



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



**“DISEÑO DE UNA PLANTA AUTOMATIZADA DE MOLDEO DE
BLOQUES DE CONCRETO CON EL SISTEMA SCADA”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. ARDILES QUEA TRUJILLO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

Dedicó el proyecto de tesis a mis padres por las confianza y apoyo que me dieron en todo momento de mi vida, a mis hermanos por sus apoyos incondicionales y a todas las personas que estuvieron en mi formación profesional y como persona.

Ardiles Quea Trujillo



AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Nacional del Altiplano, docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica por encaminarme en mi formación profesional, y al Director/Asesor de tesis, David Salinas Mendoza por el apoyo en el desarrollo de esta tesis.

Ardiles Quea Trujillo



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 12

ABSTRACT..... 13

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA 15

1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA 15

1.3. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN..... 15

1.3.1. Objetivo General 15

1.3.2. Objetivo Especifico 15

1.4. JUSTIFICACIÓN 16

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES..... 17

2.2. MARCO TEÓRICO 18

2.2.1. Diseño de plantas 18

2.3. ETAPAS DE LA PLANTA 20

2.3.1. Silo 20

2.3.2. Transportador por tornillo sin fin 21



2.3.3. Tolvas	22
2.3.4. Faja transportadora.....	22
2.3.5. Cangilón	23
2.3.6. Mezcladoras	24
2.3.7. Maquina Vibro-Compresor	24
2.3.8. Horno de Curado	25
2.4. SISTEMAS DE AUTOMATISMO	26
2.4.1. Neumática e Hidráulica.....	26
2.5. SISTEMA SCADA.....	28
2.6. HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	36
2.6.1. Hipótesis general	36
2.6.2. Hipótesis específicas	36
2.6.3. Sistema de variables	37
CAPÍTULO III	
MATERIALES Y MÉTODO	
3.1. TÉCNICA Y DIAGRAMA DE DISEÑO DE LA PLANTA.....	38
3.2. DISEÑO MECANICO Y ELECTRICO DE LAS ETAPAS DE LA PLANTA	38
3.2.1. Tolva	38
3.2.2. Cinta transportadora	41
3.2.3. Diseño de sistema de elevación por cangilón	62
3.2.4. Diseño del sistema de mezclado	69
3.2.5. Diseño de sistema de vibro-compresor	74
3.2.6. Sistema de carga y descarga.....	93
3.3. DISEÑO DEL SISTEMA SCADA	98



3.3.1. Diseño de la etapa de campo.....	98
3.3.2. Diseño de la etapa de control	103

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADO DEL DISEÑO DE LAS ETAPAS DE AUTOMATISMO DE LA PLANTA.....	110
4.2. RESULTADO DE LA SELECCIÓN DEL TIPO DE AUTOMATISMO EN CADA ETAPA.....	114
4.3. RESULTADO DEL DISEÑO SISTEMA SCADA DE LA PLANTA.....	116
V. CONCLUSIONES.....	117
VI. RECOMENDACIONES	118
VII. REFERENCIAS.....	119
ANEXOS.....	123

Área : Automatización e Instrumentación

Tema : Instrumentación y control de procesos

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 10 de junio de 2022



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Diseño de planta CPM columbia	18
Figura 2.2: Diseño técnico de las líneas de producción QGM-ZENITH	19
Figura 2.3: Siglo productivo.....	19
Figura 2.4: Silo de almacenamiento	20
Figura 2.5: Fase de llenado de un sinfín vertical.....	21
Figura 2.6: Tolva de almacenamiento de materia prima	22
Figura 2.7: Faja transportadora.....	23
Figura 2.8: Elevador de cangilón.....	23
Figura 2.9: Mezcladora de eje vertical MV-ARCOMET7	24
Figura 2.10: Maquina bloquera besser b3-h	25
Figura 2.11: Horno de secado y curado.....	25
Figura 2.12: Preparación de aire.....	26
Figura 2.13: Circuito típico de un pistón dentro del cilindro en un sistema hidráulico	27
Figura 2.14: Pirámide CIM.....	31
Figura 2.15: Sistema SCADA arquitectura básica	32
Figura 2.16: OpenControl SCADA Network Arquitectura	33
Figura 2.17: Buses de campo.....	34
Figura 2.18: Arquitectura general de software	36
Figura 3.1: Diagrama de proceso de diseño de la planta.....	38
Figura 3.2: Tensión normal de la tolva.....	40
Figura 3.3: Factor de seguridad.	40
Figura 3.4 Sección transversal de banda.....	44
Figura 3.5: Rodillo de carga	48
Figura 3.6: Rodillo de canalización.....	52
Figura 3.7: Dimensiones del polín de retorno	53
Figura 3.8: Factor de corrección por temperatura	55
Figura 3.9: Tensión de la banda respecto al ángulo de elevación	59
Figura 3.10: Relación potencia-tención.....	59
Figura 3.11: Magnitudes del motor	61
Figura 3.12: Desplazamiento estático.....	61
Figura 3.13: Factor de seguridad minina.....	62



Figura 3.14: Diagrama de sistema de elevación del cangilón.	63
Figura 3.15: Respuesta al escalón unitario	68
Figura 3.16: Grafico de polos y ceros.	69
Figura 3.17: Diagrama sistema de mezclado.....	70
Figura 3.18: Representación de modelo paleta-masa	71
Figura 3.19: Brazos del sistema de mezclado	73
Figura 3.20: Respuesta al escalón unitario	74
Figura 3.21: Masa excéntrica	80
Figura 3.22: Sistema de vibración por masa rotatorio excéntrica.	80
Figura 3.23: La respuesta típica al escalón unitario correspondiente a varias	81
Figura 3.24: Relación entre las raíces de la ecuación característica α , ζ , ω_n , ω	82
Figura 3.25: Lugar de raíces	82
Figura 3.26: Respuesta al impulso $F(s)$ respecto a $Y(s)$	83
Figura 3.27: Sistema de alimentación de material.....	86
Figura 3.28: Maquina vibro-compresor.....	87
Figura 3.29: Sistema de alimentación de tarima	88
Figura 3.30: Parámetros de la tarima.....	91
Figura 3.31: Lugar geométrico de raíces	92
Figura 3.32: Señal del sistema de arrastre al escalón unitario.....	93
Figura 3.33: Sistema de carga y descarga de rack.....	94
Figura 3.34: Relación entre torque-velocidad angular	95
Figura 3.35: Respuesta al escalón unitario y el lugar geométrico de raíz a lazo abierto	96
Figura 3.36: Respuesta al escalón unitario y el lugar geométrico de raíz a lazo cerrado	96
Figura 3.37: Diagrama de BODE	97
Figura 3.38: Diagrama de bloque de sistema más controlador PID	98
Figura 3.39: Respuesta al PID sintonizada.....	98
Figura 3.40: Sensor de nivel ultrasónico BFL741-8	99
Figura 3.41: Sensor de peso o fuerza.....	99
Figura 3.42: Diagrama de encoders	100
Figura 3.43: Sensor de final de carrera.....	101
Figura 3.44: Variador de frecuencia ABB.....	101
Figura 3.45: Diseño del circuito de fuerza de la planta.....	102



Figura 3.46: Diseño de circuito de mando.....	102
Figura 3.47: Diseño de mando automático.....	103
Figura 3.48: PLC1214C módulos digital de I/Q y analógicas I/Q	104
Figura 3.49: Comunicación WinCC RT Advanced y PLC	104
Figura 3.50: Dispositivos y redes	105
Figura 3.51: Objetos usados para el sistema SCADA.....	106
Figura 3.52: Segmento de programación de las etapas de automatización	106
Figura 3.53: Sistema de control de dosificación	107
Figura 3.54: Sistema de control de vibro compresor y carro de montaje.....	108
Figura 3.55: Sistema de configuración del carro de montaje	109
Figura 4.1: Estructura de la planta.....	111
Figura 4.2: Diseño del sistema SCADA.....	116
Figura 8.1: Secuencia de programación de la cinta transportadora.....	123
Figura 8.2: Apertura de la compuerta tolva 1 manual y automática	124
Figura 8.3: Programa de arranque automático y manual de canjilón	125
Figura 8.4: Arranque automático y manual de mixer.....	126
Figura 8.5: Alimentador de cemento automático y manual	127
Figura 8.6: Nivel de tanque de agua y apertura de compuerta	128
Figura 8.7: Programa para el pistón de compresión automático y manual	129
Figura 8.8: Programa de pistón de moldeo.....	130
Figura 8.9: Programa del pistón nivelador	131



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Características comparativas de los sistemas neumáticos e hidráulicos	28
Tabla 2.2: Operación de variables	37
Tabla 3.1: Angulo de sobrecarga-ángulo de reposo	42
Tabla 3.2: Bandas estándar CEMA 550	42
Tabla 3.3: Rango de velocidades de banda recomendados.....	43
Tabla 3.4: Faja abarquillada a 45 ⁰ . Distancia estándar al borde de tres rodillos iguales	47
Tabla 3.5: Peso de la banda por unidad de longitud	48
Tabla 3.6: Ancho de banda-tamaño del terrón-ángulo de sobrecarga	49
Tabla 3.7: Factor de ajuste	50
Tabla 3.8: Espaciamiento de rodillo	50
Tabla 3.9: Rodillo CEMA.....	51
Tabla 3.10: Valores de carga para rodillo CEMA clase C.....	51
Tabla 3.11: CEMA clase C	52
Tabla 3.12: CEMA clase C	53
Tabla 3.13: CEMA Class Bretturn idlers	54
Tabla 3.14: Factor adimensional.....	56
Tabla 3.15: Valor adimensional con respecto a la pendiente.	56
Tabla 3.16: Valor de Ky.....	57
Tabla 3.17: Tención de banda para poleas	58
Tabla 3.18: Cable clase 6X19 alma de acero	65
Tabla 3.19: Relación de tambor y polea respecto al diámetro del cable	65
Tabla 3.20: Coeficiente fricción de rodamiento SKF	67
Tabla 3.21: Coeficiente de presión activa lateral.....	72
Tabla 3.22: Datos estáticos del actuador Airstroke estilo 131 para 500Lbs.....	76
Tabla 3.23: Datos estáticos del actuador Airstroke estilo 131 para 1100Lbs.....	77
Tabla 3.24: Relación entre el factor de carga y la velocidad del pistón	84
Tabla 3.25: Coeficiente fricción de rodamiento skf.....	90
Tabla 3.26: Características de la cadena se arrastre.....	91
Tabla 4.1: Características y parámetro de la planta	111
Tabla 4.2: Parámetros técnicos de diseño de la planta.....	114
Tabla 4.3: Tipo de automatización	115



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

CAP.T. F.:	Capacidad de la Tolva de Fino
CIM:	Computer Integrated Manufacturing
ERP:	Entreprise Resource Planning
Fs:	Factor de seguridad
MES:	Manufacturing Execution System
MTU:	Unidad Terminal Maestra
PC:	Computadora Personal
PKS:	Power Knowledge System
PLC:	Control Lógico Programable
RTU:	Unidad Remota de Telemetría
SCADA:	Supervisory Control And Data Adquisition
SENAMH:	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
SKF:	Kullagerfabriken o Fábrica de Rodamientos de Bola
Sy:	Límite de fluencia del acero ASTM A36.
UNACEM:	Unión Andina de Cementos
VT:	Volumen Total de la Tolva de Fino



RESUMEN

El proyecto de investigación, se dividió en etapas: Almacenamiento y transporte de materia prima, elevado de material (hormigón), dosificación, mezclado, vibro-comprimidor, alimentador de palet, traslado de tarima y bloque, apilador y cámara de curado, para sus análisis efectivos de cada uno de ellas. Para el diseño y análisis de la estructura, cálculo de control y control automático, cálculo de los actuadores y diseño del sistema eléctrico se realizaron con la ayuda de softwares, el control de la planta se realiza por medí de la integración de PLC siemens 1200 y el sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition o Control con Supervisión y Adquisición de Datos) permitirá al operario interactuar y solucionar problemas sin correr riesgos y gestionar logros, mantenimiento, consumo de recursos y alarmas, La planta estará lista para su implementación los detalles y la optimización reducirá el tiempo y costo en la implementación de la planta, el diseño de la planta contribuirá a crear nuevas empresa competitivas, generando empleo, mejorando la vida de los trabajadores, y aumentando la productividad de calidad.

Palabra clave: Planta, Bloque de concreto y SCADA



ABSTRACT

The research project was divided into stages: Storage and transport of raw material, elevation of material (concrete), dosing, mixing, vibro-compressor, pallet feeder, pallet and block transfer, stacker and curing chamber, for its effective analysis of each of them. For the design and analysis of the structure, calculation of control and automatic control, calculation of the actuators and design of the electrical system were carried out with the help of software, the control of the plant is carried out by means of the integration of PLC siemens 1200 and the SCADA system (Supervisory Control And Data Acquisition or Control with Supervision and Data Acquisition) will allow the operator to interact and solve problems without running risks and manage achievements, maintenance, resource consumption and alarms. The plant will be ready for implementation details and the optimization will reduce the time and cost in the implementation of the plant, the design of the plant will contribute to creating new competitive companies, generating employment, improving the lives of workers, and increasing quality productivity.

Keywords: Plant, Concrete block and SCADA



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El diseño es el inicio del avance tecnológico y gracias al conocimiento de la ingeniería solo a través de esto se puede desarrollar adecuadamente componentes y sistemas con una cierta exactitud, del comportamiento deseada de; los sensores, actuadores, motores y entre otros.

El diseño de la planta de prefabricado de hormigón busca el perfeccionamiento innovador en la producción, mantenimiento y salud en el trabajo, organizando en etapas la cadena de producción, los diseño y simulaciones de cada pieza que lo conforma a la estructura de la planta se desarrolló en el software SolidWorks teniendo como el factor de seguridad superior a uno, el análisis y cálculos de los sistemas de control que permite optimizar el funcionamiento correcto del sistema con la ayuda del software Matlab, diseño de plano eléctrico indicando el tipo de función que cumple cada componente eléctrico, desarrollado en el software CADESimu y la automatización con el sistema SCADA (por las siglas en inglés de Supervisory Control And Data Acquisition), se tiene un PLC (Control Lógico Programable) Siemens 1200 para la etapa de control, programado en TIA Portal, la supervisión y adquisición de datos se realiza en una PC advance (Computadora Personal) de siemens programado con el software WinCC. por el cual se puede supervisar controlar las señales de la planta y adquirir datos para documentar logros, alarmas, tiempo de trabajo para su mantenimiento preventivo y su posterior implementación. Con la automatización de los procesos los trabajos repetitivos, pesados y supervisión son encargados a las máquinas y las personas realizan trabajos de planificación o mejoras de los procesos.



1.1. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

Los bloques de concreto desempeñan un papel importante en las construcciones. Por lo tanto, es importante el control en la productividad con calidad. El diseño de la planta de fabricación de bloques de concreto estará compuesto por cinco etapas de proceso: transporte, dosificado, mezclado, formado y curado. Para el funcionamiento de la planta será necesario implementar diversos tipos de automatización y control en cada acción que realiza las diferentes etapas, para el funcionamiento interactivo con los procesos será necesario implementado con el sistema SCADA, permitirá monitorear mediante una cabina de mandos ya que todo el proceso estará ilustrado en una pantalla gráficamente para supervisar el funcionamiento pleno y confiable de toda la planta.

1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Se puede diseñar una planta de moldeo de bloques de concreto que permita mejorar el proceso confiable y seguro?

1.3. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseño de una planta automatizada de moldeo de bloques de concreto con el sistema SCADA

1.3.2. OBJETIVO ESPECIFICO

- Diseñar las etapas de automatismo de la planta de moldeo de bloques de concreto.
- Seleccionar el tipo de automatismo en cada etapa de la planta de moldeo de bloques de concreto.
- Diseñar el sistema SCADA de la planta.



1.4. JUSTIFICACIÓN

El incremento de la demanda de bloques de concreto en el sur del Perú, hace la necesidad de automatizar a los pequeños empresarios, donde la producción de bloques de concreto es manual y semi automática, tienen como resultado bloques de concreto discontinua y de baja calidad, esto influye en la perdida de materiales, energía y horas/hombre, elevando el costo del producto final, con el diseño de la planta automatizada, se reducirá considerablemente las perdidas. Con el diseño del sistema SCADA el funcionamiento de la planta será pleno y seguro ya que el sistema brindará alarmas y advertencias en tiempo real,



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES.

En el Perú los principales proveedores de cemento son Cementos Pacasmayo, UNACEM (Unión Andina de Cementos) y Cementos Yura. Estos tres competidores tienen repartido el mercado peruano. (Seminario et al., 2018)

La Industria Nacional de los prefabricados de hormigón está en constante evolución y progreso para lo cual debe contar no solo con equipos que se encuentren y cumplan con los estándares de calidad del producto y también sea competitivo en los precios. (Menichetti, 2015)

Las empresas encargadas de la fabricación de máquinas de prefabricado de hormigón, están modernizando sus máquinas para aumentar la productividad con calidad y la versatilidad. (Chaux et al., 2016)

Las plantas implantadas con el sistema SCADA brinda el control de la información, a través de todos los recursos integrados. (Pérez López, 2015)

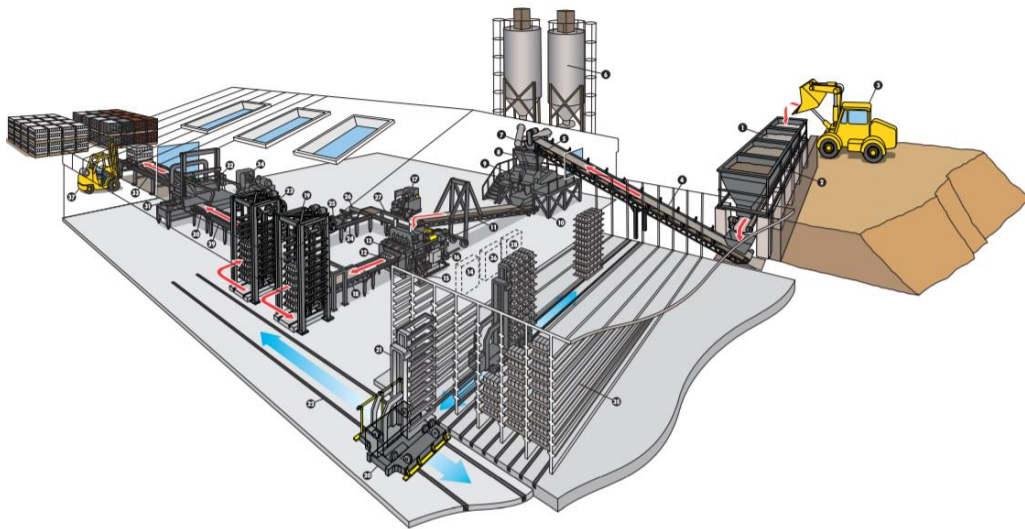
La implementación de procesos simulados virtualmente, analiza la ejecución de varias estaciones de trabajo automatizadas y controladas mediante programación de PLC. (Del Barrio Lagándara, 2017)

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Diseño de plantas

La planta CPM columbia Figura 0.1 brinda una implementación completa automática de todos los procesos, son maquinas probados en los entornos más exigentes con resultados de productos de hormigón de alta calidad.

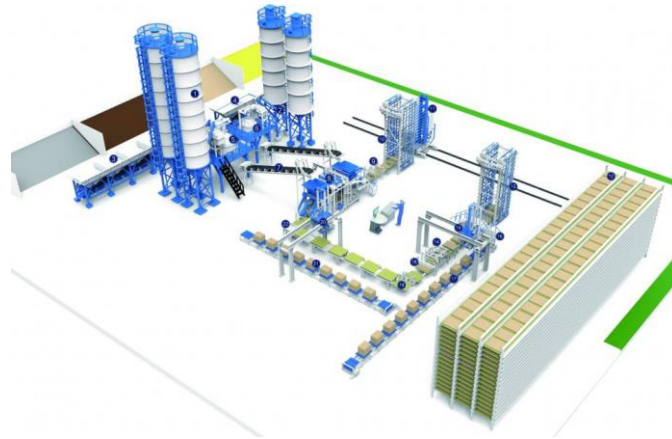
Figura 0.1: Diseño de planta CPM columbia



Fuente: Recuperado Columbiemachine.com/es/

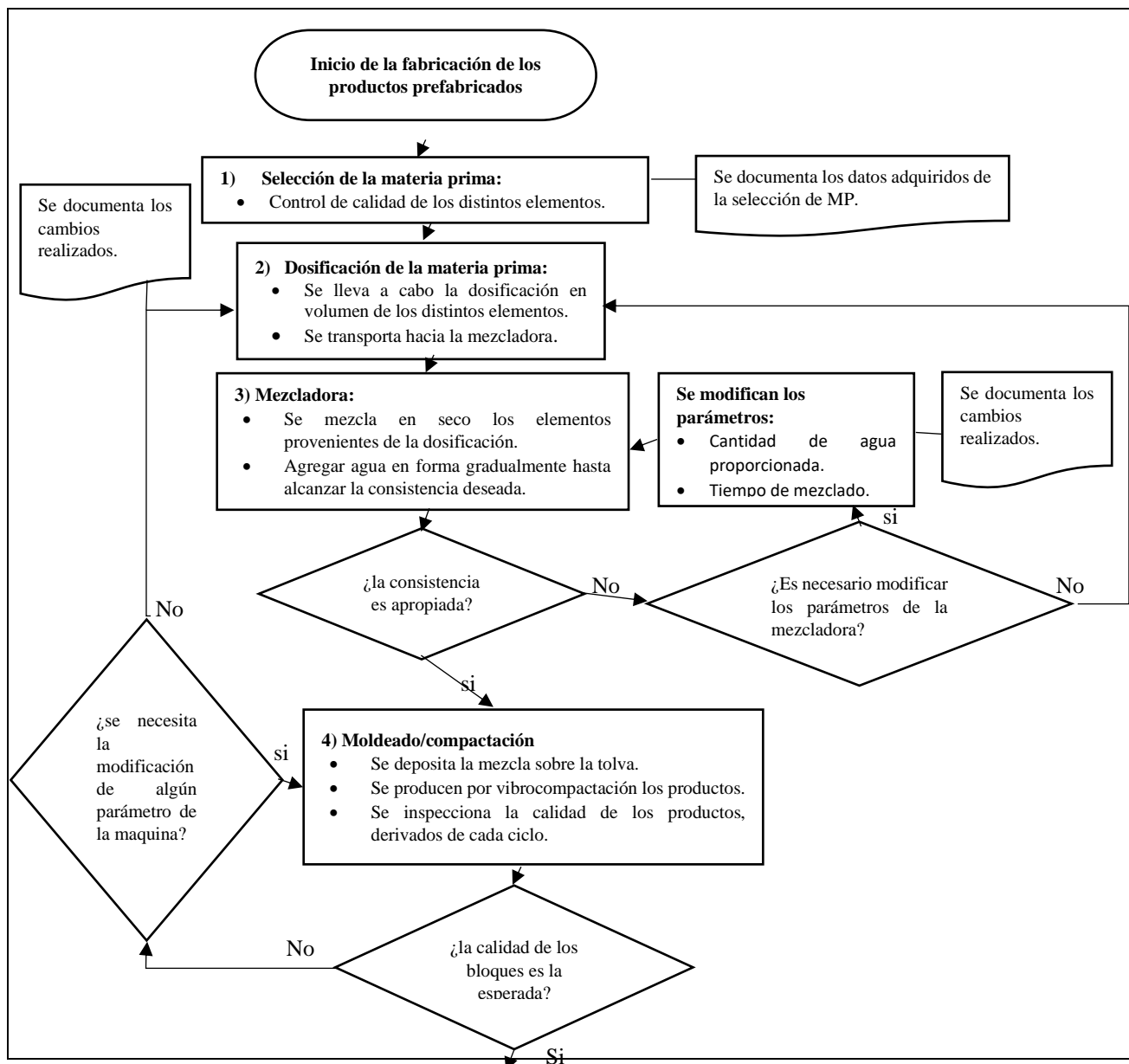
La máquina para fabricar bloques de un solo palet Zenith 1500 puede manufacturar diversos tipos de bloques huecos, adoquines, bordillos, bloques macizos y otros bloques estándar de hormigón, cumpliendo con las exigencias de los clientes de todo el mundo. La planta de fabricación de bloques Zenith 1500 está implantada con un sistema de diagnóstico y control automático, entre otros, para brindar una asistencia completa a los operadores. (Concretemachinery.es/1-1-single-pallet-block-machine.html).

