESO DE TRASLADO DE
MINERALES A UN ALMACÉN DE CONCENTRADOS
MEDIANTE FAJAS TRANSPORTADORAS, UTILIZANDO EL
CONTROLADOR SIMATIC S7 1200 EN EL AÑO 2021”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

Bach. Elvis Dario Heredia Asqui

Bach. David Nemesio Velasquez Limachi

TACNA – PERU

2021

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

TESIS

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA
AUTOMATIZAR EL PROCESO DE TRASLADO DE
MINERALES A UN ALMACÉN DE CONCENTRADOS
MEDIANTE FAJAS TRANSPORTADORAS, UTILIZANDO EL
CONTROLADOR SIMATIC S7 1200 EN EL AÑO 2021”**

Tesis sustentada y aprobada el 16 de noviembre de 2021; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE: Mag. JOSÉ MARCIAL SUMARRIVA BUSTINZA

SECRETARIO: Mtro. MARKO JESUS POLO CAMACHO

Vocal: Mag. ANIBAL JUAN ESPINOZA ARANCIAGA

Asesor: Ing. HUGO RIVERA HERRERA

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo *Elvis Heredia Asqui*, en calidad de Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 04432000.

Yo *David Velásquez Limachi*, en calidad de Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 04427671.

Declaro bajo juramento que:

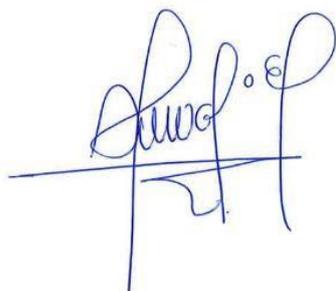
1. Somos autores de la Tesis titulada:
“Diseño e implementación de un prototipo para automatizar el proceso de traslado de minerales a un almacén de concentrados mediante fajas transportadoras, utilizando el controlador simatic s7 1200 en el año 2021”.
La misma que presento para optar:
El título de ingeniero electrónico
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a *la universidad* cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a *la universidad* y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

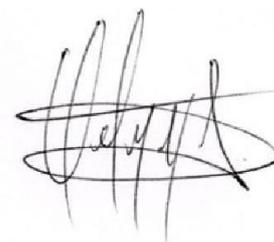
De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y

sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna 16 de noviembre de 2021



Bach. Elvis Heredia Asqui
DNI. 04432000



Bach. David Velásquez Limachi
DNI. 04427671

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

A mi Esposa Betty e hija Michelle, quienes me acompañaron en todo este proceso con su amor, aliento y apoyo incondicional, Ellas me impulsaron a seguir adelante con este paso muy importante en mi vida y de no detenerme porque Dios está siempre conmigo.

A mis padres Jorge Y Agustina por el amor, esfuerzo y paciencia que me han permitido a que cumpla con este sueño, gracias por ser mi ejemplo de esfuerzo valentía y de no temer las adversidades.

A Mis hermanos por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este tiempo que desarrolle esta tesis.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a mis amigos de infancia Valerio y Orlando por apoyarme cuando más los necesite.

Gracias a todos y siempre los llevo en mi corazón.

Elvis Heredia Asqui

A mi madre Inés y hermano Jaime por brindar su apoyo incondicional y que hicieron todo en apoyarme en la vida.

A mi padre Florencio (+) quien fue el principal apoyo, que me dio la base para poder llegar a ser quien soy ahora, un gran abrazo hasta el cielo.

Agradezco a mi Universidad, y en especial a sus docentes de la Escuela de Ingeniería Electrónica por su apoyo por culminar mis estudios.

David Velásquez Limachi

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por haberme enseñado a ser la persona que soy, muchos de mis logros se los dedico a Uds. Y uno de ellos es ésta tesis, me formaron con consejos, ejemplos y con algunas libertades...pero al final de cuentas me motivaron constantemente para poder conseguir mis anhelos.

A mi esposa e hija por su comprensión y paciencia que han sido sumamente importantes, estuvieron a mi lado inclusive en los momentos más difíciles, siempre ayudándome. No fue sencillo culminar con éxito este proyecto, sin embargo, siempre fueron muy motivadoras, me decían que lo lograría perfectamente.

Muchas gracias, amores.

Elvis Heredia Asqui

Un especial agradecimiento a mi compañero de estudio Elvis por encontrarnos en la vida y así culminar nuestro invaluable trabajo de esta ejecución de tesis.

David Velásquez Limachi

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADO	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
INDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. Descripción del problema.....	2
1.2. Formulación del problema	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problemas específicos	3
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos	5
1.5. Hipótesis	5
1.5.1. Hipótesis general	5
1.5.2. Hipótesis específicas	5
CAPÍTULO II: MARCO TEORICO	7
2.1 Antecedentes del Estudio.....	7
2.2 Bases Teóricas	9
2.3 Definición de términos.....	41
CAPÍTULO III: MARCO METODOLOGICO	43
3.1 Tipo de investigación	43
3.2 Diseño de la Investigación	43

3.3	Operacionalización de variables	44
3.4	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	44
3.5	Procesamiento y análisis de datos.....	45
CAPÍTULO IV: RESULTADOS		47
4.1	Descripción del proceso.....	47
4.2	Diseño de ingeniería	49
4.3	Esquema de Control y Supervisión	50
4.4	Tipo de control	50
4.5	Diseño de diagramas flujo fajas transportadoras de minerales.....	52
4.6	Desarrollo del prototipo y código de control	63
4.7	Procedimientos para crear un proyecto nuevo	64
4.8	Implementación del prototipo	69
4.9	Prueba de verificación de la conexión eléctrica del tablero eléctrico.....	76
4.10	Pruebas de accionamiento de los actuadores y sensores.....	76
4.11	Pruebas de operatividad de las fajas transportadoras.....	77
4.12	Pruebas de operatividad del prototipo.....	78
4.13	Análisis de los resultados.....	79
CAPÍTULO V: DISCUSION		80
CONCLUSIONES		81
RECOMENDACIONES		82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		83
ANEXO		86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Faja Transportadora.....	9
Figura 2. Faja Transportadora de Minerales	10
Figura 3. Componentes de la Faja Transportadora	11
Figura 4. Unidad de Transmisión de Potencia de una Faja Transportadora	11
Figura 5. Elementos del Circuito de Alimentación de una Faja Transportadora.....	12
Figura 6. Arquitectura del Controlador Industrial	13
Figura 7. Arquitectura de un Controlador Lógico Programable PLC	14
Figura 8. Controlador Lógico Programable S7 1200.....	15
Figura 9. Características del CPU S71200.....	16
Figura 10. Modulo de Señales del S7 1200.....	16
Figura 11. Módulos de Señales del S7 1200.....	17
Figura 12. Plataforma TIA PORTAL V.15.....	18
Figura 13. Lenguaje Ladder, Diagrama de Contactos	19
Figura 14. Instrucciones, Simbología, y Descripción del Lenguaje Ladder	19
Figura 15. Modelo Manufactura Integrada por Computadora (CIM).....	21
Figura 16. Arquitectura NetLink Basada en el Modelo CIM	23
Figura 17. Arquitectura SINEC Basada en el CIM.....	24
Figura 18. HMI en una Red.....	25
Figura 19. Estructura General del HMI	27
Figura 20. HMI Siemens	28
Figura 21. Elementos de un Sistema SCADA	32
Figura 22. Diagrama de Tuberías e Instrumentación (P&ID)	33
Figura 23. Sensor Inductivo ON-OFF y Símbolo	36
Figura 24. Sensor de Temperatura y Humedad Analógico Firstrate	36
Figura 25. Motorreductor	37
Figura 26. Contactor	38
Figura 27. Control de un Sistema Continuo.....	39
Figura 28. Proceso Continuo	39
Figura 29. Plataforma de Simulación de un Proceso Batch.....	40
Figura 30. Proceso Tipo Manufactura	40
Figura 31. Diagrama Esquemático de Control y Supervisión de las Fajas Transportadoras	50
Figura 32. Sistema de Control de Lazo Abierto	50
Figura 33. Diagrama de Bloques del Sistema de Control de Fajas Transportadoras	51

Figura 34. Diagrama de Flujo de la Primera Condición	52
Figura 35. Diagrama de Flujo de la Segunda Condición	52
Figura 36. Diagrama de Flujo de la Tercera Condición	53
Figura 37. Diagrama de Flujo de la Cuarta Condición.....	53
Figura 38. Diagrama P&ID Para la Faja 01 del Prototipo	54
Figura 39. Diagrama P&ID Para la faja 01	54
Figura 40. Diagrama P&ID del Prototipo	55
Figura 41. Diagrama de Mando para el Control de las Fajas 0 y 1	55
Figura 42. Diagrama de Fuerza Para el Control de las Fajas 0 y 1	56
Figura 43. Diagrama de Conexiones del Fuerza y control del Prototipo.....	56
Figura 44. Plataforma TIA/PORTAL V15.....	63
Figura 45. Creando un Proyecto Nuevo.....	64
Figura 46. Agregando el CPU 1214C.....	64
Figura 47. Agregando el HMI	65
Figura 48. Comunicación Entre CPU 1214C y el HMI KTP 700	65
Figura 49. Configuración de la Dirección IP	66
Figura 50. Asignación de Variables, Etiquetas y Direcciones.....	66
Figura 51. Programa Ladder para el Control de la Faja	67
Figura 52. Programa Ladder para el Control de la Faja 1	67
Figura 53. Prototipo de Fajas Transportadoras de Minerales.....	68
Figura 54. Fabricación, Corte de la Base de la faja.....	68
Figura 55. Fabricación soldadura de la base de la faja 1	69
Figura 56. Limpieza y Esmerilado de la Base	69
Figura 57. Ensamble del Soporte del Base.....	69
Figura 58. Ensamble del Chute de Descarga.....	70
Figura 59. Posición final del chute de Descarga	70
Figura 60. Ensamble del 2do Chute de Descarga.....	71
Figura 61. Posición de las Fajas Transportadoras.	71
Figura 62. Chute de Descarga	72
Figura 63. Posición Final de Chutes	72
Figura 64. Pintado de Piezas.	73
Figura 65. Ensamble de Piezas Pintadas.....	73
Figura 66. Tablero de Control Eléctrico.....	74
Figura 67. Tablero de Control PLC	74
Figura 68. Ensamble Final de Fajas Transportadoras.....	75
Figura 69. Pruebas de Calibración de las Fajas Transportadoras.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla referencial de símbolos y funciones de instrumentos.....	33
Tabla 2. Tabla Referencial de Símbolo de Elementos Primarios.	34
Tabla 3. Tabla Referencial de Símbolos de Tipos de Señales.....	35
Tabla 4. Operación de Variables.....	43
Tabla 5. Elementos para el control de la faja transportadora 0.....	57
Tabla 6. Dispositivos de Entrada de la Faja 0	59
Tabla 7. Dispositivos de Salida de la Faja 0.....	59
Tabla 8. Elementos Primarios y Señales de Control.....	60
Tabla 9. Dispositivos de Entrada De la Faja 1.....	61
Tabla 10. Dispositivos de Salida de la Faja 1	62

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia.....	85
Anexo 2. Diagrama de Control de Arranque.....	88
Anexo 3. Plano del Tablero de Control.....	89
Anexo 4. Plano del Tablero del PLC	90
Anexo 5. Plano de la Base de la Estructura	91
Anexo 6. Plano de los Polines de Cola yCabeza.....	92
Anexo 7. Plano de de Chute de Carga.....	93
Anexo 8. Plano de chute de carga 2-2	94
Anexo 9. Plano de chute de descarga 1-4	95
Anexo 10. Plano de Chute de Descarga 2-4.	96
Anexo 11. Plano de Chute de Descarga 3-4.	97
Anexo 12. Plano de Chute de descarga 4-4.....	98
Anexo 13. Plano General de Ensamble	99

RESUMEN

Esta tesis tuvo como objetivo general diseñar e implementar un prototipo para automatizar el proceso de transporte de mineral mediante fajas transportadoras; como objetivos específicos tuvo determinar los parámetros, las variables de ingeniería, y la tecnología de automatización para controlar automáticamente el proceso de fajas transportadoras basado en un PLC. El tipo de investigación fue aplicada y su diseño fue experimental porque se efectuó la implementación a través de un prototipo. La metodología seguida consistió en elegir una plataforma tecnológica Siemens; se determinó el esquema y modo de control, determinando los componentes de cada elemento necesario para el funcionamiento de la faja transportadora; se elaboró los diagramas de flujo, diagramas de conexiones, diagramas de mando y fuerza, cuya configuración se realizó mediante la plataforma TIA Portal V15. El protocolo de comunicación PROFINET permite realizar el control y supervisión del proceso de manera local y remota, asimismo el controlador y la interfaz tomaran control de los dispositivos mecánicos, eléctricos y electrónicos instalados en los dos prototipos de fajas transportadoras. Se determinaron los parámetros y variables que permitieron controlar automáticamente el proceso de traslado de minerales mediante fajas transportadoras y se verificó su operatividad.

Palabras claves: Automatización; Faja transportadora; Programación Ladder; Protocolo de comunicación PROFINET.

ABSTRACT

The general objective of this thesis was to design and implement a prototype to automate the mineral transport process through conveyor belts; as specific objectives it had to determine the parameters, the engineering variables, and the automation technology to automatically control the process of conveyor belts based on a PLC. The type of research was applied and its design was experimental because the implementation was carried out through a prototype. The methodology followed consisted of choosing a Siemens technology platform; The scheme and control mode were determined, determining the components of each element necessary for the operation of the conveyor belt; Flow diagrams, connection diagrams, command and force diagrams were drawn up, the configuration of which was carried out using the TIA Portal V15 platform. The PROFINET communication protocol allows the process to be controlled and supervised locally and remotely. Likewise, the controller and the interface will take control of the mechanical, electrical and electronic devices installed in the two prototypes of conveyor belts. The parameters and variables that allowed the automatic control of the mineral transfer process through conveyor belts were determined and its operability was verified.

Keywords: Automation; Conveyor belt; Ladder programming; PROFINET communication protocol.

INTRODUCCIÓN

Los avances de la tecnología de control de procesos nos permiten desarrollar soluciones tecnológicas. Los conocimientos académicos y tecnologías emergentes permiten optimizar el control de procesos industriales que aun en algunas instalaciones industriales continúan con sistemas de control automático convencionales.

Con el desarrollo de aplicaciones y tecnologías es posible mejorar el traslado de minerales que se analiza y soluciona en la presente tesis.

La tesis a desarrollar hará uso de plataformas tecnológicas existentes en el mercado mundial y en particular de los dispositivos HMI KTP700 y S7 1200, como dispositivos principales.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

Hoy en día el mercado es muy competitivo, son cada vez muchas más organizaciones las que optan por automatizar procesos de producción, en este contexto las empresas mineras de nuestra región tienden a automatizar todos los procesos producción de minerales desde su extracción hasta su traslado para el apilamiento, nosotros no avocaremos a la última parte del proceso que es la del traslado de minerales a las zonas de apilamiento.

En la actualidad las empresas mineras y operadores portuarios tienden a realizar esta etapa de traslado de minerales/materiales mediante fajas transportadoras, estas fajas requieren de un control automatizado en las etapas de diseño y operación deben considerar la detección de problemas y solución de los mismos mediante la instalación de herramientas de supervisión y control del proceso. Donde la intervención del ser humano debe ser utilizada solo para casos planificados como son el mantenimiento preventivo y correctivo.

Un ejemplo de traslado de minerales lo podemos ver en las empresas mineras de nuestra región: Las Bambas, Hudbay, Cerro Verde, Southern Perú (Cujane - Toquepala) Antapaccay y otros; asimismo operadores portuarios a nivel nacional (Tisur).

En base a lo mencionado se requiere diseñar e implementar un prototipo que simule el proceso de traslado de minerales mediante fajas transportadoras, para el diseño e implementación de este prototipo consideraremos todas las disciplinas de la ingeniería eléctrica, electrónica, mecánica.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

Mediante la automatización podemos optimizar los procesos industriales para los casos de extracción y apilamiento de minerales. Para ello formulamos la siguiente pregunta:

¿Cómo influye en el diseño e implementación de un prototipo que automatice el proceso de traslado de minerales a un almacén de concentrados mediante fajas transportadoras, la utilización del Controlador Simatic S7 1200 en el año 2021?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo el dimensionamiento de los dispositivos de control del prototipo de automatización, permite optimizar el proceso de traslado de minerales para su almacenaje?
- ¿Cómo la configuración de los componentes del prototipo de sistema de control propuesto en la Plataforma TIA PORTAL, permite una interconexión eficiente con el controlador programable S7 1200?
- ¿Cómo la implementación de un prototipo para la automatización del proceso de traslado de minerales basado en el protocolo de Comunicación PROFINET, facilita la integración tecnológica con las plataformas existentes en el laboratorio de automatización de la EPIE?

1.3. Justificación

El proceso de traslado de minerales en estos últimos tiempos se ha incrementado ya que tenemos en nuestra región sur tenemos diferentes unidades mineras y puertos para almacenaje de minerales tales como: Las Bambas, Antapaccay, Hudbay, Cerro Verde, Southern Perú, TISUR etc., y estas Unidades mineras depositan sus minerales en los distintos almacenes y/o galpones del puerto de embarque (TISUR) para su posterior exportación

Actualmente en el puerto de Matarani (TISUR), esta labor se viene realizando de manera hombre - máquina y como se ha descrito este tipo de operación conlleva a la disposición de ser humano en todas las etapas de operación del proceso, como sabemos esta actividad es muy riesgosa para el ser humano en temas de salud y errores en la operación.

Con la automatización llegaremos a obtener ciertos aspectos como:

- *Minimizar costos:*

Los costos de operación se reducirán debido a que el número de horas hombre se reducirá en gran proporción. El tiempo efectivo de operación y funcionamiento será más rápido y programado.

- *Se minimiza el número de errores:*

La etapa de diseño debe considerar todos los posibles errores que puedan ocurrir en la etapa de operación y funcionamiento. Si ocurren, deberán ser solucionados en tiempo real mediante sistemas de supervisión remota y control del proceso (Scada, HMI).

- *Aumentar de forma significativa la velocidad del funcionamiento:*

La velocidad y disponibilidad de las fajas transportadoras de minerales puede ser programada según necesidades de traslado, almacenaje o producción.

- *Posibilidad de conseguir informes:*

Mediante sistemas de base de datos se puede obtener auditoria de los dispositivos en funcionamiento y emitir informes para la planificación y toma de decisiones.

- *Realizar seguimiento:*

Permite seguir la trazabilidad del proceso en todo momento.

- *Control de resultados en tiempo real:*

Mediante el diseño de un sistema de supervisión y control remoto del proceso; además de un sistema de base de datos la información para su análisis estará disponible en tiempo real las 24 horas del día.

- *Toma de decisiones:*

Se dispondrá de información en el momento requerido para la toma de decisiones oportuna.

- *Para el estudiante de la EPIE:*

Tendrá materiales de consulta bibliográfica y de laboratorio (prototipo), que le permitirá conocer el proceso de transporte de mineral mediante fajas transportadoras, así como conocer las etapas de diseño, diagramas,

funcionamiento, algoritmos para la automatización del proceso automatizado propuesto.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Diseñar e implementar un prototipo que automatice el proceso de traslado de minerales a un almacén de concentrados mediante fajas transportadoras, utilizando el Controlador Simatic S7 1200 en el año 2021.

1.4.2. Objetivos específicos

- Dimensionar los dispositivos de control del prototipo de automatización que permita optimizar el proceso de traslado de minerales para su almacenaje.
- Configurar los componentes del prototipo de sistema de control propuesto en la Plataforma TIA PORTAL, que permita una interconexión eficiente con el controlador programable S7 1200.
- Implementar un prototipo para la automatización del proceso de traslado de minerales basado en el protocolo de Comunicación PROFINET, que facilite la integración tecnológica con las plataformas existentes en el laboratorio de automatización de la EPIE

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

El empleo del controlador programable Simatic S7 1200 facilita la supervisión local y remota de un prototipo de sistema de control automático empleado para el proceso traslado de minerales mediante faja transportadora.

1.5.2. Hipótesis específicas

- El dimensionamiento adecuado de los dispositivos de control del prototipo de automatización asegura que el proceso de traslado de minerales para su almacenaje sea eficiente.

- Una interconexión eficiente entre el módulo de control para en proceso de traslado de minerales y el controlador programable S7 1200, asegura su operatividad
- El uso del protocolo de comunicación PROFINET, garantiza la integración tecnológica del prototipo de sistema de control con las plataformas existentes en el laboratorio de automatización de la EPIE.

CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes del Estudio

Chiu (2018) en su tesis titulada “Diseño de un sistema mecatrónico móvil para monitoreo de condición de fajas transportadoras”, manifiesta que “el presente trabajo tiene como objetivo proponer un diseño mecatrónico que contribuya con la inspección del estado de los elementos mecánicos críticos en las fajas transportadoras en minería” (p.1).

Además, Chiu (2018) a las conclusiones que llegó en su trabajo de investigación, indica que:

Se logró el diseño de un sistema mecatrónico que realiza el monitoreo de los parámetros de la faja transportadora: dimensión de grietas, espesor de la faja y temperatura de los polines y enviarlos a un Servidor.

El sistema mecatrónico tiene la capacidad de desplazarse hacia distintas zonas importantes de la faja transportadora. Dicho desplazamiento lo realiza sobre un riel, el cual se encuentra instalado a la estructura de la faja transportadora.

El sistema mecatrónico, podrá ser tele operado desde una estación de control mediante su integración a sistemas de control distribuidos o SCADA, presentes en el sector minero.

La instrumentación seleccionada cuenta con los grados de protección IP requeridos para su correcta operación en ambientes extremos presentes en el sector minero (p. 72).

Rodríguez y Saravia (2017) en su tesis titulada Automatización en la clasificación del plástico a través de sensores RGB para la planta recicladora de la Municipalidad de Santiago de Surco, indicó lo siguiente:

La presente tesis es una investigación que tuvo por objetivo diseñar un proceso de automatización para dar solución a una de las etapas de reciclaje de plástico en la planta recicladora del distrito de Santiago de Surco, que es la selección de botellas de plástico de acuerdo al color; actualmente este proceso se hace de forma manual; para ello, se implementó un prototipo automatizado que se encargó de la clasificación de las botellas mediante sensores de color RGB.

El prototipo tuvo como función principal seleccionar y clasificar los cuatro colores de botellas más comunes, los cuales son blanco, azul, transparente y verde. Esta clasificación se dio por medio de una faja transportadora, la cual llevará las botellas desde los sensores RGB hasta los actuadores, los cuales segregarán por color detectado.

Todo este proceso de reciclaje fue controlado por un PLC programado en lenguaje Ladder, el cual interpretó las señales que envían los sensores, usando como interfaz un Arduino, para luego mandar una señal que finalizó en el accionamiento de los actuadores que impulsaron la botella de un color específico a su contenedor.

La implementación de este prototipo dio autonomía en el proceso de reciclaje, logrando optimizar los tiempos, aumentando la velocidad y la eficiencia en la selección de botellas de plástico por color (p. 13).

Acuña (2016) en su tesis titulada “Análisis para la implementación de una banda transportadora para mineral En el circuito de chancado de la CIA Minera MAPERU”, manifiesta que:

Elevar la producción anual debido a la creciente demanda del concentrado de zinc, plomo y cobre en el exterior, para ello se ha visto por conveniente incrementar la capacidad de carga en las fajas transportadoras del circuito denominado “AMPLIACION HACIA 7500 TMH” el cual está compuesto en el circuito de chancado con una nueva zaranda secundaria de clasificación, una chancadora terciaria, una faja para el transporte de gruesos incrementando la capacidad, el circuito de chancado está compuesto por una Chancadora primaria, dos chancadoras secundarias, una zaranda primaria, dos zarandas secundarias, nueve fajas transportadoras (p. 6)..

Además, Acuña (2016) dentro de las conclusiones a las que llegó en su trabajo de investigación, manifiesta que:

“la selección de la faja transportadora y el cálculo de los parámetros de diseño, permitieron reducir los índices de contaminación al medio ambiente, asimismo se optimizó, agilizó y alargó el tiempo de vida útil de las fajas transportadoras en el proceso de transporte de mineral asimismo se obtuvo como resultado el funcionamiento de las fajas transportadoras en condiciones críticas los cuales ocurren en el arranque y frenado cuando las fajas se encuentran cargadas de mineral (p.130)

Polo (2008) en su tesis titulada “Diseño e implementación de un registrador de temperatura Rete8 versión 1.0 basado en equipamiento Brainchild” manifestó que:

El proyecto está orientado al diseño de un sistema de control y monitoreo de la temperatura. Este sistema de control está basado en uso de una pantalla táctil HMI, un módulo de entradas de termocuplas y demás equipamiento que permitirá el

diseño e implementación de un sistema de control que lleve a cabo todas las tareas de operación. Todo el sistema se encuentra controlado mediante la pantalla táctil la cual administra la información y realiza las instrucciones necesarias para la operación deseada. La principal ventaja al culminar la implementación de este proyecto será dotar de una herramienta fácil y versátil para monitorear la temperatura de procesos industriales todo esto implementado en un sistema concentrado en un solo mando HMI. Lo cual brindará un mejor desempeño del personal encargado en administrar los procesos productivos de plantas industriales debido a que se podrá observar los cambios de la variable de una manera fácil y rápida (p. 2).

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Fajas Transportadoras

Según Salinero (2013), las fajas transportadoras son elementos auxiliares de las instalaciones, cuya misión es transportar, elevar o distribuir materiales hacia otro punto. Son aparatos que funcionan solos, intercalados en las líneas de proceso y que no requieren generalmente de ningún operario que las manipule directamente de forma continuada (p. 13).

Las fajas transportadoras se usan principalmente para transportar materiales granulados, tanto en la industria agrícola como minera y muchas otras (ver figura 1).

Según la empresa ACORSA PERÚ (2019) en referencia a las ventajas que tienen las fajas transportadoras en comparación con otros sistemas de transporte de materiales son las siguientes:

Permiten el transporte de materiales a gran distancia a un costo por tonelada transportada considerablemente más bajo, se adaptan a cualquier tipo de terreno, tienen una gran capacidad de transporte (hay correas capaces de transportar hasta 20.000 toneladas por hora), permiten transportar una gran variedad de materiales, permiten la carga y descarga en cualquier punto del trazado, se pueden desplazar y no alteran el producto transportado (párr. 3).

Figura 1*Faja Transportadora*

Nota. Tomada de Fajas transportadoras (p.1), ACORSA PERÚ, 2019. Disponible en <https://cutt.ly/OYv0M7N>

Salinero (2013) menciona referente a las cintas transportadoras lo siguiente:

Sirven para el transporte horizontal o inclinado de objetos sólidos o material granel cuyas dos ventajas principales son: - Gran velocidad. - Grandes distancias. Su función más importante, a nivel de transporte, es hacerlo de forma continua tanto de materiales homogéneos como mezclados, a distancias que pueden oscilar entre algunos metros y decenas de kilómetros. Uno de los componentes principales de los transportadores es la banda de goma que ejerce una doble función: - Contener el material transportado. - Transmitir la fuerza necesaria para transportar la carga (p. 13).