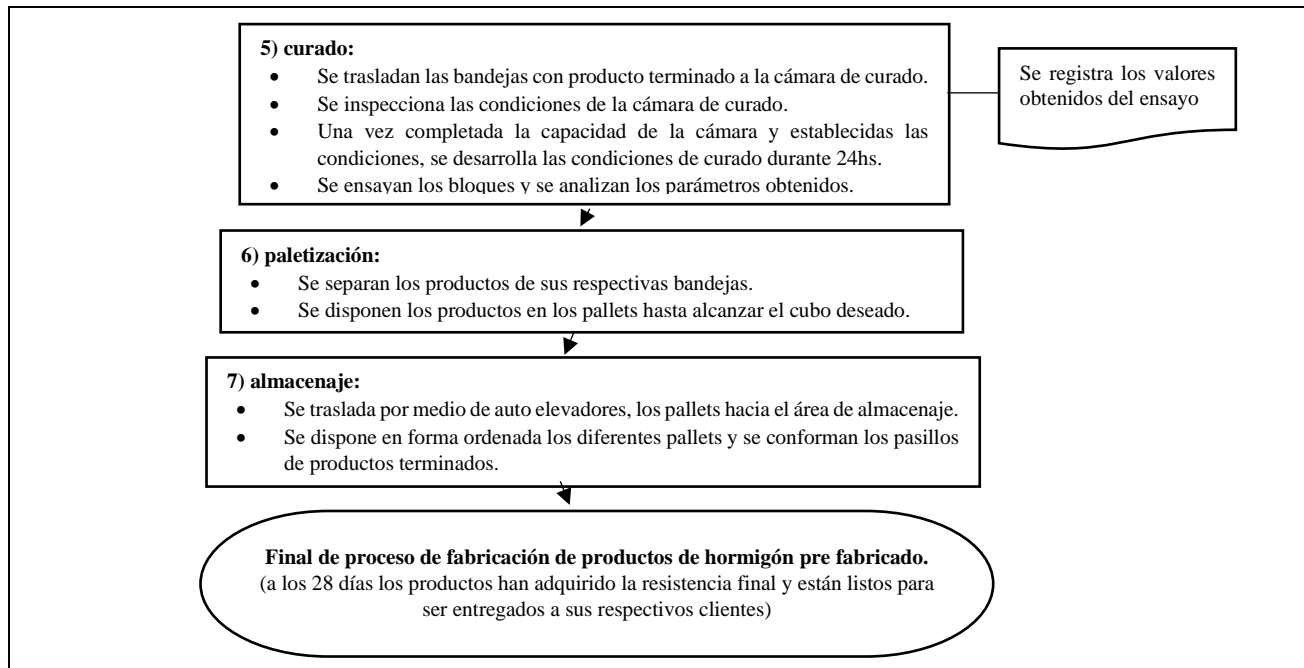
Figura 0.2: Diseño técnico de las líneas de producción QGM-ZENITH



Fuente: Recuperado Concretemachinery.es/1-1-single-pallet-block-machine.html

Figura 0.3: Siglo productivo





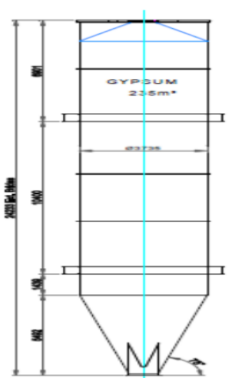
Fuente: Recuperado (Menichetti, 2015)

2.3. ETAPAS DE LA PLANTA

2.3.1. Silo

Las tolvas de finos Figura 0.4 son depósitos que sirven para almacenar mineral fino, ya chancado y abastecer a otro proceso en una forma regular. La inclinación de la caída de tolva que permita que el mineral fluya es aproximadamente 15 grados más que el ángulo de reposo. (Choque, 2016)

Figura 0.4: Silo de almacenamiento



Fuente: Recuperado (Choque, 2016)

Según (choque, 2016) La capacidad de una tolva se determina teniendo presente la forma geométrica de esta, la granulometría y gravedad específica del mineral a almacenarse.

CALCULO DE VOLUMEN TOTAL DE LA TOLVA DE FINOS (VT)

$$VT = V \text{ cilíndrico} + V \text{ cono} \quad (2.1)$$

CALCULO DE LA CAPACIDAD DE LA TOLVA DE FINOS (CAP.T. F)

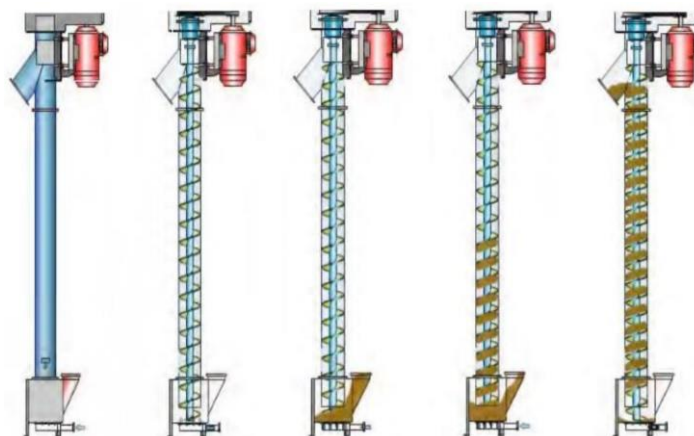
$$CAP.T. F = D.A \times VT \quad (2.2)$$

2.3.2. Transportador por tornillo sin fin

Según el principio de acción del transportador de tornillo sin fin Figura 0.5 consiste en la transportación del material por un canalón a la acción de una espiral. Los mismos tienen un uso muy amplio para materiales pulverizados o granulares, estos transportadores pueden emplearse para la mezcla o la homogenización de los materiales. (Rodríguez, 2010)

Las principales ventajas de estos sistemas, flujo uniforme y facilidad de control, se puede montar Horizontal como vertical, o con distintos grados de inclinación. (Hierro, 2018)

Figura 0.5: Fase de llenado de un sinfín vertical



fuelle: recuperado (Hierro, 2018)

2.3.3. Tolvas

La Figura 0.6 muestra las tolvas que son aquellos equipos que están destinados al depósito y descarga de materiales que son utilizados en los diferentes tipos de industrias como metalúrgicas, cementeras, agricultura entre otras, de diferentes formas geométricas como cilíndricas y rectangulares que son usados con mayor frecuencia en la industria, la construcción se realiza dependiendo del tipo de material que almacena, puede ser de madera, concreto o acero estructural, con capacidad de proceso requerido de la empresa. (Ariadel Samaniego, 2016)

Figura 0.6: Tolva de almacenamiento de materia prima



Fuente: Recuperado Acrinaco.es

2.3.4. Faja transportadora

La faja transportadora según la Figura 0.7 es un equipo de transporte que permite el acarreo de material entre dos puntos, tiene uso particular como atravesar terrenos accidentados, mantiene una alimentación continuo homogénea del material que requieren algunas máquinas, la distancia de acarreo de material puede ser de algunos metro a varios kilómetros, depende a la necesidad de la industria. (Neira Alatrística , 2017)

Figura 0.7: Faja transportadora

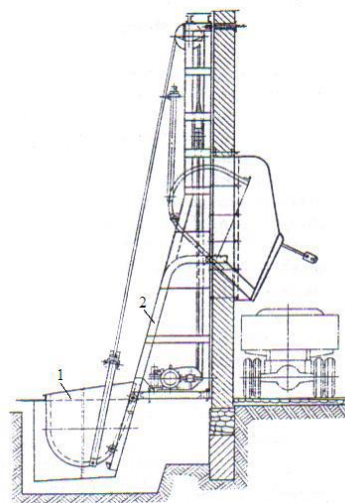


Fuente: Recuperado <https://articulo.mercadolibre.com.pe/>

2.3.5. Cangilón

El uso del elevador de cangilones Figura 0.8 es para elevación y transporte de ciertos materiales, la trayectoria de transporte es de forma vertical con una cierta inclinación vertical que llega a un ángulo máximo de 30° , el transporte inicia en la parte inferior de la riel, con recorrido continuo hacia la parte superior, simultáneamente realiza la descarga del material, la acción se realiza por medio de cable de acero envuelto en una polea motriz tipo polipasto. (Alarcón et al., 2020)

Figura 0.8: Elevador de cangilón



Fuente: Recuperado (Godoy et al., 2009)

2.3.6. Mezcladoras

La Mezcladora es el elemento más importante cuando se trata de conseguir calidad en el producto. La mezcladora Figura 0.9 contribuye a que la mezcla sea homogénea y tenga las condiciones adecuadas para ser moldeada en la máquina vibro-compactadora. Algunos procesos están incluidos en la fase de mezclado como: la alimentación, la dosificación, el control del flujo. (Godoy et al., 2009)

Figura 0.9: Mezcladora de eje vertical MV-ARCOMET7



Fuente: Recuperado arcomet7.com

2.3.7. Máquina Vibro-Compresor

Una vibro-compresor Figura 0.10 es una máquina de vibrado directo y compactación hidráulica con estructura robusta, que soportan las vibraciones e impacto en el proceso de realizar el prefabricado de hormigón. (Godoy et al., 2009)

El vibro-compresor inicia con vibrado previo para la homogeneidad del material en el molde, se introduce a presión dentro del molde con la mezcla para darle consistencia y forma a los bloques, al terminar el proceso de prensado, baja el palet con los prefabricados de hormigón, hasta llegar a la cinta transportadora para llevar a la cámara de curado. (Granada et al., 2012)

Figura 0.10: Maquina bloquera besser b3-h



Fuente: Recuperado Tacna- city.evisos.com.pe

2.3.8. Horno de Curado

La Figura 0.11 muestra el horno de curado, consiste en mantenerlos húmedos para permitir que continúe la reacción química del cemento, con el fin de obtener una buena calidad, es decir, gran resistencia. La exposición inmediata a la luz solar o secado hace que el cemento no reaccione adecuadamente con el agua, esta acción hace que el concreto tengan baja resistencia y sea quebradizo. (Pérez et al., 2015) Es el secado a una temperatura entre 55°C y 75°C de los prefabricados de hormigón para que en el menor tiempo posible se los pueda manipular y así dándole mejor resistencia al producto ya terminado. (Godoy et al., 2009)

Figura 0.11: Horno de secado y curado



Fuente: Recuperado montajeselectromecanicos.com.mx

2.4. SISTEMAS DE AUTOMATISMO

2.4.1. Neumática e Hidráulica

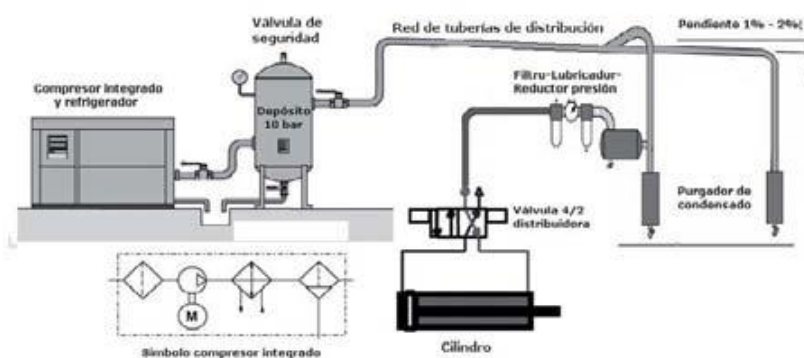
– Neumática

Los sistemas de aire comprimido Figura 0.12 realizan diferentes movimientos de trabajo controlado a través de cilindros y motores neumáticos y son aplicados en válvulas y compuertas, posicionamiento de objetos, martillos neumáticos, motores robots industrial frenos neumáticos. (Creus, 2007)

Las principales ventajas de implementar con un sistema neumático es su bajo costo de sus componentes y su fácil diseño e implantación, la fuerza de trabajo que presenta es de (típico 6 bar) esto implica la seguridad de riesgo nulo de explosiones. (Creus, 2007)

La Figura 0.12 muestra la neumática de una estación de generación y preparación del aire comprimido formado por un compresor de aire, un depósito, un sistema de preparación del aire (filtro, lubricador y regulador de presión), para llegar a los dispositivos neumático son a través de una red de tuberías, válvulas e indicadores. (Creus, 2007)

Figura 0.12: Preparación de aire

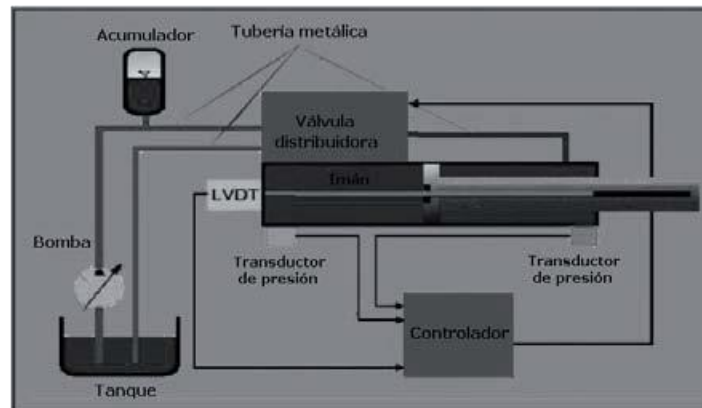


Fuente: Recuperado (Creus, 2007)

– Hidráulica

El sistema hidráulico realiza movimiento Figura 0.12 gracias al fluido hidráulico proporcionada por una bomba, controladores y un conjunto de tuberías que llega hasta los actuadores hidráulicos. (Creus, 2007)

Figura 0.13: Circuito típico de un pistón dentro del cilindro en un sistema hidráulico



Fuente: Recuperado (Creus, 2007)

Los sistemas hidráulicos son aplicados en maquinaria tales como: palas mecánicas, excavadoras, plataformas de elevación y simuladores de vuelo, uso en máquinas fijas, prensas hidráulicas, máquinas laminadoras. Los sistemas neumáticos, los sistemas hidráulicos se complementan con los eléctricos y electrónicos mediante dispositivos tales como válvulas solenoide, pueden cumplir tareas de configuraciones complejas tienen con señales de realimentación de sensores digitales y analógicos, facilita acoplarles a un PLC que les permite programar la lógica de funcionamiento de varios cilindros. (Creus, 2007)

- **Comparación entre neumática e hidráulica**

En la Tabla 0.1 realiza la comparación de las características de los actuadores neumático e hidráulico las principales ventajas.

Tabla 0.1: Características comparativas de los sistemas neumáticos e hidráulicos

	Neumática	Hidráulica
Efecto de las fugas	Solo pérdida de energía	Contaminación
Influencia del ambiente	A prueba de explosión. Insensible a la temperatura	Riesgo de incendio en caso de fuga. Sensible a cambios de la temperatura
Almacenaje de energía	Fácil	Limitada
Transmisión de energía	Hasta 1.000 m.. Caudal $v = 20 - 40$ m/s. Velocidad de la señal $20 - 40$ m/s	Hasta 1.000 m.. Caudal $v = 2 - 6$ m/s. Velocidad de la señal hasta 1.000 m/s
Velocidad de operación	$V = 1,5$ m/s	$V = 0,5$ m/s
Coste de la alimentación	Muy alto	Alto
Movimiento lineal	Simple con cilindros. Fuerzas limitadas. Velocidad dependiente de la carga	Simple con cilindros. Buen control de velocidad. Fuerzas muy grandes
Movimiento giratorio	Simple, ineficiente, alta velocidad	Simple, par alto, baja velocidad
Exactitud de posición	1/10 mm posible sin carga	Puede conseguirse 1 mm
Estabilidad	Baja, el aire es compresible	Alta, ya que el aceite es casi incompresible, además el nivel de presión es más alto que en el neumático
Fuerzas	Protegido contra sobrecargas. Fuerzas limitadas por la presión neumática y el diámetro del cilindro ($F = 30$ kN a 6 bar)	Protegido contra sobrecargas, con presiones que alcanzan los 600 bar y pueden generarse grandes fuerzas hasta 3.000 kN

fuente: Recuperado (Creus, 2007)

2.5. SISTEMA SCADA

En los últimos años, la automatización industrial realiza las actividades sin la intervención continuo de un operador humano, el desarrollado el sistema SCADA, tiene la capacidad de supervisar y controlar las variables que tiene integrada los procesos o planta. Para su integración deben utilizar diversos periféricos, software de aplicación, unidades remotas, sistemas de comunicación, para que el operador tenga un acceso completo al proceso mediante su visualización en una pantalla de computador. Esto también permite acceder al historial de variables del proceso en una base de datos y presentar en una plantilla de Excel o Word para que todo el entorno de proceso sea amigable. (Pérez, 2015)



– **Descripción general de un SCADA**

Un sistema SCADA están conformados por software y programas instalados en un proceso, que cumplen tareas específicas, la comunicación digital de la planta permite ver y controlar todo el entorno de producción implementada (pantallas táctiles, ratones o cursores, lápices ópticos). La comunicación con dispositivos de campo permite el control automático del proceso, pueda ser configurada y modificado a través de una interface HMI o una pantalla del ordenador, también proveer a varios usuario la información del proceso. (Pérez, 2015)

– **Objetivos**

Los sistemas SCADA son herramientas que permite optimizar los procesos, a controlar por medio de ventanas de visualización que brinda información específica al operador como, gráficos de tendencia, planos, fotografías. (Rodríguez, 2007)

- Accesibilidad
- Mantenimiento
- Ergonomía
- Gestión
- Flexibilidad
- Conectividad

– **Prestaciones de un SCADA**

El sistema SCADA mejora la comunicación para el mantenimiento con el flujo de información visual interface hombre-maquina, realizando la operación de cada acción, contextual en tiempo real. Para el buen funcionamiento del sistema SCADA se logra



mediante la regulación de los elementos y control del sistema de comunicación hardware y software. Según (Pérez, 2010), citado por (Coila, 2018) se tienen las siguientes prestaciones.

- La monitorización:
 - La supervisión:
 - La adquisición de datos de los procesos en observación:
 - La visualización de los estados de las señales del sistema (alarmas y eventos):
 - El mando:
- **Requisitos de un SCADA**

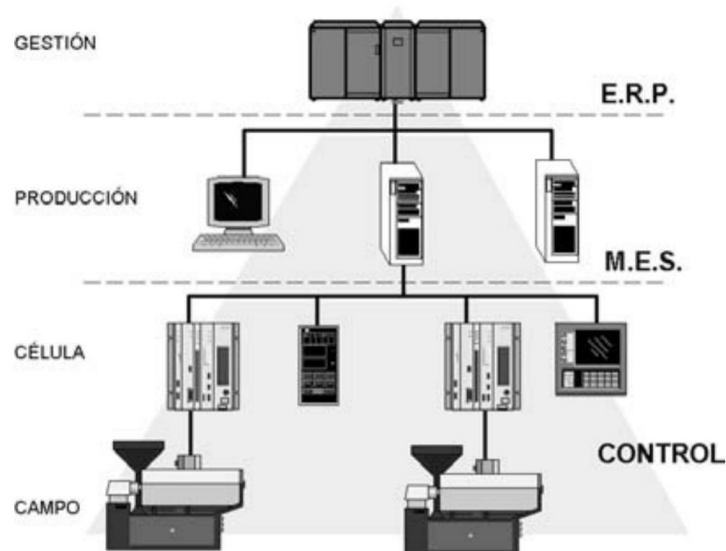
Esto son los principales requisitos que debe tener un sistema SCADA para un máximo rendimiento:

- Deben ser sistemas de arquitecturas abiertas, capaces de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes de la empresa.
- Deben comunicarse con total facilidad y de forma transparente para el usuario con el equipo de planta (*drivers*) y con el resto de la empresa (acceso a redes locales y de gestión).
- Los programas deben ser sencillos de instalar, sin excesivas exigencias, y fáciles de utilizar, con interfaces amables con el usuario (sonido, imágenes, pantallas táctiles, etc.). (Pérez, 2015)

– **El entorno**

La automatización de sistemas se engloba desde la etapa de inicio con la finalidad de optimizar y agilizar la productividad y mejorar la calidad, en la Figura 0.14 se tiene el esquema que representa el flujo de información dentro de la empresa y representa como se realiza la integración en todos los niveles de automatización CIM. (Rodríguez, 2013)

Figura 0.14: Pirámide CIM



Fuente: Recuperado (Rodríguez, 2013)

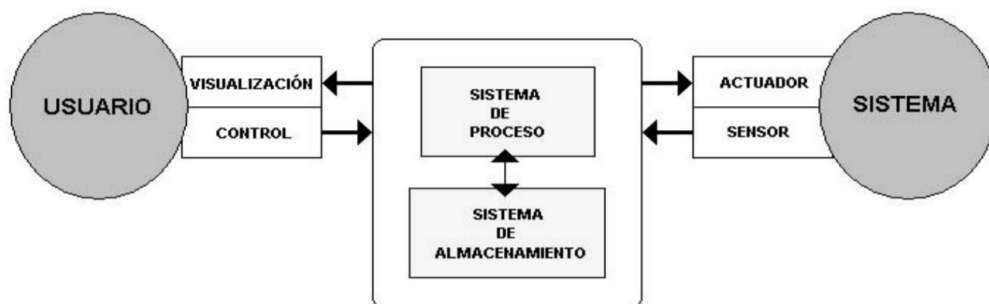
La Figura 0.14 Presenta la estructura corporativa dividida en tres niveles, engloban las funciones principales que se desarrollan cada nivel, según (Rodríguez, 2013) se tiene:

- ERP (Planificación de Recursos Empresariales).
- MES (Gestión de la Producción).
- CONTROL: conformada por todas las partes automatizadas control y procesos.

– Arquitectura general de un sistema SCADA

Las primeras incursiones informáticas, viene dada por el sistema de adquisición y mando nivel de campo, estas informaciones son llevadas a través de la interconexión al nivel de célula, control en el PC y tendían progresivamente a la distribución del control en planta. (Rodríguez, 2013)

Figura 0.15: Sistema SCADA arquitectura básica



Fuente: Recuperado (Rodríguez, 2013)

El usuario accede al sistema de control de proceso mediante un ordenador con herramientas de visualización y control, la comunicación entre estos dos sistemas suele realizar por redes de comunicación corporativas Ethernet. (Rodríguez, 2013)

La transmisión del sistema de proceso y los elementos de campo se realiza a través de buses de campo. Es llevada la información a una base de datos, de toda la ejecución de tareas y es almacenada para su disponibilidad posteriori. (Rodríguez, 2013)

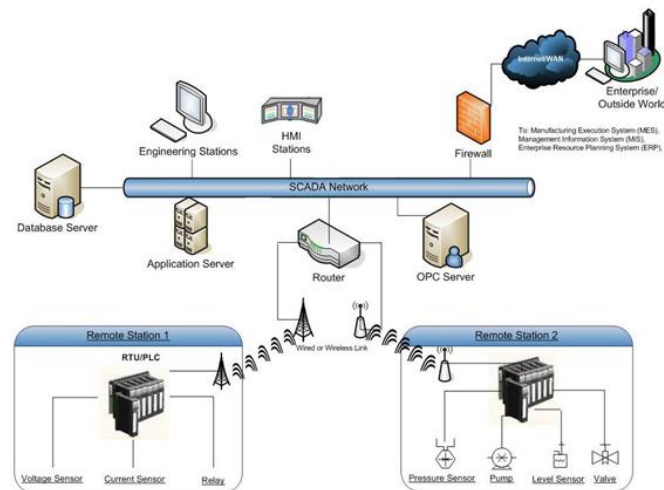
– Componentes de hardware de SCADA

Los elementos físicos en redundancia, tienen la capacidad de responsabilizarse de las funciones de otro equipo sin afectar a la marcha. En la Figura 0.16 el sistema SCADA necesita ciertos componentes de hardware, para tratar gestionar las informaciones adquiridas. (Rodríguez, 2007)

- Unidad terminal maestra (MTU).

- Unidad remota de telemetría (RTU).
- Red de comunicación.
- Instrumentación de campo.

Figura 0.16: OpenControl SCADA Network Arquitectura



Fuente: Recuperado Vestertraining.com

- **Ordenador central o MTU (Master Terminal Unit):**

El ordenador central de supervisión y adquisición de datos del resto de las subestaciones, como RTU e instrumentos de campo, estos ordenadores suelen ser una PC que soportan el HMI. (Pérez, 2015) hace que el sistema SCADA sea más sencillo por un único ordenador MTU que interroga y supervisa en forma periódica a todas las estaciones. (Rodríguez, 2007)

- **Ordenadores Remotos RTU (Remote Terminal Unit):**

Estos ordenadores son capaces de monitoreo de varias entradas/salidas de campo de un proceso y analizan los datos en tiempo real, se encuentra en el nivel intermedio de la automatización, esto implica intercambio de información con una estación maestra.

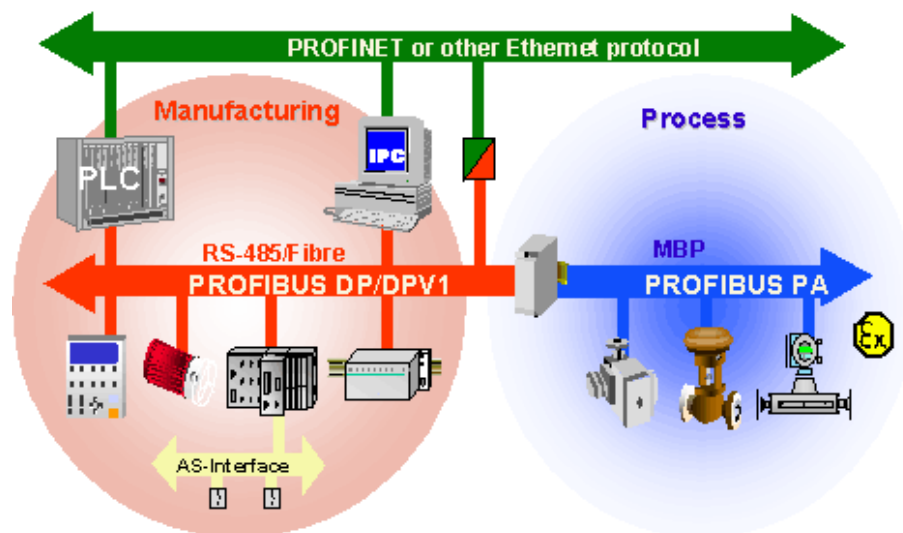
Comunicadas a través de satélites, figura óptica, microonda y líneas telefónicas. (Pérez, 2015)

- **Redes de comunicación**

En la automatización industrial el intercambio de información entre servidores y clientes los servidores realizan la interrogación de manera cíclica a los elementos de campo y recopilando los datos generados por registradores, autómatas, reguladores de proceso, etcétera. (Rodríguez, 2013)

Con la estandarización de las comunicaciones con los dispositivos de campo Figura 0.17, se puede implementar un sistema SCADA sobre formatos estándares como los RS-232, RS-422 y RS-485 a partir de los cuales, y mediante un protocolo TCP/IP, se puede conectar el sistema sobre un bus en configuración DMS ya existente; pasando por todo tipo de buses de campo industriales hasta formas más modernas de comunicación como Bluetooth (Bus de Radio), microondas, satélite, cable. (Pérez, 2015)

Figura 0.17: Buses de campo



Fuente: Recuperado

https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fbibing.us.es%2Fproyectos%2Ffabreproy%2F11047%2Ffichero%2FVOLUMEN_I%25252F4_CAP2.pdf&psig=AOvVaw1s9buNgLSFwYPtPCnkx-tj&ust=1610663873879000&source=images&cd=vfe&ved=0CAQQtaYDahcKEwj45Mii_ZnuAhUAAAAAHQAAAAAQKA



- **Instrumentos de Campo:**

Son todos los dispositivos de automatización o control del sistema, encargados en la adquisición de datos del sistema (sensores y alarmas). Una característica de los SCADA es que sus componentes son diseñados por distintos proveedores, sin coordinación entre sí. De manera que se tienen diferentes proveedores para las RTU (incluso es posible que un sistema utilice RTU de más de un proveedor), módems, radios, minicomputadores, *software* de supervisión e interfaz con el operador, de detección de pérdidas, etc. (Pérez, 2015)

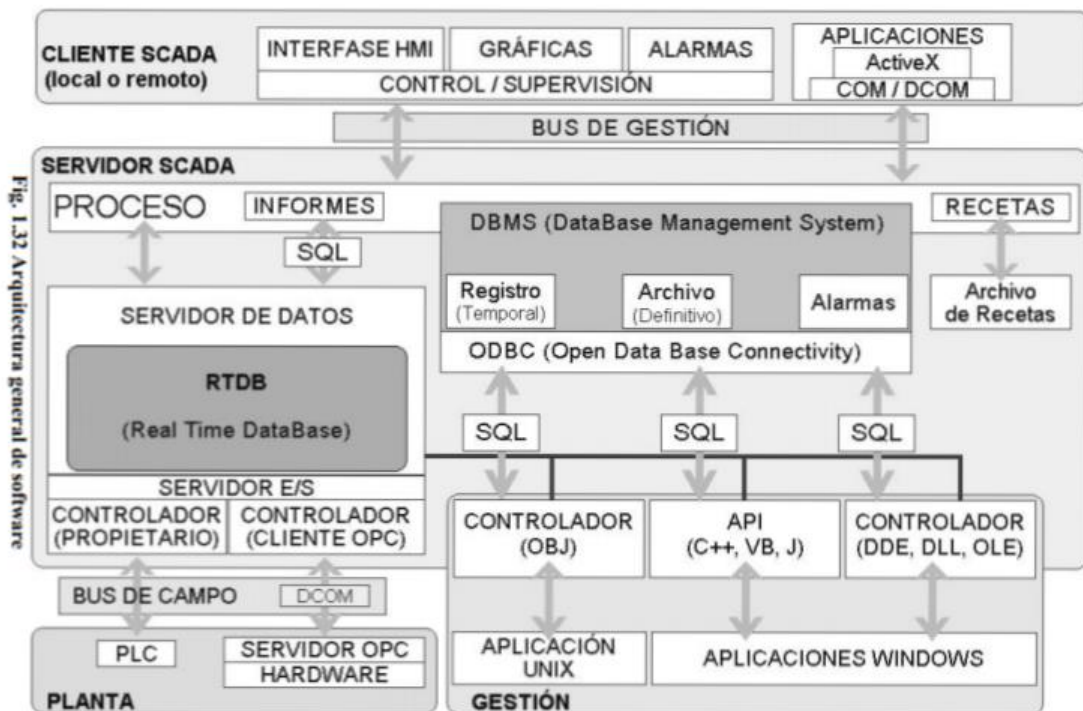
- **Componentes de software de SCADA**

El programa para la interfaz HMI se ejecuta en un ordenador o Terminal gráfico y unos programas específicos le permiten comunicarse con los dispositivos de control de planta (hacia abajo) y los elementos de gestión (hacia arriba). Estos programas son lo que denominamos controladores (o driver) de comunicaciones. (Rodríguez, 2013)

El driver realiza la función de traducción entre el lenguaje del programa SCADA y el del Autómata (hacia abajo, por ejemplo, Profibus), o entre el SCADA y la red de gestión de la empresa (hacia arriba, con Ethernet, por ejemplo). Figura 0.18 Generalmente la configuración del controlador de comunicaciones se realiza durante la instalación del software principal o como programa de acceso externo al ejecutar la aplicación principal. (Rodríguez, 2013)

En un programa SCADA tendremos dos bloques bien diferenciados: el programa de Desarrollo y el programa de ejecución o Run-time.

Figura 0.18: Arquitectura general de software



Fuente: Recuperado (Rodríguez, 2013)

2.6. HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.6.1. Hipótesis general

Sera posible diseñar una planta automatizada de moldeo de bloques de concreto con el sistema SCADA. para su posterior implementación progresiva en las pequeñas empresas.

2.6.2. Hipótesis específicas

- El diseño a realizar estudia el tipo de trabajo en cada etapa de la planta, permitiendo el análisis y modelado matemático de cada acción que realiza.
- Se optimizará el mantenimiento preventivo de la planta con la documentación y adquisición de datos de los procesos, con la integración de sistema SCADA.



2.6.3. Sistema de variables

Tabla 0.2: Operación de variables

<u>VARIABLES</u>	<u>DIMENSIONES</u>	<u>INDICADOR</u>
Independientes:	Proceso de formado	Tolvas
Diseño de planta de bloques de concreto automatizada de bloques de concreto		Cinta transportadora canjilón Mezcladora Vibro-compresora Sistema de carga y descarga
Dependientes:	Sistema SCADA	Visualización
Monitorización de la planta		Control Adquisición de datos

Elaboración propia

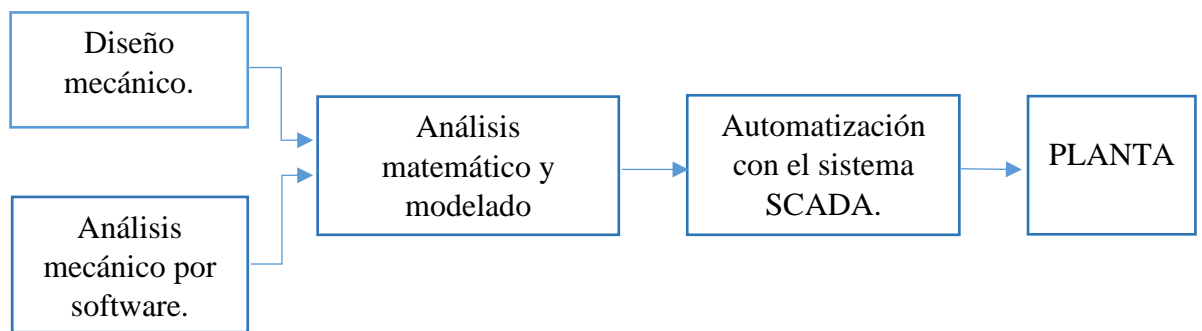
CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODO

3.1. TÉCNICA Y DIAGRAMA DE DISEÑO DE LA PLANTA

El diseño de la planta se divide en cuatro bloques, los detalles se muestran en la Figura 0.1 iniciando con el diseño mecánico, para luego aplicar el análisis matemático y el modelado matemático en los sistemas; automatizar, programar el control de proceso con el sistema SCADA.

Figura 0.1: Diagrama de proceso de diseño de la planta



Elaboración Propia

3.2. DISEÑO MECANICO Y ELECTRICO DE LAS ETAPAS DE LA PLANTA

3.2.1. Tolva

En el diseño y análisis de la tolva es necesario conocer:

- Capacidad de almacenamiento.
- Densidad aparente de material.
- Material de construcción de la tolva.



Las tolvas de grueso tienen la capacidad de almacenar y alimentar de hormigón de tres tipos de granulometría, a la faja transportadora con flujo uniforme y correcta para la dosificación y puede trabajar de forma continua la etapa de mezclado.

El calcular el volumen total de la tolva se tiene en la ecuación.(0.4)

$$v1 = L1 * L2 * h1 \quad (0.1)$$

$$v1 = 3.056m * 2.956m * 0.8m$$

$$v1 = 7.2268m^3$$

$$v2 = l1 * l2 * h2 \quad (0.2)$$

$$v2 = 0.4m * 0.3m * 0.3m$$

$$v2 = 0.036m^3$$

$$v3 = \frac{h3}{3} (B + b + \sqrt{Bb}) \quad ; \quad h2 = 1.7m \quad (0.3)$$

$$v3 = 5.776m^3$$

$$Vt = v1 + v2 + v3 \quad (0.4)$$

$$Vt = 7.2268m^3 + 0.036m^3 + 5.776m^3$$

$$Vt = 13.0388m^3$$

Para obtener la capacidad de almacenamiento tenemos la ecuación (0.5) con densidad aparente de material. 2.7Tn/m³

$$Capac.Tolva = Vt * 2.7Tn / m^3 \quad (0.5)$$

$$Capac.Tolva = 35.204Tn$$

Para la simulación de la estructura por elemento finito en SolidWorks calculamos la fuerza en la Ecuación.(0.6)

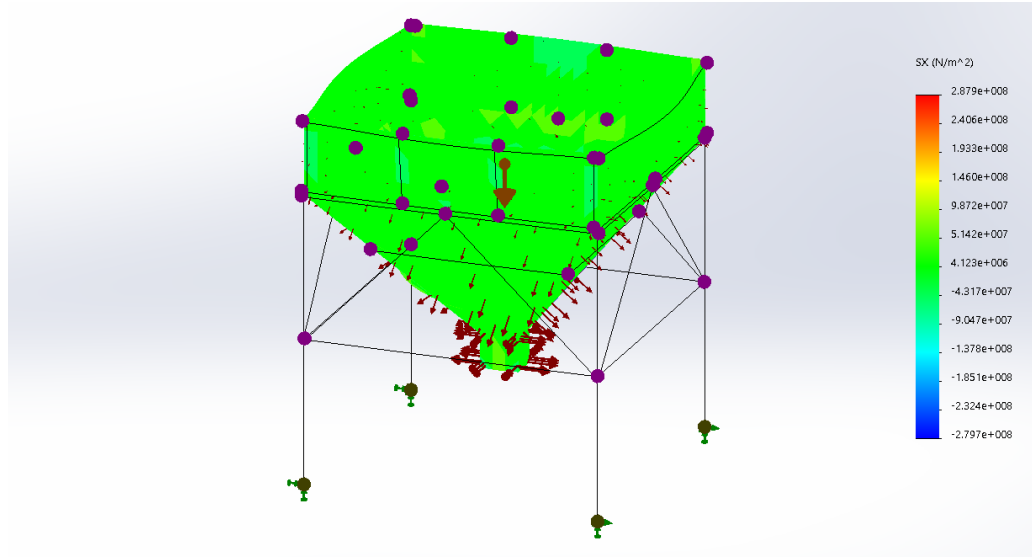
$$W = Capac.Tolva * g \quad ; \quad g = 9.8m / s^2 \quad (0.6)$$

$$W = 345.0066KN$$

En la Figura 0.2 se muestra el modelamiento de la tolva con SolidWorks, la estructura es asignada con el material de acero ASTM A36 con carga de W=345.0066KN

que se distribuye con relación a la gravedad, ejecutando SolidWorks Simulation, obtenemos los siguientes resultados, tensión de 4123KN/m^2

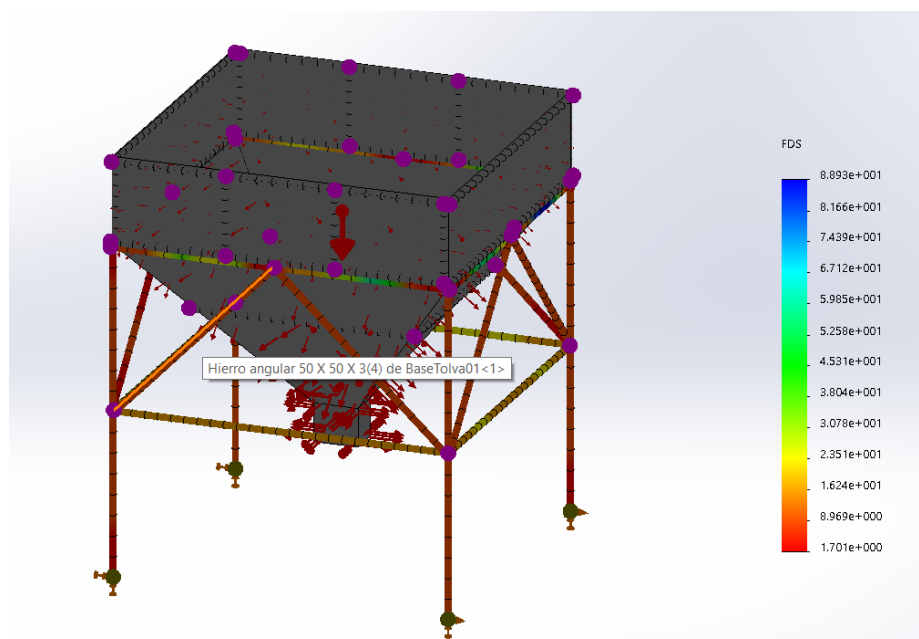
Figura 0.2: Tensión normal de la tolva



Elaboración propia

En la Figura 0.3 se observa la simulación del factor de seguridad teniendo como resultado en el punto crítico de color rojo con valor de 1.7 que garantiza la estructura

Figura 0.3: Factor de seguridad.



Elaboración propia



$$F_s = \frac{S_y}{\sigma} \quad (0.7)$$

F_s =factor de seguridad (se asume un valor mayor a lo recomendado para tomar en cuenta la compresión).

S_y =límite de fluencia del acero ASTM A36.

σ =flexión en la posición crítica.

El factor de seguridad $F_s=1$ significa que el material en la ubicación empezara a fallar si $F_s>1$ significa que el material que se encuentra en la ubicación es seguro.

En la imagen simulado se observa en la zona critica de la estructura el factor de seguridad $F_s = 1.7$

3.2.2. Cinta transportadora

La cinta transportadora tiene la capacidad de trasladar hormigón con flujo constante para la dosificación correcta, el diseño de la cita transportadora tendrá los siguientes parámetros similares a las pruebas en CEMA (Conveyor Equipment Manufacturers Association).

A. Sección transversal de la banda transportadora de material hormigón

Para el diseño se tiene el material hormigón de tres tipos de volumen clasificados en este caso granulado, intermedio y fino teniendo el tipo de material a transportar según la Tabla 0.1 se hace la selección del Angulo de sobrecarga y Angulo de reposo.

Tabla 0.1: Angulo de sobrecarga-ángulo de reposo

Fluidez – Angulo de sobrecarga – Angulo de reposo				
Fluidez muy libre 1*	Fluidez libre 2*	Fluidez promedio 3*		Pesada 4*
ángulo de sobrecarga de 5°	Ángulo de sobrecarga de 10°	Ángulo de sobrecarga de 20°	Ángulo de sobrecarga de 25°	Ángulo de sobrecarga de 30°
0° - 19° ángulo de reposo	20° - 29° ángulo de reposo	30° - 34° ángulo de reposo	35° - 39° ángulo de reposo	40° - a más ángulo de reposo
Características del material				
Tamaño uniforme, partículas redondeadas muy pequeñas, tanto si están húmedas o muy secas: piedra sílice seca, cemento, concreto húmedo	Partículas pulidas, redondeadas, secas, de peso medio: granos sin pelar y frejoles	Materiales Irregulares, granulares o en trozos de peso medio, tales como antracita y carbón de piedra, semilla de algodón, arcilla, etc.	Materiales comunes típicos: carbón bituminoso, piedra, mayoría de minerales	Materiales irregulares, fibrosos, que se pueden atorar: astillas de madera, bagazo, arena de fundición templada.

* Los diseños de código conforman las características gráficas de los materiales a granel.

Fuente: Recuperado (Amaro Vásquez, 2017)

Para el cálculo de la capacidad de la banda transportadora se selecciona los siguientes parámetros:

- El material a transportar tiene una densidad de $\gamma_d = 2.7Tm / m^3$
- Ángulo de reposo $\Phi_r = 40^\circ$ ángulo de sobrecarga $\Phi_s = 30^\circ$

La selección de ancho de banda estandarizada se realiza mediante la Tabla 0.2: Bandas estándar CEMA 550

Tabla 0.2: Bandas estándar CEMA 550

Standard US Belt Widths, BW in (mm)	Common Metric Belt Widths, BW mm (in)
18 (457)	500 (19.7)
24 (610)	600 (23.6)
30 (762)	800 (31.5)
36 (914)	1000 (39.4)
42 (1067)	
48 (1219)	1200 (47.2)
54 (1372)	1400 (55.1)
60 (1524)	1600 (63.0)
72 (1829)	1800 (70.9)
84 (2134)	2000 (78.7)
96 (2438)	2400 (94.5)
108 (2743)	2800 (110.2)
120 (3048)	3000 (118.1)

Fuente: Recuperado (Amaro Vásquez, 2017)

Para transporte del material hormigón se seleccionó ancho de banda: 24in

- Ancho de banda (CEMA, 2015)

Para la selección de la velocidad de la banda transportadora del material hormigón se realiza mediante la Tabla 0.3 que indica que la velocidad máxima es seleccionada por el tipo de material a transportar y el ancho de la banda.

Tabla 0.3: Rango de velocidades de banda recomendados

Las Velocidades de Cinturón de Máximo recomendadas		
Material que se transporta	Velocidad de la faja (ppm)	Ancho de la faja (pulgadas)
Granos u otros materiales no abrasivos de buena fluidez	500	18
	700	24-30
	800	36-42
	1000	48-96
Hulla, arcilla húmeda, mineral suave, capas de desperdicio, piedra chancada fina. □	400	18
	600	24-36
	800	42-60
	1000	72-96
Mineral pesado, duro, de bordes afilados, piedra chancada de cuarzo.	350	18
	500	24-36
	600	mayor de 36
Arena de Fundición, preparada o húmeda; arena molida con pequeños núcleos, con o sin pequeñas piezas de fundición (no tan calientes como para dañar la faja)	350	Cualquier ancho
Arena de fundición preparada y materiales húmedos similares (o secos, abrasivos) descargados de la faja por desviadores de bordes de caucho.	200	Cualquier ancho
Materiales no abrasivos descargados de la faja por medio de desviadores.	200, salvo pulpa de madera dónde 300 a 400 son preferibles	Cualquier ancho
Fajas Alimentadoras, planas o acanaladas para alimentar materiales finos, no abrasivos o medianamente abrasivos, de tolvas y recipientes.	50 a 100	Cualquier ancho

Fuente: Recuperado (Amaro Vásquez, 2017)

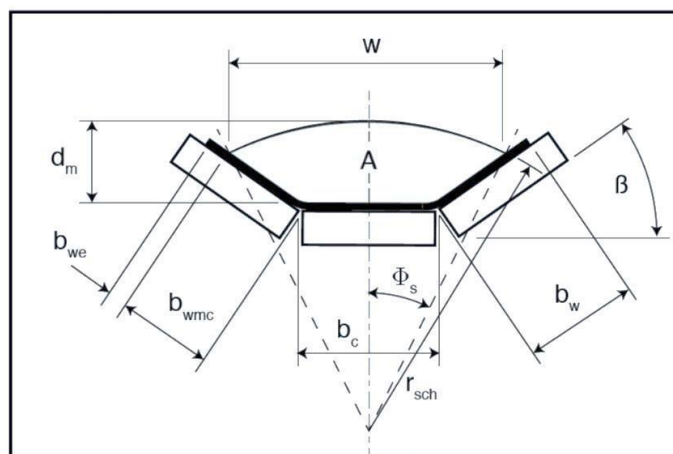
- Velocidad de banda $v = 400 \text{ fpm}$
- Angulo de artesa $\beta = 35^\circ$
- Longitud entre centro de poleas $L = 40 \text{ ft}$

- Angulo de inclinación de banda máxima $\lambda = 35^\circ$
- Sección transversal de banda cóncava A_s

La banda transportadora está formada por tres rodillos teniendo la sección transversal mediante la ecuación según CEMA.(0.8)

$$A_s = 2 \times BW^2 \times \left[r_{sch}^2 \times \left(\frac{\Phi_s}{2} - \frac{\sin(\Phi_s) \times \cos(\Phi_s)}{2} \right) + \left[\frac{b_c}{2} \times b_{wmc} \times \sin(\beta) \right] + b_{wmc}^2 \times \frac{\sin(\beta) \times \cos(\beta)}{2} \right] \quad (0.8)$$

Figura 0.4 Sección transversal de banda



Fuente: Recuperado CEMA

- Relación adimensional de la superficie efectiva de banda por encima del polín central al ancho de la banda. b_c
- Relación adimensional de la distancia estándar al borde con el ancho de banda. $b_{wmc} ; b_{we}$
- Relación adimensional de la profundidad del material sobre la banda en el polín. central al ancho de banda. d_m
- Relación adimensional de la parte más ancha de la carga al ancho de banda. w



- Relación adimensional entre el radio tangente al ángulo de sobrecarga en la distancia al borde y el ancho de banda. r_{sch}

- Obteniendo b_c

$$b_c = \frac{0.371 \times BW \text{ (in)} + 0.25 \text{ (in)}}{BW \text{ (in)}} \quad (0.9)$$

Reemplazando: $BW = 24''$

$$b_c = 0.3814$$

- Obteniendo b_{we}

$$b_{we} = \frac{0.055 \times BW \text{ (in)} + 0.9 \text{ (in)}}{BW \text{ (in)}} \text{ (dimensionless)} \quad (0.10)$$

Reemplazando $BW = 24''$

$$b_{we} = 0.0925$$

- Obteniendo b_w

$$b_w = b_{we} + b_{wmc} = \frac{1 - b_c}{2} \quad (0.11)$$

Reemplazando $b_c = 0.3814$

$$b_w = 0.3093$$

- Obteniendo b_{wmc}

$$b_{wmc} = b_w - b_{we} \quad (0.12)$$

Reemplazando $b_w = 0.3093$; $b_{we} = 0.0925$

$$b_{wmc} = 0.2168$$



– Obteniendo r_{sch}

$$r_{sch} = \frac{\frac{b_c}{2}}{\sin(\Phi_s)} + \frac{\cos(\beta) \times b_{wmc}}{\sin(\Phi_s)} \quad (0.13)$$

Remplazando:

$$r_{sch} = 0.87145$$

Remplazando las variables obtenidas a la ecuación (0.8) $BW = 24''$; $r_{sch} = 0.87145$;

$$\Phi_s = 30^\circ; \beta = 35^\circ; b_c = 0.3814; b_{wmc} = 0.2168$$

$$A = 253.6in$$

Capacidad de la banda Q y capacidad volumétrica de diseño Q_{DF}

Con la ecuación (0.14) obtenemos la capacidad de transporte de la cinta transportadora.

$$Q_{DF} = \frac{Q \times 2000}{\gamma_m} \times DF \text{ (ft}^3/h) \text{ or } Q_{DF} = \frac{Q \times 1000}{\gamma_m} \times DF \text{ (m}^3/h) \quad (0.14)$$

DF Factor de diseño (adimensional)

Q_{100} = Capacidad volumétrica equivalente 100 fpm [ft³ / h]

Q_{DF} = Capacidad actual a la velocidad actual [ft³ / h]

$\gamma_d = 2.7Tn / m^3$ densidad de material

$$Q_{100} = Q_{DF} \times \frac{100 \text{ (fpm)}}{\text{actual belt speed (fpm)}} \text{ (ft}^3/h) \quad (0.15)$$

En la Tabla 0.4 se encuentra la capacidad de la banda transportadora con respecto al ángulo de sobrecarga.