2.2.1.1 Faja Transportadora de minerales

Las fajas transportadoras de minerales están compuestas de dispositivos mecánicos, eléctricos y electrónicos, Los cuales para su diseño, construcción y operación se tomarán aspectos relacionados al proceso de transporte de los minerales como son el tipo material, tamaño, peso, velocidad, ruta, sentido de circulación y zonas de almacenaje o apilamiento, Ver figura 2.

Figura 2

Faja Transportadora de Minerales



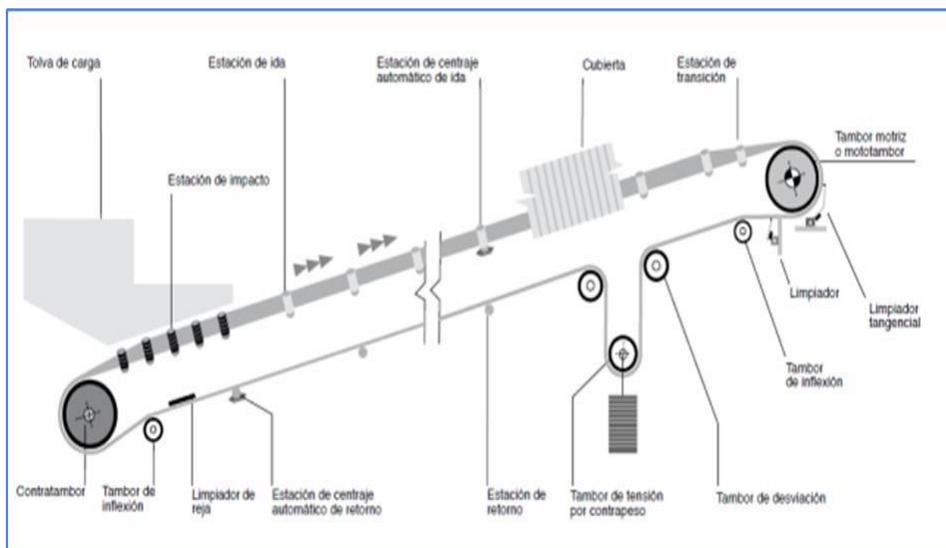
Nota. Tomada de Fajas Transportadoras: ¿Cómo mejoran la productividad minera? (p. 1), Tecnología minera, 2020.

Disponible en: <https://cutt.ly/QYv9Mqq>

2.2.1.2 Partes de las fajas transportadoras

En la figura 3 se muestra los principales componentes de las fajas transportadoras, las cuales se mencionan a continuación:

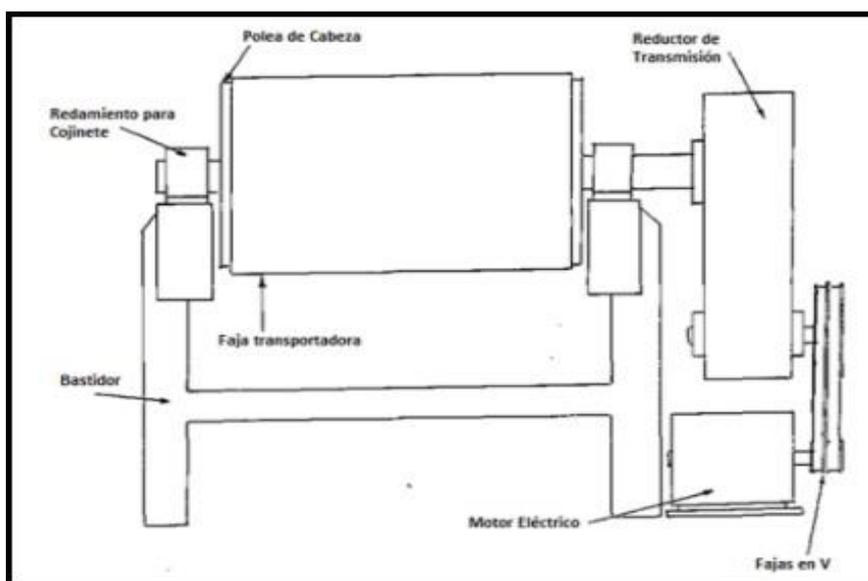
- Marco y base
- Polín de cola
- Polín de cabeza
- Polín de carga
- Polín de retorno
- Motor / reductor
- Cinta transportadora
- Chumacera

Figura 3*Componentes de la Faja Transportadora*

Nota. Tomada de Diseño de una banda transportadora mediante GUIDE de MATLAB, p. 14, por Salinero, 2013.

Disponible en: <https://cutt.ly/YYv4rYf>

En la figura 4 se muestra los elementos que conforman la unidad de transmisión de potencia de una faja transportadora.

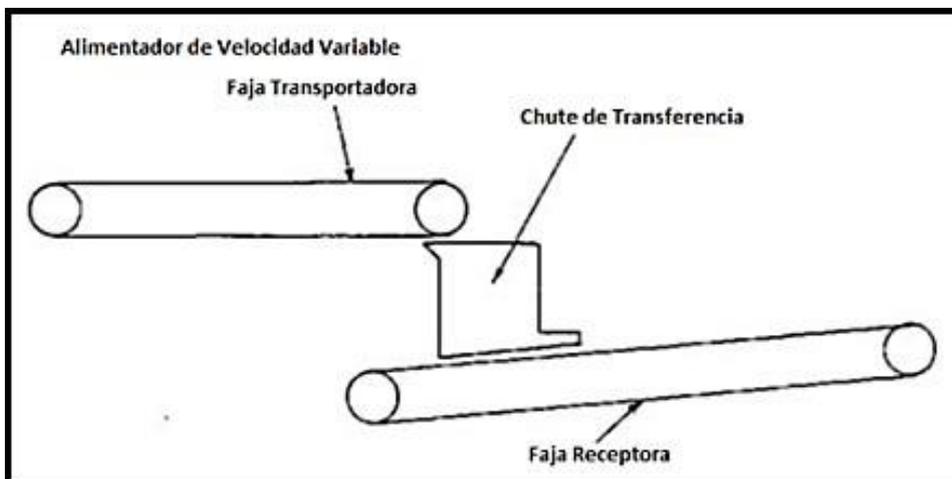
Figura 4*Unidad de Transmisión de Potencia de una Faja Transportadora*

Nota. Tomada de <https://cutt.ly/6Yv4U05>

En la figura 5 se muestra los elementos que conforman la unidad de alimentación de una faja transportadora.

Figura 5

Elementos del Circuito de Alimentación de una Faja Transportadora



Nota. Disponible en: <https://cutt.ly/6Yv4U05>

2.2.2 Controladores Industriales

Son computadoras diseñadas para controlar dispositivos y componentes utilizados para el control de procesos de producción industrial y minero. Cuyas características principales son su robustez, los que toleran ruido, perturbaciones, temperaturas extremas y ambientes hostiles. Así como los niveles de señal eléctrica en sus dispositivos de entrada y salida están normalizados en valores de 0 a 10 Vdc, 0a 5 Vdc, 0 a 20 mA para dispositivos de entrada análogos y 0 a 24 Vdc, para dispositivos de entrada y salida digital.

2.2.2.1 Arquitectura de los controladores industriales

La arquitectura de los controladores industriales contempla las siguientes componentes:

La unidad central de procesamiento” o CPU que contiene la parte de procesamiento del controlador y está basada en un microprocesador que permite utilizar aritmética y operaciones lógicas para realizar diferentes funciones.

Programa o algoritmo de control, encargado de procesar la información y tomar según las condiciones de diseño y control del proceso.

Interfaces de comunicación, son dispositivos encargados de establecer comunicación entre el dispositivo primario y los dispositivos secundarios, haciendo uso de protocolos de comunicación industrial.

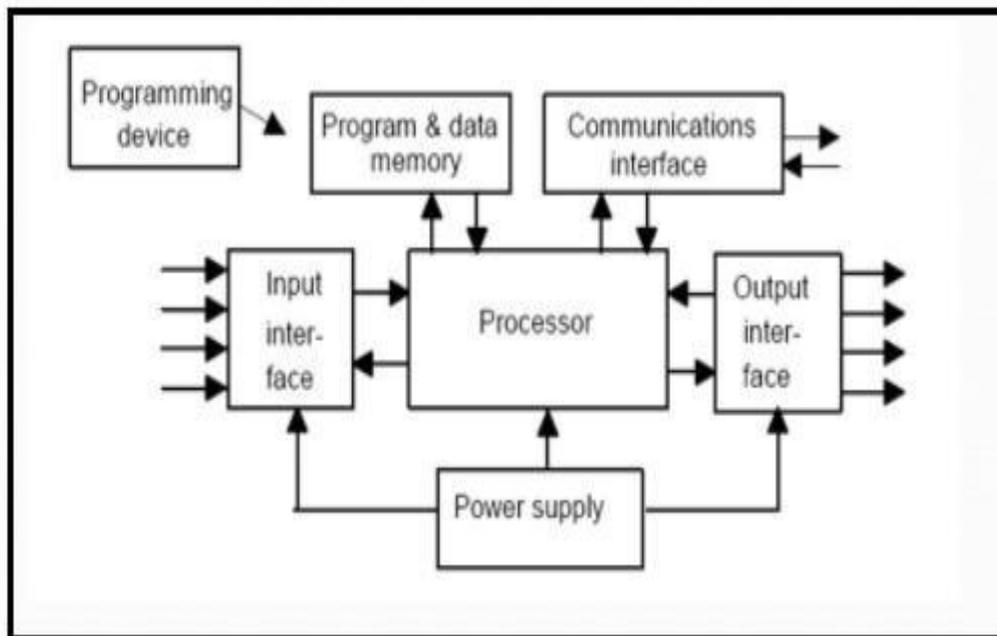
La transferencia de datos y/o direcciones, se realizan mediante los buses siguientes:

- *Bus de datos*, para la transferencia de datos de los componentes individuales.
- *Bus de direcciones*, para aquellas transferencias entre celdas donde se habían guardado datos
- *Bus de control*, para las señales de control de los componentes internos
- *Bus de sistema*, para conectar los puertos con los módulos de E/S.

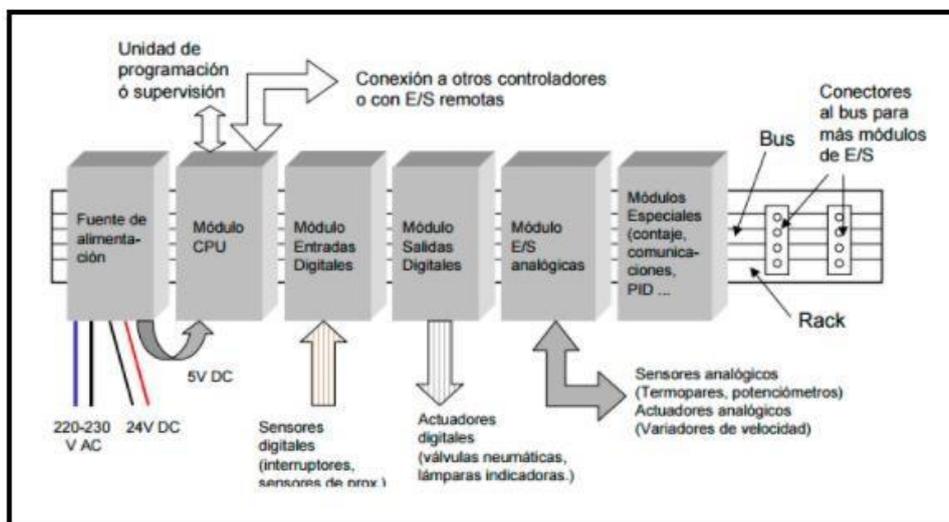
En las figuras 6 y 7 se muestran imágenes referenciales de la arquitectura de los controladores industriales.

Figura 6

Arquitectura del Controlador Industrial



Nota. Disponible em: <https://cutt.ly/YYv7LqG>

Figura 7**Arquitectura de un Controlador Lógico Programable PLC**

Nota. Disponible en: <https://cutt.ly/0Yv5fNf>

2.2.2.2 Controlador Lógico Programable, S7 1200

Los controladores lógicos programables (PLC) de la marca Siemens, son utilizados en numerosas tareas. Su diseño compacto, bajo costo y amplio juego de instrucciones. Los hacen idóneos para controlar una gran variedad de aplicaciones.

El modelo S7-1200 y el software de programación STEP 7, basado en Windows ofrecen la flexibilidad necesaria para solucionar las tareas de automatización de la faja transportadora de minerales objeto de la presente tesis, ver figura 8.

La gama S7-1200 ofrece una gran variedad de módulos de señales y Signal Boards que permiten ampliar las prestaciones de la CPU. También es posible instalar módulos de comunicación adicionales para soportar otros protocolos de comunicación. Posee las siguientes características:

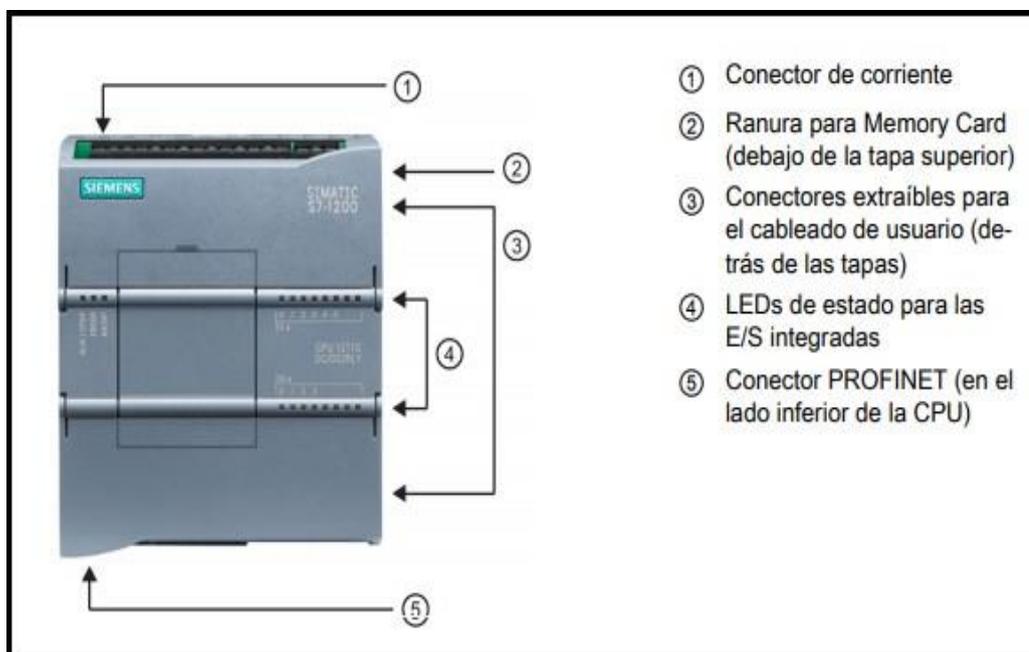
- Un microprocesador
- Una fuente de alimentación integrada
- Circuitos de entrada y salida
- PROFINET incorporado

Hay disponibles módulos adicionales para la comunicación a través de redes y protocolos como los siguientes:

- PROFIBUS
- GPRS
- WAN
- LTE
- RS485
- RS232

Figura 8

Controlador Lógico Programable S7 1200



Nota. Adaptado de Manual de usuario S7 1200, SIEMENS.

Disponible en: <https://cutt.ly/AYv6vsW>

Signal boards:

Una Signal Board (SB) agrega E/S a la CPU. Es posible agregar una SB con E/S digitales o analógicas. Una SB se conecta en el frente de la CPU.

- SB con 4 E/S digitales (2 entradas DC y 2 salidas DC)
- SB con 1 entrada analógica. Ver figura 9.

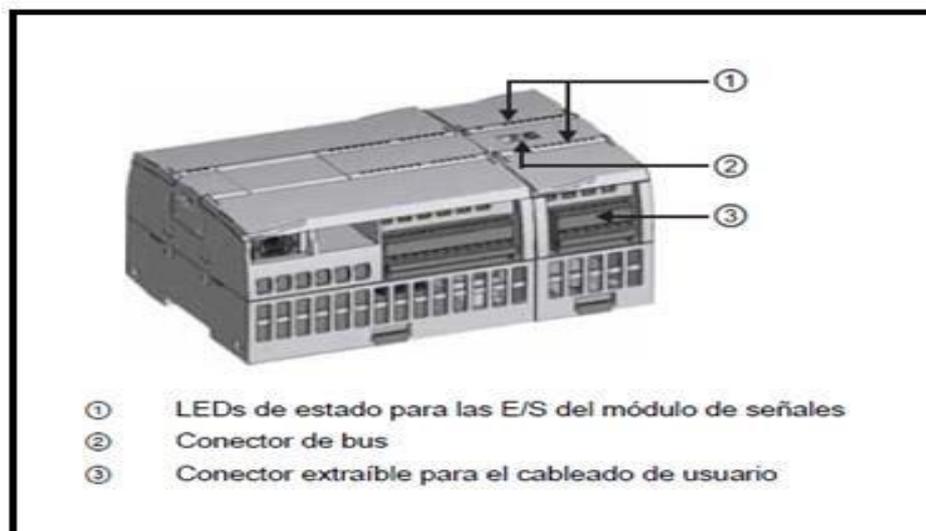
Figura 9*Características del CPU S71200*

Nota. Adaptado de Manual del sistema, SIEMENS.

Disponible en: <https://cutt.ly/AYv6vsW>

Módulos de señales:

Los módulos de señales se pueden utilizar para agregar funciones a la CPU. Los módulos de señales se conectan a la derecha de la CPU, figura 10.

Figura 10*Modulo de Señales del S7 1200*

Nota. Adaptado de Manual del sistema, SIEMENS. Disponible en:

<https://cutt.ly/AYv6vsW>

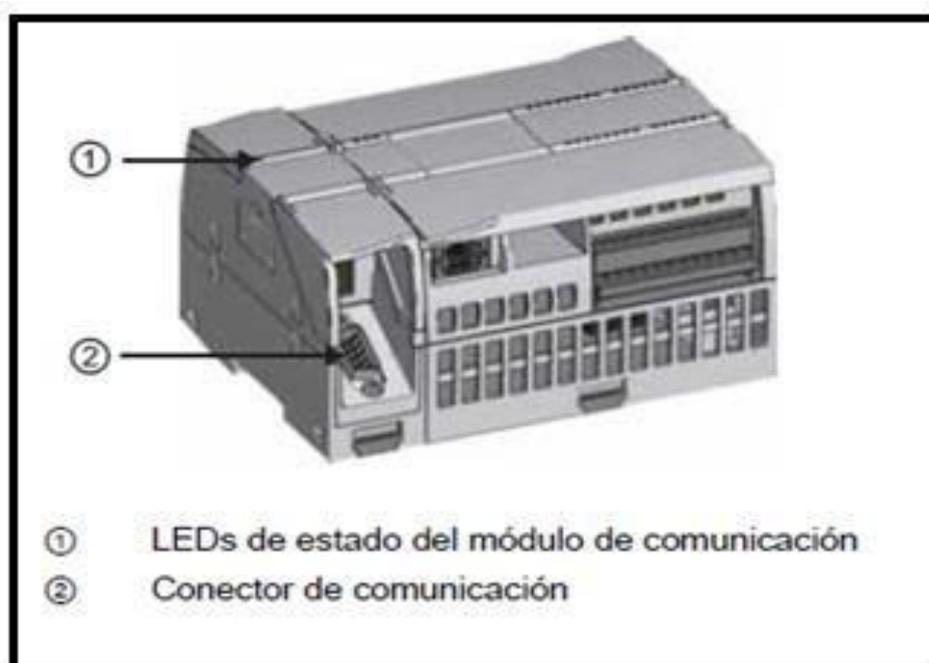
Módulos de comunicación:

La gama S7-1200 provee módulos de comunicación (CMs) que ofrecen funciones adicionales para el sistema. Hay dos módulos de comunicación, a saber: RS232 y RS485. Ver figura 11.

La CPU soporta como máximo 3 módulos de comunicación
Todo CM se conecta en lado izquierdo de la CPU.

Figura 11

Módulos de Señales del S7 1200



Nota. Adaptado de Manual del sistema, SIEMENS. Disponible en:
<https://cutt.ly/AYv6vsW>

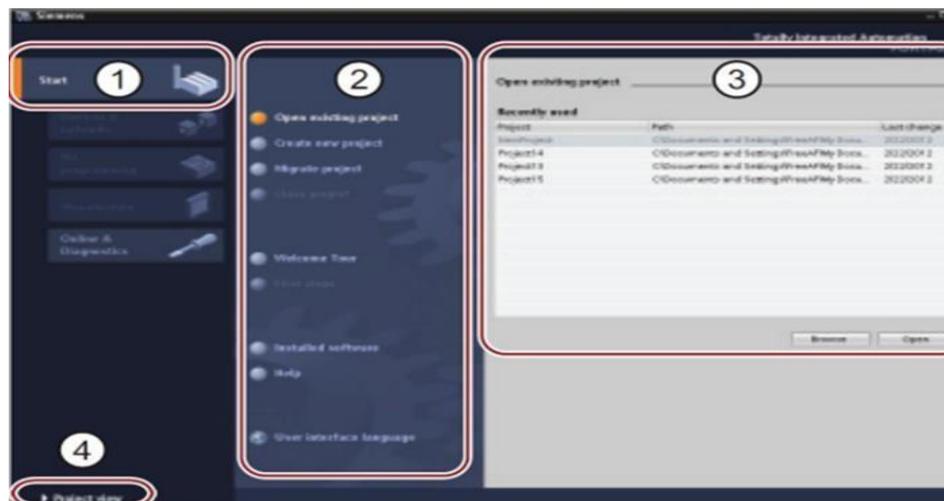
2.2.2.3 Plataforma de programación

TIA PORTAL v.15

Es el portal de programación totalmente integrado, utilizado por STEP 7, el que se usa para programar e interactuar con el controlador S7 1200. Ver figura 12.

Figura 12

Plataforma TIA PORTAL V.15



Nota. Adaptado de Manual de usuario S7 1200, SIEMENS, 2014.
 Disponible en: <https://cutt.ly/7YbeJOK>

Nos permite un acceso completo a la automatización de procesos digitales desde la planeación e ingeniería hasta la puesta en marcha y operación del proceso

2.2.2.4 Lenguaje de Programación Ladder (KOP)

Tiene diversas denominaciones como lenguaje escalera y lenguaje de contactos, es un lenguaje de programación en entorno gráfico muy amigable basado en esquemas eléctricos. Tales como los contactos normalmente abiertos, cerrados, bobinas las que combinadas dan segmentos de programación. Para crear la lógica de operaciones complejas, es posible insertar ramas para los circuitos paralelos. Estas se abren hacia abajo o se conectan directamente a la barra de alimentación, las ramas se terminan hacia arriba. En la figura 13 se muestra un ejemplo de un diagrama de contactos.

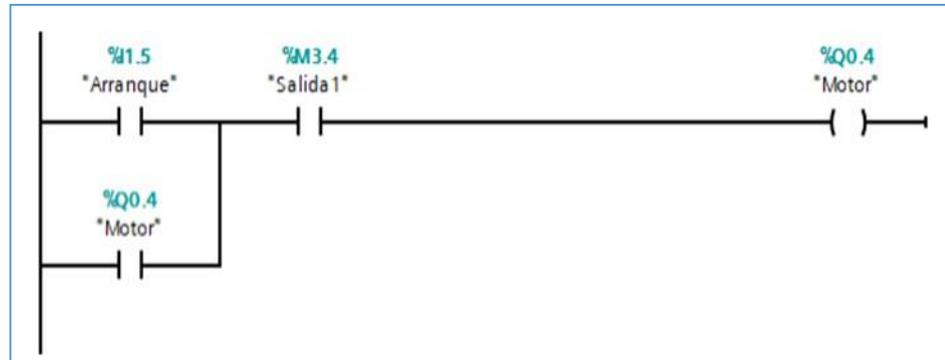
KOP ofrece instrucciones con cuadros para numerosas funciones, p. ej. Matemáticas, temporizadores, contadores y transferencia. Tenga en cuenta las reglas siguientes al crear segmentos KOP:

- Todo segmento KOP debe terminar con una bobina o cuadro. No termine un segmento con una instrucción de comparación ni de detección de flancos (ascendentes o descendientes).

- No se permite programar ramas que puedan ocasionar un flujo invertido de la corriente.

Figura 13

Lenguaje Ladder, Diagrama de Contactos



Nota. Tomada de Apuntes para el uso básico del PLC S7-1200, p. 60, por A. Espino, 2019. Disponible en: <https://cutt.ly/zYbyzR9>

La figura 14 muestra Instrucciones, simbología y descripción empleados por el lenguaje Ladder.

Figura 14

Instrucciones, Simbología, y Descripción del Lenguaje Ladder

Simbología	Nombre	Descripción
	Contacto NO	"Se activa cuando hay un uno lógico en el elemento que representa, esto es, una entrada, una variable o un bit de sistema". (Siemens, 2014, pág. 211)
	Contacto NC	"Su función es similar al contacto NA anterior, pero en este caso se activa cuando hay un cero lógico. Cosa que debería de tenerse muy en cuenta a la hora de su utilización". (Siemens, 2014, pág. 212)
	Bobina NA	"Se activa cuando la combinación que hay a su entrada da un uno lógico. Su activación equivale a decir que tiene un uno lógico. Suele representar elementos de salida, aunque a veces puede hacer el papel de variable interna". (Siemens, 2014, pág. 211)
	Bobina NC	"Se activa cuando la combinación que hay a su entrada da un cero lógico. Su activación equivale a decir que tiene un cero lógico. Su comportamiento complementario al de la bobina NA". (Siemens, 2014, pág. 212)

Nota. Tomada de Manual de usuario S7 1200, SIEMENS. Disponible en: <https://cutt.ly/AYv6vsW>

2.2.3 Comunicaciones Industriales

Los sistemas de comunicación en la industria son operados de acuerdo a los niveles de comunicación, estos niveles son definidos en el modelo CIM (Computer Integrated Manufacturing - Manufactura Integrada por Computadora), El modelo también establece los conceptos de la jerarquización de comunicaciones industriales que se derivan de éste, los que servirán de base para posicionar los buses de campo en el entorno industrial.

2.2.3.1 Modelo de Automatización CIM

Dada las exigencias de los procesos productivos, estos se han estructurado de manera de hacerlos más eficientes. De este modo, se utilizan modelos jerárquicos para la implantación de sistemas automatizados, siendo CIM uno de los modelos más difundidos en la actualidad.