Tabla 0.4: Faja abarquillada a 45°. Distancia estándar al borde de tres rodillos iguales

Belt Width BW (in)	Φ Surcharge Angle (deg)							Q ₁₀₀ Capacity @ 100 fpm (0.51 m/s) [ft ³ /h (m ³ /h)] Φ _s Surcharge Angle (deg)						
	0	5	10	15	20	25	30	0	5	10	15	20	25	30
18	0.170 (-0.016)	0.185 (0.017)	0.200 (0.019)	0.215 (0.020)	0.230 (0.021)	0.246 (0.023)	0.262 (0.024)	1021 (28.9)	1110 (103.1)	1199 (111.4)	1289 (119.7)	1381 (128.3)	1475 (137.0)	1572 (146.0)
24	0.328 (0.030)	0.355 (0.033)	0.383 (0.036)	0.411 (0.038)	0.440 (0.041)	0.469 (0.044)	0.499 (0.046)	1967 (55.7)	2133 (60.4)	2299 (65.1)	2468 (69.9)	2639 (74.7)	2815 (79.7)	2996 (84.8)
30	0.536 (0.050)	0.581 (0.054)	0.625 (0.058)	0.671 (0.062)	0.717 (0.067)	0.764 (0.071)	0.812 (0.075)	3219 (91.2)	3485 (98.7)	3752 (106.3)	4023 (113.9)	4299 (121.7)	4582 (129.8)	4874 (138.0)
36	0.796 (0.074)	0.861 (0.080)	0.926 (0.086)	0.993 (0.092)	1.060 (0.098)	1.129 (0.105)	1.201 (0.112)	4775 (135.2)	5166 (146.3)	5558 (157.4)	5956 (168.7)	6361 (180.1)	6776 (191.9)	7204 (204.0)
42	1.106 (0.103)	1.196 (0.111)	1.286 (0.119)	1.378 (0.128)	1.471 (0.137)	1.566 (0.145)	1.665 (0.155)	6637 (188.0)	7176 (203.2)	7717 (218.5)	8266 (234.1)	8825 (249.9)	9397 (266.1)	9988 (282.9)
48	1.467 (0.136)	1.586 (0.147)	1.705 (0.158)	1.826 (0.170)	1.948 (0.181)	2.074 (0.193)	2.204 (0.205)	8804 (249.3)	9515 (269.5)	10229 (289.7)	10953 (310.2)	11690 (331.1)	12446 (352.5)	13225 (374.5)
54	1.879 (0.175)	2.030 (0.189)	2.182 (0.203)	2.336 (0.217)	2.493 (0.232)	2.654 (0.247)	2.819 (0.262)	11276 (319.3)	12183 (345.0)	13094 (370.8)	14017 (397.0)	14958 (423.6)	15921 (450.9)	16915 (479.0)
60	2.342 (0.218)	2.530 (0.235)	2.719 (0.253)	2.910 (0.270)	3.104 (0.288)	3.304 (0.307)	3.510 (0.326)	14,054 (398.0)	15,180 (429.9)	16,312 (462.0)	17,459 (494.4)	18,627 (527.5)	19,824 (561.4)	21,059 (596.4)
72	3.421 (0.318)	3.693 (0.343)	3.968 (0.369)	4.246 (0.394)	4.529 (0.421)	4.818 (0.448)	5.118 (0.475)	20,525 (581.3)	22,161 (627.6)	23,807 (674.2)	25,474 (721.4)	27,171 (769.5)	28,911 (818.8)	30,705 (869.6)
84	4.703 (0.437)	5.076 (0.472)	5.452 (0.506)	5.833 (0.542)	6.220 (0.578)	6.618 (0.615)	7.028 (0.653)	28,216 (799.1)	30,458 (862.6)	32,714 (926.5)	34,997 (991.1)	37,323 (1057)	39,706 (1124)	42,165 (1194)
96	5.798 (0.539)	6.257 (0.581)	6.720 (0.624)	7.188 (0.668)	7.665 (0.712)	8.154 (0.758)	8.658 (0.804)	34,786 (985.1)	37,545 (1063)	40,320 (1142)	43,130 (1221)	45,991 (1302)	48,924 (1386)	51,950 (1471)
108	7.877 (0.732)	8.500 (0.790)	9.127 (0.848)	9.762 (0.907)	10.408 (0.967)	11.071 (1.028)	11.754 (1.092)	47,263 (1338)	51,001 (1444)	54,763 (1551)	58,570 (1659)	62,449 (1769)	66,423 (1881)	70,523 (1997)
120	9.770 (0.908)	10.541 (0.979)	11.317 (1.051)	12.103 (1.124)	12.904 (1.199)	13.724 (1.275)	14.570 (1.354)	58,617 (1660)	63,247 (1791)	67,905 (1923)	72,620 (2057)	77,423 (2193)	82,345 (2332)	87,422 (2476)

Fuente: Recuperado CEMA

Remplazando en la ecuación (0.15) se tiene la capacidad actual:

$$Q_{DF} = 11984 \text{ ft}^3 / h$$

Remplazando en la ecuación (0.14) se tiene la capacidad de proceso: $Q = 599.2T / h$ con los parámetros siguientes:

$$Q_{100} = 2996 \text{ ft}^3 / h ; v = 400 \text{ fpm} ; \gamma_d = 168.56 \text{ lb} / \text{ft}^3 ; FD = 1.6856$$

B. Selección rodillo de carga.

$$CIL = ((W_b + (W_m * K_1)) * S_i + IML) \quad (0.16)$$

Donde:

W_b Peso de banda por unidad de longitud [lb/ft]

W_m Peso de material en banda por unidad de longitud [lb/ft]

K_1 Factor de ajuste por terrón [adimensional]

S_i Espaciamiento de rodillo [ft]

En la Figura 0.5 se observa uno de los modelos de rodillo de carga de la banda transportadora

Figura 0.5: Rodillo de carga



Fuente: Recuperado Bandas transportadoras en monterrey

- **Peso de la banda:** según Tabla 0.5

$$W_b = 5.5lb / ft$$

Tabla 0.5: Peso de la banda por unidad de longitud

Belt Width (BW) in (mm)	Material Carried lb/ft³ (kg/m³)		
	30-74 (481-1185)	75-129 (1201-2066)	130-200 (2082-3204)
18 (457)	3.5 (5.2)	4.0 (6.0)	4.5 (6.7)
24 (610)	4.5 (6.7)	5.5 (8.2)	6.0 (8.9)
30 (762)	6.0 (8.9)	7.0 (10.4)	8.0 (11.9)
36 (914)	9.0 (13.4)	10.0 (14.9)	12.0 (17.9)
42 (1067)	11.0 (16.4)	12.0 (17.9)	14.0 (20.8)
48 (1219)	14.0 (20.8)	15.0 (22.3)	17.0 (25.3)
54 (1372)	16.0 (23.8)	17.0 (25.3)	19.0 (28.3)
60 (1524)	18.0 (26.8)	20.0 (29.8)	22.0 (32.7)
72 (1829)	21.0 (31.2)	24.0 (35.7)	26.0 (38.7)
84 (2134)	25.0 (37.2)	30.0 (44.6)	33.0 (49.1)
96 (2438)	30.0 (44.6)	35.0 (52.1)	38.0 (56.5)

* For Steel Cable Belts Increase Average Belt Weight by 50%

Fuente: Recuperado CEMA

- **Peso del material:** W_m

$$Q = 599.2T / h ; \quad v = 400 \text{ ft} / \text{min}$$

$$W_m = Q / v = 33.33 * Q / v \tag{0.17}$$

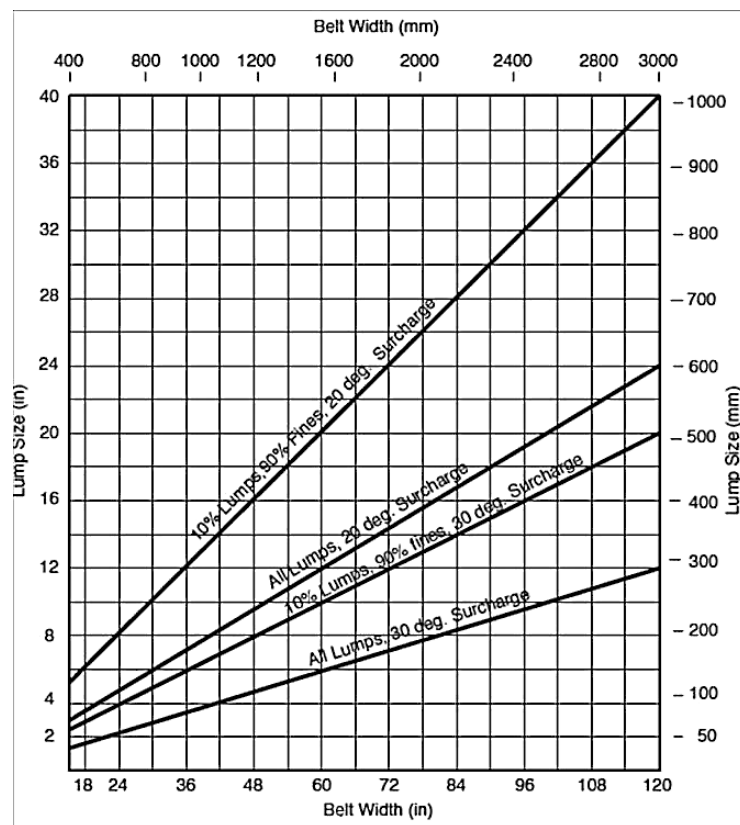
$$W_m = 84.1676ld / \text{ft}$$

- **Factor de ajuste:** K_1

$$\gamma_d = 168.56ld / \text{ft}^3$$

En la Tabla 0.6 se observa la relación entre el ancho de banda, tamaño del terrón y ángulo de sobrecarga.

Tabla 0.6: Ancho de banda-tamaño del terrón-ángulo de sobrecarga



Fuente: Recuperado CEMA

Teniendo el ancho de la banda de $BW = 24''$ observamos la relación del tamaño terrón-ángulo de sobrecarga en la Tabla (3.6) $Size = 4in$

En la Tabla 0.7 se realiza la localización de factor de ajuste de la banda transportadora respecto a la altura de terrón.

Tabla 0.7: Factor de ajuste

Maximum Lump Size In (mm)	Material Weight, lbf/ft ³ (kg/m ³)						
	50 (800)	75 (1200)	100 (1600)	125 (2000)	150 (2400)	175 (2800)	200 (3200)
4 (102)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1
6 (152)	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1
8 (203)	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2
10 (254)	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2
12 (305)	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3
14 (356)	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3
16 (408)	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3
18 (457)	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4

Fuente: Recuperado CEMA

Observamos en la tabla (3.7) el factor de ajuste:

$$K_1 = 1.1$$

- **Espaciamiento de rodillo S_i**

En la Tabla 0.8 se observa el espaciamiento del rodillo con respecto al ancho de la banda y peso del material a transportar.

Tabla 0.8: Espaciamiento de rodillo

Ancho de la faja (pulgadas)	Espaciamiento Normal Recomendado para Rodillos (S)						Rodillos de retorno
	Rodillos abarquillados						
	Peso del material maniobrado, en lbs por pie cúbico						
	30	50	75	100	150	200	
18	5.5 ft	5.0 ft	5.0 ft	5.0 ft	4.5 ft	4.5 ft	10.0 ft
24	5.0 ft	4.5 ft	4.5 ft	4.5 ft	4.0 ft	4.0 ft	10.0 ft
30	5.0 ft	4.5 ft	4.5 ft	4.0 ft	4.0 ft	4.0 ft	10.0 ft
36	5.0 ft	4.5 ft	4.0 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.5 ft	10.0 ft
42	4.5 ft	4.5 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.0 ft	3.0 ft	10.0 ft
48	4.5 ft	5.5 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.0 ft	3.0 ft	10.0 ft
54	4.5 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.5 ft	3.0 ft	3.0 ft	10.0 ft
60	4.0 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.0 ft	3.0 ft	3.0 ft	10.0 ft
72	4.0 ft	3.5 ft	3.5 ft	3.0 ft	2.5 ft	2.5 ft	8.0 ft
84	3.5 ft	3.5 ft	3.0 ft	2.5 ft	2.5 ft	2.0 ft	8.0 ft
96	3.5 ft	3.5 ft	3.0 ft	2.5 ft	2.0 ft	2.0 ft	8.0 ft

Fuente: Recuperado CEMA

Según el ancho de banda $BW = 24''$, y peso por unidad de longitud

$\gamma_d = 168.56ld / ft^3$ se obtiene de la Tabla 0.8 el espaciamiento entre rodillos $S_i = 4ft$

Remplazando valores en la ecuación (0.16) considerando $IML=0$ se tiene:

$$CIL = ((W_b + (W_m * K_1)) * S_i + IML = 426.0046lb$$

Según la Tabla 0.9 la Clases C de rodillo CEMA brinda la característica de 30000 horas

a 500 rpm

Tabla 0.9: Rodillo CEMA

CEMA Class	Minimum L_{10} (h)	Idler rpm
B	30,000	500
C	30,000	500
D	60,000	500
E	60,000	500
F	60,000	500

Fuente: Recuperado CEMA

En la Tabla 0.10 se obtiene la dimensión del rodillo de carga y retorno con respecto al ancho de banda.

Tabla 0.10: Valores de carga para rodillo CEMA clase C

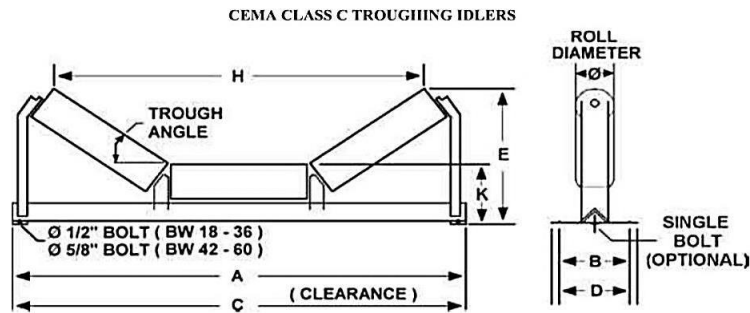
Ancho de la faja (pulgadas)	Angulo de abarquillamiento			Retorno
	20°	35°	45°	
18	900	900	900	475
24	900	900	900	325
30	900	900	900	250
36	900	837	810	200
42	850	791	765	150
48	800	744	720	125
54	750	698	675	*
60	700	650	630	*

Fuente: Recuperado CEMA

C. Detalles de polín de carga y retorno

- Polín de carga Figura 0.6: Rodillo de canalización que son rodillos de paso en forma abarquillado

Figura 0.6: Rodillo de canalización



Fuente: Recuperado CEMA

En la Tabla 0.11: CEMA clase C observa el diámetro del rodillo según el ancho y angula de paso o artesa de la banda transportadora. Ancho de la banda de 24” y Angulo de artesa de 35°

Tabla 0.11: CEMA clase C

CEMA CLASS C TROUGHING IDLERS										
BELT WIDTH	Trough Angle	E Max			H Max			K ± 1/4		
		ø 4	ø 5	ø 6	ø 4	ø 5	ø 6	ø 4	ø 5	ø 6
18	20°	10 3/4	11 1/4		22 1/2	22 1/2		8	8 1/2	
	35°	12 1/2	13		21	21				
	45°	14	14		19	19				
24	20°	11 1/2	12	12 3/4	28 1/2	28 1/2	27 1/2	8	8 1/2	9
	35°	13 3/4	14 1/4	14 3/4	26 1/2	26 1/2	25			
	45°	15 1/2	15 1/2	15 3/4	24	24	22 1/2			
30	20°	12 1/2	12 3/4	13 1/2	34 1/2	34 1/2	33 1/2	8	8 1/2	9
	35°	15	15 1/2	16	32	32	30 1/2			
	45°	17	17 1/4	17 1/2	29	29	27 1/2			
36	20°	13 1/4	13 1/2	14 1/4	40 1/2	40 1/2	39 1/2	8	8 1/2	9
	35°	16 1/4	16 3/4	17 1/4	37 1/2	37 1/2	36			
	45°	18 3/4	19	19 1/4	34	34	32 1/2			
42	20°	14	14 1/2	15 1/4	46 1/2	46 1/2	45 1/2	8 1/2	9	9 1/2
	35°	17 3/4	18 1/4	18 3/4	43	43	41 1/2			
	45°	20 1/4	20 1/2	20 3/4	39	39	37 1/2			
48	20°	15	15 1/2	16 1/4	52 1/2	52 1/2	51 1/2	8 1/2	9	9 1/2
	35°	19	19 3/4	20	48 1/2	48 1/2	47			
	45°	21 3/4	22	22 1/4	44	44	42 1/2			
54	20°	16 3/4	16 1/2	17 1/4	58 1/2	58 1/2	57 1/2	8 3/4	9 1/4	9 3/4
	35°	20 1/4	21	21 1/4	54	54	52 1/2			
	45°	23 1/4	23 1/2	23 3/4	49	49	47 1/2			
60	20°	17 3/4	18 1/2	19 1/4	64 1/2	64 1/2	63 1/2	8 3/4	9 1/4	9 3/4
	35°	21 1/2	22 1/4	22 1/2	59 1/2	59 1/2	58			
	45°	25	25	25 1/4	54	54	52 1/2			

Fuente: Recuperado CEMA

Se tiene para un diámetro de 4" altura de artesa H-Max=13 3/4", el ancho entre rodillos L-Max=26 1/2" y la altura del rodillo horizontal K+1/4=8"

En la Tabla 0.12: CEMA clase C se observan las dimensiones de la base y los agujeros de sujeción de polín de carga según el ancho de banda.24"

Tabla 0.12: CEMA clase C

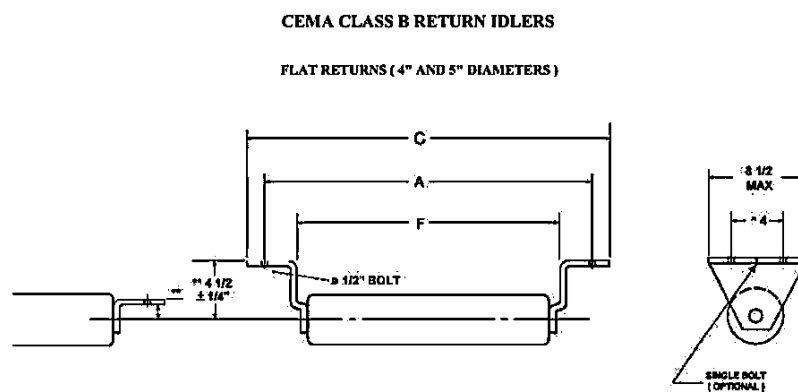
BELT WIDTH	A		C MAX		B	D MAX
	STD. BASE	WIDE BASE	STD. BASE	WIDE BASE		
18	27	33	29 1/2	35 1/2	6	10
24	33	39	35 1/2	41 1/2	6	10
30	39	45	41 1/2	47 1/2	6	10
36	45	51	47 1/2	53 1/2	6	10
42	51	57	53 1/2	59 1/2	7 1/2	10
48	57	63	59 1/2	65 1/2	7 1/2	10
54	63	69	66	72	9	11 1/2
60	69	75	72	78	9	11 1/2

For final design, request certified prints

Fuente: recuperado CEMA

El diseño del Polín de retorno se realiza según las Tabla 0.13 con respecto al ancho de banda, y en la Figura 0.7 se observa las dimensiones del polín de retorno para 4" y 5" de diámetro.

Figura 0.7: Dimensiones del polín de retorno



fuentes: recuperado CEMA

Tabla 0.13: CEMA Class Breturn idlers

BELT WIDTH	A STD BASE	C MAX	F MIN
18	27	29 1/2	22
24	33	35 1/2	28
30	39	41 1/2	34
36	45	47 1/2	40
42	51	53 1/2	46
48	57	59 1/8	52

Fuente: Recuperado CEMA

D. Tención de la banda

$$T_p = L \times K_t \times (K_x + K_v \times W_n + 0.015W_n) + W_m \times (L \times K_y \pm H) + T_n + T_{am} + T_{at} \quad (0.18)$$

Donde:

L = distancia entre centros del polea motriz y retorno [ft]

K_t = Factor de corrección por temperatura ambiente [adimensional]

K_x = factor de fricción de pilín [adimensional]

K_y = factor para calcular la fuerza en la faja y la carga de flexión sobre los rodillos [adimensional]

H = distancia vertical del material a elevado o bajado [ft]

T_p = resistencia de las fajas a la flexión alrededor de las poleas y resistencia de las poleas a rodar sobre los rodamientos [lbf]

T_{am} = fuerza para acelerar el material continuamente mientras se alimenta a la faja [lbf]

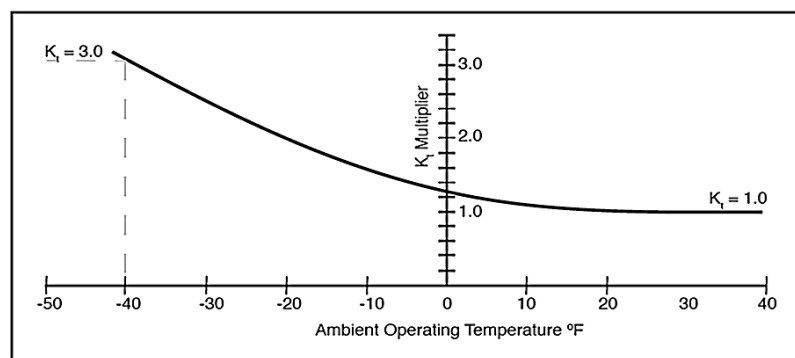
- **Distancia entre centros de polea motriz y retorno.**

Necesitamos una banda transportadora de la tolva a cangilón de $L = 40 \text{ ft}$

- **Factor de corrección por temperatura ambiente**

Según el historial de SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú) la temperatura mínima alcanzó es de $2.7^{\circ}\text{C} = 36.86^{\circ}\text{F}$ respectivamente. Según la Figura 0.8 se tiene. $K_t = 1$

Figura 0.8: Factor de corrección por temperatura



Fuente: Recuperado CEMA

- **Factor de fricción del polín**

Con la Ecuación(0.19) se determina el factor de fricción.

$$K_x = 0.00068 * (W_b + W_m) + \frac{S_i}{A_i} (ldf / ft) \quad (0.19)$$

$W_m = 11.95 ldf / ft$ peso de material por unidad de longitud

$W_b = 5.5 lbf / ft$ peso de banda por unidad de longitud

$S_i = 4 ft$ espaciamento de polín

$A_i = 1.5$ Factor adimensional

En la Tabla 0.14 se obtiene el factor adimensional con respecto al diámetro del polín, diametro de rodillo $D = 4in$ según la tabla $A_i = 1.5$

Tabla 0.14: Factor adimensional

A_i	Idler Roll Diameter (in)	CEMA Idler Class
1.5	6.0	C6, D6
1.8	5.0	B5, B5, C5
2.3	4.0	B4, C4
2.4	7.0	E7
2.8	6.0	E6

Fuente: Recuperado CEMA

Remplazando en la ecuación (3.19) tenemos:

$$K_x = 0.00068 * (W_b + W_m) + \frac{S_i}{A_i} (ldf / ft) = 2.6679$$

- **Factor para calcular la fuerza en la faja y la carga de flexión sobre los rodillos**

En la Tabla 0.15 se tiene la relación entre la longitud de la cinta transportadora y el peso del material más el peso de la cinta transportadora por unidad de longitud con respecto a la pendiente porcentual.

Tenemos el valor $W_b + W_m = 17.45ldf / ft$.

Tabla 0.15: Valor adimensional con respecto a la pendiente.

Conveyor Length (ft)	$(W_b + W_m)$ (lb/ft)	Percent Slope (%)						
		0	3	6	9	12	24	33
		Approximate Slope (deg)						
		0	2	3.5	5	7	14	18
250	20	0.035	0.035	0.034	0.031	0.031	0.031	0.031
	50	0.035	0.034	0.033	0.032	0.031	0.028	0.027
	75	0.035	0.034	0.032	0.032	0.030	0.027	0.025
	100	0.035	0.033	0.032	0.031	0.030	0.026	0.023
	150	0.035	0.035	0.034	0.033	0.031	0.025	0.021
	200	0.035	0.035	0.035	0.035	0.032	0.024	0.018
	250	0.035	0.035	0.035	0.035	0.033	0.021	0.018
400	20	0.035	0.034	0.032	0.030	0.030	0.030	0.030
	50	0.035	0.033	0.031	0.029	0.029	0.026	0.025
	75	0.034	0.033	0.030	0.029	0.028	0.024	0.021
	100	0.034	0.032	0.030	0.028	0.028	0.022	0.019
	150	0.035	0.034	0.031	0.028	0.027	0.019	0.016
	200	0.035	0.035	0.033	0.030	0.027	0.016	0.014
	250	0.035	0.035	0.034	0.030	0.026	0.017	0.016
300	0.035	0.035	0.034	0.029	0.024	0.018	0.018	

fuentes: recuperado CEMA

En el caso se considera una pendiente porcentual de 33% equivalente a 0.031 un valor adimensional que se obtiene de la Tabla 0.15.

Para obtener el valor K_y tenemos el valor de 0.031 obtenido de la Tabla 0.16, espaciamiento del polín $S_i = 4\text{ft}$ y con el peso total de la banda por unidad de longitud, hace la interpolación para obtener de la Tabla 0.16 el valor de $K_y = 0.029$.

Tabla 0.16: Valor de K_y

W_b+W_m (lb/ft)	S_i (ft)	Reference Values of K_y for Interpolation									
		0.016	0.018	0.020	0.022	0.024	0.026	0.028	0.030	0.032	0.034
< 50	3.0	0.016	0.016	0.016	0.017	0.018	0.020	0.021	0.023	0.024	0.026
	3.5	0.016	0.016	0.017	0.019	0.021	0.022	0.024	0.026	0.027	0.029
	4.0	0.016	0.017	0.018	0.020	0.022	0.024	0.026	0.028	0.030	0.032
	4.5	0.016	0.018	0.020	0.022	0.024	0.026	0.028	0.030	0.032	0.034
	5.0	0.017	0.020	0.021	0.024	0.025	0.027	0.029	0.031	0.033	0.035
50 to 99	3.0	0.016	0.016	0.017	0.019	0.021	0.022	0.024	0.026	0.027	0.029
	3.5	0.016	0.017	0.019	0.021	0.022	0.024	0.026	0.028	0.030	0.032
	4.0	0.016	0.018	0.020	0.022	0.024	0.026	0.028	0.030	0.032	0.034
	4.5	0.018	0.019	0.021	0.024	0.025	0.027	0.030	0.032	0.034	0.035
	5.0	0.018	0.021	0.023	0.025	0.027	0.029	0.032	0.034	0.035	0.035
100 to 149	3.0	0.016	0.016	0.019	0.021	0.023	0.025	0.027	0.029	0.031	0.033
	3.5	0.016	0.018	0.020	0.022	0.024	0.026	0.028	0.030	0.032	0.034
	4.0	0.018	0.020	0.021	0.023	0.025	0.028	0.030	0.031	0.033	0.035
	4.5	0.019	0.021	0.023	0.025	0.027	0.030	0.031	0.033	0.035	0.035
	5.0	0.020	0.023	0.025	0.027	0.030	0.032	0.033	0.035	0.035	0.035

Fuente: Recuperado CEMA

- **Distancia vertical que el material es subido o bajado**

Para la obtención de la altura máxima de la banda transportadora se aplica la trigonometría en la ecuación (0.20)

$$\begin{aligned} \sin(35) &= H / L \\ H &= 22.9431\text{ft} \end{aligned} \quad (0.20)$$

- **Resistencia de las fajas a la flexión alrededor de las poleas y resistencia de las poleas a rodar sobre los rodamientos**

Considerando dos poleas que están en tensión mayor a 150° según Tabla 0.17 de CEMA. 2 se tiene tensión en la banda de $T_p = 2 * 200\text{lb}$

Tabla 0.17: Tención de banda para poleas

Location of Pulleys	Degrees Wrap of Belt	Pounds of Tension at Belt Line
Tight side	150° to 240°	200 lbs/pulley
Slack side	150° to 240°	150 lbs/pulley
All other pulleys	less than 150°	100 lbs/pulley

Note: Double the above values for pulley shafts that are not operating in antifricción bearings.

Fuente: Recuperado CEMA

- **Fuerza para acelerar el material continuamente mientras se alimenta a la faja.** T_{am}

El rendimiento de la banda transportadora es de $Q = 599.2T/h$; con velocidad de $v = 400 ft/min$

Remplazando los valores en la Ecuación (0.21) se tiene la fuerza de aceleración continua

$$T_{am} = \frac{Q * 2000}{3600 * 32.2} * \frac{v - v_0}{60} \quad (0.21)$$
$$T_{am} = 68.9211 lbf$$

- **Resistencia por acción de transporte** T_{ca}

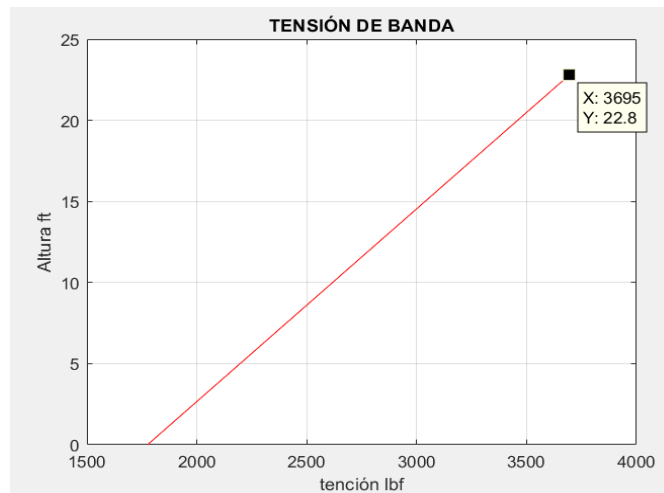
fricción de los dispositivos de limpieza de la faja T_{bc} CEMA recomendado usar 5 lb/in teniendo el limpiador de 22in entonces tenemos $5 * 22 = 110 lbf$

Asumiendo la resistencia por la fricción con los falcones $T_{sb} = 50 lbf$

$$T_{ca} = T_{sb} + T_{bc} = 160 lbf \quad (0.22)$$

Reemplazando en la Ecuación (0.18) con ángulo $\beta = 35^\circ$ de elevación se tiene la tensión máxima en la banda, en la Figura 0.9 se observa la tensión respecto a la altura siendo directamente proporcional a la tensión. $T_e = 3742 lbf$

Figura 0.9: Tensión de la banda respecto al ángulo de elevación



Elaboración propia

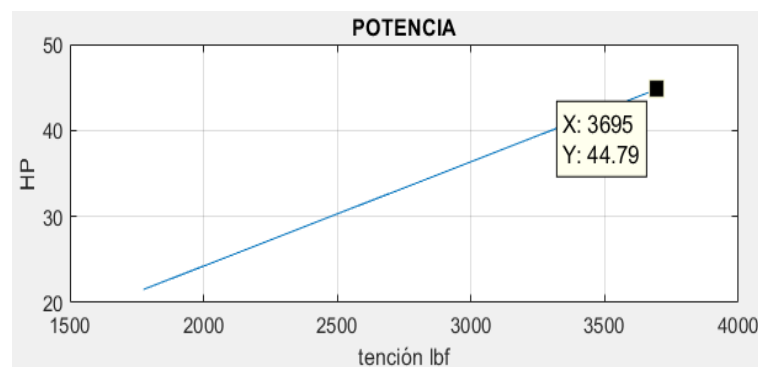
E. Cálculo de potencia.

La potencia mecánica requerida para la banda transportadora se realiza el cálculo con la Ecuación (0.23) tensión por la velocidad en relación con valor ya definido por CEMA de 33000

$$HP = \frac{T_e * v}{33000} = 44.7 \quad (0.23)$$

En la Figura 0.10 se muestra el resultado de la potencia mecánica con respecto a la tensión aplicada según el grado de inclinación de la banda transportadora.

Figura 0.10: Relación potencia-tensión



Elaboración propia



- **Potencia del motor**

El cálculo de la velocidad síncrona se realiza con las Ecuaciones (0.24) y la relación de la caja reductora con la Ecuación (0.25) para obtener la potencia mecánica.

$$n_s = \frac{120 * f}{2 * p} \quad (0.24)$$

n_s = velocidad síncrona.

f = frecuencia 60Hz.

p = numero de polos.

Remplazando en la ecuación (3.23).

$$n_s = 1800rpm$$

Velocidad de la banda transportadora

$$n_b = 97.0457rpm$$

$$\frac{n_b}{n_s} = \frac{hp}{HP} \quad (0.25)$$

$$hp = 2.4146$$

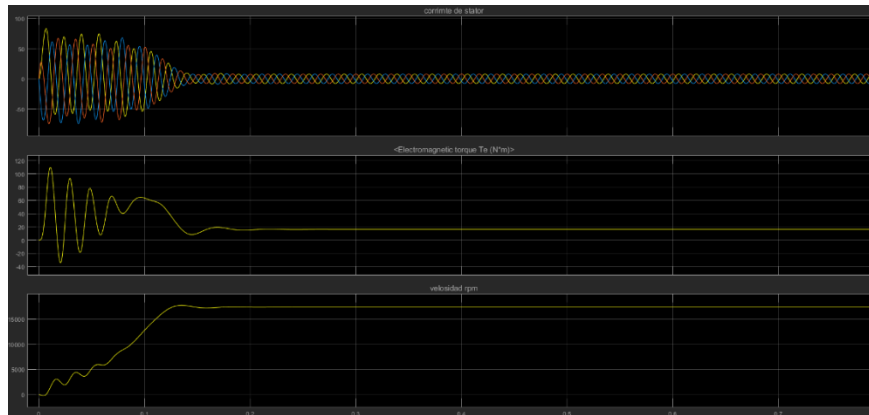
Se obtiene la potencia del motor seleccionada teniendo: eficiencia del motor 0.8 y eficiencia de la caja reductora 0.85

$$hp = \frac{2.4146}{0.8 * 0.85} = 3.55 \quad (0.26)$$

Potencia de motor seleccionado 5 hp

En la simulación de la maquina podemos observar en la Figura 0.11 el comportamiento de las magnitudes del motor en la salida con respecto al tiempo: corriente de estator, torque y velocidad.

Figura 0.11: Magnitudes del motor



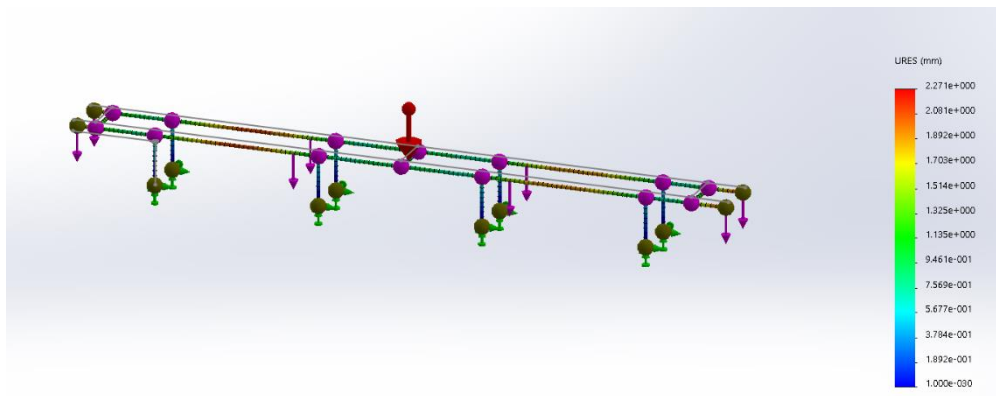
Elaboración propia

F. Análisis de estructura por software

La simulación de la estructura tiene como parámetros, material de acero ASTM A36, carga $W=52.9\text{KN}$, la carga está distribuido homogéneamente sobre la estructura.

La Figura 0.12 de la simulación tiene como propósito calcular el desplazamiento en la dirección de la fuerza aplicada, teniendo como resultado desplazamiento de 2.27mm en el punto más crítico de la estructura.

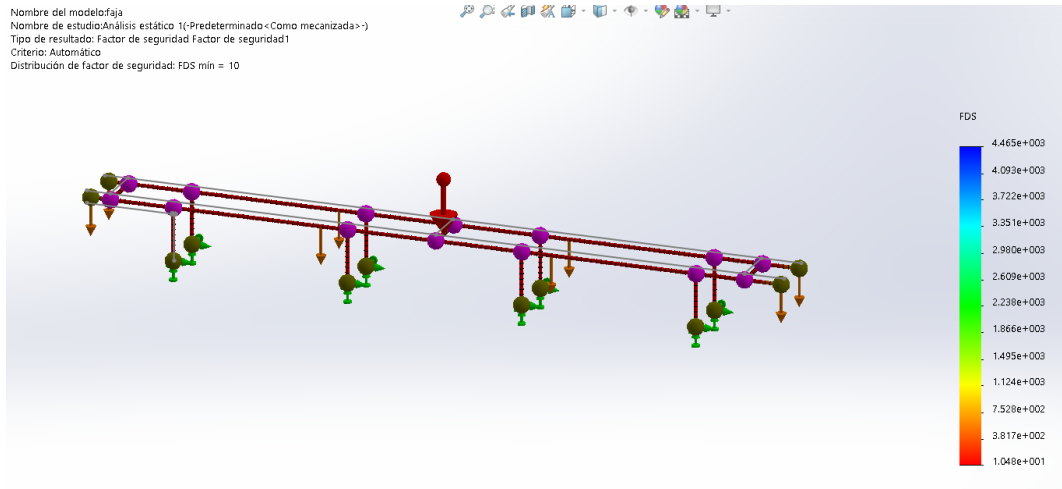
Figura 0.12: Desplazamiento estático



Elaboración propia

En la Figura 0.13 se tiene un factor de seguridad mínima $F_s=10$ el cálculo indica que el material de la estructura es seguro.

Figura 0.13: Factor de seguridad minina

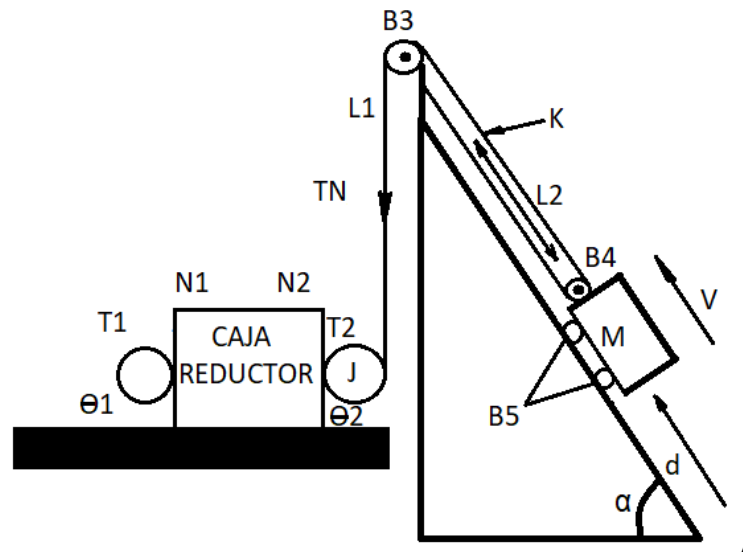


Elaboración propia

3.2.3. Diseño de sistema de elevación por cangilón

El cangilón se encarga de alimentar de hormigón al sistema de mezclado Figura 0.14: Diagrama de sistema de elevación del cangilón. El sistema de movimiento traslación del cangilón es accionado por un motor eléctrico con torque T_1 con velocidad angular Θ_1 acoplada a una caja reductora de relación $N=15.8:1$ para incrementar la potencia en el tambor T_2 donde se envuelve el cable de acero con tensión T_N desde el punto inferior con masa $M=1200\text{Kg}$ es trasladada hacia el punto superior a velocidad de $V=0.5\text{m/s}$ por el riel, con ángulo de inclinación $\alpha=70^\circ$.

Figura 0.14: Diagrama de sistema de elevación del cangilón.



Elaboración propia

θ_2 = Angular de salida de la caja reductor

L_1 = Longitud recorrida respecto al tambor.

L_2 = Longitud recorrida respecto al cangilón.

J = Inercia del tambor con respecto a la masa.

B = Fricción de rodamientos.

d = Distancia.

El modelo matemático del sistema de elevación por cangilón se expresa en la Ecuación(0.27).

$$TN = J \ddot{d} + B \dot{d} + k \quad (0.27)$$

Según la Figura 0.14 tenemos:

$$\theta_2 = \frac{N_1}{N_2} \theta_1 \quad ; \quad d = \theta_1 * \frac{N_1}{N_2} * \frac{L_1}{L_2} * R * \pi \quad ; \quad TN = \frac{L_2}{L_1 * R} * \frac{N_2 * T_1}{N_1} \quad (0.28)$$

Remplazando la ecuación (0.28) en (0.27) se tiene la Ecuación (0.29)

$$T1 = \left(\frac{L1}{L2}\right)^2 * \left(\frac{N1}{N2}\right)^2 * R^2 * \pi * J \ddot{\theta}1 + \left(\frac{L1}{L2}\right)^2 * \left(\frac{N1}{N2}\right)^2 * R^2 * \pi * B \dot{\theta}1 + K \quad (0.29)$$

Realizando la transformada de Laplace de la Ecuación (0.29) se tiene, la Ecuación (0.30)

$$G(s) = \frac{1}{\left(\frac{L1}{L2}\right)^2 * \left(\frac{N1}{N2}\right)^2 * R^2 * \pi * (Js^2 + Bs) + K} \quad (0.30)$$

En la Ecuación (0.31) se expresa la sumatoria de momento de inercia y la sumatoria de fricción.

$$J = \sum_{i=1}^n J_i \quad ; \quad B = \sum_{i=1}^n B_i \quad (0.31)$$

Obteniendo la inercia:

$$J \frac{d^2\theta}{dt^2} = \frac{\sin(\alpha)}{g} M * R^2 \frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{1}{2} * M_2 * r_2^2 \frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{1}{2} * M_3 * r_3^2 \frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{1}{2} * M_4 * r_4^2 \frac{d^2\theta}{dt^2} \quad (0.32)$$

Obtenemos la fricción

$$B = B2 + B3 + B4 + B5 \quad (0.33)$$

Para obtener el diámetro del tambor y la polea según la Tabla 0.19 D/d determina el número de veces del tambor y polea respecto al diámetro del cable. La relación correcta disminuye el desgaste y fatiga pronto del cable de acero tipo BOA 6X19. el cable debe seleccionarse para soportar carga de trabajo con factor de diseño predeterminado de 5:1 se debe considerar cargas dinámicas según. (Camesa, 2008)

Calculamos el diámetro de cable de acero con el factor de diseño predeterminado:

$$d = 1200 * 5 = 6.0T \quad (0.34)$$

Tabla 0.18: Cable clase 6X19 alma de acero

Diámetro		Peso Aproximado		Resistencia a la Ruptura					
Diameter		Approximate Weight		Minimum Breaking Force					
Pulgadas Inch	Milímetros mm	lb / ft	kg / m	Arado Mejorado / IPS lb Ton*		Arado Extra Mejorado / EIP lb Ton*		Arado Extra Extra Mejorado / EEIP lb Ton*	
1/4	6.35	0.12	0.18	5,890	2.7	6,790	3.1	-	-
5/16	7.94	0.18	0.27	9,150	4.1	10,540	4.8	-	-
3/8	9.53	0.26	0.39	13,120	6.0	15,100	6.9	16,590	7.5
7/16	11.1	0.35	0.50	17,780	8.1	20,380	9.2	22,380	10.2
1/2	13	0.46	0.68	23,000	10.4	26,600	12.1	29,200	13.2
9/16	14.5	0.59	0.88	29,000	13.2	33,600	15.2	37,000	16.8
5/8	16	0.72	1.07	35,800	16.2	41,200	18.7	45,400	20.6
3/4	19	1.04	1.55	51,200	23.2	58,800	26.7	64,800	29.4
7/8	22	1.42	2.11	69,200	31.4	79,600	36.1	87,600	39.7
1	26	1.85	2.75	89,800	40.7	103,400	46.9	113,800	51.6
1-1/8	29	2.34	3.48	113,000	51.3	130,000	59.0	143,000	64.9
1-1/4	32	2.89	4.30	138,800	63.0	159,800	72.5	175,800	79.8
1-3/8	35	3.50	5.21	167,000	75.7	192,000	87.1	-	-
1-1/2	38	4.16	6.19	197,800	89.7	228,000	103.0	-	-
1-5/8	42	4.88	7.26	230,000	104.0	264,000	120.0	-	-
1-3/4	45	5.67	8.44	266,000	121.0	306,000	139.0	-	-
1-7/8	48	6.50	9.67	304,000	138.0	348,000	158.0	-	-
2	52	7.39	11.0	344,000	156.0	396,000	180.0	-	-

fuelle: recuperado (*Camesa, 2008*)

Obtenemos según el resultado de la Ecuación (0.34) el diámetro del cable de acero en la Tabla 0.18. según la relación de ruptura con el diámetro del cable tenemos $d=11.1\text{mm}$.

Tabla 0.19: Relación de tambor y polea respecto al diámetro del cable

Construcción del cable Wire rope construction	Relación mínima recomendada Suggested minimum ratio D/d
6x7	42
6x19S	34
6x21F	30
6x25F	26
6x26WS	30
6x31WS	26
6x36WS	23
6x41WS	20
6x41F	20
6x43SF	23
6x49SWS	20
8x19S	26
8x25F	20
8x36WS	18
18x7 & 19x7	34
35x7	20

fuelle: recuperado (*Camesa, 2008*)

La construcción del cable clase 6X19S que tiene una relación $D/d=34$ según Tabla 0.19 y con la Ecuación (0.35) se tiene el diámetro del tambor y polea.



$$D = 11.1 * 34 = 377.4 \text{ mm} \quad (0.35)$$

Obtenemos la relación de N2 a velocidad de $v=0.5\text{m/s}$ con velocidad angular $\dot{\theta}_1 = 30\text{rps}$

$$v = \dot{\theta}_1 * \frac{N1}{N2} * \frac{L1}{L2} * R * \pi = 0.5 \text{ m/s} \quad ; \quad \dot{\theta}_1 = 30 \text{ rps} \quad (0.36)$$
$$N2 = 17.78$$

Según la Ecuación (0.37) determinamos el momento de inercia teniendo como dato de las masas.