2.2.3.2 Objetivos de CIM

CIM es un modelo de automatización jerárquico que busca incrementar la eficiencia de todos los componentes de la empresa, relacionados con la producción, definiendo los siguientes objetivos:

- Aumentar la flexibilidad
- Mejorar la calidad del producto
- Reducir los costos
- Reducir el tiempo y el número de pasos empleados en la fabricación
- Aumentar la confiabilidad del sistema

2.2.3.3 Concepto de CIM

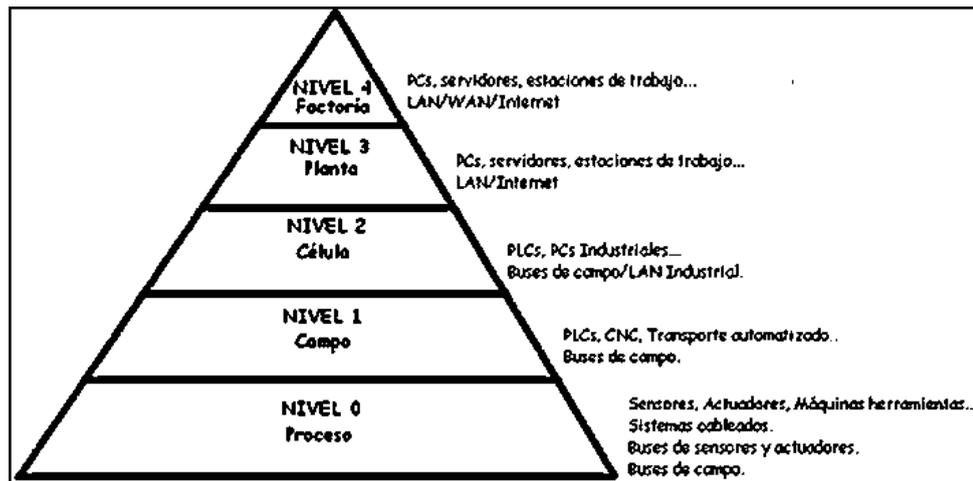
CIM se refiere a la manufactura automatizada, al transporte automatizado de piezas y materiales, usando las tecnologías computarizadas en todas las etapas de producción de un producto, desde el diseño a la fabricación y el control de calidad. El modelo CIM considera la factoría (sistema de manufactura) como un todo, recogiendo la automatización de cada actividad y las relaciona entre sí formando un bloque único. Además, se estructuran las aplicaciones de un modo jerárquico

dividiendo las tareas de control en distintos niveles funcionales. Como ejemplo, se muestra en la figura 15.

Un modelo CIM de 5 niveles de la arquitectura de aplicación definido por el National Bureau of Standards (NBS) de los Estados Unidos.

Figura 15

Modelo Manufactura Integrada por Computadora (CIM)



Nota. Tomada de Análisis y estudio de comunicaciones industriales para implementar arquitectura de comunicaciones, p. 9, por R. Caler, 2015. Disponible en: <https://cutt.ly/ZYbiBzB>

En un modelo CIM, cada nivel se caracteriza por llevar a cabo labores específicas, asociada a ello un tipo de información y de procesamiento diferente. De ahí, queda determinada la jerarquía a la cual pertenece una red. Cada red gobierna las funciones del nivel inferior y sirve de interfaz al nivel superior (integración del proceso automatizado). El flujo de la información fluye tanto en sentido horizontal (dentro de su propio nivel) como en sentido vertical (a un nivel superior o inferior).

- Nivel de Empresa (nivel 5): Este es el nivel superior y en él se realizan funciones de gestión de la empresa. Se establecen las políticas de producción del conjunto de la empresa en función de los recursos y costes del mercado.
- Nivel de Control de Factoría: A este nivel corresponden las funciones de planificación de la producción del conjunto de la factoría. También se encuentran los elementos de oficina técnica que mediante herramientas como CAD (Diseño Asistido por Computadora) permiten el diseño de

productos y elaboración automática de programas para los elementos de fabricación (ingeniería). También, en este nivel se efectúan funciones de control de materiales y recursos. Se generan órdenes de ejecución hacia el nivel de célula en base a las indicaciones del nivel de factoría. Funciones de elaboración de secuencias de producción, secuenciado de tareas y coordinación de recursos en la planta.

- Nivel de Control de Célula: Se realizan funciones de coordinación de máquinas y operaciones. En él se sitúa el sistema de control que secuencia y controla una tarea específica. Gestiona los recursos y materiales dentro de la propia célula.
- Nivel de Control de Máquina: En este nivel se efectúa el control de operaciones de los dispositivos de fabricación. Se encuentra en este nivel el controlador de cada recurso individual, ej. Máquinas-herramienta, robots, sistemas de medición, sistemas de transporte.
- Nivel de Sensor y Actuador: En este nivel se ubican los dispositivos de campo que interactúan con el proceso tales como sensores y actuadores.

2.2.3.4 Arquitecturas de comunicación basadas en CIM

Diferentes arquitecturas de comunicación para la industria se han desarrollado de acuerdo con el concepto de CIM, siguiendo un modelo de jerarquización de redes. Éstas distinguen generalmente 3 niveles de comunicación que son:

- Nivel de Información
- Nivel de Control
- Nivel de Dispositivo

Estos niveles son equivalentes con los 5 niveles de CIM, descritos anteriormente. Entre las arquitecturas que actualmente se han desarrollado, se pueden mencionar las siguientes dos:

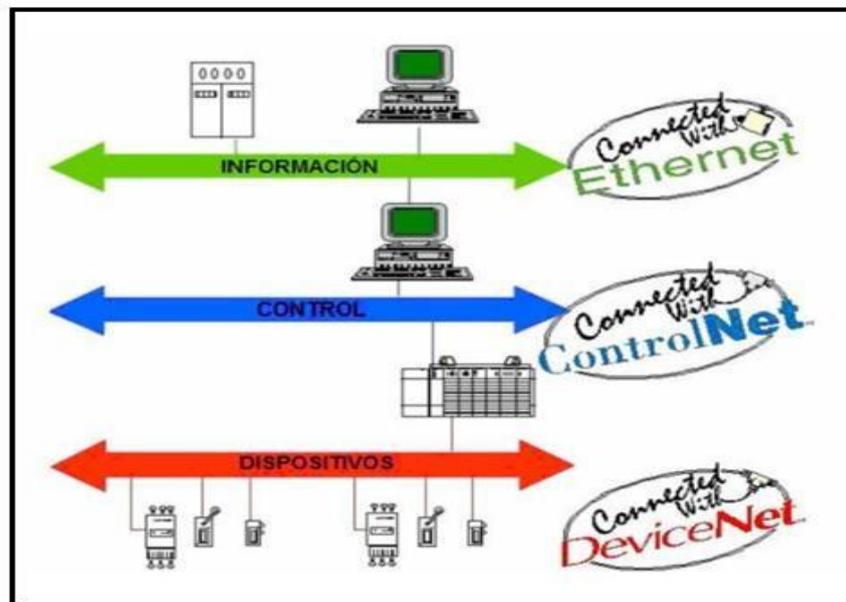
- NetLinx
- SINEC

2.2.3.5 Arquitectura NetLinx

La arquitectura de comunicación integrada NetLinx, es desarrollada por la empresa Rockwell-Automation e impulsada por las asociaciones ODVA (Open DeviceNet Vendor Association) y ControlNet International. En los capítulos posteriores se tratan en más detalle estas organizaciones. En la figura 16 se muestra la composición de la arquitectura NetLinx.

Figura 16

Arquitectura NetLink Basada en el Modelo CIM



Nota. Tomada de Arquitectura integrada en acción, p. 20, por H. Montes, 2014. Disponible en: <https://cutt.ly/xYQZ1Cp>

Puede observarse en la figura 16 que la arquitectura NetLinx se compone de los tres niveles jerárquicos que son: Información, Control y Dispositivo. Además, se observa que para cada nivel, se asigna una red. Estas redes son:

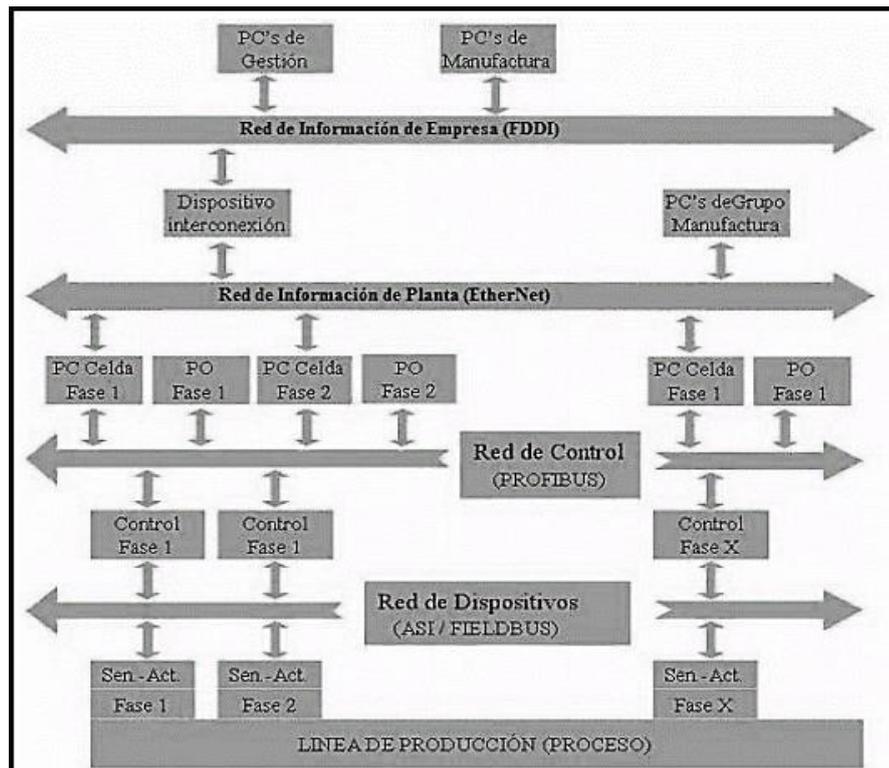
- EtherNet/IP (Nivel de Información)
- ControlNet (Nivel de Control)
- DeviceNet (Nivel de Dispositivo)

2.2.3.6 Arquitectura SINEC

La arquitectura de comunicación integrada SINEC es desarrollada e impulsada por la empresa alemana Siemens. En la figura 17 se muestra la composición de la arquitectura SINEC.

Figura 17

Arquitectura SINEC Basada en el CIM



Nota. Tomada de El modelo CIM y jerarquía de redes de comunicación en la industria, p. 7, 2007. Disponible en: <https://cutt.ly/IYbaG6N>

Puede observarse en la figura 17 que la arquitectura SINEC, se compone de los tres niveles jerárquicos que son: Información, Control y Dispositivo, se observa que, para cada nivel, a su vez, tiene asignada una red. Estas redes son:

- FDDI (Nivel de Información, de Empresa)
- EtherNet (Nivel de Información, de Planta)
- Profibus (Nivel de Control)
- Profinet (nivel de campo)

- AS-I/Fieldbus Foundation (Nivel de Dispositivo)

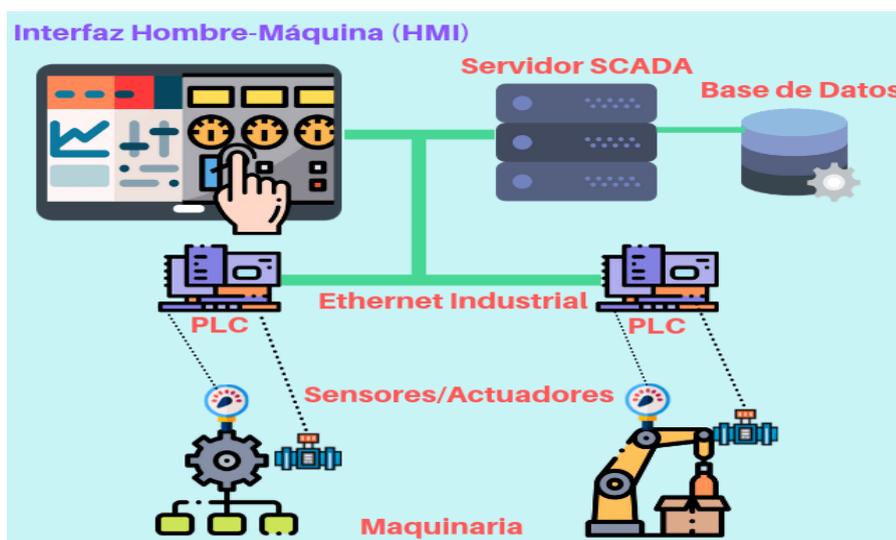
2.2.4 Interfaz hombre máquina (HMI)

La interfaz HMI (Human Machine Interface), interfaz hombre máquina, son dispositivos que permiten la interacción entre las máquinas y los hombres aplicados a procesos de automatización de procesos.

Las ventanas HMI puede ser implementado en computadoras personales, controladores dedicados, micro controladores y controladores industriales. La supervisión y control del proceso se realiza por medio de dispositivos como tarjetas de entrada y salida en las computadoras, controladores, PLC o tarjetas para tal efecto. Los dispositivos de control deben tener comunicación entre el proceso y los dispositivos HMI haciendo uso de protocolos de comunicación que entiende el HMI.

Figura 18

HMI en una Red



Nota. Disponible en: <https://cutt.ly/6YnyWQM>

2.2.4.1 Tipos de HMI

Se tienen los siguientes:

- Desarrollo de sistemas en entorno de programación gráfica como son VC++, Visual Basic, Delphi, et).

- Software de control y supervisión que adoptan los sistemas SCADA como son FIX, WinCC, Wonderware, etc.

2.2.4.2 Funciones de un Software HMI

- *Monitoreo*

Es la habilidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real. Estos datos se pueden mostrar como números, texto o gráficos que permitan una lectura más fácil de interpretar.

- *Supervisión*

Permite junto con el monitoreo la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente desde la computadora.

- *Alarmas*

Es capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportar estos.

- *Control*

Es la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores del proceso y así mantener estos valores dentro de ciertos límites. O valores preestablecidos de acuerdo al modo en el cual se desea que el proceso funcione para mantener las variables en los valores deseados.

- *Históricos*

Es la capacidad de muestrear y almacenar en archivos, datos del proceso a una determinada frecuencia.

2.2.4.3 Estructura general de un software HMI

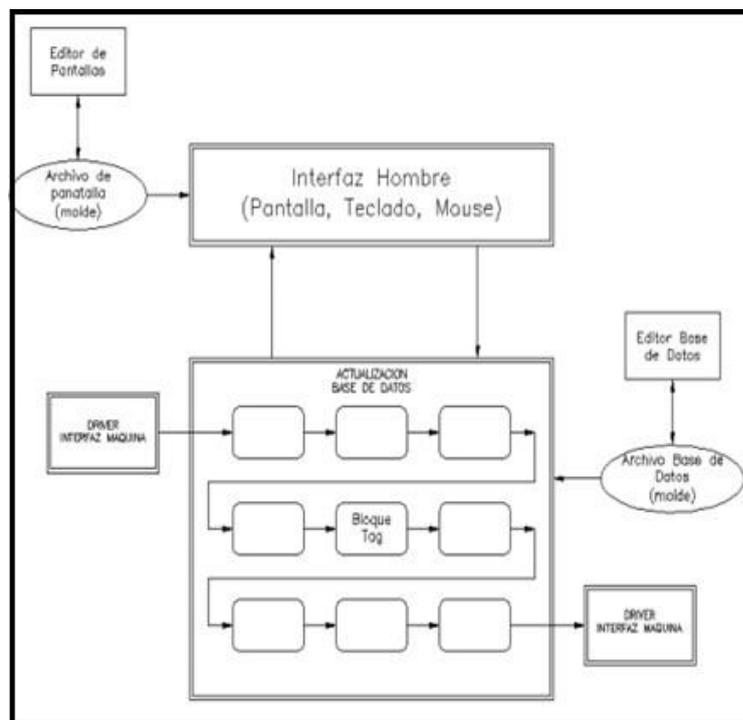
Según Polo (2008) referente a la interacción Hombre-Máquina (IHM), manifiesta que:

Tiene como objeto de estudio el diseño, la evaluación y la implementación de sistemas interactivos de computación para el uso humano, así como los principales fenómenos que los rodean. Dado que este es un campo muy amplio, han surgido áreas más especializadas, entre las cuales se encuentran Diseño de Interfaces de Usuario, Arquitectura de Información y Usabilidad (p. 1)

La figura 19 muestra la estructura general de una Interfaz Hombre-Máquina (HMI) y la figura 20 muestra una pantalla HMI Simatic de Siemens.

Figura 19

Estructura General del HMI



Nota. Tomada de Diseño e implementación de un registrador de temperatura Rete8 versión 1.0 basado en equipamiento Brainchild, p. 2, por R.C. Polo, 2008.

Disponible en: <https://cutt.ly/yYnrIR5>

Figura 20
HMI Siemens



Nota. S7/HMI Guía de usuario de SIMATIC Automation Tool V3.0,2017. Disponible en: <https://cutt.ly/BYnuTOY>

2.2.5 Sistemas Supervisor Controlador y Adquisición de Datos (SCADA)

Los sistemas SCADA (supervisor controlador y adquisición de datos), son aplicaciones de software capaces de supervisar y controlar procesos de manera remota, además de la adquisición de datos del proceso.

Estas herramientas de software son diseñadas específicamente para operar con máquinas construidas para trabajos de control de procesos como son los PLCs, y el proceso en si, por medio de protocolos de comunicación industrial.

La adquisición de datos puede realizarse de distintas maneras entre ellas tenemos:

- Un controlador lógico programable recibe la información proveniente de los dispositivos de campo y este envía esta información hacia el dispositivo de supervisión y control HMI, por medio de un protocolo de comunicación.
- Otra manera sería a través de los buses de campo, estos trasladan la información proveniente de los dispositivos de campo (sensores y actuadores), por medio del bus de campo hacia los controladores industriales.

Los sistemas SCADA, permiten a los operadores de control de procesos no solo la supervisión y control del proceso en tiempo real sino también tomar

decisiones en cuanto a optimizar, mejorar el proceso e interactuar con el proceso en caso se activen alarmas que alteren a este. Todo ello a través de una interfaz gráfica que permiten de manera visual tener el control del proceso de producción.

Los sistemas SCADA deben ser capaces de realizar las siguientes funciones:

- Generar datos históricos de las incidencias del proceso de tal manera que se pueda tener la información del proceso en caso sea necesario para la toma de decisiones.
- Ejecutar acciones que sean capaces de modificar el programa de control cuando se lo requiera de tal manera que la puesta en marcha o parada del proceso pueda realizarse de manera remota o local.
- Realizar acciones de control contra alarmas que ayudaran a los operadores de control de procesos tomar las acciones para solucionar los eventos presentados o especificar a los operadores de campo tomar las acciones correctivas en lugar de la incidencia o fallo.
- Ser capaces de realizar programación numérica, através de instrucciones de cálculo sobre el programa de control y por consiguiente con el controlador o CPU.

2.2.5.1 Funciones Principales de los sistemas SCADA

Los sistemas SCADA deben ser capaces de cumplir las siguientes funciones:

- *Supervisión remota de instalaciones y equipos*

Permitirá al operador de control de procesos tener en tiempo real información en cuanto al estado de las instalaciones y los equipos instalados y así permitirá el planeamiento de las operaciones de mantenimiento o tomar acciones de corrección a los fallos ocurridos.

- *Control remoto de las instalaciones y equipos.*

Por medio de este se podrá tomar control remoto y local de los sistemas que permitan la marcha o paro del proceso accionando sensores o actuadores de la planta, de esta manera se podrá tomar el control de modo manual o automático del proceso.

- *Procesamiento de datos*

Los sensores y actuadores recabarán la información del sistema y estos deberán ser capaces de ser procesados para la toma de decisiones a través de elementos de comparación con eventos anteriores, análisis de las señales con otras señales de referencia lo que dará como resultado una operación del proceso confiable y seguro.

- *Visualización grafica dinámica*

Mediante esta función los operadores tendrán la capacidad de analizar los procesos en tiempo real, lo que les dará la sensación de estar presentes en la ubicación de la planta. Estas graficas pueden ser curvas de reacción, tablas estadísticas, gráficos de diseño de la planta.

- *Generación de reportes*

Esta función permite la generación de informes con datos estadísticos del proceso en un tiempo determinado por el operador.

- *Almacenamiento de información histórica*

Esta función permite almacenar datos adquiridos, esta información puede analizarse posteriormente, el tiempo de almacenamiento depende el operador o el autor del programa.

- *Programación de eventos*

Esta función permite programar subprogramas que brinden automáticamente reportes, estadísticas graficas de curvas, activación de tareas automáticas, etc.

2.2.5.2 Elementos del sistema SCADA

Cuentan con los siguientes elementos, ver figura 21:

- *Interfaz hombre maquina*

Es el entorno visual que brinda el sistema para que el operador se adapte al proceso desarrollado por la planta. Permite la interacción del ser humano con los medios tecnológicos implementados.

- *Unidad central (MTU)*

Ejecuta las acciones de mando programadas en base a los valores actuales de las variables medidas. La programación se realiza por medio de bloques de programa en lenguajes de programación. Encargado también del almacenamiento y proceso de ordenado de los datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.

- *Unidad remota (RTU)*

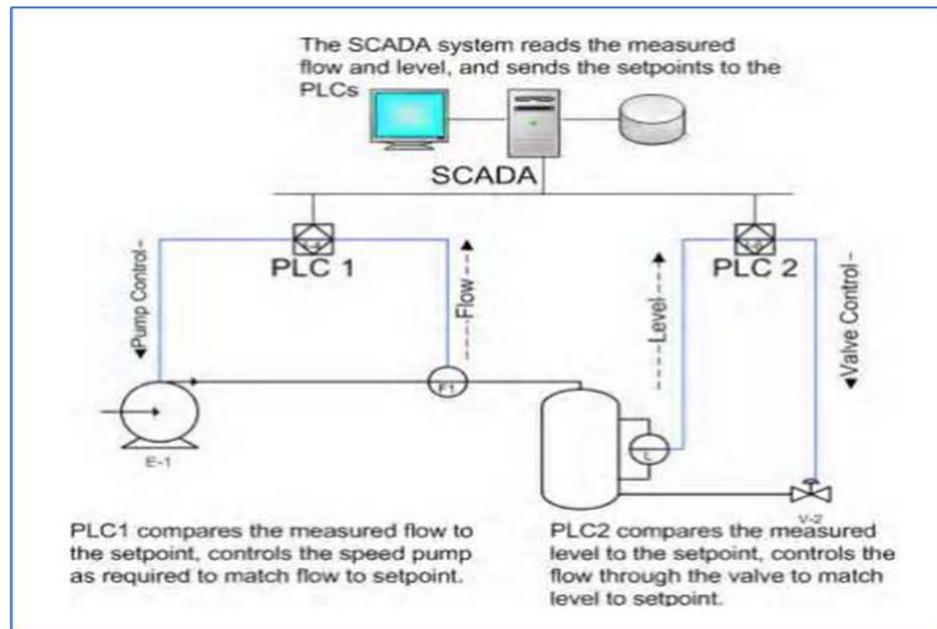
Es todo elemento que envía algún tipo de información a la unidad central. Es parte del proceso productivo y necesariamente se encuentra ubicado en la planta.

- *Sistema de comunicaciones*

Se encarga de la transferencia de información del punto donde se realizan las operaciones, hasta el punto donde se supervisa y controla el proceso. Lo conforman los transmisores, receptores y medios de comunicación.

- *Transductores*

Son elementos que permiten la conversión de una señal física en una señal eléctrica. Su calibración es muy para la obtención del valor medio real.

Figura 21*Elementos de un Sistema SCADA*

Nota. Tomada de Diseño e implementación de un registrador de temperatura Rete8 versión 1.0 basado en equipamiento Brainchild, p. 2, por R.C. Polo, 2008. Disponible en: <https://cutt.ly/yYnrIR5>

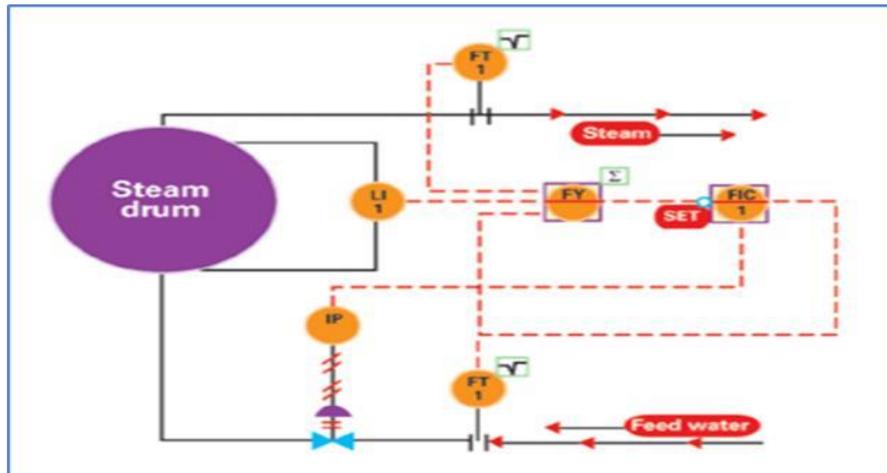
2.2.6 Instrumentación industrial

La norma ANSI/ISA S5.1, es la norma utilizada para realizar el diseño de ingeniería de un proceso industrial, petrolero, minero, etc.

La norma ANSI/ISA S5.1, entre sus alcances nos proporciona los diseños de simbología de instrumentos y señales, tuberías y ductos, índice de distribución de instrumentos, diagramas de lazos, P&ID, diseño de gráficos, sistemas de seguridad, tal como se ilustra en la figura 22.

Figura 22

Diagrama de Tuberías e Instrumentación (P&ID)



Nota. Tomada de Tutorial de Norma ISA S5.1, p. 15, por J. Carballo y D. Romero, 2011. Disponible en: <https://cutt.ly/6YnhJ2A>

a. *Símbolos y funciones de dispositivos*

Los dispositivos y las funciones que son representadas por estos símbolos de burbuja son mostrados en la Tabla 1.

Tabla 1

Tabla referencial de símbolos y funciones de instrumentos

No.	Shared display, Shared control (1)		C	D	Location & accessibility (6)
	A	B			
	Primary Choice or Basic Process Control System (2)	Alternate Choice or Safety Instrumenter System (3)	Computer Systems and Software (4)	Discrete (5)	
1					<ul style="list-style-type: none"> • Located in field. • Not panel, cabinet, or console mounted. • Visible at field location. • Normally operator accessible.
2					<ul style="list-style-type: none"> • Located in or on front of central or main panel or console. • Visible on front of panel or on video display. • Normally operator accessible at panel front or console.