$M_2=20\text{Kg}$ masa del tambor

$M_3=7.2\text{Kg}$ masa de polea

$M_4=7.2\text{Kg}$ masade polea

$$J = \frac{\sin(\alpha)}{g} M * R^2 + \frac{1}{2} M_3 * r_2^2 + \frac{1}{2} * M_2 * r_3^2 + \frac{1}{2} * M_4 * r_3^2 \quad (0.37)$$
$$J = 4.7 \text{ Kg.m}^2$$

Según SKF (Kullagerfabriken o fábrica de rodamientos de bola) se tiene los valores del coeficiente constante de fricción para rodamientos abiertos en la Tabla 0.20

Tabla 0.20: Coeficiente fricción de rodamiento SKF

Coeficiente constante de fricción μ para rodamientos abiertos (rodamientos sin sellos de contacto)	
Tipo de rodamiento	Coeficiente de fricción μ
Rodamientos rígidos de bolas	0,0015
Rodamientos de bolas de contacto angular	
– de una hilera	0,0020
– de dos hileras	0,0024
– con cuatro puntos de contacto	0,0024
Rodamientos de bolas a rótula	0,0010
Rodamientos de rodillos cilíndricos	
– con una jaula, cuando $F_a \approx 0$	0,0011
– completamente llenos de rodillos, cuando $F_a \approx 0$	0,0020
Rodamientos de agujas con jaula	0,0020
Rodamientos de rodillos cónicos	0,0018
Rodamientos de rodillos a rótula	0,0018
Rodamientos de rodillos toroidales CARB con jaula	0,0016
Rodamientos axiales de bolas	0,0013
Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos	0,0050
Rodamientos axiales de agujas	0,0050
Rodamientos axiales de rodillos a rótula	0,0018

Fuente: Recuperado (SKF, 2015)

$B_2=0.0024$ =Coeficiente de fricción alojado en el tambor.

$B_3=0.0020$ =Coeficiente de fricción alojado en la polea

$B_4=0.0020$ =Coeficiente de fricción alojado en la polea

$B_4=0.0020$ =Coeficiente de fricción alojado en la rueda del canchilón.

En la Ecuación (0.39) se calcula el momento de fricción del sistema de canchilón.

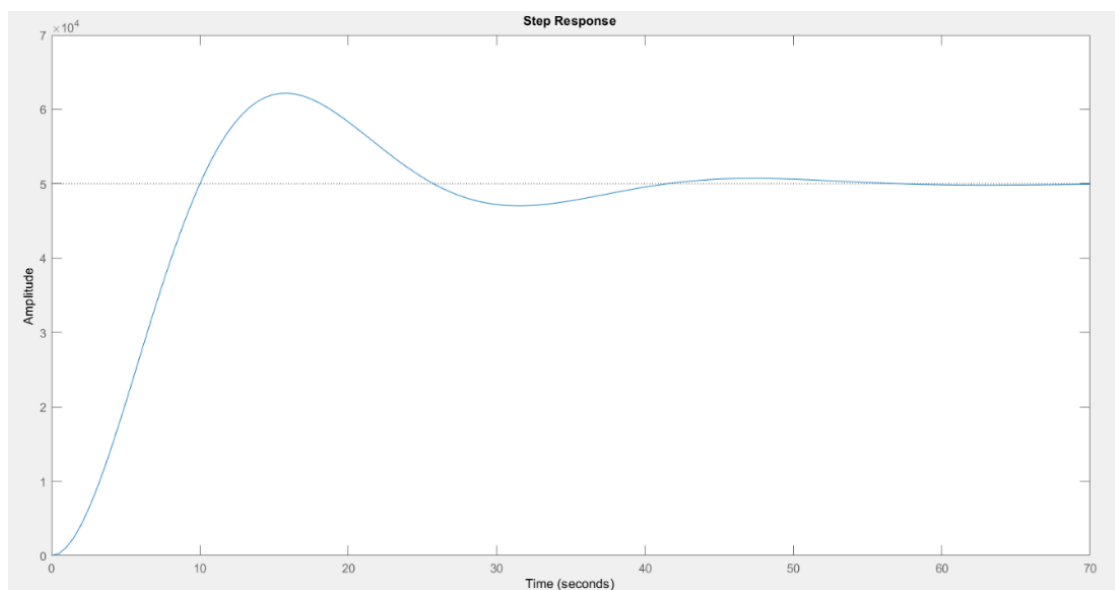
$$B = B_2 * M_2 * g + B_3 * M_3 * g + B_4 * M_4 * g + 4 * B_5 * M_5 * g \quad (0.38)$$
$$B = 0.8476 N - m - s / rad$$

Remplazando los parámetros en la Ecuación (0.30) se tiene la Ecuación (0.39)

$$G(s) = \frac{1}{\left(\frac{L1}{L2}\right)^2 * \left(\frac{N1}{N2}\right)^2 * R^2 * \pi * (Js^2 + Bs) + K} \quad (0.39)$$
$$G(s) = \frac{1}{0.0004182 * s^2 + 0.00007498 * s + 0.00002}$$

Se observar el comportamiento en la Figura 0.15 la respuesta del sistema al escalón unitario.

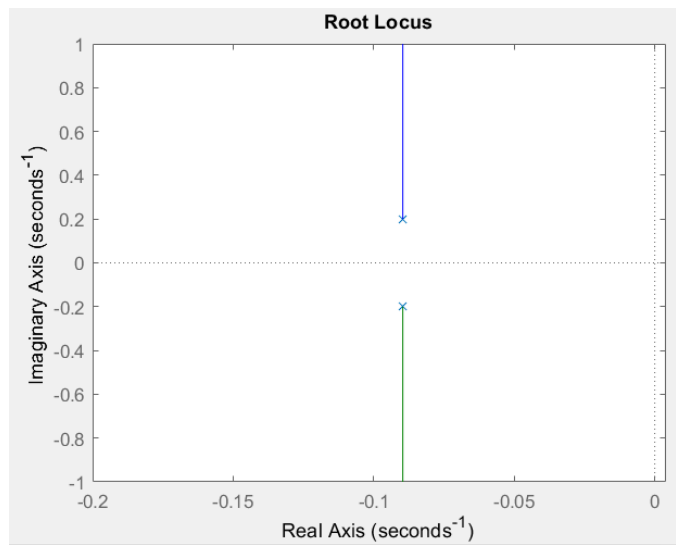
Figura 0.15: Respuesta al escalón unitario



Elaboración propia

Se observa en la Figura 0.16 los polos se encuentran el semiplano izquierdo indicando que el sistema es estable, se determina los siguientes parámetros. Ubicación de los polos s , y la relación entre amortiguamiento ζ frecuencia natural ω_n según el modelo de Figura 0.24.

Figura 0.16: Grafico de polos y ceros.



Elaboración propia

$$\begin{aligned}
 s &= -0.0897 + i0.227 & ; & \quad \zeta = 0.367 & \quad ; & \quad \omega_n = 0.245 & \quad (0.40) \\
 s &= -0.0897 - i0.227 & & & & & &)
 \end{aligned}$$

Obtenemos la potencia mecánica y potencia requerida del motor con una eficiencia del motor de 80% y la caja reductora 95%.

$$\begin{aligned}
 T_1 &= T * w / N_2 & (0.41) \\
 T_1 &= 1903.7W
 \end{aligned}$$

Potencia requerida del motor:

$$\begin{aligned}
 P &= T_1 / 736 * 0.8 * 0.95 & (0.42) \\
 P &= 3.4Hp
 \end{aligned}$$

3.2.4. Diseño del sistema de mezclado

El sistema de mezclado tipo planetario Figura 0.17 tiene velocidad $w_2 = 43.7\text{RPM}$ con cuatro brazos y palas de $b * h = 200 * 150\text{mm}$ distribuido en un cilindro de radio $R = 770\text{mm}$ que mezclan una maza $M = 860\text{Kg}$ con densidad del material de $\gamma_d = 2.7\text{Tn} / \text{m}^3$

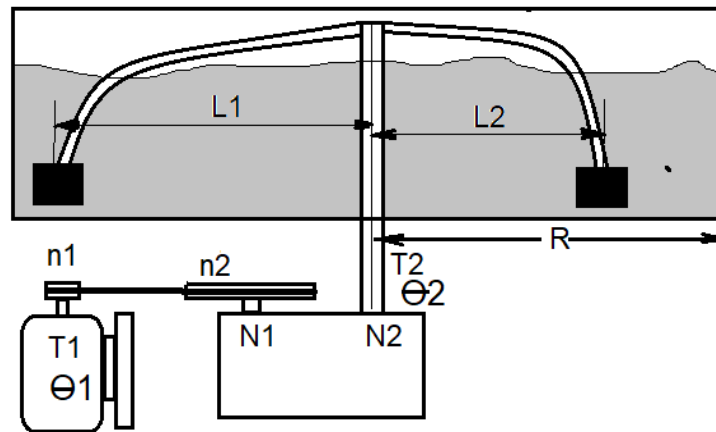
$$L_1 = 625\text{mm}$$

$L_2=500\text{mm}$

$L_3=375\text{mm}$

$L_4=250\text{mm}$

Figura 0.17: Diagrama sistema de mezclado



Elaboración propia

L =longitud del brazo.

N =Relación de la caja reductora.

n =Relación de la polea.

T_1 =Torque del motor.

T_2 =Torque de la mezcladora.

Θ_1 =Posición angular del motor.

Θ_2 =Posición angular de la mezcladora.

h = Altura de la paleta 150mm.

E_a =Presión lateral activa del material debido a su propio peso.

μ =Fricción arena acero 0.466m

K_a =Coeficiente de la presión activa del hormigón 0.38.

β = Angulo de inclinación de las paletas 20°.

M_p =Masa de brazo 30.66Kg.

Obtenemos la relación de la caja reductora y polea con entrada de velocidad del motor $w_1=1750rpm$. En la Ecuación (0.43) se tiene la sumatoria de los cuatro brazos de la mezcladora, con la Ecuación(0.44) se determina la velocidad angular de salida.

$$L = \sum_{i=0}^n L_i = 1.75m \quad (0.43)$$

$$N_2 = \frac{w_1 * n_1}{w_2} \quad ; \quad n_1 = 1 \quad ; \quad w_1 = 1750rpm \quad (0.44)$$

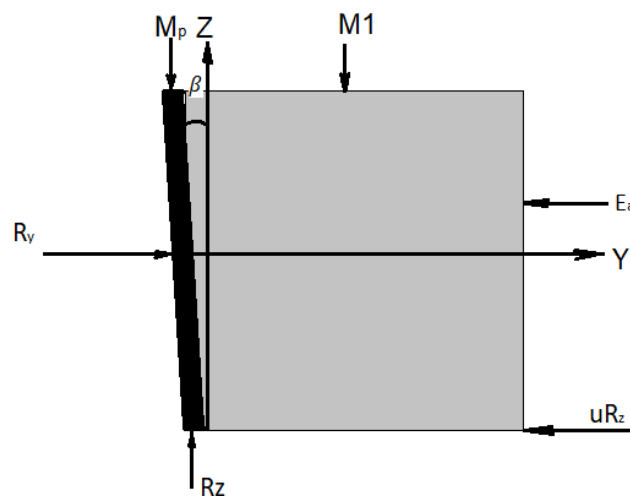
$$N_2 = \frac{1750 * 1}{43.7} = 40$$

Observando la Figura 0.17 obtenemos la Ecuación (0.45) torque y posición angular de salida.

$$T_2 = \frac{n_2}{n_1} * \frac{N_2}{N_1} * T_1 \quad ; \quad \theta_2 = \frac{n_1}{n_2} * \frac{N_1}{N_2} * \theta_1 \quad (0.45)$$

En la Figura 0.18 observamos el sistema de mezclado, actúan cuatro fuerzas por tanto la carga se divide en forma equitativa en cuatro fuerzas que conforman las pales, entonces cada pala tiene masa de $M_p= 215Kg$ con inclinación de $\beta=20^\circ$.

Figura 0.18: Representación de modelo paleta-masa



Fuente: Recuperado (Godoy Caguana, 2009)

Se tiene la Ecuación (0.46) de paleta-masa según (Merritt, Kent Loftin, & Ricketts)

$$E_a = K_a \frac{\gamma_d * h^2}{2} \quad (0.46)$$

La suma de la masa a mover M es igual a la suma de masa de la carga M_p y masa de los brazos M_b

$$R_z = M_p + M_b$$

$$R_z = 215 + 32 = 247 Kg \quad (0.47)$$

Tabla 0.21: Coeficiente de presión activa lateral

TABLA 7.14 Coeficiente K_a de presión activa lateral

$\phi =$	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°
$\beta = 0$	$\alpha = 0$	0.70	0.59	0.49	0.41	0.33	0.27
	$\alpha = 10^\circ$	0.97	0.70	0.57	0.47	0.37	0.30
	$\alpha = 20^\circ$	—	—	0.88	0.57	0.44	0.34
	$\alpha = 30^\circ$	—	—	—	—	0.75	0.43
	$\alpha = \phi$	0.97	0.93	0.88	0.82	0.75	0.67
$\beta = 10^\circ$	$\alpha = 0$	0.76	0.65	0.55	0.48	0.41	0.33
	$\alpha = 10^\circ$	1.05	0.78	0.64	0.55	0.47	0.38
	$\alpha = 20^\circ$	—	—	1.02	0.69	0.55	0.45
	$\alpha = 30^\circ$	—	—	—	—	0.92	0.56
	$\alpha = \phi$	1.05	1.04	1.02	0.98	0.92	0.86
$\beta = 20^\circ$	$\alpha = 0$	0.83	0.74	0.65	0.57	0.50	0.43
	$\alpha = 10^\circ$	1.17	0.90	0.77	0.66	0.57	0.49
	$\alpha = 20^\circ$	—	—	1.21	0.83	0.69	0.57
	$\alpha = 30^\circ$	—	—	—	—	1.17	0.73
	$\alpha = \phi$	1.17	1.20	1.21	1.20	1.17	1.12
$\beta = 30^\circ$	$\alpha = 0$	0.94	0.86	0.78	0.70	0.62	0.56
	$\alpha = 10^\circ$	1.37	1.06	0.94	0.83	0.74	0.65
	$\alpha = 20^\circ$	—	—	1.51	1.06	0.89	0.77
	$\alpha = 30^\circ$	—	—	—	—	1.55	0.99
	$\alpha = \phi$	1.37	1.45	1.51	1.54	1.55	1.54

TABLA 7.15 Ángulos de fricción interna y pesos específicos de suelos

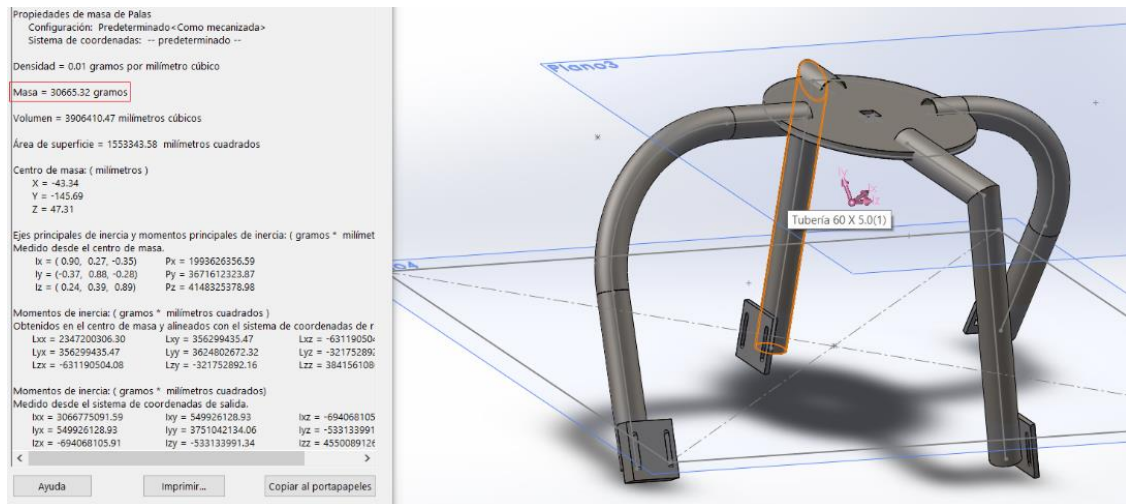
Tipo de suelo	Densidad o consistencia	Ángulo de fricción interna ϕ , grados	Peso unitario w , lb/ft ³
Arena gruesa o arena con grava	Compacto	40	140
	Suelto	35	90
Arena media	Compacto	40	130
	Suelto	30	90
Arena limosa fina o limo arenoso	Compacto	30	130
	Suelto	25	85
Limo uniforme	Compacto	30	135
	Suelto	25	85
Arcilla-limo	Suave a mediana	20	90-120
Arcilla limosa	Suave a mediana	15	90-120
Arcilla	Suave a mediana	0-10	90-120

fuelle: Recuperado (Merritt, Kent Loftin, & Ricketts)

Con la Tabla 0.21 determinamos coeficiente de la presión activa del hormigón con $\alpha = 0$ y con ángulo de fricción $\phi = 40^\circ$

En la Figura 0.19 se observa el dibujo en 3D de los brazos de la mezcladora con peso aproximado de 30.66Kg.

Figura 0.19: Brazos del sistema de mezclado



Elaboración propia

Remplazando las ecuaciones (0.46)(0.47) en (0.48) se tiene el resultado de acción de la pala con respecto al movimiento, que se reemplaza a la (0.49) para obtener la potencia mecánica requerida de las palas en plena carga.

$$R_y = \mu R_z + B1 * M_p + E_a * b \quad (0.48)$$

$$R_y = 116.8081Kg$$

$$P = \frac{R_y * L * w_2}{736 * 0.8} \quad (0.49)$$

$$P = 12.4684Hp$$

Se representa el modelado matemático del sistema con Ecuación (0.50).

$$T2 = J_2 \ddot{\theta}_2 + B_2 \dot{\theta}_2 \quad (0.50)$$

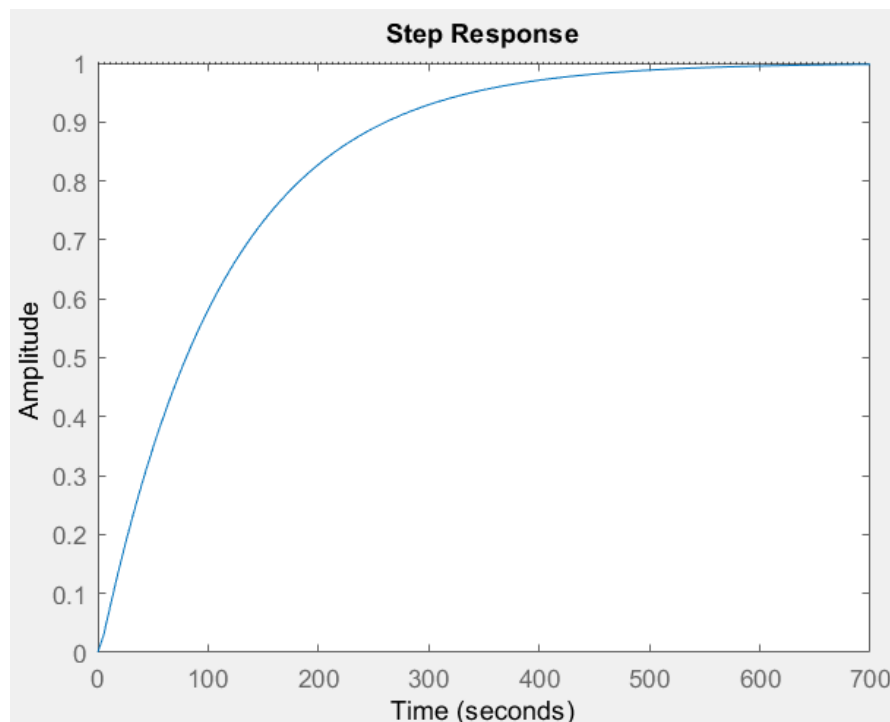
Obtenemos la Ecuación (0.51) característica realizando la transformada de la place y con una realimentación unitaria, reemplazando las variables se tiene el resultado numérico en la Ecuación (0.52)

$$T = \frac{(N1 / N2) * (n1 / n2)}{Js^2 + Bs + 1} \quad (0.51)$$

$$T = \frac{1 / 20}{236.3587s^2 + 114.49s + 1} \quad (0.52)$$

En la Figura 0.20: Respuesta al escalón unitario se observa la señal de salida de la Ecuación(0.52) a respuesta del escalón unitario.

Figura 0.20: Respuesta al escalón unitario



Elaboración propia

3.2.5. Diseño de sistema de vibro-compresor

a) Diseño del sistema de vibración

El diseño de vibrado tiene fuerza periódica externa, esta acción de vibrado se conoce como vibración forzada y también determinístico por el control en cualquier tiempo de las magnitudes.

El sistema de vibración es generado por una masa excéntrica y está conectado a lo largo de la base del molde, esta conexión del sistema de vibración al molde es de forma directa.

- **Cálculo de constantes de resorte neumático modelo 131 de Firestone**

El sistema de vibración está compuesto de almacenar y liberar energía potencia resorte o elasticidad cuya magnitud está representada como rigidez “K” del sistema, un medio para conservar y liberar energía cinética, masa o inercia del sistema normalmente está representado “M” y un medio en donde se pierde energía, amortiguamiento cuya magnitud está representada como “B”.

Para obtener los valores del amortiguador superior de B y K se hace referencia al manual de (Firestone Industrial Products, LLC, 2013) estilo 131 según la Tabla 0.22 se determina la rigidez del resorte de aire K1 a 40psi.

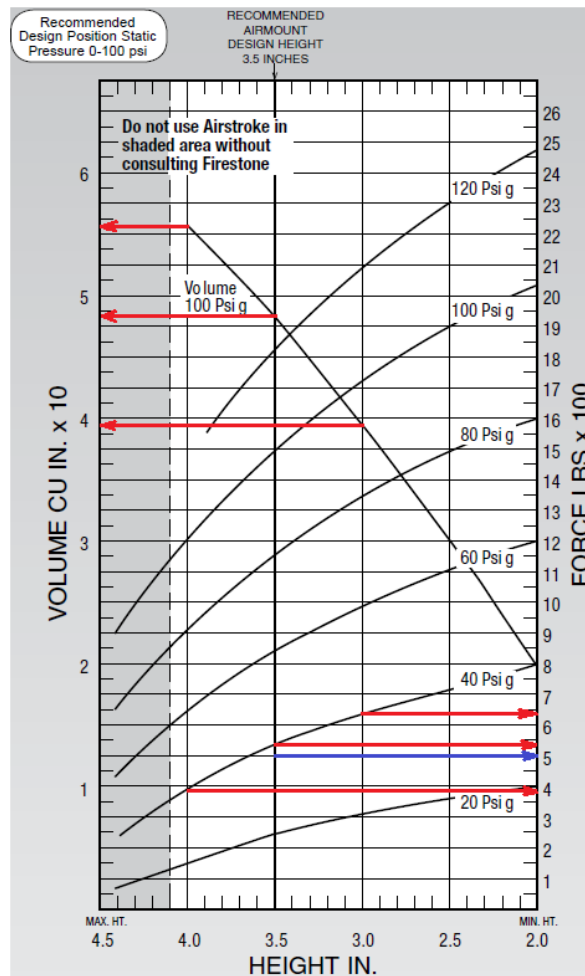
Con la Ecuación (0.55) determinaremos la constante del resorte K (Firestone Industrial Products, LLC, 2013)

$$Area\ efectiva = \frac{c\ arg\ a(Lbs)}{presión(Lbs / in^2)} \quad (0.53)$$

$$Pg = \frac{c\ arg\ a\ de\ diseño(Lbs)}{Area\ efectiva(in^2)} \quad (0.54)$$

$$K = \frac{[(Pg + 14.7)[Ac(\frac{V1}{Vc})^{1.38} - Ae(\frac{V1}{Ve})^{1.38}] - 14.7(Ac - Ae)]Lbs}{linch} \quad (0.55)$$

Tabla 0.22: Datos estáticos del actuador Airstroke estilo 131 para 500Lbs



Fuente: Recuperado (*Firestone Industrial Products, LLC, 2013*)

Según la Tabla 0.22 determinamos los valores de los siguientes parámetros. el volumen de aire a 100Psi con las alturas recomendó por el fabricante.

$$v1=48.375 \text{ (in}^3\text{)}$$

$$vc=39.625 \text{ (in}^3\text{)}$$

$$ve=55.687 \text{ (in}^3\text{)}$$

Los valores de área efectiva según la Ecuación (0.53) la carga críticos respecto a la altura superior e inferior con relación de la presión en la altura deseada 3.5” a 40Psi

$$Ac1= 16.1250 \text{ (in}^2\text{)}$$

$$Ae1=9.8750 \text{ (in}^2\text{)}$$

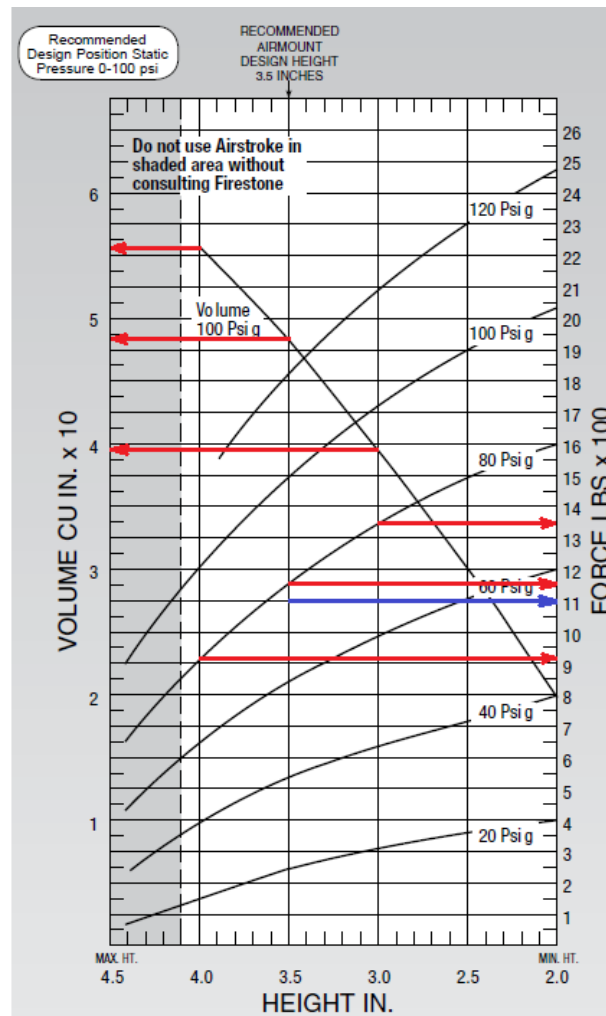
Presión deseada con respecto a la carga de diseño de 500 Psi reemplazando los valores en la Ecuación(0.54) se obtiene:

$$P_{g1}=37.3832 \text{ (Psi)}$$

La rigidez de K1 de la bolsa de aire estilo 131 es evaluado a presión de $P_{g1}=37.3832\text{Psi}$ y altura de 3.5in según las Ecuaciones (0.55) y (0.54) la constante es de $K1=2362.6$ el diseño de sistema tiene cuatro unidades de resortes neumática 131:

Con la Tabla 0.23 se obtiene la contante K y B de los amortiguadores alojadas en la parte inferior de la mesa vibradora

Tabla 0.23: Datos estáticos del actuador Airstroke estilo 131 para 1100Lbs



Fuente: Recuperado (*Firestone Industrial Products, LLC, 2013*)

Los valores de área efectiva según la Tabla 0.23 y la Ecuación (0.53) la carga críticos respecto a la altura superior e inferior con relación de la presión en la altura deseada 3.5” a 80Psi

$$Ac2=16.8125 \text{ (in}^2\text{)}$$

$$Ae2=11.5 \text{ (in}^2\text{)}$$

Presión deseada con respecto a la carga de diseño de 1100 Psi remplazando los valores a la Ecuación(0.54). se obtiene:

$$Pg2=76.1905 \text{ (Psi)}$$

La rigidez de K2 del resorte neumático estilo 131 es evaluado a presión de $Pg1=76.19\text{Psi}$ altura de 3.5in según la Ecuación (0.55) la constante es de $K2=6442.1$ el diseño de sistema tiene seise unidades de resorte neumático Airstroke estilo 131:

La amortiguación se define como la relación de amortiguación del sistema entre amortiguación critica según: (Firestone Industrial Products, LLC, 2013)

$$B = \frac{\textit{amortiguación del sistema}}{\textit{amortiguación critico}} = 0.03 \quad (0.56)$$

- **Cálculo de la fuerza centrífuga**

La Figura 0.22 muestra que la dirección de rotación de las masas $m/2$ son opuestas con una velocidad angular ω , esto hace que la suma de ambas excéntricas dé como resultado una fuerza centrífuga f en dirección vertical y en la horizontal cero. Esta fuerza vertical es la encargad de excitar la masa M con una amplitud y al sistema. Con la Ecuación (0.57) determinamos la fuerza centrífuga necesaria.

$$m \frac{\partial^2 x}{\partial t^2} + c \frac{\partial x}{\partial t} + kx = f(t) = m\varepsilon\omega^2 \textit{sen}(\omega t) \quad (0.57)$$

Representando la Ecuación (0.58) en frecuencia natural y amortiguamiento

$$\frac{\partial^2 x}{\partial t^2} + 2\zeta\omega_n \frac{\partial x}{\partial t} + \omega_n x = f(t) = \frac{m\varepsilon\omega^2}{Mt} \text{sen}(\omega t) \quad (0.58)$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{Mt}} \quad (0.59)$$

$$\omega_n = 188 \sqrt{\frac{k}{Mt}} \text{ según (Firestone Industrial Products, LLC, 2013)}$$

$$\Omega = \frac{\omega}{\omega_n} \quad ; \quad \phi = \tan^{-1} \frac{2\zeta\Omega}{1-\Omega^2}$$

m = Masa excéntrica

ε = Radio 0.06m

ω_n = Frecuencia natural del sistema

ω = Velocidad angular 339.29Rad/s

ζ = Amortiguamiento 0.03

x = Distancia vertical requerida 0.005m

ϕ = Angulo de fase

f = Fuerza N

Según (Pineda, 2005) la amplitud en el caso del sistema amortiguado en estado estacionario es como muestra la Ecuación(0.60):

$$x = \frac{f/k}{\sqrt{(1-(\Omega)^2)^2 + (2\zeta(\Omega)^2)^2}} \text{sen}(\omega t - \phi) \quad (0.60)$$

Según la Ecuación(0.60) tenemos como resultado $f = 4.621 \cdot 10^9$ fuerza requerida para oscilar la masa M con una amplitud de $x = 0.005m$ finalmente calculamos masas m de la excéntrica requerida con la ecuación estática (fuerza centrífuga). (el sistema de vibrado tiene cuatro excéntricas) como el modelo de la Figura 0.21.

$$f = me\omega^2$$

$$m = \frac{f}{4e\omega^2} = 0.9232kg \quad (0.61)$$

Figura 0.21: Masa excéntrica

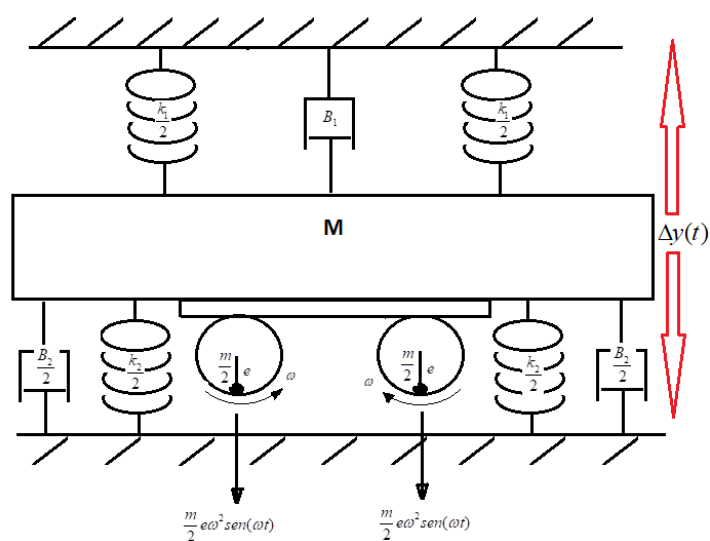


Elaboración propia

- **Modelado matemático del sistema de vibración**

El análisis de la ecuación de transición de estado a una ecuación de estado lineal invariante con el tiempo. El método de la transformada de Laplace se le aplica a la Ecuación (0.62) como resultado la Ecuación (0.63).según (C. Kou, 1996) la función de transferencia característica del sistema de segundo orden viene dada por la ecuación (0.64)

Figura 0.22: Sistema de vibración por masa rotatorio excéntrica.



Elaboración propia

Según el sistema de vibración por masa rotatorio excéntrica Figura 0.22 tenemos la Ecuación(0.62) de segundo orden y ecuación(0.64) característico de segundo orden.

Con masa $M=3800\text{Lbs}$

$$f(t) = \frac{Md^2y(t)}{dt^2} + \frac{(B1+B2)dy(t)}{dt} + k_2y(t) + k_1y(t) \quad (0.62)$$

$$F(s) \rightarrow \left[\frac{1}{Ms^2 + (B1+B2)s + K_2 + K_1} \right] \rightarrow Y(s) \quad (0.63)$$

$$\frac{Y(s)}{F(s)} = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} \quad (0.64)$$

Reemplazando parámetro y variables: la presión del aire K_1, K_2 , amortiguamiento B_1, B_2 en la ecuación (0.63) obtenemos la ecuación (0.65):

$$\frac{Y(s)}{F(s)} = \frac{1}{3800s^2 + 0.3s - 483} \quad (0.65)$$

El efecto de raises de la ecuación característica en el amortiguamiento del sistema de segundo orden. ω_n se mantiene constante mientras que ζ varía de $-\infty$ a $+\infty$ Las dinámicas del sistema con respecto al valor de ζ se clasifican como sigue: (C. Kou, 1996)

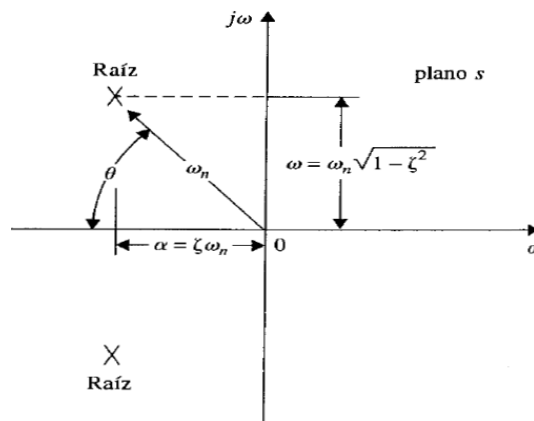
Figura 0.23: La respuesta típica al escalón unitario correspondiente a varias localizaciones de la raíz

$-0 < \zeta < 1:$	$s_1, s_2 = -\zeta\omega_n \pm j\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}$	$(-\zeta\omega_n < 0)$	<i>Bajo amortiguamiento</i>
$\zeta = 1:$	$s_1, s_2 = -\omega_n$		<i>Amortiguamiento critico</i>
$\zeta > 1:$	$s_1, s_2 = -\zeta\omega_n \pm \omega_n\sqrt{\zeta^2-1}$		<i>Sobre amortiguamiento</i>
$\zeta = 0:$	$s_1, s_2 = \pm j\omega_n$		<i>No amortiguado</i>
$\zeta < 0:$	$s_1, s_2 = -\zeta\omega_n \pm \omega_n\sqrt{1-\zeta^2}$	$(-\zeta\omega_n < 0)$	<i>Amortiguamiento negativo</i>

Fuente: Recuperada (C. Kou, 1996)

La Figura 0.24 ilustra la localización de las raíces de la ecuación característica de segundo orden $\alpha, \zeta, \omega_n, \omega$. Para las raíces de conjugación compleja.

Figura 0.24: Relación entre las raíces de la ecuación característica α , ζ , ω_n , ω .

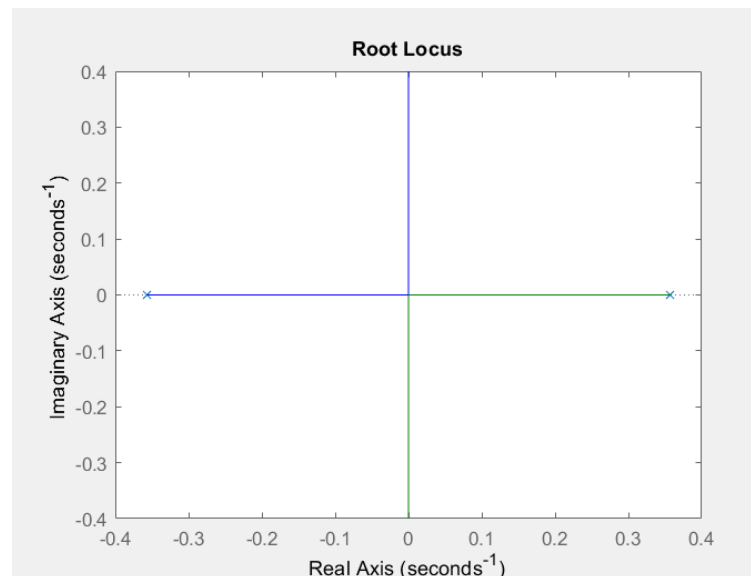


Fuente: Recuperado (C. Kou, 1996)

Según la Figura 0.25 obtenemos factor de amortiguamiento relativo “ ζ ”, factor de amortiguamiento real “ α ”, frecuencia natural “ ω_n ”, frecuencia de amortiguamiento “ ω ”.

$$\omega_n = \alpha = 0.356 \quad ; \quad \zeta = 1 \quad ; \quad \omega = 0$$

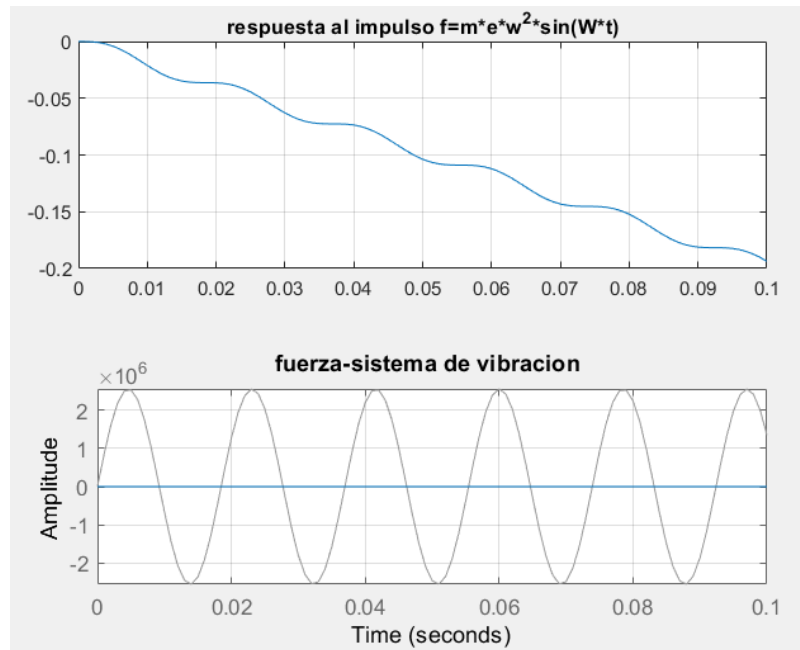
Figura 0.25: Lugar de raíces



Elaboración propia

El sistema de vibración es no amortiguado $\zeta = 1$. Las señales que se observa en Figura 0.26 tienen como entrada al sistema de vibración una fuerza f oscilatorio con respecto al tiempo.

Figura 0.26: Respuesta al impulso F(s) respecto a Y(s)



Elaboración propia

b) Diseño del sistema de compresión

Según (Creus Solé, 2007) los cilindros hidráulicos de movimiento lineal son utilizados en aplicaciones donde la fuerza de empuje del pistón y en desplazamiento son elevados. Para el cálculo de la fuerza de un cilindro en la extensión del pistón se realiza mediante el cálculo de la Ecuación(0.66) y (0.67) son:

$$F_{exte} = P(MPa) * \frac{\pi * D^2}{4} * 0.9 \quad (0.66)$$

$$F_{retra} = P(MPa) * \frac{\pi * (D^2 - d^2)}{4} * 0.9 \quad (0.67)$$

Siendo:

P=Presión de operación 12 (MPa o bar)

D=Diámetro interior del cilindro (mm)

d=Diámetro del vástago del pistón (m)



0.9=Coeficiente de rozamiento de rodamiento, juntas y partes móviles del cilindro.

E=Energía(J)

M1=Masa total (Kg)

V=Velocidad del cilindro 150mm/s

El sistema de compresión inferior realiza el recorrido inicia con una carga de $M_i=900\text{kg}$, faltando 1cm de distancia para llegar al final de carrera se incrementa por efecto del resorte más $M_f=1000\text{Kg}$, Las cargas M_i y M_f son trasladados y sujetos por dos cilindros hidráulicos en posición vertical considerando la gravedad $g=9.81\text{m/s}^2$. En el retorno los cilindros hidráulicos tienen una carga de carga $M=-1000\text{Kg}$

En la Tabla 0.24 se tiene el efecto de la velocidad aplicada al pistón hidráulico con respecto al factor máximo de carga.

Tabla 0.24: Relación entre el factor de carga y la velocidad del pistón

Velocidad del pistón (mm/s)	Factor máximo de carga
8 a 100	70%
101 a 200	30%
201 a 300	10%

Fuente: Recuperado (*Creus Solé, 2007*)

- **Cilindro inferior**

Fuerza de salida del cilindro a factor máximo de carga 30%

$$F_{extr} = \frac{9810N}{0.3} = 32700N \quad (0.68)$$

Reemplazando los valores a la fuerza de extensión Ecuación (0.66) se tiene: diámetro del cilindro $D = 62.09mm$. Según (CMG, 2018) se realiza la selección de diámetro superior inmediato de. $D = 63mm$

$$F_{exte} = 12(MPa) * \frac{\pi * 63^2}{4} * 0.9 = 33666.25N \quad (0.69)$$

Calculamos la energía de impacto con el amortiguador para evitar daños en el cilindro y accesorios.

$$E = \frac{M_i * v^2}{2} = \frac{1000 * 0.15^2}{2} = 11.25J \quad (0.70)$$

Caudal requerido para el cilindro de $D=63mm$ a velocidad de $V=150mm/s$
Ecuación(0.71)

$$Q = \frac{\pi * D^2(mm)}{4} * V(mm/s) * \frac{60}{1000} = 28055ml/min \quad (0.71)$$

- **Cilindro superior**

El sistema de compresión superior tiene como recorrido inicial con carga de $M_i=500Kg$ hasta llegar a la posición de compresión, teniendo una distancia de 4cm de recorridos en donde se incrementa la fuerza a $M_f=1200Kg$ hasta llegar a la posición final, el retorno a la posición inicial es necesario mover un peso $M=500Kg$.

La fuerza del cilindro de retracción reemplazando los valores obtenidos de la Ecuación(0.67). con Diámetro $D=63$ tiene como vástago $d=36mm$ según (Website, 2021)

$$F_{retra} = 12(MPa) * \frac{\pi * (63^2 - 36^2)}{4} * 0.9 = 22673N \quad (0.72)$$

Fuerza de retracción del cilindro requerida Ecuación(0.73) Energía de impacto Ecuación(0.74)

$$F_{retra} = \frac{5886N}{0.3} = 19620N \quad (0.73)$$

$$E = \frac{(Mf/2) * v^2}{2} = \frac{600 * 0.15^2}{2} = 6.75J \quad (0.74)$$

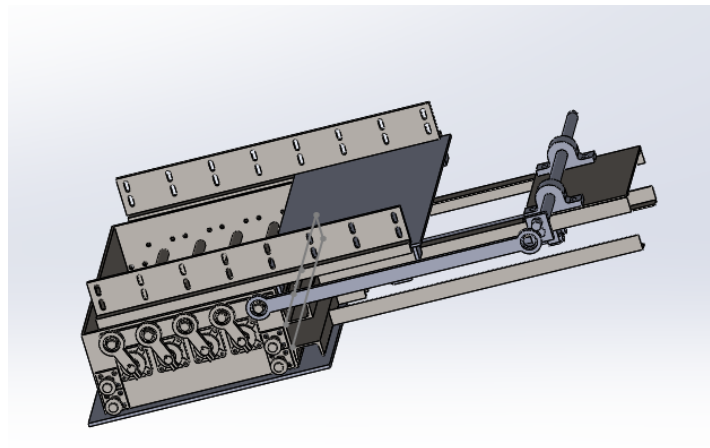
Caudal requerido para el cilindro de retracción a velocidad de $V=150\text{mm/s}$ se obtiene con la Ecuación (0.75):

$$Q = \frac{\pi * (D^2 - d^2)(\text{mm}) * V(\text{mm/s}) * \frac{60}{1000}}{4} = 18.89l / \text{min} \quad (0.75)$$

- **Cilindro de alimentación**

El sistema de alimentación de material dosificado (mezcla) para el moldeado está compuesto por un carro transversal con volumen de $V = 0.11358\text{m}^3$ y el material a trasladar tiene como densidad $\gamma_d = 2.7\text{Tm} / \text{m}^3$. en la Figura 0.27 se observa el sistema de alimentación.

Figura 0.27: Sistema de alimentación de material



Elaboración Propia

Sabiendo los valores tenemos masa total de extensión y retracción:

$$Me = M + V * \gamma_d \quad (0.76)$$

$$Me = 456.68\text{Kg}$$

$$Mr = M + V * \gamma_d * 0.2 = 211.336\text{Kg}$$

Fuerza de salida del cilindro a factor máximo de carga Me a 30% según la Tabla 0.24

$$F_{ext} = \frac{Me * g}{0.3} = \frac{4480.07N}{0.3} = 14930.82N \quad (0.77)$$

Reemplazando los valores a la fuerza de extensión Ecuación(0.66) se tiene:
 $D = 41.96mm$. Por casos de regulación de velocidad en el rango de factor de carga de 30% a 20% se considera diámetro de $D = 63mm$.

Fuerza de retracción del cilindro a factor máximo de carga Mr a 30% según la Tabla 0.24 necesaria.

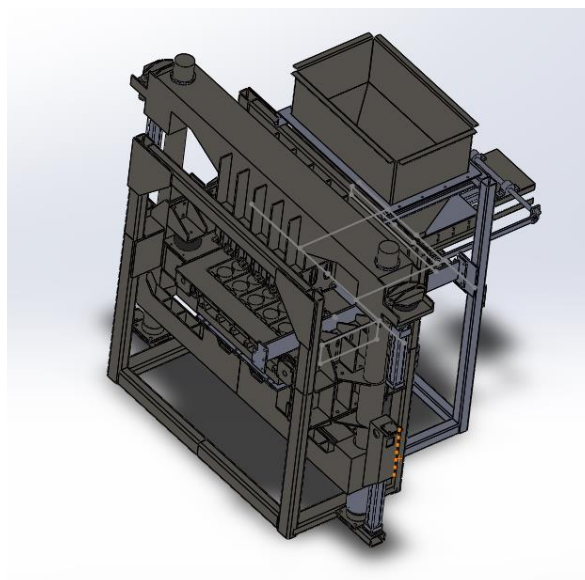
$$F_{ret} = \frac{Mr * g}{0.3} = \frac{2073.2N}{0.3} = 6910.68N \quad (0.78)$$

La capacidad de retracción máxima del cilindro se tiene según la Ecuación(0.67)

$$F_{retra} = 12(MPa) * \frac{\pi * (63^2 - 36^2)}{4} * 0.9 = 22673N \quad (0.79)$$

En la Figura 0.28 se observa el diseño de la estructura de la maquina vibro-compresor encargada de realizar el formado de la mezcla.

Figura 0.28: Maquina vibro-compresor

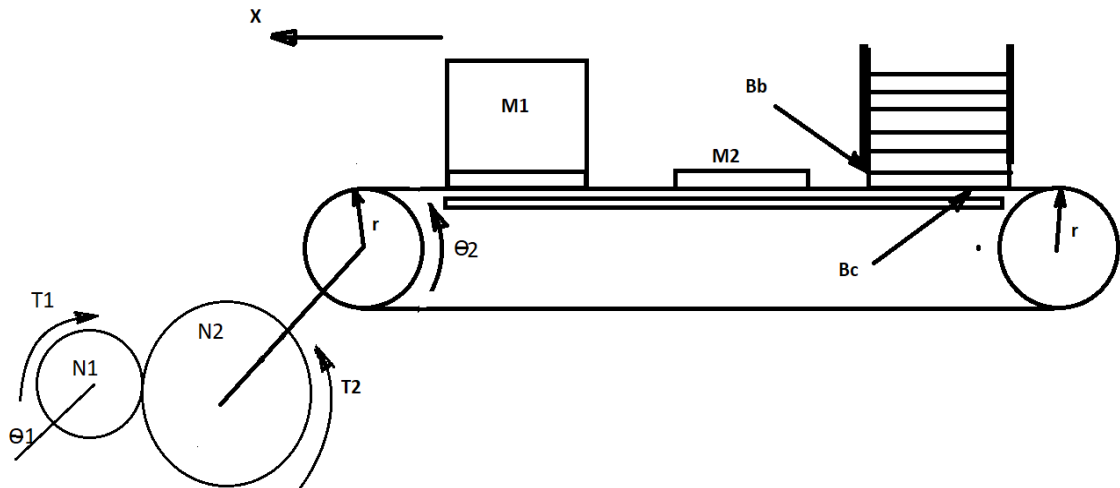


Elaboración Propia

c) Sistemas de alimentación de palet

El proceso de alimentación de palet a la vibro-compresora se realiza por medio del sistema de arrastre por cadena, como se puede observar en la Figura 0.29.