Nota. Basada en la Norma ANSI/ISA S5.1. Extraída de Tutorial de Norma ISA S5.1, p. 15, por J. Carballo y D. Romero, 2011. Disponible en: <https://cutt.ly/jYnktsf>

b. Los instrumentos primarios

Los instrumentos primarios son aquellos con los que se realizan mediciones, seguimiento, control o cálculo de los dispositivos y hardware. Ver tabla 2.

Así mismo, desarrollan funciones propias y funciones de software. La tabla 3 muestra los símbolos de los tipos de señales.

Tabla 2

Tabla Referencial de Símbolo de Elementos Primarios

	No	Symbol (4)	Description
Analysis	1		<ul style="list-style-type: none"> • Conductivity, moisture, etc. • Single element sensing probe.
	2		<ul style="list-style-type: none"> • pH, ORP, etc. • Dual element sensing probe.
	3		<ul style="list-style-type: none"> • Fiberoptic sensing probe.
Burner	4		<ul style="list-style-type: none"> • Ultraviolet flame detector. • Television flame monitor.
	5		<ul style="list-style-type: none"> • Flame rod flame detector.
Flow	6		<ul style="list-style-type: none"> • Generic orifice plate. • Restriction orifice.

Nota. Basada en la Norma ANSI/ISA S5.1. Extraída de Tutorial de Norma ISA S5.1, p. 24, por J. Carballo y D. Romero, 2011.

Disponible en: <https://cutt.ly/jYnktsf>

Tabla 3*Tabla Referencial de Símbolos de Tipos de Señales*

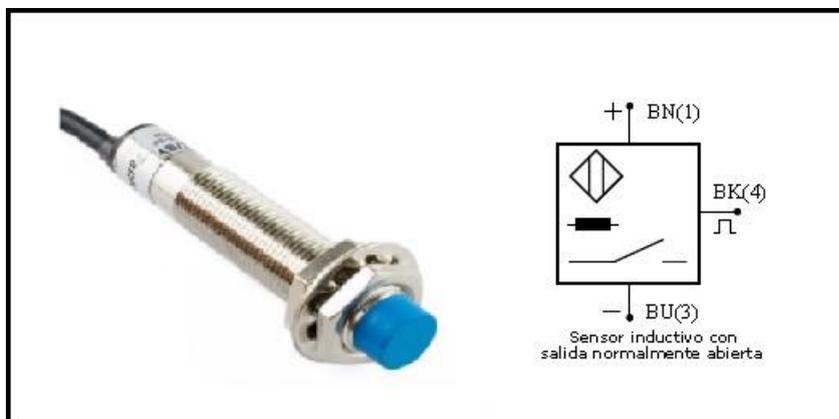
No	Symbol	Application
1	(1) IA 	<ul style="list-style-type: none"> IA may be replaced by PA [plant air], NS [nitrogen], or GS [any gas supply]. Indicate supply pressure as required, e.g., PA-70 kPa, NS-150 psig, etc.
2	(1) ES 	<ul style="list-style-type: none"> Instrument electric power supply. Indicate voltage and type as required, e.g. ES-220 Vac. ES may be replaced by 24 Vdc, 120 Vac, etc.
3	(1) HS 	<ul style="list-style-type: none"> Instrument hydraulic power supply. Indicate pressure as required, e.g., HS-70 psig.
4	(2) 	<ul style="list-style-type: none"> Undefined signal. Use for Process Flow Diagrams. Use for discussions or diagrams where type of signal is not of concern.
5	(2) 	<ul style="list-style-type: none"> Pneumatic signal, continuously variable or binary.
6	(2) 	<ul style="list-style-type: none"> Electronic or electrical continuously variable or binary signal. Functional diagram binary signal.
7	(2) 	<ul style="list-style-type: none"> Functional diagram continuously variable signal. Electrical schematic ladder diagram signal and power rails.
8	(2) 	<ul style="list-style-type: none"> Hydraulic signal.

Nota. Basada en la Norma ANSI/ISA S5.1. Extraída de Tutorial de Norma ISA S5.1, p. 34, por J. Carballo y D. Romero, 2011. Disponible en: <https://cutt.ly/jYnktsf>

2.2.7 Sensores

Llamados elementos primarios, se encargan de detectar las variables físicas y convertirlas a señales eléctricas, mecánicas, neumáticas e hidráulicas. En la figura 23 se muestra un sensor inductivo ON-OFF y la figura 24 un sensor de temperatura y humedad analógico.

Según el medio a medir e instalar pueden ser de contacto físico, electrostático, electromagnético, neumático e hidráulico. Las señales se miden en voltios, miliamperios, PSI, VAR, m/s y otros, según su aplicación. Por su aplicación pueden ser digitales y analógicos.

Figura 23*Sensor Inductivo ON-OFF y Símbolo*

Nota. Tomada de Sensores, p. 13, FESTO, 2018. Disponible en: <https://cutt.ly/EYnxBlS>

Figura 24*Sensor de Temperatura y Humedad Analógico Firstrate*

Nota. Disponible en <https://cutt.ly/XYncVol>

2.2.8 Actuadores

Un *actuador* es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o “actuar” otro dispositivo mecánico. La fuerza que provoca el *actuador* proviene de tres fuentes posibles: Presión neumática, presión hidráulica, y fuerza motriz eléctrica (motor eléctrico o solenoide).

a. *Motorreductor*

Un motorreductor es una máquina que combina un motor junto a un reductor de velocidad con control automático.

Según Doñu (2008), una de las características más destacadas de los motorreductores:

Es que no genera un gasto elevado de energía, por lo que resulta ser el ideal para implementarlo en grandes industrias que requieren de procesos diarios. El objetivo final del motorreductor es que la velocidad de entrada se regule y genere otra velocidad de salida. De este modo, posibilita mover la maquinaria bajo una fuerza regulada para la necesidad de cada equipo (p.4).

Figura 25

Motorreductor



b. *El contactor*

El contactor es un dispositivo eléctrico de mando a distancia, que realiza la función cerrar o abrir circuitos, ya sea en vacío o en carga.

Su principal aplicación es la de efectuar maniobras de apertura y cierre de circuitos eléctricos relacionados con instalaciones de motores.

Figura 26*Contactador***2.2.9 Proceso**

En términos de ingeniería, son las secuencias de pasos que llevan a la obtención de un producto. Ejemplo:

- El transporte de materia prima entre varias unidades de procesos
- Transferencia de calor entre diferentes materias
- La reacción de una mezcla de compuestos, etc.

2.2.9.1 Tipos de Procesos

Tenemos los siguientes:

a. Procesos continuos

En los procesos continuos su característica principal es que la variable de control su análisis es continuo. En la figura 27 se muestra el diagrama de bloques de un sistema de control continuo. La figura 28 muestra el diagrama esquemático de un proceso continuo de llenado de un tanque.

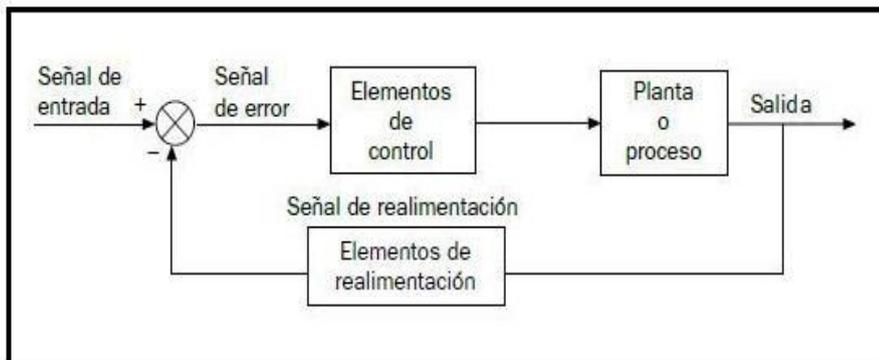
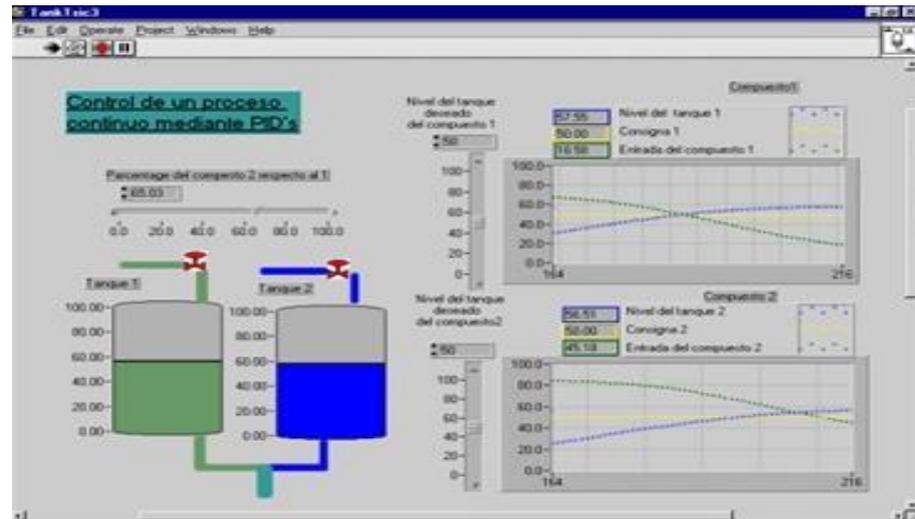
Figura 27*Control de un Sistema Continuo*

Figura 28
Proceso Continuo

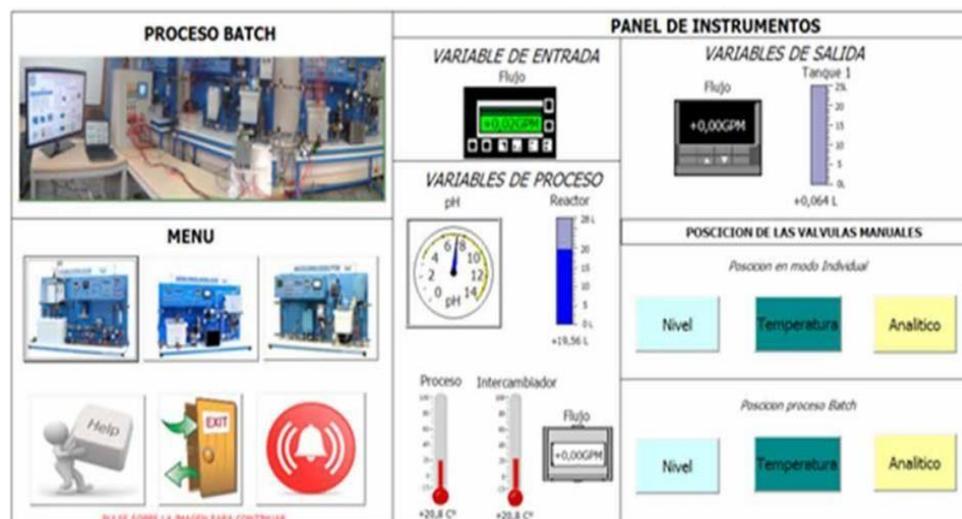


Nota. Tomada de Introducción y aplicación en LabVIEW para el control de un proceso continuo PID, p. 28, por Sánchez et al., 1999. Disponible en: <https://cutt.ly/rYWMZF9>

b. Proceso por lotes o batch

Este tipo de proceso el análisis de la variable o variables se deben mantener constantes sin embargo no hay flujo continuo del material analizado. Su característica es que estos procesos siguen una receta, como por ejemplo, bebidas, explosivos, productos alimenticios, pinturas, etc., tal como se muestra en la figura 29.

Figura 29
Plataforma de Simulación de un Proceso Batch.



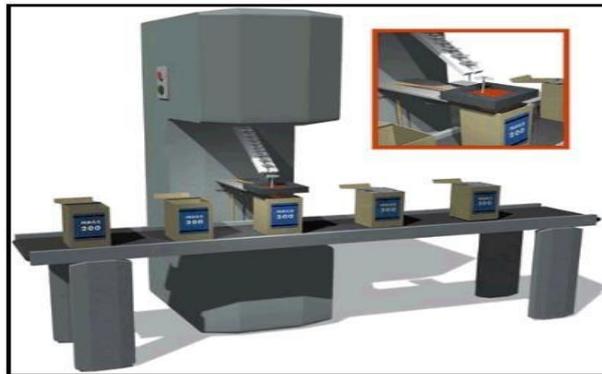
Nota. Tomada de Aplicación al control de procesos batch, p.199, por Garzón, E. y Cottrino, C. (2009). Disponible en: <https://cutt.ly/SYW9842>

c. *Proceso por manufactura*

Su característica principal es que no se trata de mantener constante alguna variable. En este proceso es importante cumplir con una serie de paso que se repiten cíclicamente para asegurar la calidad del producto final, unos ejemplos: fabricación de piezas mecánicas, embotellado en una fábrica de bebidas, bajo el control de un PLC.

Figura 30

Proceso Tipo Manufactura



Nota. Adaptado de National Instruments

2.3 Definición de términos

2.3.1 SCADA

Son las siglas de Supervisory Control and Data Acquisition (Control de supervisión y adquisición de datos). Como su nombre indica, no es un sistema de control total, sino que se centra en el nivel de supervisión. Como tal, es un paquete puramente de software que se coloca sobre el hardware con el que se interconecta, en general a través de controladores lógicos programables (PLC) u otros módulos de hardware comerciales (Daneels y Salter, 1999)

2.3.2 PLC

PLC por sus siglas en inglés; Programmable Logic Controller, permite expresar y ejecutar la lógica que resuelve una problemática o desarrolle un cálculo matemático correspondiente a una planta o proceso industrial. (Boel y Stremersch, 2000)

2.3.3 LADDER

Es un lenguaje de programación gráfico para autómatas programables de contactos o en escalera realizar operaciones matemáticas que se requieran en un proceso (Pérez et al., 2015)

CAPÍTULO III: MARCO METODOLOGICO

3.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación empleada es aplicada, considerando que se tomó en cuenta la fundamentación teórica como la base para desarrollar la investigación, corroborando dichas formulaciones y a su vez generando nuevos aportes.

3.2 Diseño de la Investigación

Por otro lado, el diseño del estudio fue experimental y se ejecutó en momentos de la implementación del sistema de control del transporte de minerales por la faja transportadora ya que se enfoca en el análisis del problema específico que se está tratando de resolver, manipulando las variables de estudio.

Se detalla el proceso de simulación para el control PID de nivel y temperatura, diseñando y haciendo la lógica de programación utilizando software de ingeniería como el TIA Portal.

3.2.1 Unidad de estudio

La unidad de estudio comprende el laboratorio de Control y Automatización de la carrera de Ingeniería Electrónica, de la Facultad de Ingeniería, Universidad Privada de Tacna, que se encuentra ubicado en el Campus Universitario Capanique 3, en el Pabellón de la Facultad de Ingeniería en el tercer piso, en ambientes asignados a la carrera de Ingeniería Electrónica.

- **Población**

Comprende los módulos de automatización que se encuentran instalados en el laboratorio de Control y Automatización de la carrera de ingeniería electrónica.

- **Muestra**

Comprende los módulos de automatización que utilizan el protocolo de comunicación PROFINET y que son controlados por el PLC S7 12000 de Siemens.

3.3 Operacionalización de variables

Tabla 4

Operación de Variables.

Variable	Definición conceptual	Indicadores
<i>Independiente:</i> Módulo de automatización basado en el PLC S7 1200	Es un sistema básico de control y automatización basado en el uso del Controlador Lógico Programable (PLC) S7 1200.	- Número de entradas empleadas. - Tiempo de respuesta del sistema.
<i>Dependiente:</i> Proceso de traslado de minerales a un almacén de concentrados mediante fajas transportadoras.	El proceso de transporte mediante fajas transportadoras de minerales es una de las últimas etapas del apilamiento de minerales.	- Cantidad de material a transportar. - Temperatura del proceso. - Velocidad de la faja transportadora.

3.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

3.4.1 Técnicas de recolección de los datos

Se emplearon las siguientes técnicas para la recolección de datos:

Técnica de análisis documental, el cual hace uso de los documentos confiables ya existentes y de fuentes similares de información como las fuentes de datos. Se utilizaron técnicas de control ON-OFF y PID, sobre interconexión de dispositivos de control basado en el protocolo de comunicación PROFINET, configuración de autómatas programables, sobre modelos de fajas transportadoras, sobre monitoreo y supervisión de los parámetros de un sistema de control utilizando HMI.

Técnica de observación experimental, el cual se efectuó mediante la implementación de un prototipo a escala de un proceso de transporte de minerales

utilizando fajas transportadoras y la simulación y puesta en operación del prototipo basado el Protocolo de Comunicación PROFINET mediante el PLC S7 1200 de Siemens.

3.4.2 Instrumentos para la recolección de los datos

Se utilizaron como *fuentes secundarias*:

Libros especializados sobre los sistemas de control, autómatas programables, dispositivos de control y automatización, protocolo de comunicación PROFINET, el modelamiento matemático de los sistemas de control.

Catálogos y Manuales sobre especificaciones técnicas de autómatas programables (PLC), sensores industriales, actuadores, equipos de control, pantallas HMI.

Bibliotecas virtuales de artículos especializados referidos a sistemas de control empleados para el transporte de minerales mediante fajas transportadoras.

Direcciones web de sistemas de control basados en el protocolo de comunicación PROFINET, fajas transportadoras, plataformas de lógica de programación, actuadores y sensores industriales de control.

Software de simulación de procesos industriales TIA PORTAL, empleo de la programación ladder.

3.5 Procesamiento y análisis de datos

El procesamiento de datos de la investigación, consistió en la secuencia de actividades planificadas mediante el cual los datos individuales se agrupan y estructuran con el propósito de responder al problema de Investigación, a los objetivos planteados y a las hipótesis por comprobar.

Una vez analizado los resultados de la implementación del prototipo a escala para automatizar el proceso de transporte de minerales mediante fajas transportadoras, se explicó los efectos que producen dichos resultados como

consecuencia del planteamiento efectuado, luego se realizó la interpretación de los resultados obtenidos.

Las hipótesis planteadas fueron comprobadas con los resultados obtenidos por cada estación automática evaluada en la zona de estudio. Por ser una investigación aplicada, no se requirió la contrastación de las hipótesis por el método estadístico.

Finalmente se presentarán las conclusiones y recomendaciones producto de los resultados obtenidos en la investigación aplicada.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1 Descripción del proceso

Se ha seguido la metodología recomendada para la ejecución de un proyecto de implementación.

En general, nuestro proyecto de implementación de un módulo de control del proceso de transporte de minerales mediante fajas transportadoras abarcó seis etapas o fases:

- Propuesta del proyecto
- Ingeniería del proyecto
- Adquisición / Procura
- Implementación / Construcción
- Start up
- Mantenimiento

a. Propuesta del proyecto

En la propuesta de proyecto se trazaron o esbozaron las líneas fundamentales que se desarrollaron posteriormente en el proyecto.

Su finalidad fue organizar las ideas y empezar a delimitar los objetivos.

En la propuesta del proyecto se realizaron un conjunto de trabajos previos para la realización de la implementación del prototipo.

b. Ingeniería del proyecto

En nuestro proyecto, la ejecución de la ingeniería estuvo compuesta por las siguientes etapas:

- Ingeniería de Perfil
- Ingeniería Conceptual
- Factibilidad Ingeniería Básica
- Ingeniería de Detalle

i. Ingeniería de Perfil:

En esta etapa se realizó lo que llamamos el perfil del proyecto esto consistió en una descripción simplificada de lo que necesitamos

construir. Además de definir el propósito del proyecto, presentamos un primer estimado de las actividades requeridas y de la inversión total que se necesitó para su ejecución, así como de los costos operativos.

ii. Pre factibilidad (Ingeniería Conceptual):

Pre factibilidad fue el análisis de la fase inicial de un posible proyecto. Este fue realizado por los integrantes del proyecto de tesis y el asesor de tesis.

iii. Factibilidad (Ingeniería Básica):

El estudio de la factibilidad de un proyecto permitió:

- Conocer si se puede o no realizar el proyecto.
- Cuáles son las condiciones ideales para su realización.
- Como brindar solución a las dificultades que se presenten.

La ingeniería básica consistió en los criterios generales e ideas básicas del proyecto, estas ideas y definiciones fueron una base sólida para el desarrollo de la ingeniería de detalle.

iv. Ingeniería de Detalle:

Fue la etapa de la definición de todos los subsistemas, de los componentes o partes que integran el proyecto. La ingeniería de detalle tuvo como objetivo de definir la precisión de la ejecución proyecto (suministrar datos técnicos, detalles constructivos, condiciones para la adquisición de los equipos para el prototipo).

c. Adquisición / Procura

Comprendió todos los procesos referentes a la adquisición de accesorios, dispositivos de control, autómatas programables pantalla HMI.

d. Implementación / construcción

La etapa de implementación fue en si la etapa de la donde todos los elementos se empezaron a fabricar (tablero de control, tolvas, fajas transportadoras), montar / ensamblar el prototipo de control, configurar los dispositivos de control, calibrar los actuadores y sensores, etc. Los constructores suelen dividir por fases contractivas con el fin de alcanzar los hitos requeridos, para ello la construcción tiene su proceso.

e. Puesta en marcha Start Up

En esta etapa se realizaron las pruebas necesarias para la operatividad del prototipo y poder satisfacer nuestras expectativas de culminación satisfactoria de la implementación de nuestro prototipo.

Fue la última fase e incluyó el arranque total del sistema, los ajustes de parámetros operativos y las pruebas de funcionamiento integral para certificar que todo el equipo y sistema se encuentra en óptimas condiciones. Esto fue una prueba para verificar el desempeño (Performance test).

4.2 Diseño de ingeniería

Como punto de partida para el “Diseño e implementación de un prototipo para automatizar el proceso de traslado de minerales a un almacén de concentrados utilizando el Controlador Simatic S7 1200 de Siemens”.

Se realizó una evaluación de las plataformas de controladores industriales existentes en el laboratorio de control y automatización de la escuela profesional de ingeniería electrónica.

Se determinó que existen 02 plataformas de controladores industriales, estos son los controladores industriales de la marca Allen Bradley y los controladores industriales de la marca Siemens.

Se eligió la plataforma Siemens, para controlar y supervisar el prototipo propuesto en el plan de tesis. Seguidamente se determinó el esquema y modo de control, determinando los componentes de cada elemento necesario para el funcionamiento de la faja transportadora de minerales.

Asimismo, se diseñó los diagramas de flujo, diagramas P&ID, diagramas de conexiones, diagramas de mando y fuerza, se configuraron los dispositivos de control mediante la plataforma TIA Portal V15, herramienta que nos permitió diseñar el algoritmo de control basado en los diagramas de flujo formulados y haciendo uso del lenguaje de programación Ladder.

Mediante la plataforma TIA Porta V15, nos permitió establecer comunicación entre el controlador y la interfaz HMI, haciendo uso del protocolo de comunicación PROFINET. El HMI SIMATIC KTP 700 Basic, y el protocolo de comunicación PROFINET, nos permitirán realizar el control y supervisión del proceso de manera local y remota.

Así mismo, el controlador y el HMI SIMATIC KTP 700 Basic tomaran control de los dispositivos mecánicos, eléctricos y electrónicos instalados en los dos prototipos de fajas transportadoras de minerales. Entre ellos tenemos:

- Controlador PLC Siemens S7 1200, con CPU 1214C
- AC/DC/Relay
- HMI Simatic KTP 700 Basic
- Motores reductores
- Sensores
- Contactores
- Lámparas indicadoras
- Sirenas
- Pulsadores
- Pulsadores de parada de emergencia
- Limit switches

4.3 Esquema de Control y Supervisión

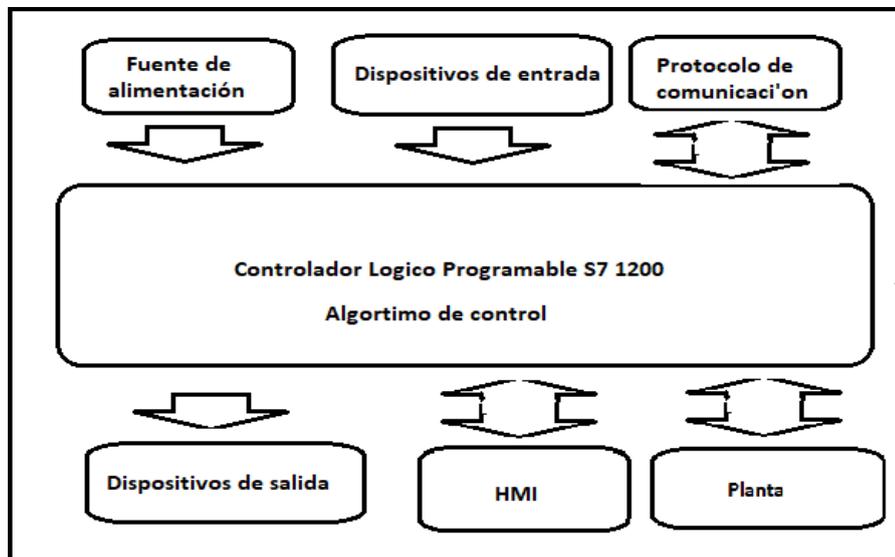
En la figura 31 se presenta el diagrama esquemático de control y supervisión de las fajas transportadoras empleadas en nuestro trabajo de investigación.

4.4 Tipo de control

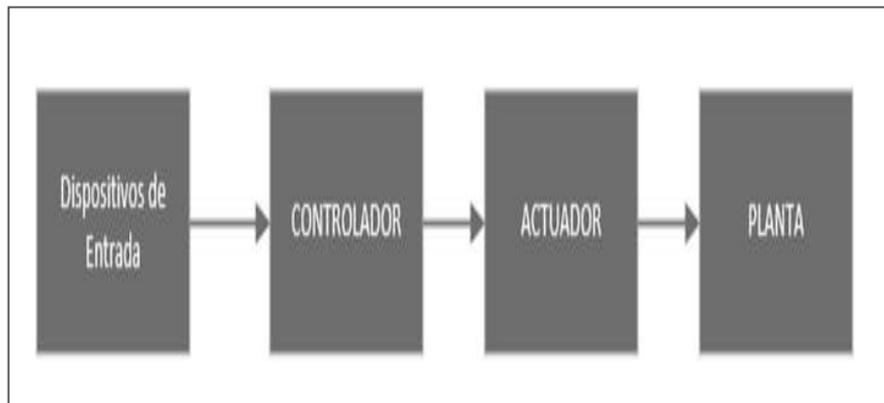
El control empleado en nuestro prototipo fue de lazo abierto, un control ON-OFF. La figura 32 muestra el diagrama de bloques del sistema de control de lazo abierto empleado en nuestra investigación.

Figura 31

Diagrama Esquemático de Control y Supervisión de las Fajas Transportadoras

**Figura 32**

Sistema de Control de Lazo Abierto

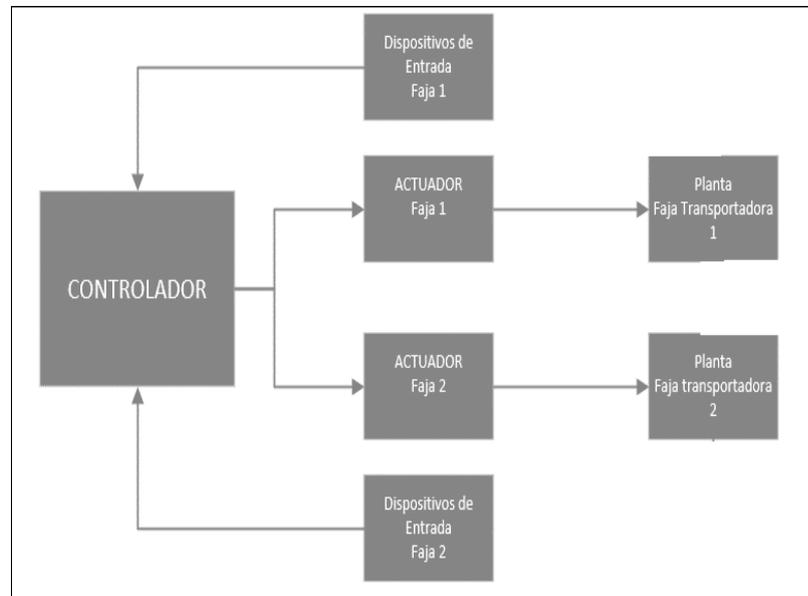


4.4.1 Diagrama de bloques del sistema de control de las fajas transportadoras

El diagrama de bloques del sistema de control de las fajas transportadoras 1 y 2 y del controlador programable S7 1200 se muestra en la figura 33.

Figura 33

Diagrama de Bloques del Sistema de Control de Fajas Transportadoras



4.5 Diseño de diagramas flujo fajas transportadoras de minerales

Para el diseño de ingeniería se ha determinado realizar los siguientes diagramas:

- Diagrama de flujo
- Diagramas P&ID
- Diagrama de fuerza y mando
- Diagramas de conexiones
- Dispositivos y elementos de conexión

4.5.1 Diagrama de flujo

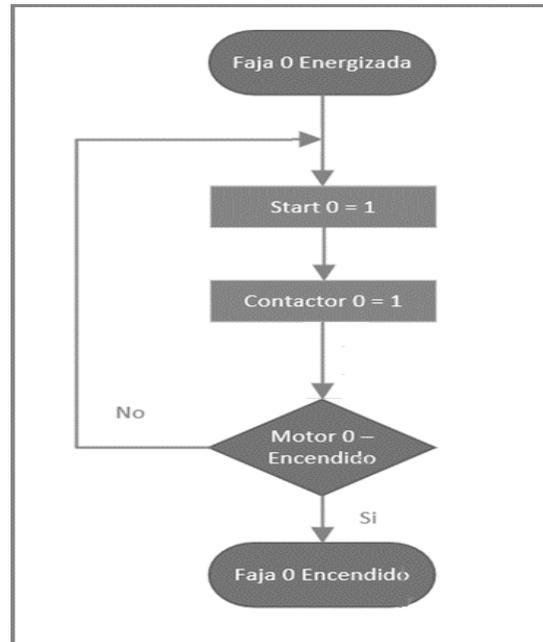
El funcionamiento del prototipo de las fajas transportadoras de minerales, tuvieron las siguientes condiciones básicas de funcionamiento, entre ellas tenemos:

- *Primera condición*

La faja 0, funcionó de manera individual (figura 34)

Figura 34

Diagrama de Flujo de la Primera Condición

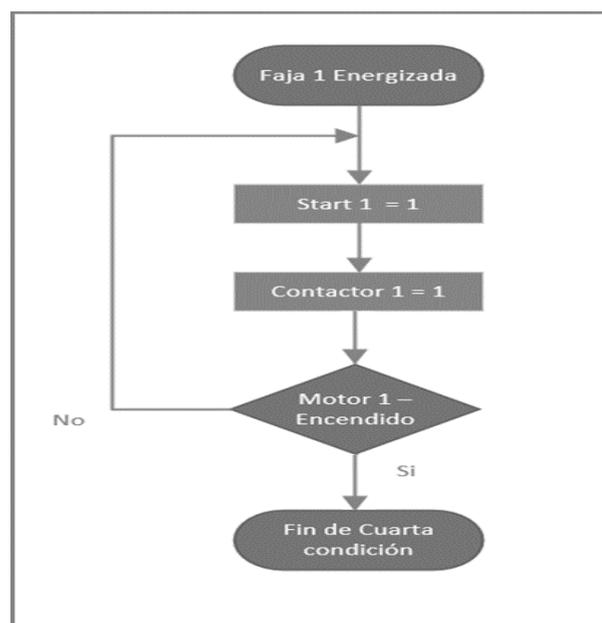


- Segunda condición:

La faja 1, funcionó de manera individual

Figura 35

Diagrama de Flujo de la Segunda Condición

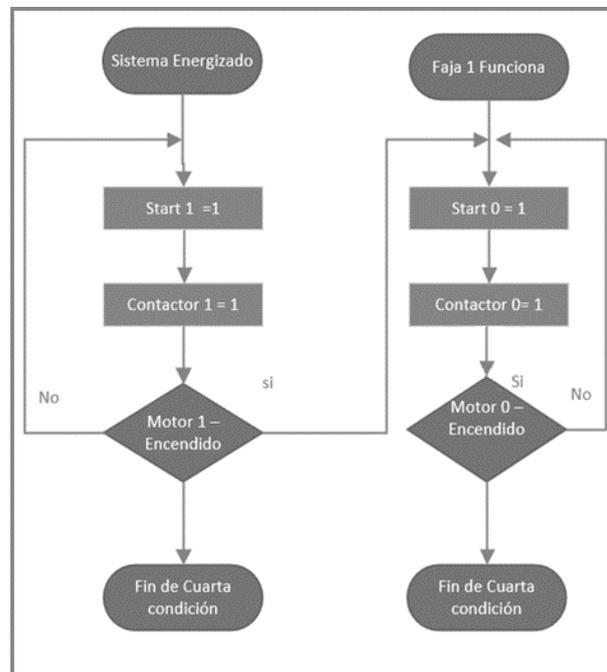


- Tercera condición:

Si la faja 1 funciona, deberá funcionar la faja 0. Ver la figura 36.

Figura 36

Diagrama de Flujo de la Tercera Condición

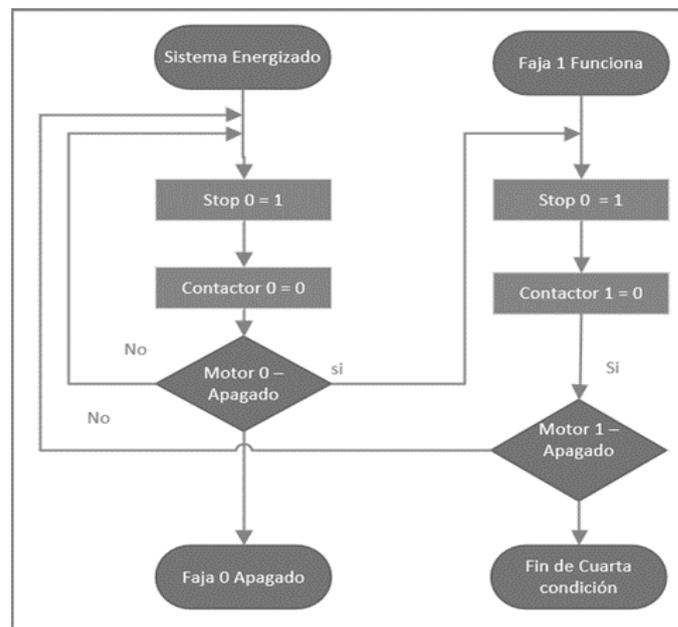


- Cuarta condición:

La faja 0 se detiene deberá detenerse la faja 1. Ver la figura 37.

Figura 37

Diagrama de Flujo de la Cuarta Condición.



4.5.2 Diagrama de P&ID

De acuerdo a la norma ANSI/ISA S5.1, en las figuras 38 y 39 se muestran los diagramas de control P&ID, para la implementación del prototipo de fajas transportadoras 1 y 2 de minerales respectivamente.

Figura 38

Diagrama P&ID Para la Faja 01 del Prototipo

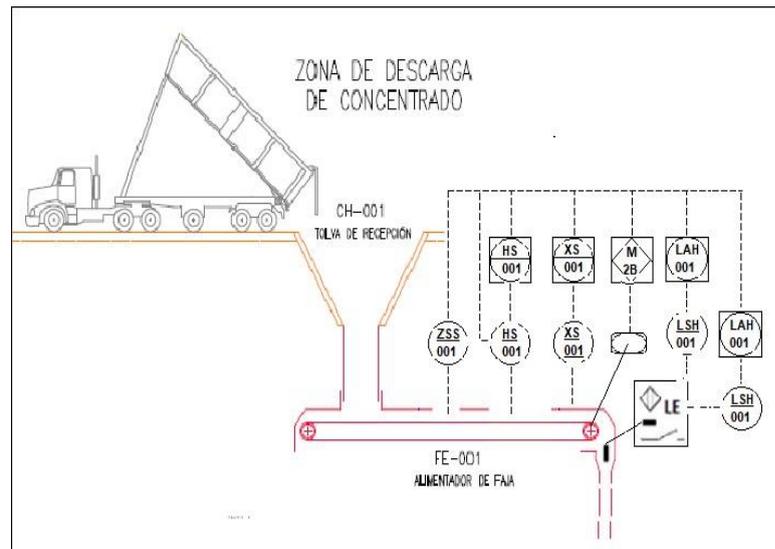
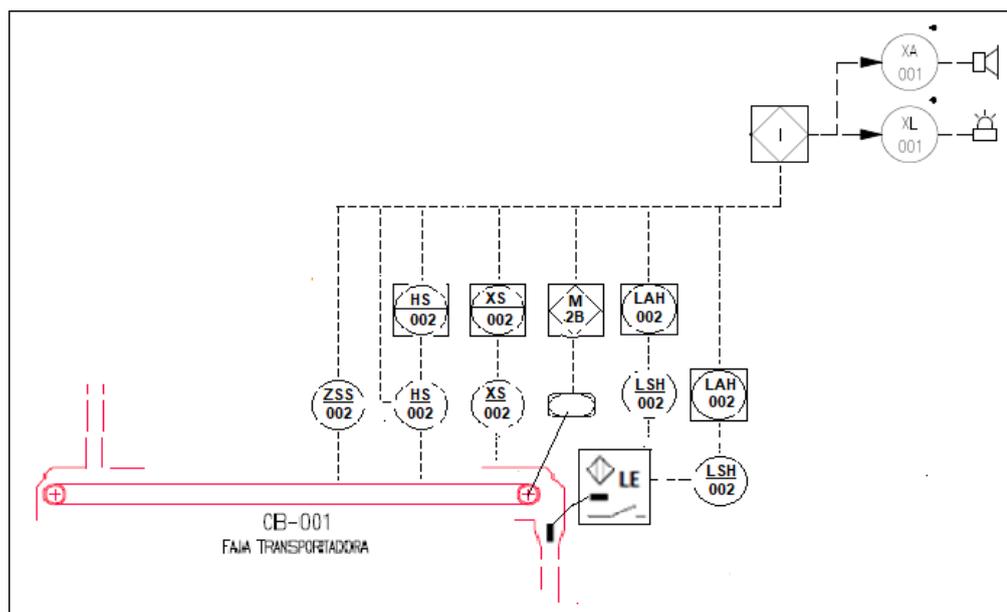


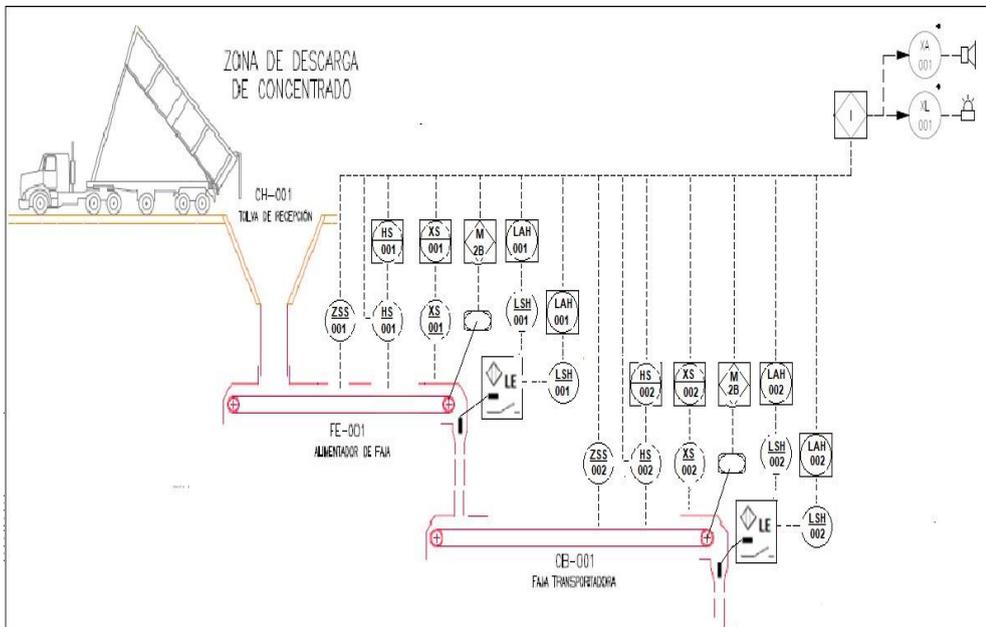
Figura 39

Diagrama P&ID Para la faja 01



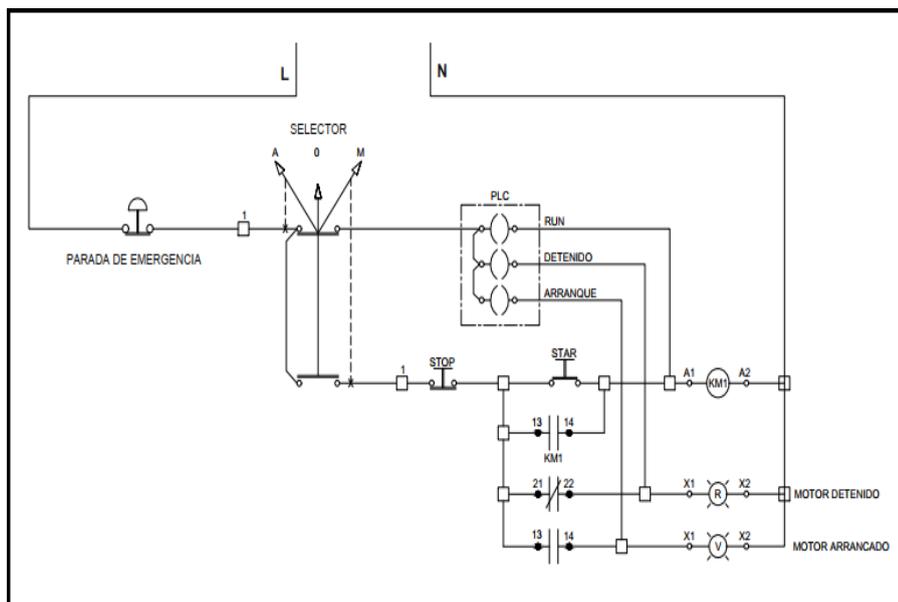
La figura 40 muestra el diagrama P&ID del prototipo de control de transporte de minerales propuesto en esta investigación.

Figura 40
Diagrama P&ID del Prototipo



La Figura 41 muestra el diagrama de mando para el control de las fajas transportadoras 0 y 1.

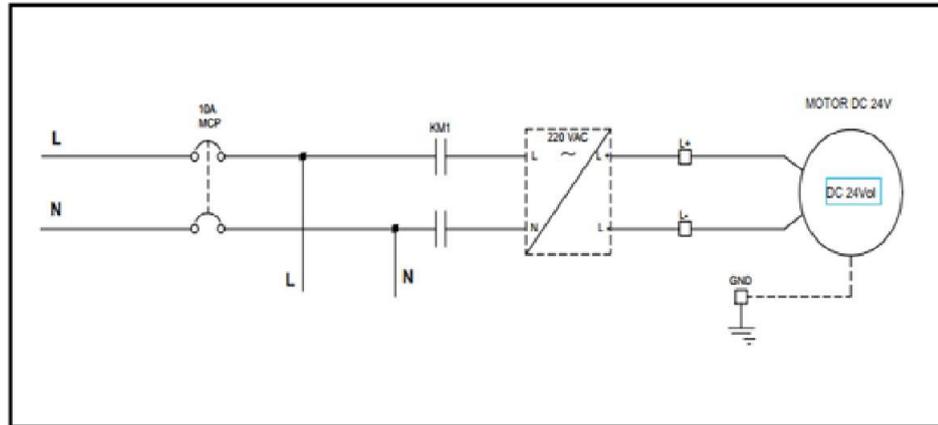
Figura 41
Diagrama de Mando para el Control de las Fajas 0 y 1



La Figura 42 muestra el diagrama de fuerza para el control de las fajas transportadoras 0 y 1.

Figura 42

Diagrama de Fuerza Para el Control de las Fajas 0 y 1

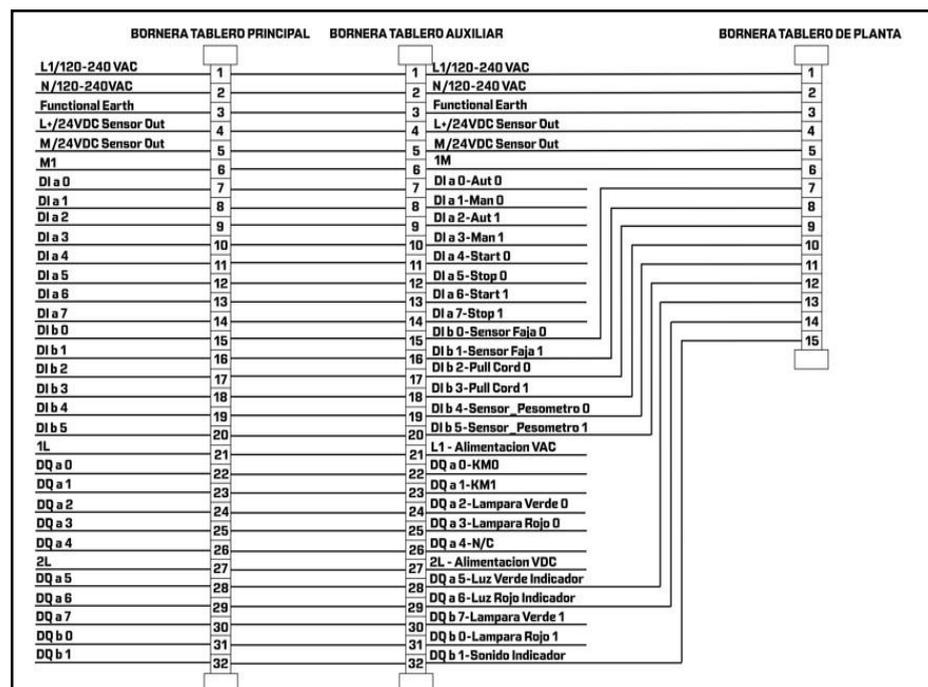


4.5.3 Diagramas de conexiones de las fajas transportadoras

La Figura 43 muestra el diagrama de conexiones para el control de las fajas transportadoras 0 y 1.

Figura 43

Diagrama de Conexiones del Fuerza y control del Prototipo

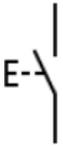
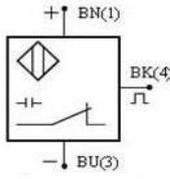
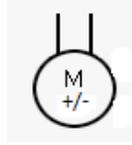


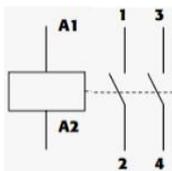
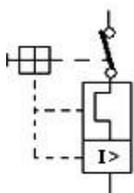
4.5.4 Dispositivos para el control de la faja transportadora 0

Se utilizó la norma ANSI/ISA S5.1, de sistemas de instrumentación y entubados. En la tabla 5 se muestran los dispositivos y elementos primarios y de control necesarios para lograr el control de la faja transportadora N° 0.

Tabla 5

Elementos para el control de la faja transportadora 0

Dispositivos	Descripción	Símbolo
Pulsador de arranque	Normalmente abierto, con retorno automático tras el cierre - NO	
Pulsador de parada	Normalmente cerrado con retorno automático tras la apertura - NC	
Limit Switch	Normalmente abierto	
Interruptor	Normalmente abierto	
Interruptor	Normalmente cerrado	
Sensor de proximidad capacitivo	Normalmente cerrado de tres hilos	
Motor reductor	0 - 24 Vdc	

Conmutador de dos posiciones	Selector automático/ manual	
Lámpara de arranque	Verde	
Lámpara de parada	Rojo	
Parada de emergencia	Parada de emergencia de la faja 0	
Contactador	KM0	
Disyuntor	Protección de faja N° 0	

Nota. Se utilizó la norma ANSI/ISA S5.1.

4.5.5 Instrucciones de entrada en el control de la faja N° 0.

En la tabla 6 se muestra la lista de instrucciones de los Dispositivos de entrada para el control de la faja N° 0.

Tabla 6*Dispositivos de Entrada de la Faja 0*

Dirección	Etiqueta	Descripción
I0.0	Auto_0	Faja 0, modo Automático
I0.1	Man_0	Faja 0, modo Manual
I0.4	Start_0	Arranque Faja 0
I0.5	Stop_0	Parada Faja 0
I1.0	Sensor Faja_0	Sensor Capacitivo Faja 0
I1.2	Pull_0	Pull cord Faja 0
I1.4	Pes_0	Pesometro Faja 0

Nota. Se utilizó la norma ANSI/ISA S5.1.

4.5.6 Instrucciones de salida en el control de la faja N° 0

En la tabla 7 se muestra la lista de instrucciones de los Dispositivos de salida para el control de la faja N° 0.

Tabla 7*Dispositivos de Salida de la Faja 0*

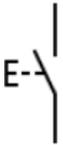
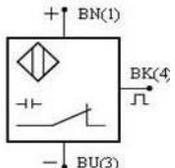
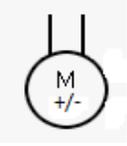
Dirección	Etiqueta	Descripción
Q0.0	KM0	Contactador de faja N° 0
Q0.2	Lamp Verde_0	Lámpara de arranque
Q0.3	Lamp Rojo_0	Lámpara de parada

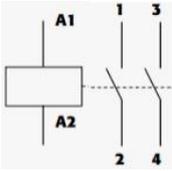
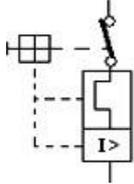
Nota. Se utilizó la norma ANSI/ISA S5.1. Fuente: Elaboración Propia

4.5.7 Dispositivos para el control de la faja transportadora 1

Haciendo uso de la norma ANSI/ISA S5.1, de sistemas de instrumentación y entubados, en la tabla 8 se muestran los dispositivos y elementos necesarios utilizados para el control de la faja transportadora N° 1.

Tabla 8
Elementos Primarios y Señales de Control

Dispositivos	Descripción	Símbolo
Pulsador de arranque	Normalmente abierto, con retorno automático tras el cierre - NO	
Pulsador de parada	Normalmente cerrado con retorno automático tras la apertura - NC	
Limit Switch	Normalmente abierto	
Interruptor	Normalmente abierto	
Interruptor	Normalmente cerrado	
Sensor de proximidad capacitivo	Normalmente cerrado de tres hilos	
Motor reductor	0 - 24 Vdc	
Conmutador de dos posiciones	Selector automático/ manual	

Lámpara de arranque	Verde	
Lámpara de parada	Rojo	
Parada de emergencia	Parada de emergencia de la faja 0	
Contactador	KM0	
Disyuntor	Protección de faja N° 0	

Nota. Se utilizó la norma ANSI/ISA S5.1. Fuente: Elaboración Propia

4.5.8 Instrucciones de entrada en el control de la faja N° 1

En la tabla 9 se muestra la lista de instrucciones de los Dispositivos de entrada para el control de la faja N° 1.

Tabla 9

Dispositivos de Entrada De la Faja 1

Dirección	Etiqueta	Descripción
I0.2	Aut_1	Faja 1, modo Automático
I0.3	Man_1	Faja 1, modo Manual
I0.6	Start_1	Arranque Faja 1
I0.7	Stop_1	Parada Faja 1

I1.1	Sensor Faja_1	Sensor Inductivo Faja 1
I1.3	Pull_1	Pull Cord Faja 1
I1.5	Pes_1	Pesometro Faja 1

Nota. Se utilizó la norma ANSI/ISA S5.1. Fuente: Elaboración Propia

4.5.9 Instrucciones de salida en el control de la faja N° 1

En la tabla 10 se muestra la lista de instrucciones de los Dispositivos de salida para el control de la faja N° 1.

Tabla 10

Dispositivos de Salida de la Faja 1

Dirección	Etiqueta	Descripción
Q0.1	KM1	Contactador de faja N° 1
Q0.5	Luz Verde_Ind	Luz verde lámpara indicadora
Q0.6	Luz Rojo_Ind	Luz roja lámpara indicadora
Q0.7	Lamp Verde_1	Lámpara de arranque
Q1.0	Lamp Rojo_1	Lámpara de parada
Q1.1	Sonido_Ind	Sonido de parada de fajas

Nota. Se utilizó la norma ANSI/ISA S5.1.

4.6 Desarrollo del prototipo y código de control

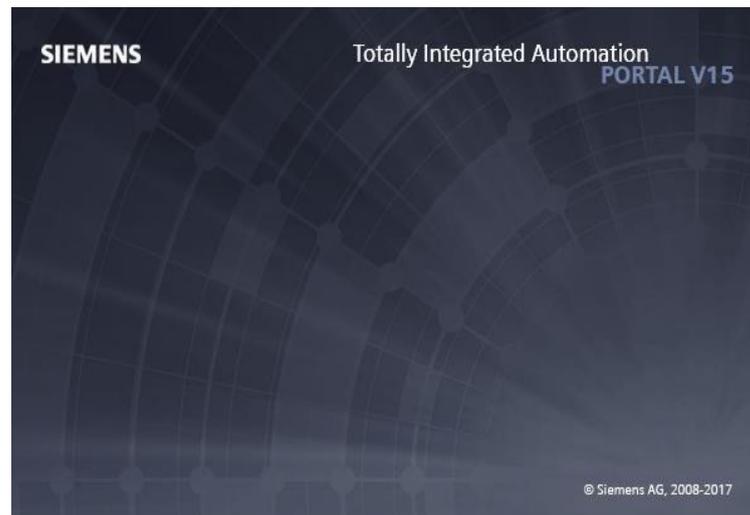
En el desarrollo del prototipo y código de programación del proyecto de tesis “Diseño e implementación de un prototipo para automatizar el proceso de traslado de minerales a un almacén de concentrados utilizando el Controlador Simatic S7 1200 de Siemens”, fue realizado utilizando la plataforma TIA PORTAL v.15 de Siemens.

TIA Portal V.15, es una plataforma de programación que permite a los controladores S7 1200 desarrollar el código de programa, mediante el lenguaje de programación Ladder. El procesador utilizado para el control del proceso es el S7 1214C AC/DC/Relay, que es un controlador de características compacta y modular que cuenta con entradas digitales, analógicas y salidas digitales tipo relay.

Asimismo, se hizo uso de la interfaz SIMATIC KTP 700 Basic para la supervisión local del proceso. Además, se hizo uso de instrucciones y herramientas que nos proporciona como son el STEP 7, WinCC para la planificación, programación y diagnóstico del controlador. Se interactuó con las pantallas de visualización y accionamientos de los actuadores.

Figura 44

Plataforma TIA/PORTAL V15

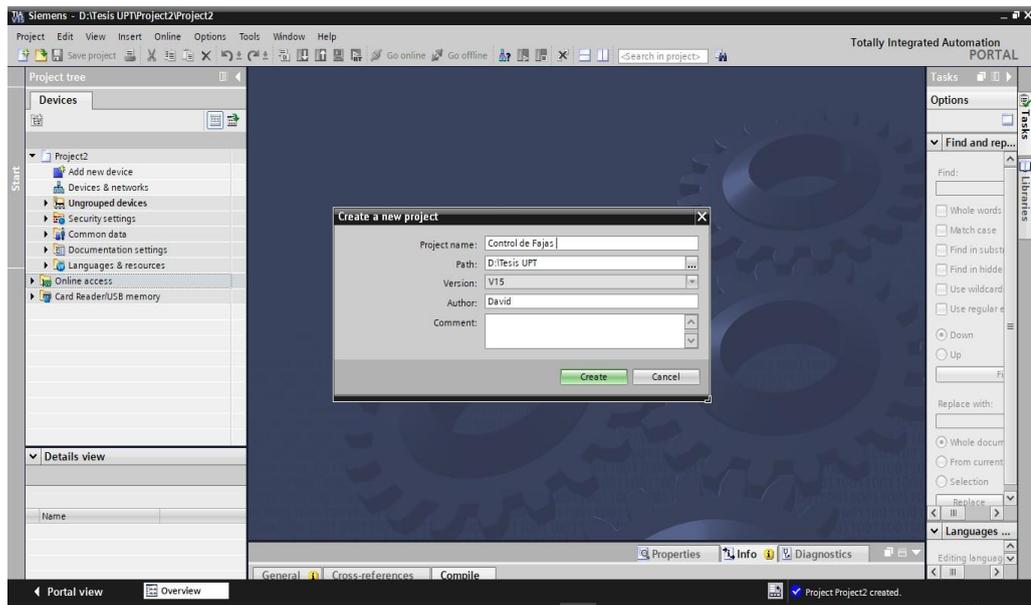


4.7 Procedimientos para crear un proyecto nuevo

Se utilizó el TIA PORTAL para la creación del sistema de control de transporte de minerales utilizando las fajas transportadoras, mediante el controlador S7 1200 de Siemens.

A continuación, muestro el procedimiento seguido para la creación de mi sistema de control. La figura 45 muestra la creación de un nuevo proyecto.

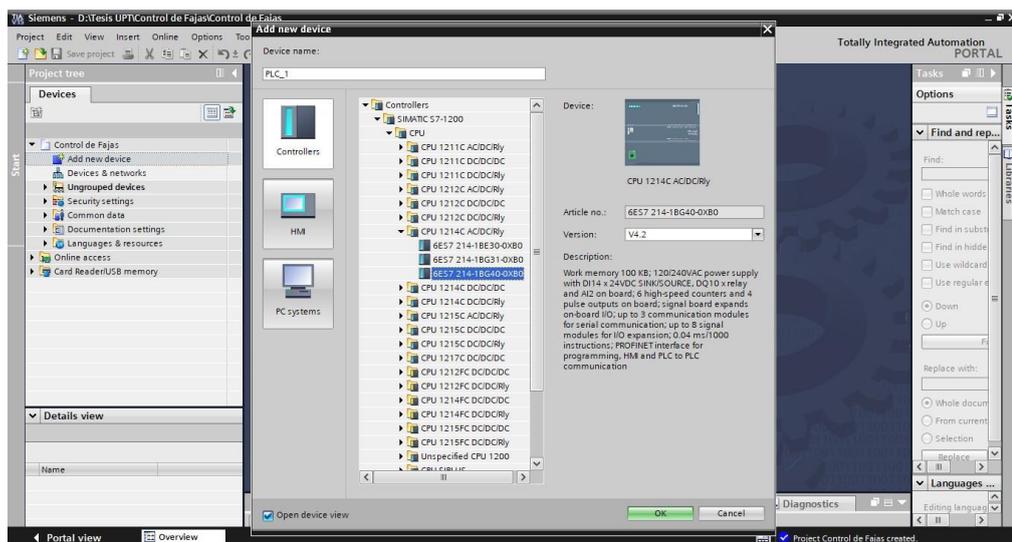
Figura 45
Creando un Proyecto Nuevo



Agregando el CPU 1214C, AC/DC/RLY

Luego de crear el nuevo proyecto, comenzamos a incorporar y configurar los dispositivos de control. La figura 46 muestra la incorporación del CPU 1214C.

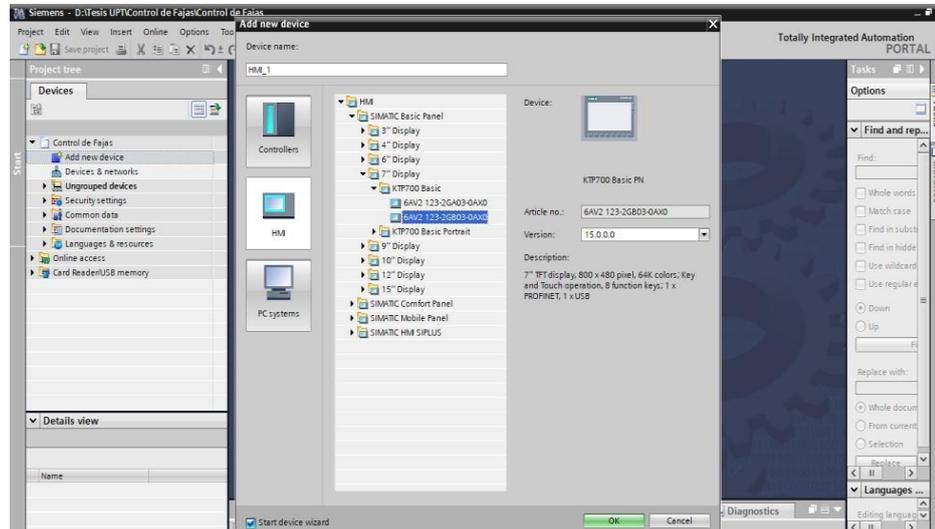
Figura 46
Agregando el CPU 1214C



Agregando el HMI KTP 700 Basic

La figura 47 muestra la incorporación y configuración de la interfaz HMI KTP 700 Basic.

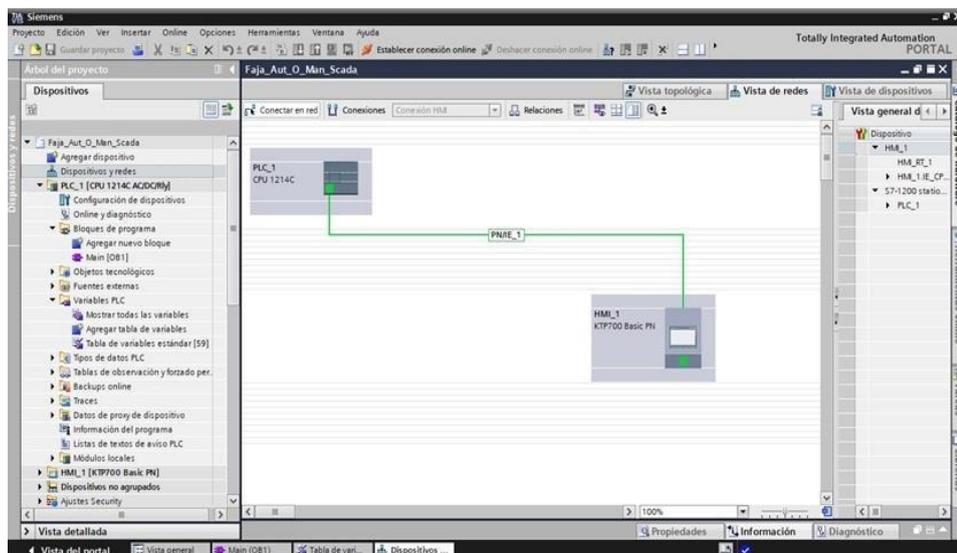
Figura 47
Agregando el HMI



Comunicación entre CPU 1214C y el HMI KTP 700 Basic

La figura 48 muestra el establecimiento de la comunicación entre el CPU 1214C y la interfaz HMI KTP 700 Basic.

Figura 48
Comunicación Entre CPU 1214C y el HMI KTP 700

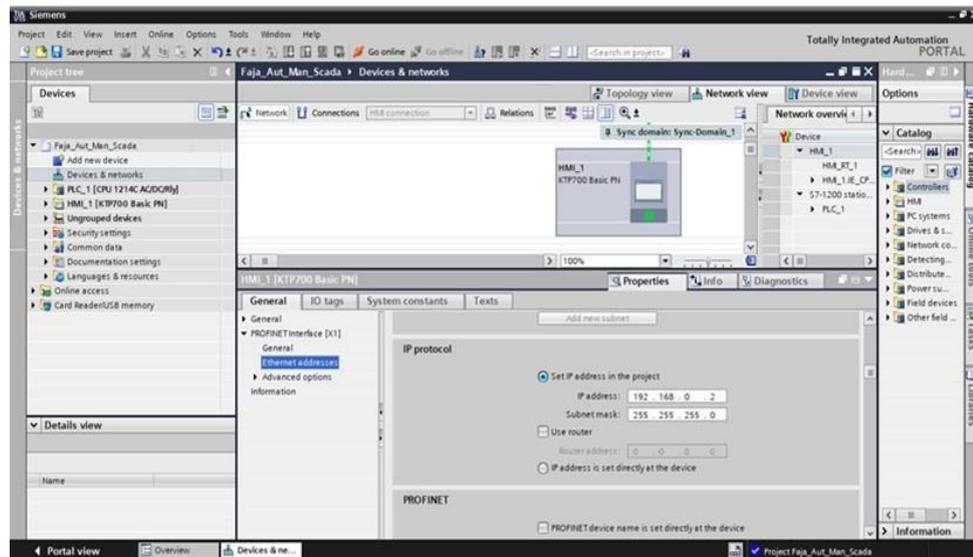


Configuración del puerto de comunicación PROFINET y con la dirección IP

La figura 49 muestra la configuración del puerto de comunicación PROFINET y con la dirección IP.

Figura 49

Configuración de la Dirección IP



Asignación de variables, etiquetas y direcciones

La figura 50 muestra la configuración del puerto de comunicación PROFINET y con la dirección IP.

Figura 50

Asignación de Variables, Etiquetas y Direcciones

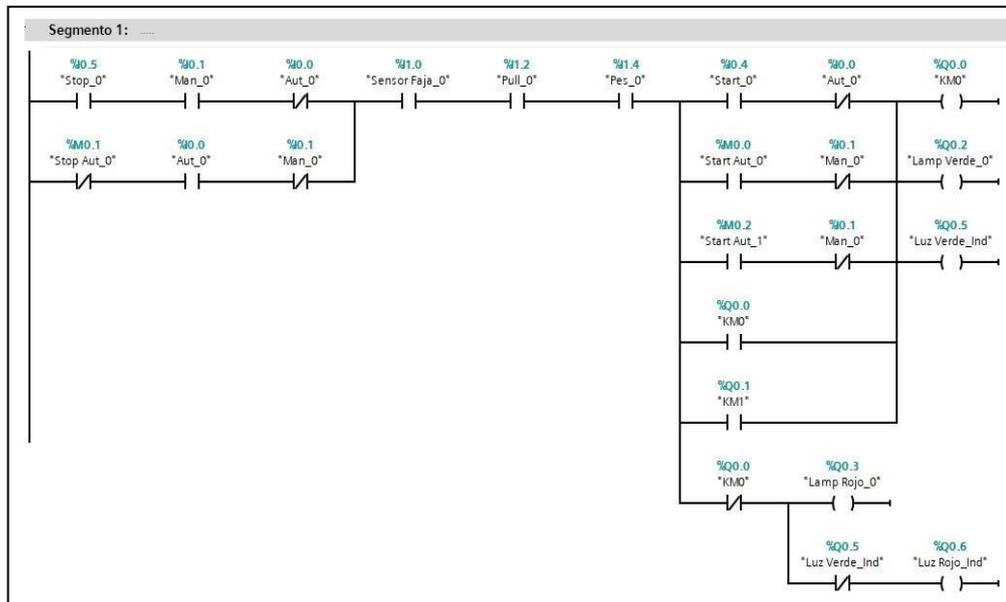
Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Comentario
Aut_0	Bool	%I.0					
Men_0	Bool	%I.1					
Aut_1	Bool	%I.2					
Men_1	Bool	%I.3					
Start_0	Bool	%I.4					
Stop_0	Bool	%I.5					
Start_1	Bool	%I.6					
Stop_1	Bool	%I.7					
Sensor Faja_0	Bool	%I.10					
Sensor Faja_1	Bool	%I.11					
Pull_0	Bool	%I.2					
Pull_1	Bool	%I.3					
Pec_0	Bool	%I.4					
Pec_1	Bool	%I.5					
KM0	Bool	%Q.0					
KM1	Bool	%Q.1					
Lamp Verde_0	Bool	%Q.2					
Lamp Rojo_0	Bool	%Q.3					
Sin Etiqueta	Bool	%Q.4					
Luz Verde_Ind	Bool	%Q.5					
Luz Rojo_Ind	Bool	%Q.6					
Lamp Verde_1	Bool	%Q.7					
Lamp Rojo_1	Bool	%Q.10					
Sonido_Ind	Bool	%Q.11					
Start_Aut_0	Bool	%M.0					
Stop_Aut_0	Bool	%M.1					

Diseño de programa

La figura 51 muestra el diagrama de contactos elaborado con la programación Ladder para el control de la faja transportadora 0.

Figura 51

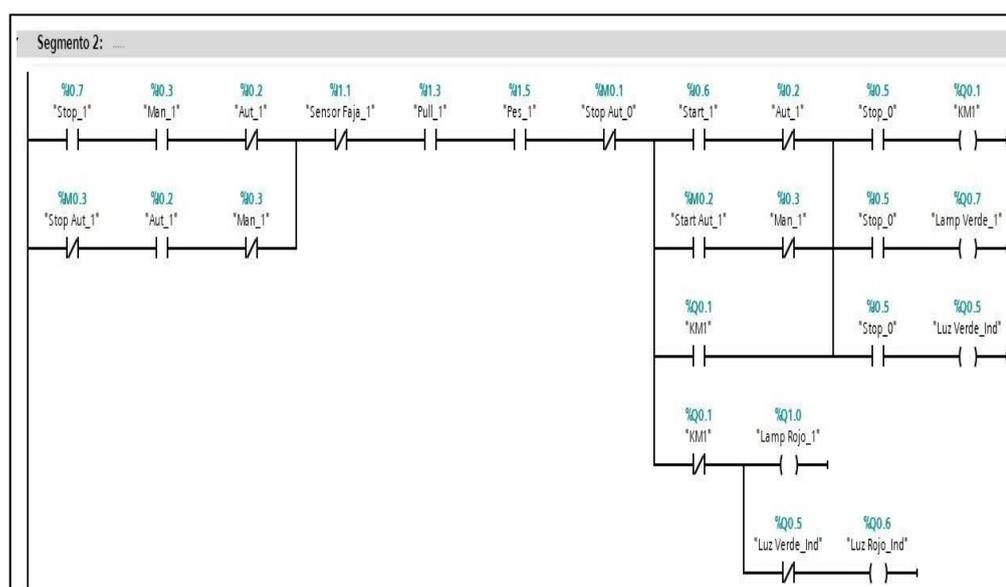
Programa Ladder para el Control de la Faja



La figura 52 muestra el diagrama de contactos elaborado con la programación Ladder para el control de la faja transportadora 1.

Figura 52

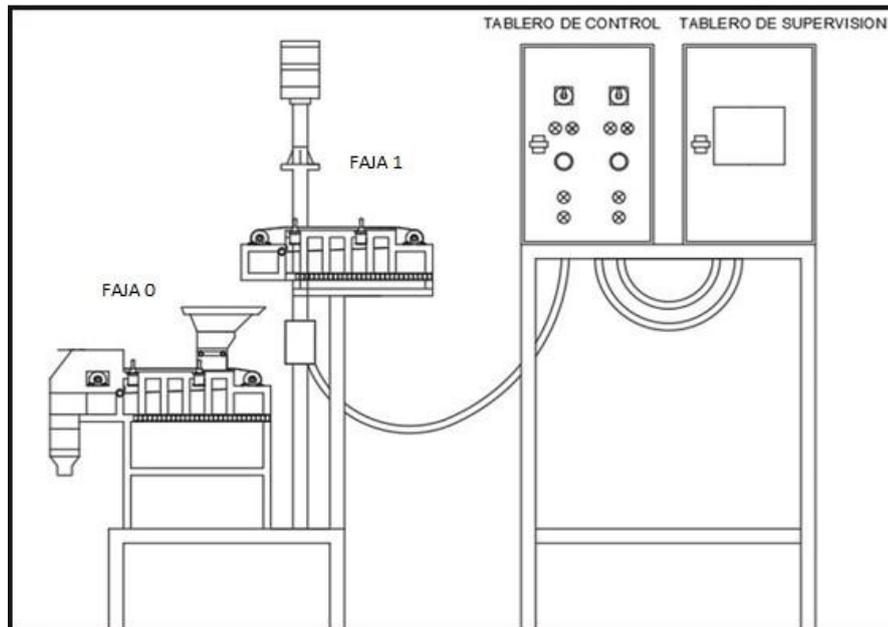
Programa Ladder para el Control de la Faja 1



La figura 53 muestra el diagrama esquemático del prototipo de transporte de minerales mediante fajas transportadoras que se implementó en nuestro trabajo de investigación.

Figura 53

Prototipo de Fajas Transportadoras de Minerales



4.8 Implementación del prototipo

Las figuras 54 al 68 muestran la implementación del prototipo

Figura 54

Fabricación, Corte de la Base de la faja



Figura 55

Fabricación soldadura de la base de la faja 1

**Figura 56**

Limpieza y Esmerilado de la Base

**Figura 57**

Ensamble del Soporte del Base



Figura 58

Ensamble del Chute de Descarga

**Figura 59**

Posición final del chute de Descarga



Figura 60

Ensamble del 2do Chute de Descarga

**Figura 61**

Posición de las Fajas Transportadoras

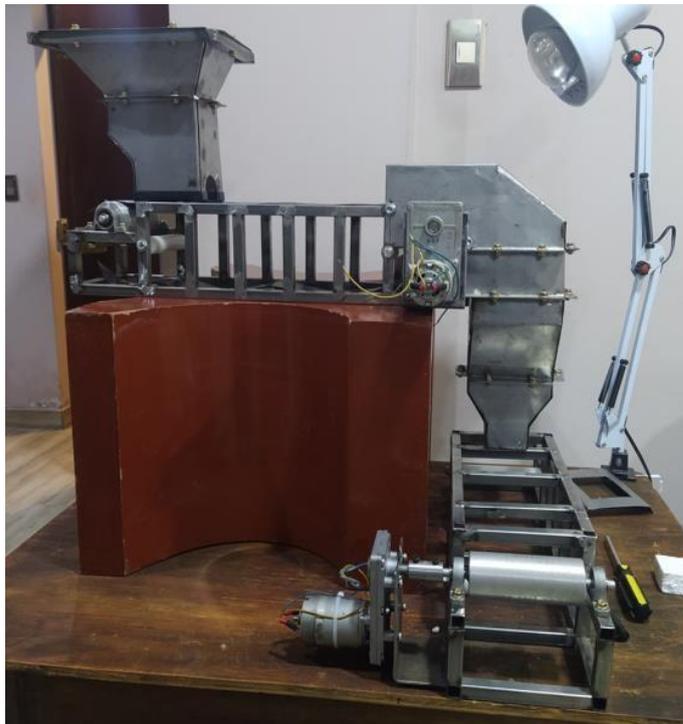


Figura 62

Chute de Descarga

**Figura 63**

Posición Final de Chutes



Figura 64

Pintado de Piezas

**Figura 65**

Ensamble de Piezas Pintadas

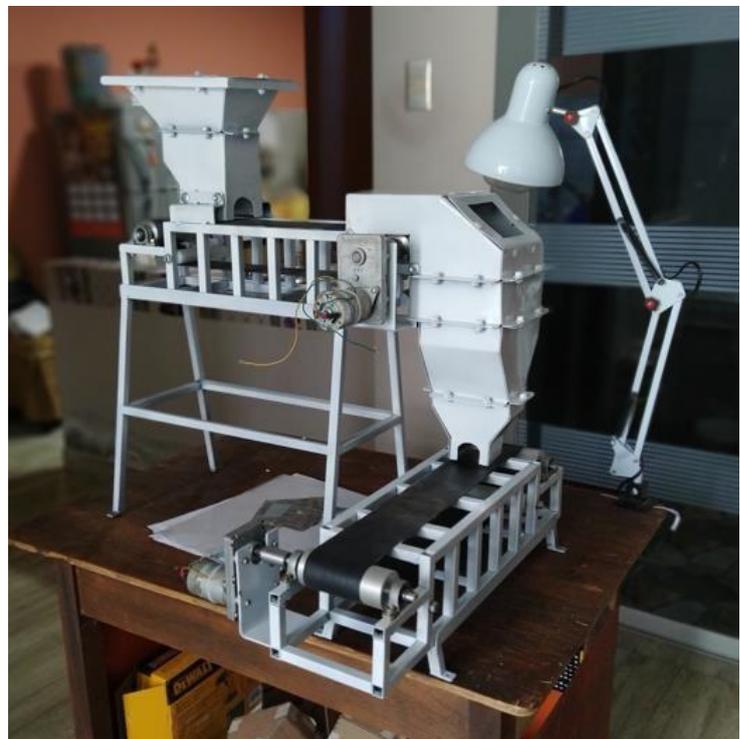


Figura 66

Tablero de Control Eléctrico

**Figura 67**

Tablero de Control PLC



Figura 68

Ensamble Final de Fajas Transportadoras



4.9 Prueba de verificación de la conexión eléctrica del tablero eléctrico

El tablero de control eléctrico consta de un breaker auxiliar de 10 A. Para la energización del sistema, 02 contactores, 02 fuentes de 24 voltios que fueron para la energización de los motorreductores de las fajas transportadoras. Se hicieron pruebas de aislamiento y pruebas de continuidad para verificar el estado de la conexión eléctrica del tablero eléctrico. Se verificó el buen estado de las conexiones eléctricas del tablero de fuerza.

4.10 Pruebas de accionamiento de los actuadores y sensores

Se probaron el tiempo de respuesta de los actuadores ante una maniobra o acción intempestiva de mal funcionamiento de las fajas transportadoras. Los resultados fueron los esperados. Se comprobó la operatividad de los motorreductores, regulando su velocidad.

Se probaron el sensor inductivo de nivel y el sensor capacitivo de nivel. Estos dispositivos fueron instalados para detectar en caso de que los chutes tengan una carga excesiva en operación y producen acumulación de material al extremo de atorar el chute. Estos sensores al detectar una carga excesiva, mandan una señal para detener las fajas correspondientes. Se comprobó su operatividad.

4.11 Pruebas de operatividad de las fajas transportadoras

Para el funcionamiento del sistema de fajas transportadoras, se probó su funcionamiento en dos condiciones: manual y automático.

El funcionamiento del modo manual fue cuando los motores funcionan de forma local, quiere decir que se accionan directamente desde campo o desde los pulsadores que se encuentran en el panel de control eléctrico, tanto para el motor de la faja de carga (faja 0) y la faja de transporte (faja 1). Se menciona que la instrumentación asociada a estas fajas funcionó de manera normal, quiere decir que los switches y sensores cumplirán con su función descrita líneas arriba (Anexo 2 y 3).

El funcionamiento en el modo automático, estuvo de acuerdo a la programación instalada en el PLC, el cual tiene una programación de enclavamiento que funciona de la siguiente manera: Mediante la pantalla HMI nosotros podemos arrancar todo el sistema en su conjunto tan solo presionando el botón de arranque que se encuentra en la pantalla, el arranque se dará siempre y cuando toda la instrumentación en campo este en la posición cerrada, y los motores tengan la alimentación correspondiente de 24 voltios; para ello se tiene un indicador visual y sonoro (semáforo) que nos indicara su arranque y parada. La secuencia de arranque fue: primero arrancó la faja de transporte (faja 0) y luego la faja de alimentación (faja 1) esto por temas de que si hubiera carga en esta faja de transporte esta tiene que moverse antes que le entre más material, Para la parada del sistema ocurre lo contrario, aquí se detuvo primero la faja alimentadora y luego la faja de transporte. Esta parada fue con el fin de dejar de enviar material la faja de transporte la cual se detuvo luego de algunos segundos. A todo este sub-proceso se le llama “enclavamiento de procesos”.

La figura 69 muestra la calibración o ajustes que se hizo a las fajas transportadoras para mejorar el sincronismo del proceso del transporte de minerales a través del prototipo implementado.

Figura 69*Pruebas de Calibración de las Fajas Transportadoras*

4.12 Pruebas de operatividad del prototipo

Este prototipo de sistemas de control automatizado de fajas transportadoras, consta de 01 tablero de comunicaciones, 01 tablero de control eléctrico y 01 rack que contiene 02 fajas transportadoras. (Anexos: 5 – 13)

El tablero de comunicaciones consta de 01 breaker principal de 10 amp. (Servirá para alimentación de todo el sistema de automatización), 01 PLC de la marca Siemens 1214C AC/DC/RLAY, 01 fuente de alimentación de 24 vol. para alimentar a 01 HMI HTP KTP 700 colocado en la puerta del panel (Anexo: 4)

El rack del proceso de transporte de minerales consta de 02 fajas transportadoras (01 de carga, 01 de transporte) con 02 motor reductores de 24 Voltios DC. A estos se les asoció unos micros switches que hicieron la función de la instrumentación de campo:

- El switch de ruptura de faja (este se activa cuando la faja en operación se rompiera y cae aplastando el switch y este abrirá el circuito de control para su detención de la faja);
- El switch de desalineamiento (este se activa cuando la faja en operación sale de su posición de curso y se aproxima tanto al extremo de la

estructura que antes de que se salga, se activará el switch y este abrirá el circuito de control para su detención de la faja);

- El switch de peso neto de la faja (este se activa cuando la faja tiene una carga excesiva en operación y formará un ángulo que activará el switch y este abrirá el circuito de control para la detención de la faja);
- El switch de parada de emergencia (más conocido como los Pull cord). Este es un dispositivo de parada de emergencia o parada de seguridad, cuando algo no está bien o algo se atrapa en la faja el operador tendrá que activar este switch el cual abrirá el circuito de control para su detención de la faja).

4.13 Análisis de los resultados

De las pruebas de operatividad efectuadas al prototipo de un sistema de control automatizado para el proceso de transporte de minerales mediante fajas transportadoras, se pueden afirmar que el prototipo se encuentra funcionando de manera eficiente,

CAPÍTULO V: DISCUSION

En la puesta en marcha del prototipo fajas transportadoras de minerales, se obtuvieron resultados eficientes gracias a su programación e implementación de los diversos componentes que lo conforman.

Se diseñó e implemento un prototipo a escala con un controlador S71200 y una pantalla HMI KTP700 para la simular un proceso de traslado de minerales, cuyas pruebas realizadas fueron exitosas, así mismo el funcionamiento del controlador S71200 coincide con otras plataformas como el PLC Allen Bradley Micrologix 1200, que con la misma programación se puede tener el mismo resultado. De la misma forma con la pantalla HMI de Simatic KTP 700 está coincide con las plataformas como 2711R-T7T Allen-Bradley PanelView 800 HMI de 7 pulgadas, que también es una pantalla ancha y táctil.

Estos conceptos de funcionamiento concuerdan con las descripciones (Chiu, 2018, p. 4). Cuando menciona que los diseños en los sistemas Lógicos programables estos permiten realiza el monitoreo de los parámetros de la faja transportadora: ruptura, velocidad de polines, sensor de nivel y enviarlos a un Servidor.

También se resalta que en este prototipo se implementó una instrumentación asociada al funcionamiento las cuales se denominó: instrumentación de proceso e instrumentación s seguridad, ambas fueron implementadas con micro switches, Estos elementos no coinciden en características con la instrumentación real pero si para su funcionamiento del prototipo, como es experimental se decidió utilizar estos elementos para su funcionamiento y obtuvimos buenos resultados.

Así mismo para la automatización del prototipo de fajas transportadoras se utilizó el protocolo de comunicación PROFINET, que nos facilitó la integración tecnológica con las plataformas del laboratorio de automatización de la escuela profesional de electrónica de la UPT.

Este protocolo de comunicación es el más utilizado en el laboratorio de automatización de la le Escuela profesional de Electrónica, ya que la implantación del prototipo es para el estudiante de pre grado.

CONCLUSIONES

Se diseñó e implementó un prototipo a escala utilizando el Controlador Simatic S7 1200 y una pantalla HMI, para simular el proceso de traslado de minerales a un almacén de concentrados mediante fajas transportadoras, cuyas pruebas realizadas verificaron su operatividad en modo manual y modo automático.

Al seleccionar con criterio técnico los dispositivos de control que fueron empleados en el prototipo de automatización, se pudo verificar que el proceso implementado a escala, se desarrolló en óptimas condiciones. Debido a la versatilidad del software de la pantalla HMI y de los medios de interconexión empleados, se puede realizar un sistema completo de control y monitoreo.

La adecuada configuración de los componentes del prototipo de sistema de control en la Plataforma TIA PORTAL, permitió una interconexión eficiente de los actuadores, sensores y la interfaz HMI con el controlador programable S7 1200. En este proyecto se utilizó una pantalla táctil, y software de programación de la interfaz HMI, que hicieron posible conseguir los resultados deseados en cuanto a la lógica de programación para que esta se ajuste al proceso con un desempeño elevado.

Implementar el prototipo para la automatización del proceso de traslado de minerales utilizando el protocolo de Comunicación PROFINET, facilitó su integración tecnológica con las plataformas existentes en el laboratorio de automatización de la EPIE, dado que es uno de los protocolos de red industrial más utilizados en los proyectos académicos de pre-grado.

RECOMENDACIONES

Al implementar el prototipo de control de traslado de minerales se produjeron errores y fallas al momento de efectuar las pruebas de operatividad. Esto se debió entre los principales motivos a la falta de familiarización con los principios de funcionamiento. Se recomienda planear una etapa de familiarización con el equipamiento, meditando en su estructura la lectura, análisis y comprensión de cada una de las hojas técnicas y manuales de operación tanto del Software como del Hardware con los cuales se esté trabajando.

El prototipo de un sistema de control automatizado, un componente de un sistema integral para el traslado de minerales mediante fajas transportadoras, quedando por desarrollar prototipos complementarios a este proceso.

En el momento del diseño, se debe tomar en cuenta las especificaciones técnicas que posee los equipos periféricos, para que el sistema de control se adapte fácilmente y no llegue a presentar contratiempos por cualquier mala disposición de equipos.

Al momento de diseñar un prototipo de sistema de control se debe tener en cuenta la instalación de dispositivos actuadores de interrupción que detenga el proceso que se está desarrollando ante un mal funcionamiento del prototipo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, J. (2016). *Análisis para la implementación de una banda transportadora para minería en el circuito de chancado de Cia Minera Maperú*. [Tesis de titulación], Universidad Nacional del Centro del Perú, Junín, Perú. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12894/1632>
- ACORSA PERÚ (2019). *Fajas transportadoras*, Disponible en: <https://cutt.ly/OYv0M7N>
- Andrade P. y Peralta, J.(2015). *Diseño e implementación de una mini-planta industrial para el llenado de sólidos mediante la técnica del número de vueltas a ser instalado en el laboratorio de Automatización Industrial*. [Tesis de titulación], Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador. Disponible en: <https://cutt.ly/7YEbUIQ>
- APA (2019) Guía de Norma APA, 7ª Edición. Disponible en: <https://cutt.ly/9YEcpC3>
- R. Boel y G. Stremersch, Eds (2000) A. Mader, «A Classification of PLC Models and Applications», en *Discrete Event Systems*, vol. 569, . Springer US, 2000, pp. 239-246
- Caler, R. (2015). *Análisis y estudio de comunicaciones industriales para implementar arquitectura de comunicaciones*. Disponible en: <https://cutt.ly/ZYbiBzB>
- Carballo, J. y Romero, D. (2011). *Tutorial de Norma ISA S5.1*. Disponible en: <https://cutt.ly/6YnhJ2A>
- Centro de formación técnica para la industria (2021). *Qué es un HMI: para qué sirve la Interfaz Hombre-Máquina*. Disponible en: <https://cutt.ly/6YnyWQM>
- Chiu Castro, G. E. (2018). *Diseño de un sistema mecatrónico móvil para monitoreo de condición de fajas transportadoras*. [Tesis de titulación], Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/12927>
- Daneels, A. y Salter, W. (1999). ¿Qué es SCADA ?.
- Espino, A. (2019). *Apuntes para el uso básico del PLC S7-1200*. Disponible en: <https://cutt.ly/zYbyzR9>
- Festo (2018). *Sensores*. Disponible en: <https://cutt.ly/EYnxBlS>
- Firstrate (2015). *Catálogo: Sensor de Temperatura y Humedad analógico* Disponible en: <https://cutt.ly/XYncVol>
- Gandhi, M. (2020). *Autycom: ¿Qué es un sistema de control?* Disponible en: <https://cutt.ly/VYEIKC9>

- Guzmán, R. et al. (2017). *Sistema de adquisición de datos meteorológicos en tiempo real con PLC*. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, México. Disponible en: <https://cutt.ly/YYv7LqG>
- Montes, H. (2014). *Arquitectura integrada en acción (ppt)*. Disponible en: <https://cutt.ly/xYQZ1Cp>
- Ortiz A (2017). Programación de PLC, HMI y comunicaciones en la industria. Universidad Autónoma de Occidente, Cali, Colombia. ISBN: 978-958-8994-52-9
- Padilla, C. y Toro, G. (2018). *Diseño e implementación de un sistema SCADA con PLC siemens S7-1200 para el control PID de la planta de nivel de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, utilizando software libre*. [Tesis de titulación], Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, La Libertad, Perú. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12893/2807>
- Páez-Logreira, H. D., Zamora-Musa, R., y Bohórquez-Pérez, J. (2015). *Programación de controladores lógicos (PLC) mediante ladder y Lenguaje de control estructurado (SCL) en MATLAB*. Revista Facultad de Ingeniería, 24(39), 109-119.
- Polo, R. (2008) *Diseño e implementación de un registrador de temperatura Rete8 versión 1.0 basado en equipamiento Brainchild*, Disponible en: <https://cutt.ly/yYnrIR5>
- Rojas, D. (2009). *Arquitectura y apariencia externa*. Disponible en: <https://cutt.ly/0Yv5fNf>
- Salinero, M, (2013). *Diseño de una banda transportadora mediante GUIDE de MATLAB*. [Tesis de Maestría], Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, España. Disponible en: <https://cutt.ly/YYv4rYf>
- Sánchez, J., Sanchis, M. y Sanz E. (1999). Introducción y aplicación en LabVIEW para el control de un proceso continuo PID. Disponible en: <https://cutt.ly/rYWMZF9>
- Siemens (2018). *S7 Controlador programable S7-1200, Manual de sistema*. Disponible en: <https://cutt.ly/AYv6vsW>
- Siemens (2017). *S7/HMI Guía de usuario de SIMATIC Automation Tool V3.0*. Disponible en: <https://cutt.ly/BYnuTOY>
- Siemens (2014). *Plataforma TIA PORTAL V.15. Manual de usuario S7 1200*. Disponible en: <https://cutt.ly/7YbeJOK>

- Tecnología Minera (2020). *Fajas transportadoras: ¿Cómo mejoran la productividad minera?*, Disponible en: <https://cutt.ly/QYv9Mqg>
- 911 Metallurgy Corp. (2012). *Fajas transportadoras*. Disponible en: <https://cutt.ly/6Yv4U05>
- Creus, A. (2010). *Instrumentación industrial*. Marcombo. Disponible en: <https://bit.ly/3IG8nv1>
- Allen Bradley. (2002). Controladores programables MicroLogix™ 1200 y MicroLogix 1500 Boletines 1762 y 1764. Manual de referencia del conjunto de instrucciones. Disponible en: <https://bit.ly/3DPcGRc>
- Martínez Torres, J. (1999). Step 7 programación avanzada. Disponible en:

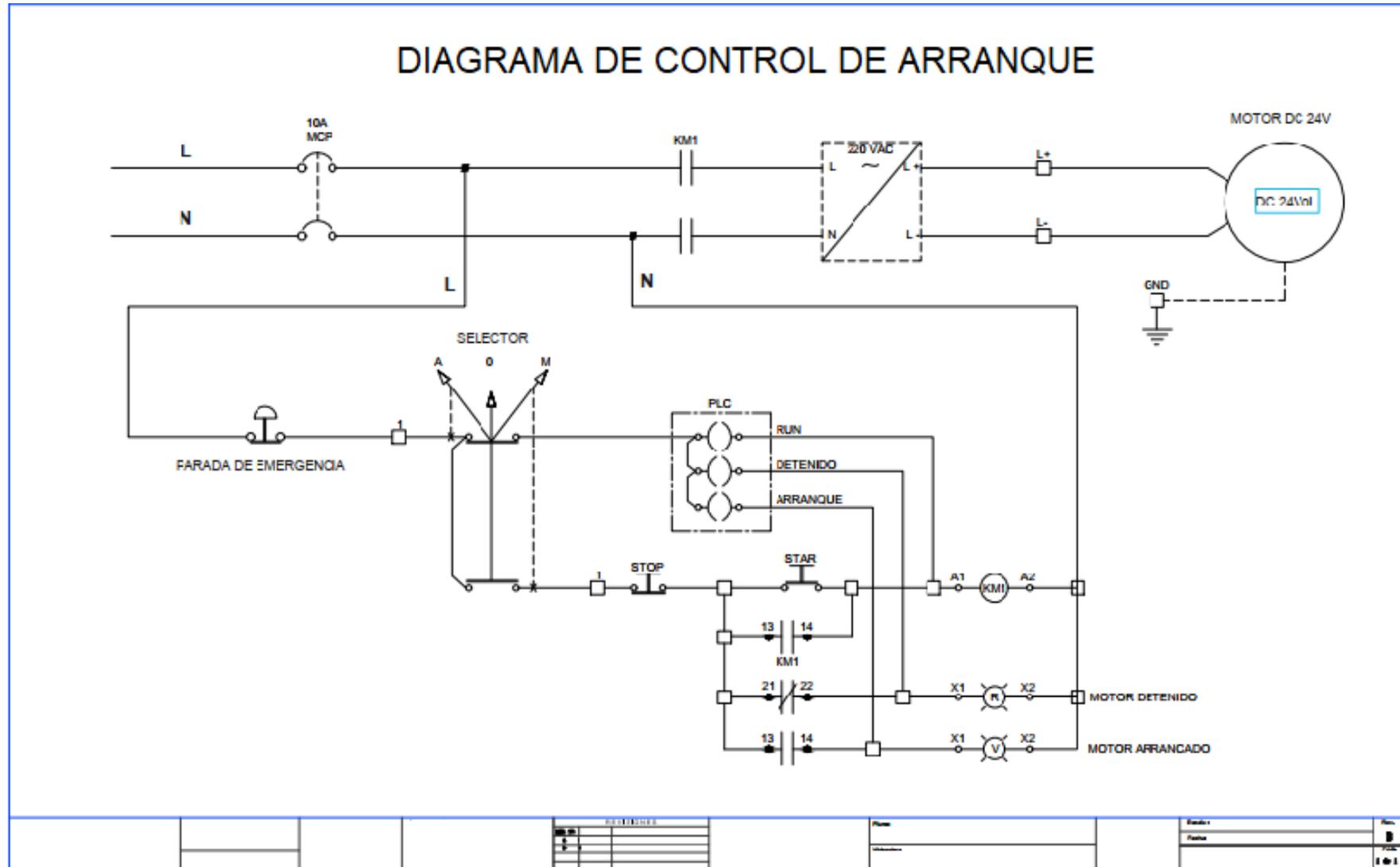
Anexo 1: Matriz de Consistencia.

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e Indicadores	Metodología
<p>1. Interrogante Principal</p> <p>¿Cómo influye en el diseño e implementación de un prototipo que automatice el proceso de traslado de minerales a un almacén de concentrados mediante fajas transportadoras, la utilización del Controlador Simatic S7 1200 en el año 2021?</p> <p>2. Interrogantes Específicas</p> <p>¿Cómo el dimensionamiento de los dispositivos de control del</p>	<p>1. Objetivo General</p> <p>Diseñar e implementar un prototipo que automatice el proceso de traslado de minerales a un almacén de concentrados mediante fajas transportadoras, utilizando el Controlador Simatic S7 1200 en el año 2021.</p> <p>2. Objetivos Específicos</p> <p>Dimensionar los dispositivos de control del prototipo de automatización que</p>	<p>1. Hipótesis General</p> <p>El empleo del controlador programable Simatic S7 1200 facilita la supervisión local y remota de un prototipo de sistema de control automático empleado para el proceso traslado de minerales mediante faja transportadora.</p> <p>2. Hipótesis Específicas</p> <p>El dimensionamiento adecuado de los</p>	<p><u>Variable Independiente</u></p> <p>Módulo de automatización basado en el PLC S7 1200</p> <p><u>Dimensión 1:</u></p> <p>Parámetros de control</p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de respuesta del sistema • Número de señales analógicas <p><u>Variable Dependiente</u></p> <p>Proceso de traslado de minerales a un almacén de concentrados mediante fajas transportadoras</p>	<p>Tipo De Investigación</p> <p>Aplicada, nivel es descriptivo correlacional</p> <p>Diseño De La Investigación</p> <p>Experimental</p> <p>Ámbito De Estudio</p> <p>El laboratorio de Control y Automatización de la carrera de Ingeniería Electrónica, de la Facultad de Ingeniería, Universidad Privada de Tacna.</p> <p>Población</p> <p>Comprende los módulos de automatización que se encuentran instalados en el laboratorio de Control y Automatización de la carrera de ingeniería electrónica.</p>

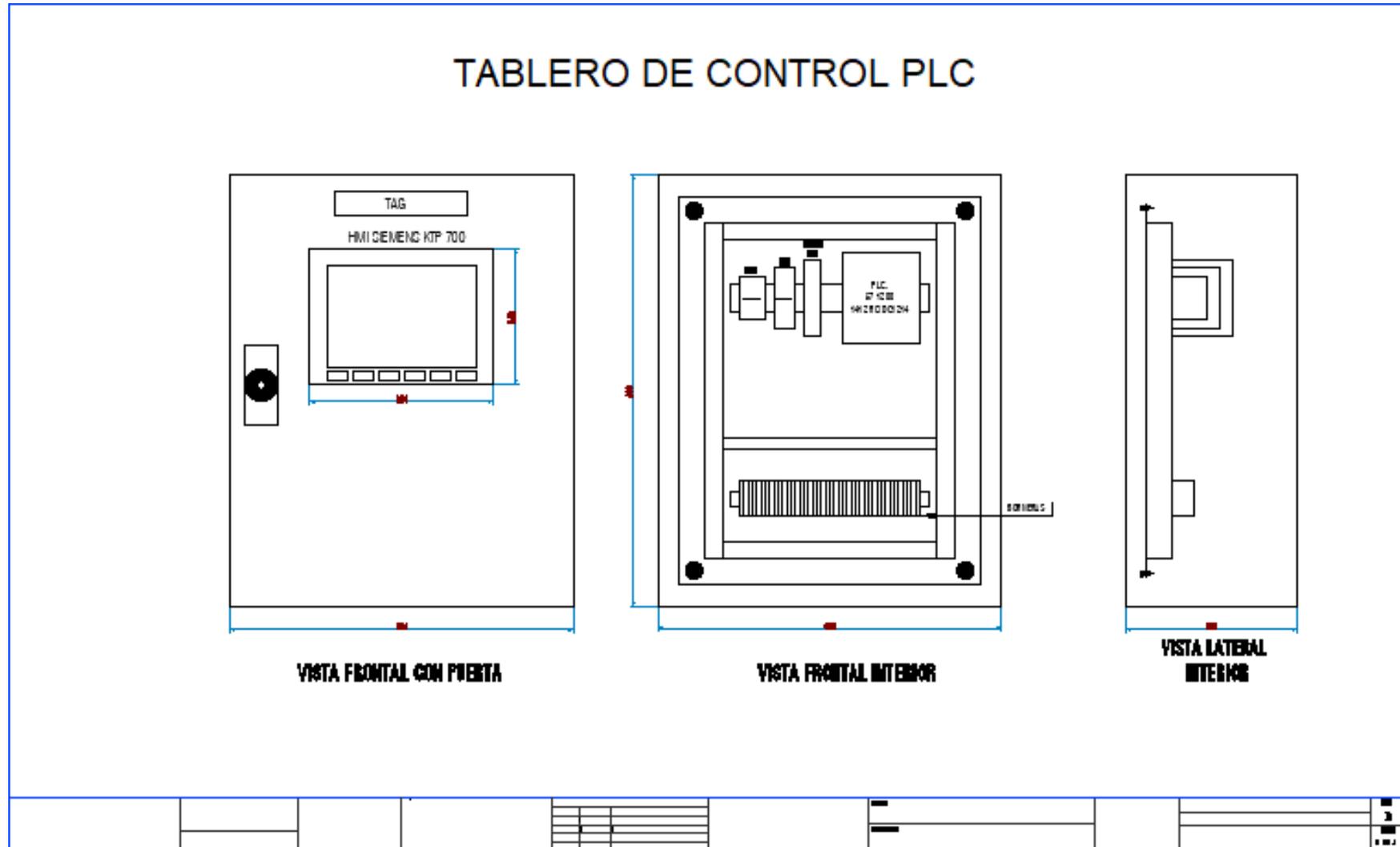
<p>prototipo de automatización, permite optimizar el proceso de traslado de minerales para su almacenaje?</p>	<p>permita optimizar el proceso de traslado de minerales para su almacenaje.</p>	<p>dispositivos de control del prototipo de automatización asegura que el proceso de traslado de minerales para su almacenaje sea eficiente.</p>	<p><u>Dimensión:</u> Parámetros del proceso</p> <p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de material a transportar. • Temperatura del proceso. • Velocidad de la faja transportadora 	<p>Muestra</p> <p>Comprende los módulos de automatización que utilizan el protocolo de comunicación PROFINET y que son controlados por el PLC S7 12000 de Siemens.</p> <p>Técnicas De Recolección De Datos</p> <p>Técnica de análisis documental Técnica de observación experimental:</p> <p>Instrumentos</p> <p><u>Fuentes secundarias:</u></p> <p>Libros especializados sobre sistemas de control, los principios de funcionamiento de actuadores, los controladores lógicos programables (PLC);</p> <p>Catálogos sobre especificaciones técnicas de sensores, actuadores, equipos de control, pantallas HMI;</p> <p>Bibliotecas virtuales de artículos especializados referidos a la</p>
<p>¿Cómo la configuración de los componentes del prototipo de sistema de control propuesto en la Plataforma TIA PORTAL, permite una interconexión eficiente con el controlador programable S7 1200?</p>	<p>Configurar los componentes del prototipo de sistema de control propuesto en la Plataforma TIA PORTAL, que permita una interconexión eficiente con el controlador programable S7 1200.</p>	<p>Una interconexión eficiente entre el módulo de control para en proceso de traslado de minerales y el controlador programable S7 1200, asegura su operatividad</p>		
<p>¿Cómo la implementación de un prototipo para la automatización del proceso de traslado de minerales basado en el protocolo de Comunicación PROFINET, facilita la</p>	<p>Implementar un prototipo para la automatización del proceso de traslado de minerales basado en el protocolo de Comunicación PROFINET, que facilite la integración tecnológica con las plataformas</p>	<p>El uso del protocolo de comunicación PROFINET, garantiza la integración tecnológica del prototipo de sistema de control con las plataformas existentes en el laboratorio de automatización de la EPIE.</p>		

<p>integración tecnológica con las plataformas existentes en el laboratorio de automatización de la EPIE?</p>	<p>existentes en el laboratorio de automatización de la EPIE</p>			<p>investigación;</p> <p>Direcciones web de sistemas de control basados en el protocolo de comunicación PROFINET, fajas transportadoras, plataformas de lógica de programación, actuadores y sensores industriales de control.;</p> <p>Software de simulación de procesos industriales TIA PORTAL, empleo de la programación ladder.</p>
---	--	--	--	--

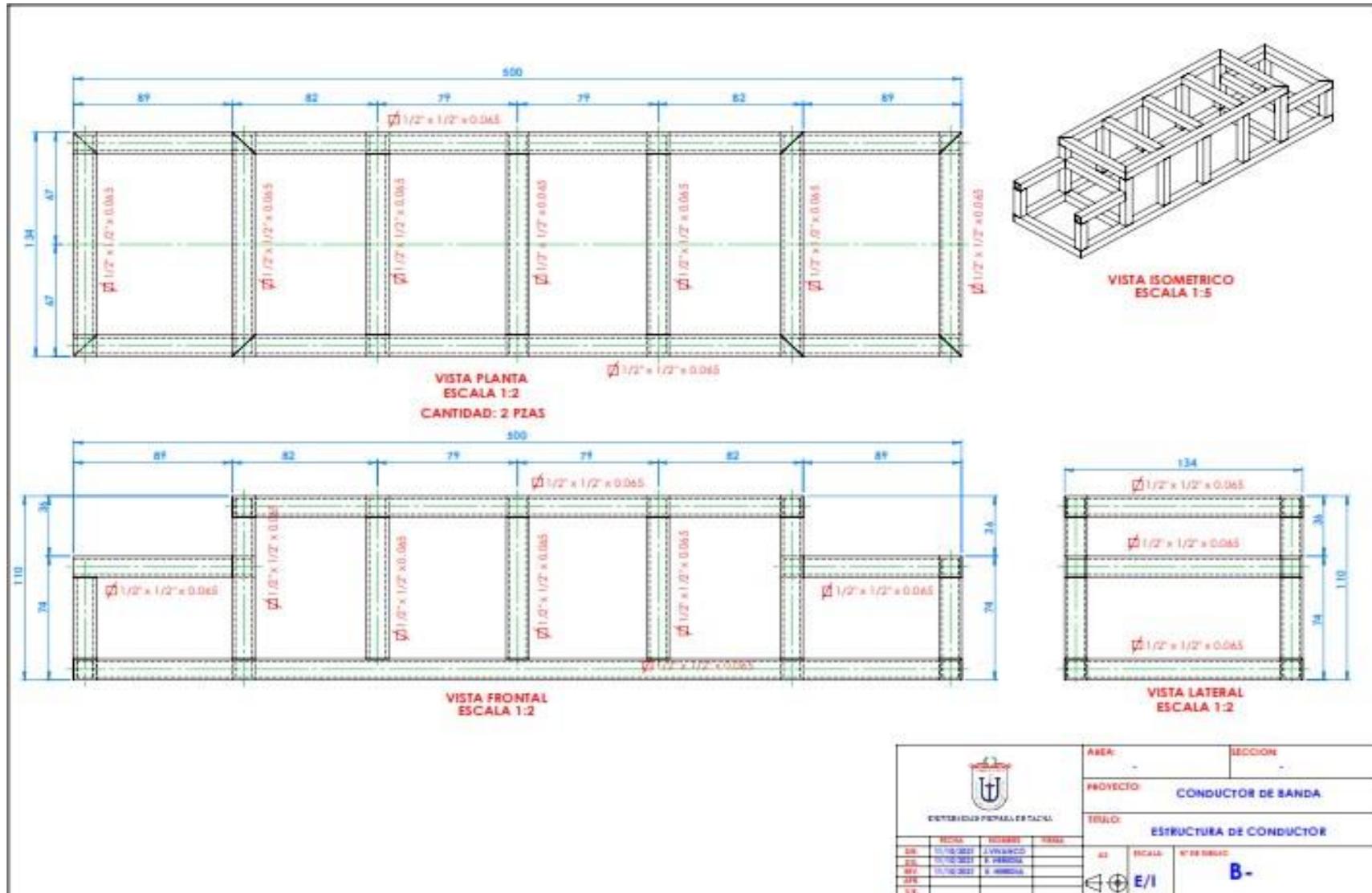
Anexo 2 : Diagrama de Control de Arranque.



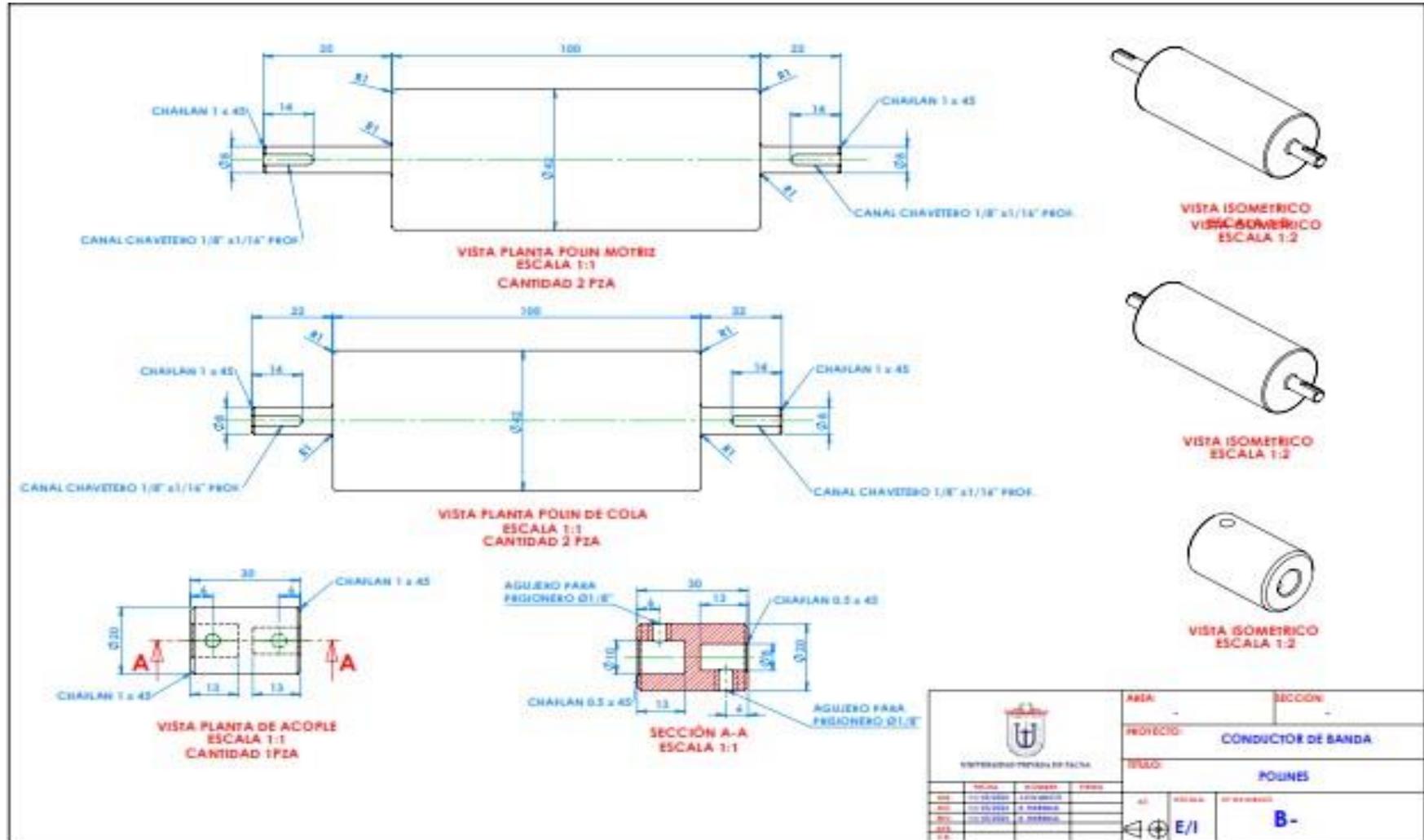
Anexo 4: Plano del Tablero del PLC.



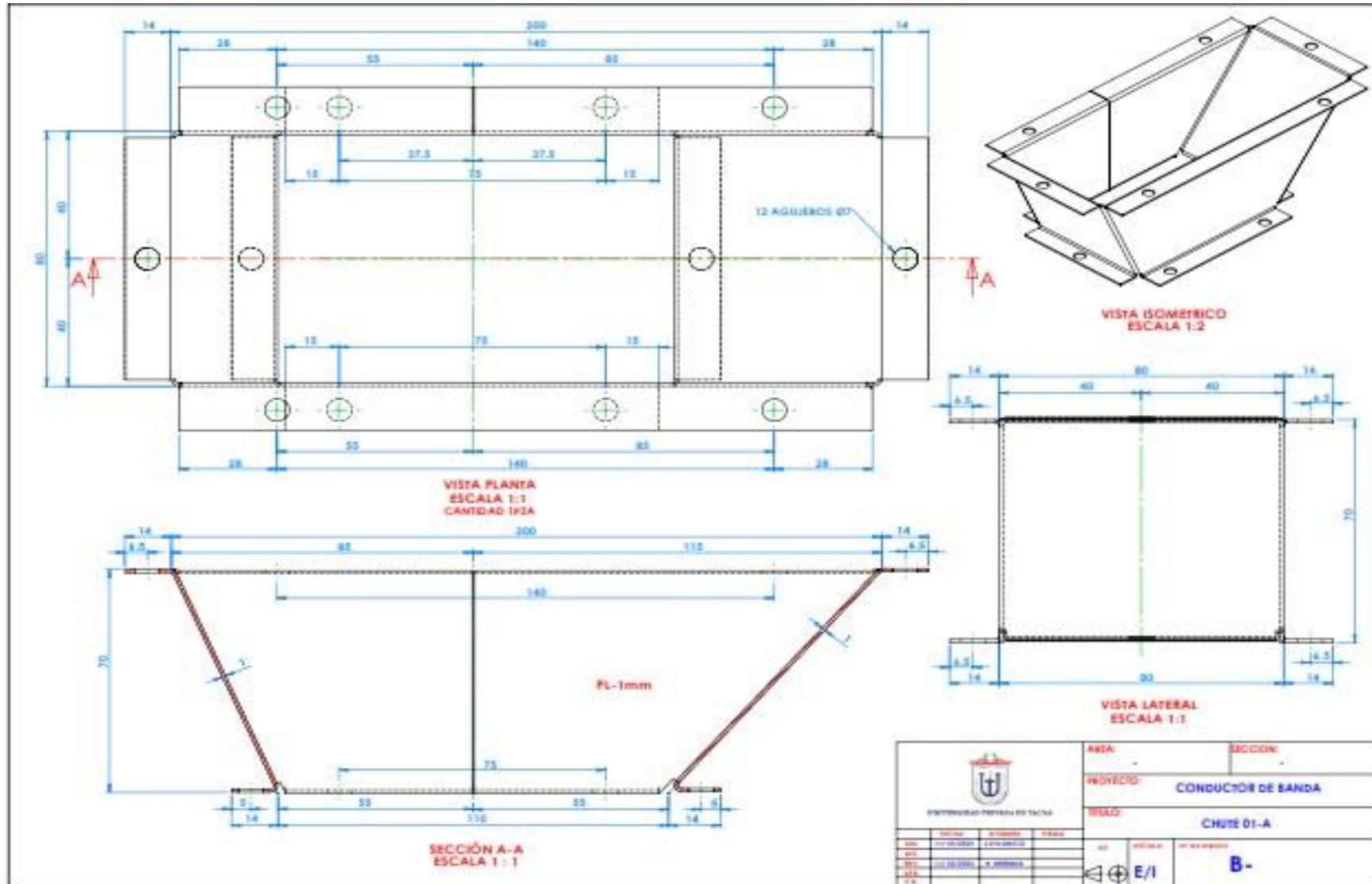
Anexo 5: Plano de la Base de la Estructura.



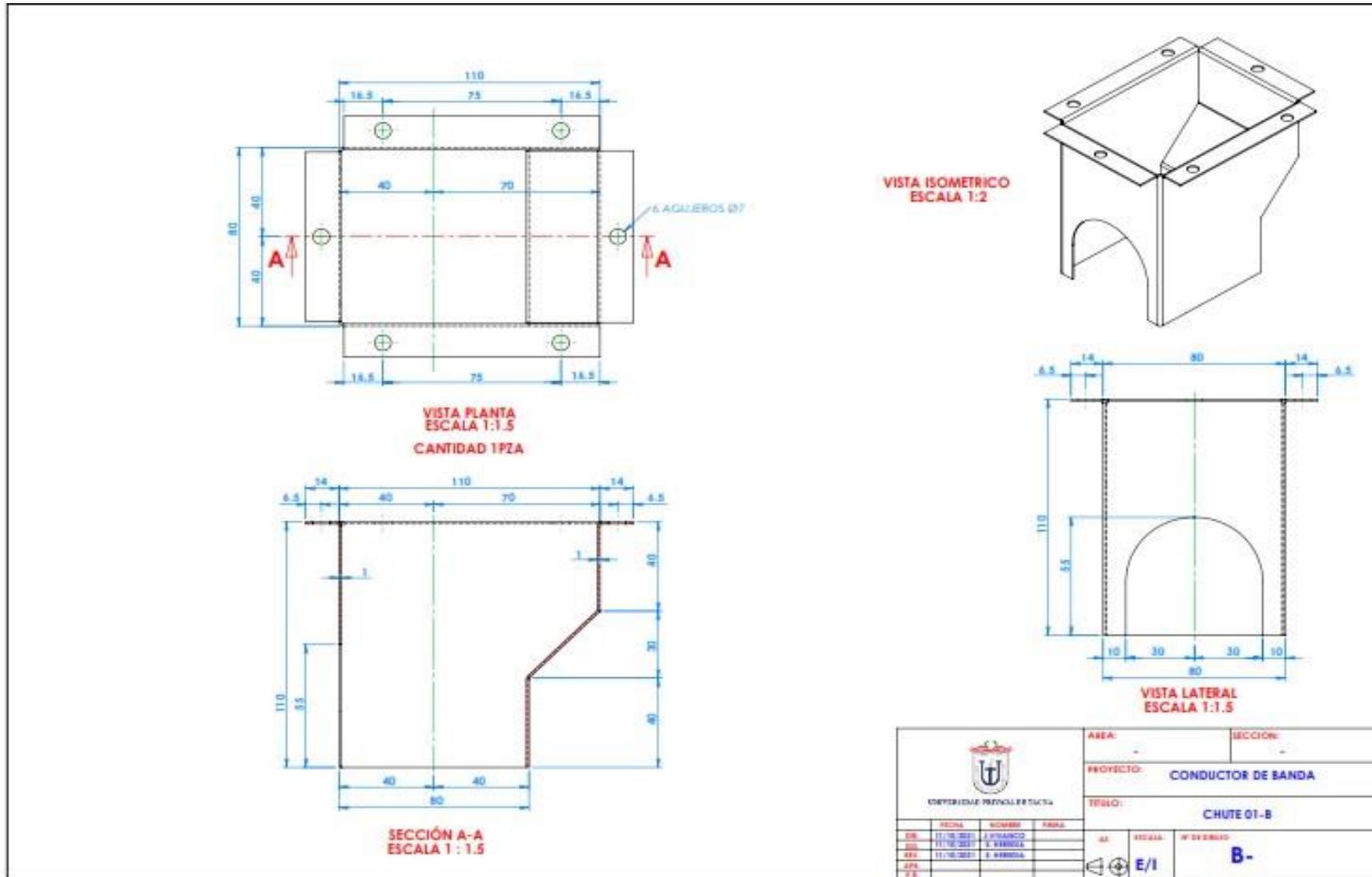
Anexo 6: Plano de los Polines de Cola y Cabeza.



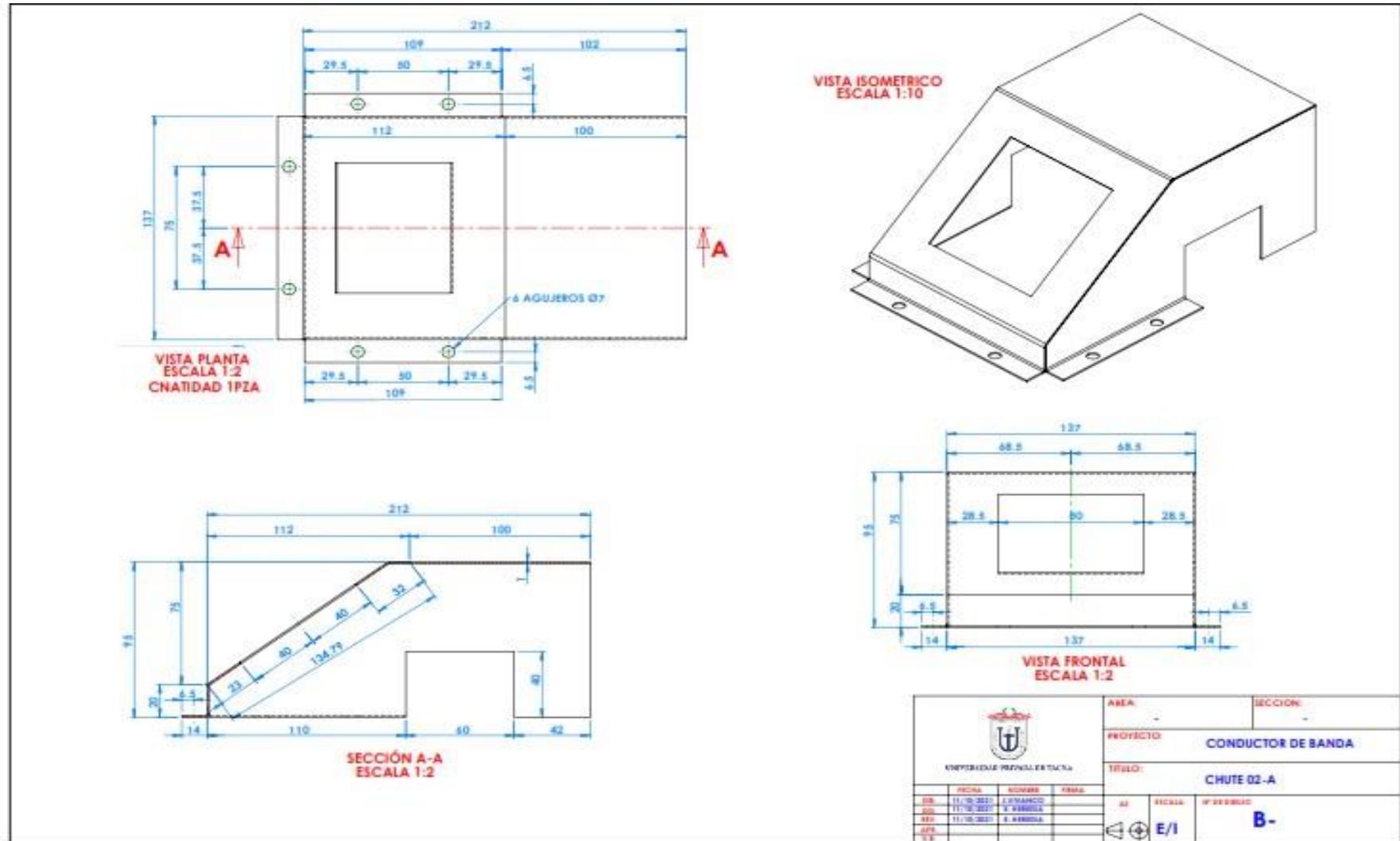
Anexo 7: Plano de Chute de Carga



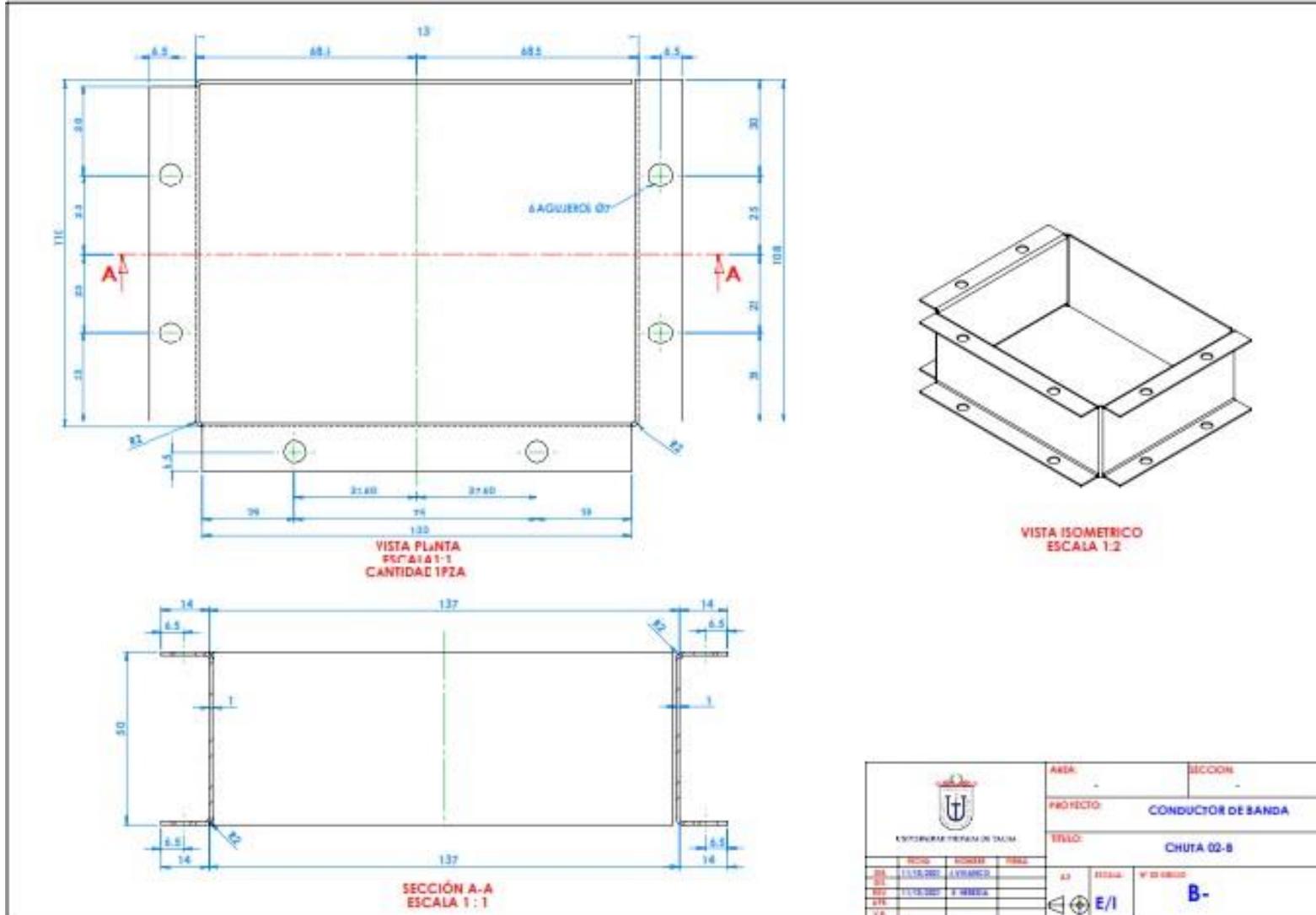
Anexo 8: Plano de chute de carga 2-2



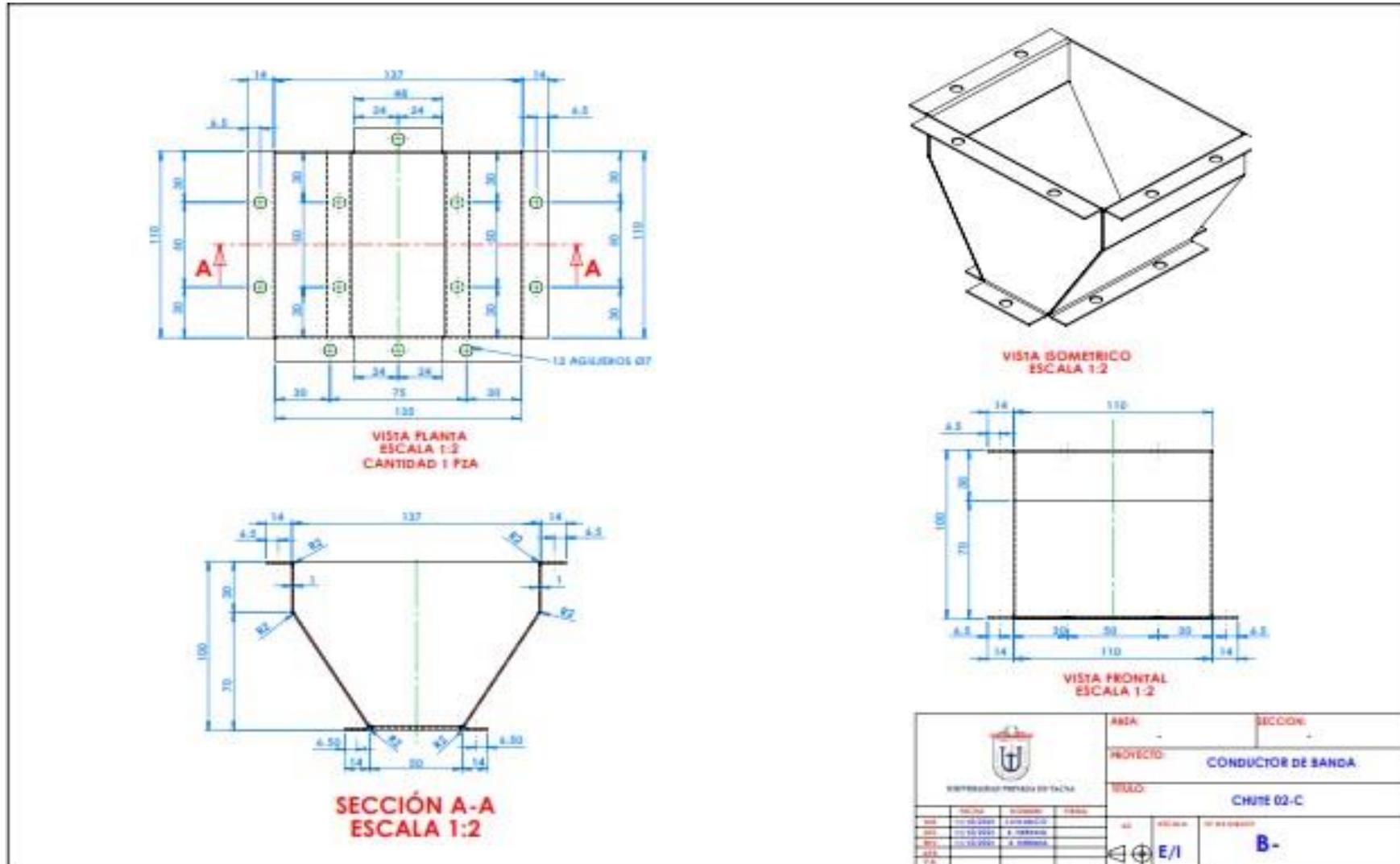
Anexo 9: Plano de chute de descarga 1-4



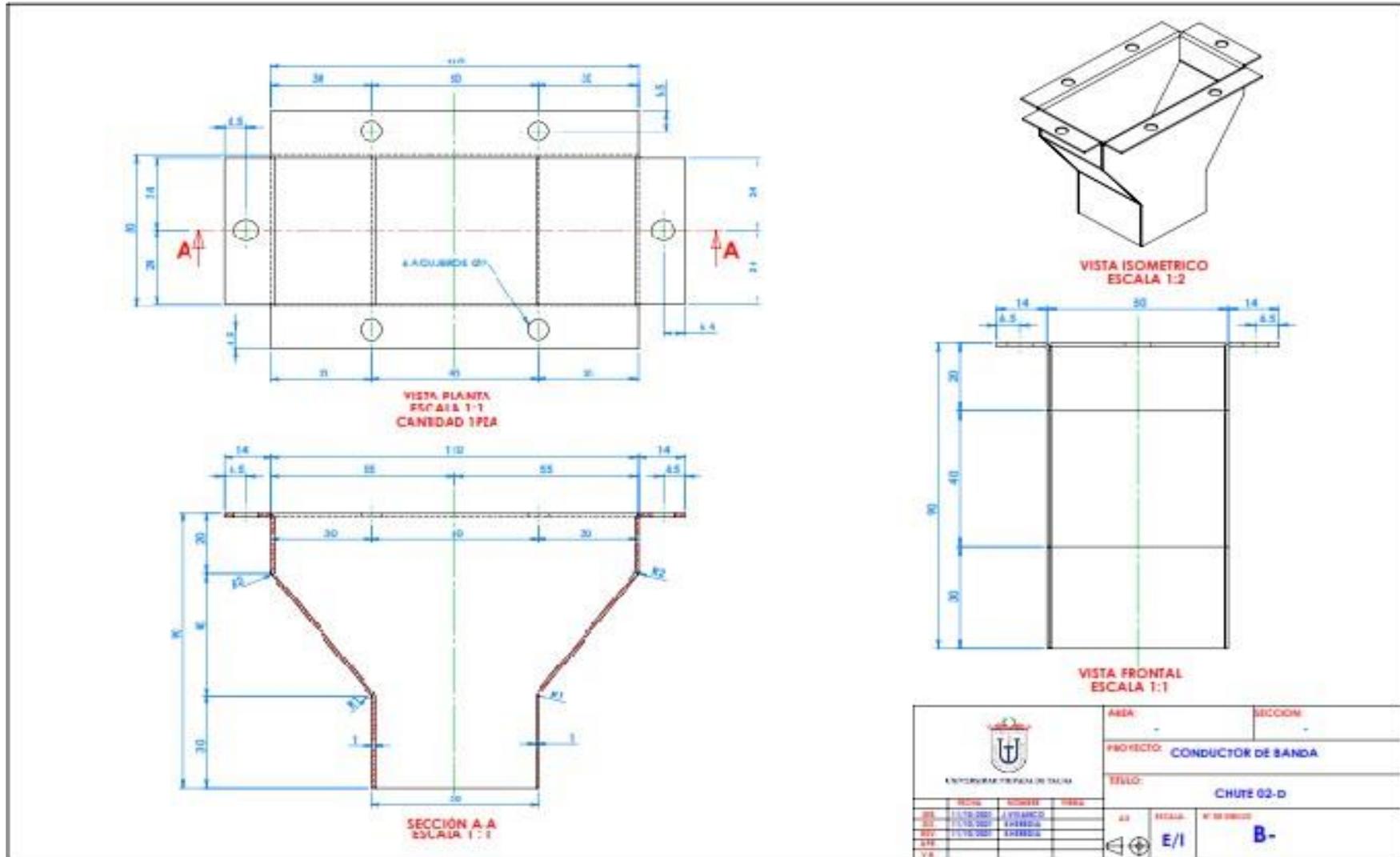
Anexo 10: Plano de Chute de Descarga 2-4.



Anexo 11: Plano de Chute de Descarga 3-4.



Anexo 12: Plano de Chute de descarga 4-4.



Anexo 13: Plano General de Ensamble.