Figura 0.29: Sistema de alimentación de tarima



Elaboración Propia

El sistema tiene la Ecuación(0.80) que hace la referencia a la tensión y posición angular para el modelado matemático Ecuación(0.81):

$$T2 = \frac{N2}{N1} * T1 \quad ; \quad \theta1 = \frac{N1}{N2} * \theta2 \quad (0.80)$$

$$T2 = J \ddot{\theta}2 + B \dot{\theta}2 \quad (0.81)$$

Reemplazando la Ecuación(0.80) en (0.81) y realizando la transformada de Laplace se obtiene la Ecuación (0.82) característico del sistema.

$$G(s) = \frac{1}{(N2/N1)^2 * Js^2 + (N2/N1)^2 * Bs} \quad (0.82)$$

$$J = \sum_{i=1}^n J_i \quad ; \quad B = \sum_{i=1}^n B_i \quad (0.83)$$

J=Inercia Kg-m

M2=Masa de palet

Mc=Masa de cadena



Me=Masa de ejes

M1=Masa de bloqueta 100kg

Bb=Fricción de acero-acero 0.15

Bc=Fricción rodamiento 0.002

r=Radio de torción 38.1mm

re=Radio de eje 17.5mm

N1=1 Engranaje entrada

N2=20 Engranaje de salida

w=Velocidad angular

En la Ecuación(0.84) se realiza la sumatoria de la inercia, en la Ecuación(0.85) la sumatoria de las fricciones Según (C. Kou, 1996):

$$J \frac{d^2\theta}{dt^2} = \frac{M1}{g} * r^2 \frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{1}{2} M_2 * r^2 \frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{1}{2} Me * re^2 \frac{d^2\theta}{dt^2} + Mc * r^2 \frac{d^2\theta}{dt^2} \quad (0.84)$$

$$B \frac{d\theta}{dt} = (Bb + Bc) \frac{d\theta}{dt} \quad (0.85)$$

La empresa SKF brinda la Tabla 0.25 teniendo los valores del coeficiente constante de fricción para rodamientos abiertos.

Tabla 0.25: Coeficiente fricción de rodamiento skf

Coeficiente constante de fricción μ para rodamientos abiertos (rodamientos sin sellos de contacto)	
Tipo de rodamiento	Coeficiente de fricción μ
Rodamientos rígidos de bolas	0,0015
Rodamientos de bolas de contacto angular	
– de una hilera	0,0020
– de dos hileras	0,0024
– con cuatro puntos de contacto	0,0024
Rodamientos de bolas a rótula	0,0010
Rodamientos de rodillos cilíndricos	
– con una jaula, cuando $F_a \approx 0$	0,0011
– completamente llenos de rodillos, cuando $F_a \approx 0$	0,0020
Rodamientos de agujas con jaula	0,0020
Rodamientos de rodillos cónicos	0,0018
Rodamientos de rodillos a rótula	0,0018
Rodamientos de rodillos toroidales CARB con jaula	0,0016
Rodamientos axiales de bolas	0,0013
Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos	0,0050
Rodamientos axiales de agujas	0,0050
Rodamientos axiales de rodillos a rótula	0,0018

Fuente: Recuperado (SKF, 2015)

El sistema de arrastre tiene movimiento rotacional que acciona a la cadena por medio de piñones, estos movimientos rotatorios esta guiadas por rodamientos de bolas de contacto angular de una hilera que tiene un coeficiente constante de fricción $B_c=0.002$ según la Tabla 0.25.

En la Tabla 3.26 se tiene Tsubaki para diferentes cargas maximas admisibles seguras.

Tabla 0.26: Características de la cadena se arrastre

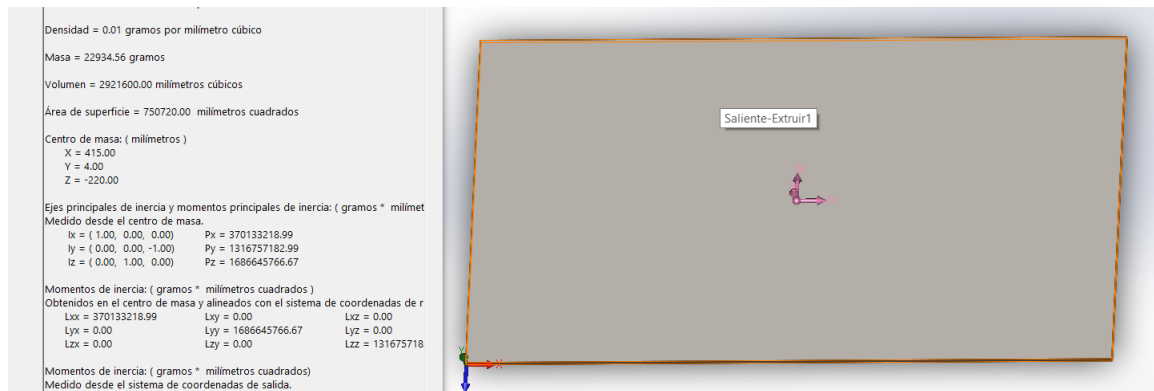
Cadena TSUBAKI n°	Paso p	Diámetro del rodillo d1	Ancho interior b1	Perno			Placa		Paso transversal pt	Carga máxima admisible según Tsubaki kN	Masa aprox. kg/m	
				Diámetro d2	Longitud L1	Longitud L2	Longitud L	Grosor T				Altura H (máx.)
RS11-SS-1	3,7465 (-)	2,285	1,83	1,57	2,275	3,165	-	0,38	3,50	-	0,05	0,052
RS25-SS-1	6,35 (1/4")	3,30	3,18	2,31	3,80	4,80	-	0,75	5,84	-	0,12	0,14
RS35-SS-1	9,525 (3/8")	5,08	4,78	3,59	6,05	6,85	14,70	1,25	9,00	-	0,26	0,33
RS35-SS-2					11,15	11,85	24,60			10,10	0,53	0,69
RS40-SS-1	12,70 (1/2")	7,92	7,95	3,97	8,25	9,65	18,60	1,50	12,00	-	0,44	0,64
RS40-SS-2					15,25	17,35	33,50			14,40	0,88	1,27
RS50-SS-1	15,875 (5/8")	10,16	9,53	5,09	10,30	12,00	23,90	2,00	15,00	-	0,69	1,04
RS50-SS-2					19,15	21,15	41,80			18,10	1,37	2,07
RS60-SS-1	19,05 (3/4")	11,91	12,70	5,96	12,85	14,75	29,40	2,40	18,10	-	1,03	1,53
RS60-SS-2					24,25	26,15	52,60			22,80	2,06	3,04
RS80-SS-1	25,40 (1")	15,88	15,88	7,94	16,25	19,25	39,00	3,20	24,10	-	1,77	2,66
RS80-SS-2					30,90	33,90	68,05			29,30	3,53	5,30
RS100-SS-1	31,75 (1 1/4")	19,05	19,05	9,54	19,75	22,85	45,70	4,00	30,10	-	2,55	4,01
RS100-SS-2					37,70	40,80	81,60			35,80	5,10	7,99

fuelle: Recuperado (TSUBAKI, 2015)

Según la Tabla 0.26 la cadena RS50-SS2 tiene una resistencia a la carga admisible de 1.37KN y una masa por unidad de longitud de $M_c=2.07\text{Kg/m}$.

La Figura 0.30 se observa el diseño del palet donde se deposita el bloque moldeado.

Figura 0.30: Parámetros de la tarima



Elaboración propia

Mediante diseño por software se realiza el cálculo de la masa del palet que es igual $M_2=22.934\text{Kg}$ según la Figura 0.30.

Reemplazando los valores en la Ecuación(0.84) se obtiene la inercia y en la Ecuación (0.85) la fricción.

$$\begin{aligned}
 J \frac{d^2\theta}{dt^2} &= \frac{1}{9.81} 100 * 0.0381^2 \frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{1}{2} 22.93 * 0.0381^2 \frac{d^2\theta}{dt^2} + \\
 &\quad \frac{1}{2} 12.5 * 0.0175^2 \frac{d^2\theta}{dt^2} + 13 * 2.07 * 0.0381^2 \frac{d^2\theta}{dt^2} \quad (0.86) \\
 J \frac{d^2\theta}{dt^2} &= 0.2222 \frac{d^2\theta}{dt^2}
 \end{aligned}$$

Remplazando en la Ecuación (0.83) se tiene la Ecuación(0.87)

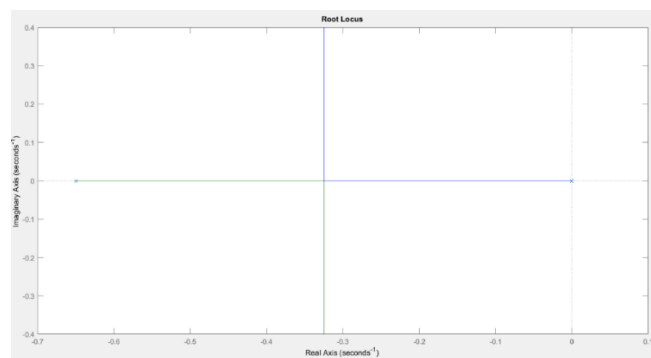
$$\begin{aligned}
 B \frac{d\theta}{dt} &= (0.002 * 8 + 0.15) \frac{d\theta}{dt} \\
 B \frac{d\theta}{dt} &= 0.144 \frac{d\theta}{dt} \quad (0.87)
 \end{aligned}$$

Remplazamos en la Ecuación(0.82) característico los valores de inercia y fricción del sistema de arrastre. Obtenemos la Ecuación(0.88) numérica.

$$G(s) = \frac{400}{0.2222s^2 + 0.1444s} \quad (0.88)$$

En la Figura 0.31 se observa el comportamiento de los polos y ceros en lugar geométrico

Figura 0.31: Lugar geométrico de raíces



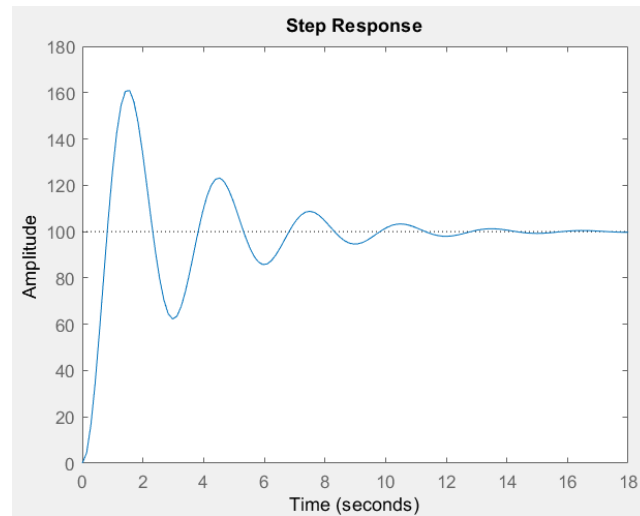
Elaboración propia

Donde los polos son:

$$S1 = 0 ; S2 = -6.5 \quad (0.89)$$

El sistema es críticamente amortiguado $\zeta = 1$

Figura 0.32: Señal del sistema de arrastre al escalón unitario



Elaboración Propia

En la Figura 0.32 se observa el comportamiento de la señal de salida al escalón unitario

Obtenemos la potencia mecánica con la función de transferencia inversa de Laplace en la Ecuación(0.90)

$$T=2770.9*(1-e^{-(0.6497*t)})=2770.9N \quad t = 2s \quad (0.90)$$

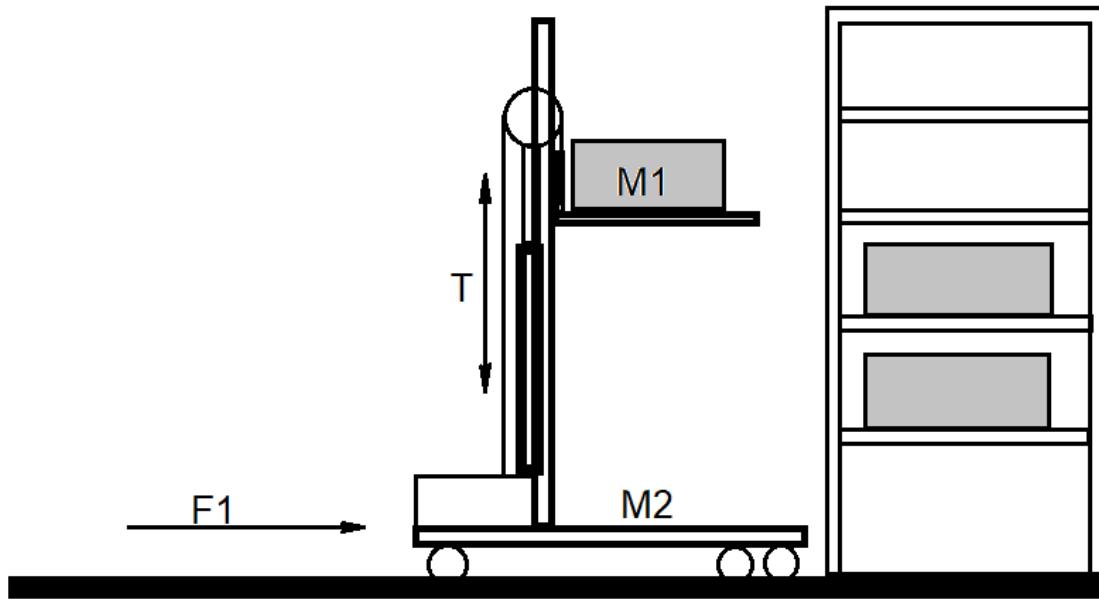
Remplazando la Ecuación (0.90) obtenemos la potencia requerida del motor.

$$\begin{aligned} T1 &= T * w / N2 \\ P &= 1260.8w / 736 \\ P &= 1.713Hp \end{aligned} \quad (0.91)$$

3.2.6. Sistema de carga y descarga

En la Figura 0.33 sistema realiza la función de cargado al rack los palet que salen de la vibro compresora con el hormigón premoldeado, para su posterior fraguado y secado. El sistema de descarga realiza la función de descarga del rack los palets que salen del horno de fraguado, para el cubado y almacenamiento.

Figura 0.33: Sistema de carga y descarga de rack



Elaboración propia

El sistema de carga al rack consta de dos movimientos vertical y horizontal, el carro vertical tiene las siguientes características Figura 0.33:

M1=Masa de la tarima 200Kg

M1a=Masa de horquilla 84Kg

B1=Coeficiente de fricción de cuatro rodamientos de una hilera=0.0020

N1=Relación de caja reductora 1:10

R=Diámetro del tambor 200mm

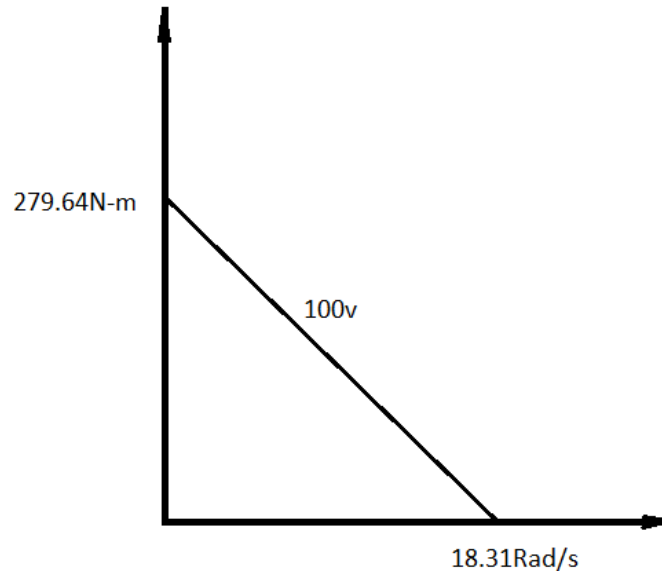
T=Torque 279.6420N-m

Reemplazando los valores en las Ecuaciones (0.82) y (0.83) se obtiene la función de transferencia del proceso en la Ecuación(0.92).

$$G(s) = \frac{100}{1.425s^2 + 0.03053s} \quad (0.92)$$

Para el control del proceso se tiene La curva de relación de torque que es inversamente proporcionales a la velocidad angular aplicada a tensión del 100% de voltaje. Como se puede observar en la Figura 0.34.

Figura 0.34: Relación entre torque-velocidad angular



Elaboración Propia

Se reemplaza los valores obtenidos a la Ecuación(0.93) simplificados según (Norman S., 2011)

$$\frac{\theta_m(s)}{E_a(s)} = \frac{K_t / (R_a J_m)}{s \left[s + \frac{1}{J_m} \left(B_m + \frac{K_t K_b}{R_a} \right) \right]} \quad (0.93)$$

Constante eléctrica en Ecuación(0.94):

$$\frac{K_t}{R_a} = \frac{T}{e_a} = \frac{279.6420N - m}{100v} = 2.79 \quad (0.94)$$

Obtenemos la constante K_b con la relación de voltaje y la velocidad angular en la Ecuación (0.95)

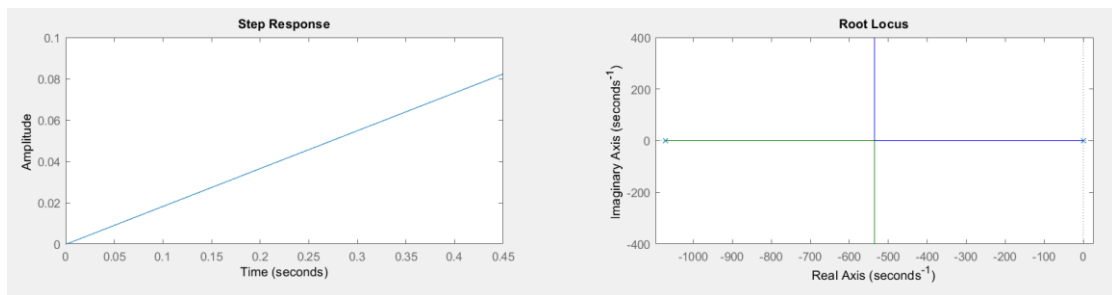
$$K_b = \frac{e_a}{\omega} = \frac{100}{18.3} = 5.46v / rad / s \quad (0.95)$$

Remplazando las Ecuaciones (0.94) y (0.95) en (0.93) obtenemos:

$$\frac{\theta_m(s)}{E_a(s)} = \frac{196.25}{s^2 + 1070.8s} \quad (0.96)$$

Según las Figura 0.35: Respuesta al escalón unitario y el lugar geométrico de raíz a lazo abierto el sistema es críticamente amortiguada.

Figura 0.35: Respuesta al escalón unitario y el lugar geométrico de raíz a lazo abierto



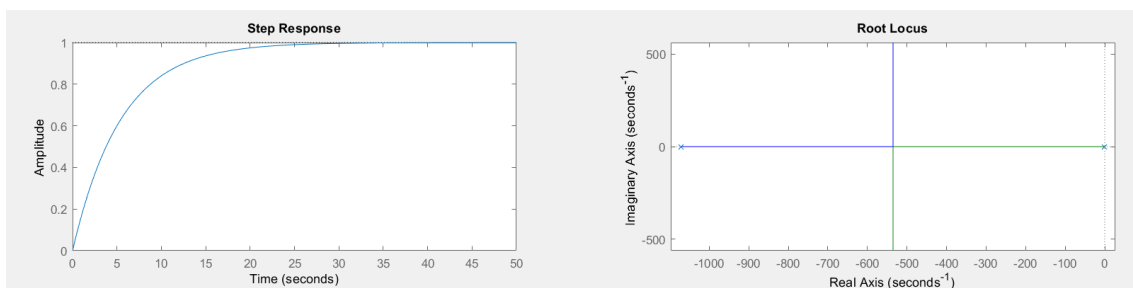
Elaboración Propia

La ecuación (0.96) muestra el proceso realimentado del sistema.

$$\frac{\theta_m(s)}{E_a(s)} = \frac{196.3}{s^2 + 1071s + 196.3} \quad (0.97)$$

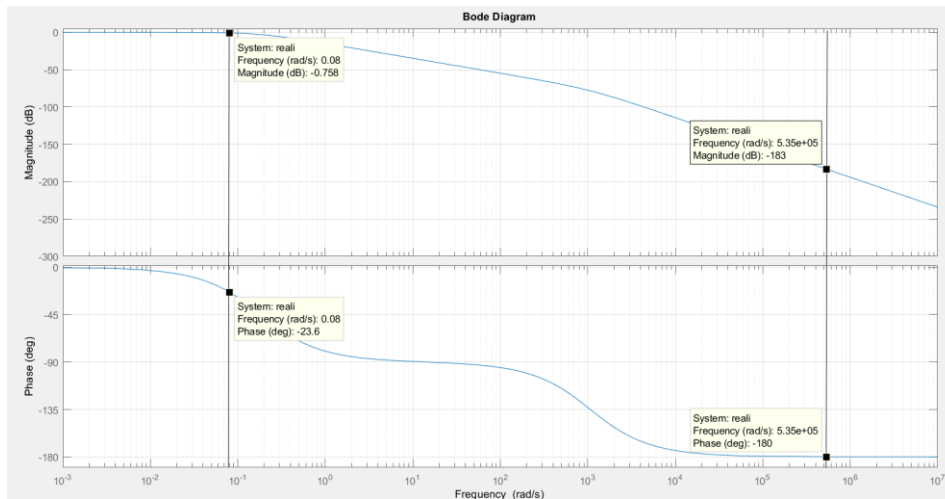
La Figura 0.36 muestra el comportamiento de la señal al escalón unitario y el lugar geométrico de raíces de la Ecuación(0.97).

Figura 0.36: Respuesta al escalón unitario y el lugar geométrico de raíz a lazo cerrado



Elaboración Propia

Figura 0.37: Diagrama de BODE



Elaboración Propia

Se observa en la Figura 0.37 la intersección en 0 (dB) la frecuencia de cruce de ganancia $\omega_g = 0.08 \text{ rad} / s$ el margen de fase 156.4deg

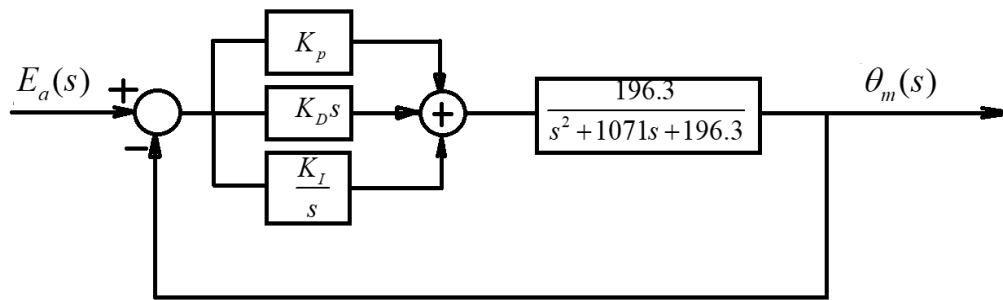
La intersección de magnitud de fase en -180deg su frecuencia de cruce de fase $\omega_p = 5.35 * 10^5 \text{ rad} / s$ y el margen de ganancia es de 183(dB)

Para mejorar la señal de salida se implementa un controlador PID el cual aplica una señal al proceso que es una combinación proporcional, integral y derivada de la señal de actuación. Debido a que estos componentes de la señal se pueden realizar y visualizar con facilidad en el dominio del tiempo

El controlador PID Figura 0.38 consiste en una parte PI conectada en cascada con una parte PD. La función de transferencia del controlador PID se escribe Ecuación (0.98) según C. Kou, 1996)

$$G(s) = K_p + K_D s + \frac{K_I}{s} \quad (0.98)$$

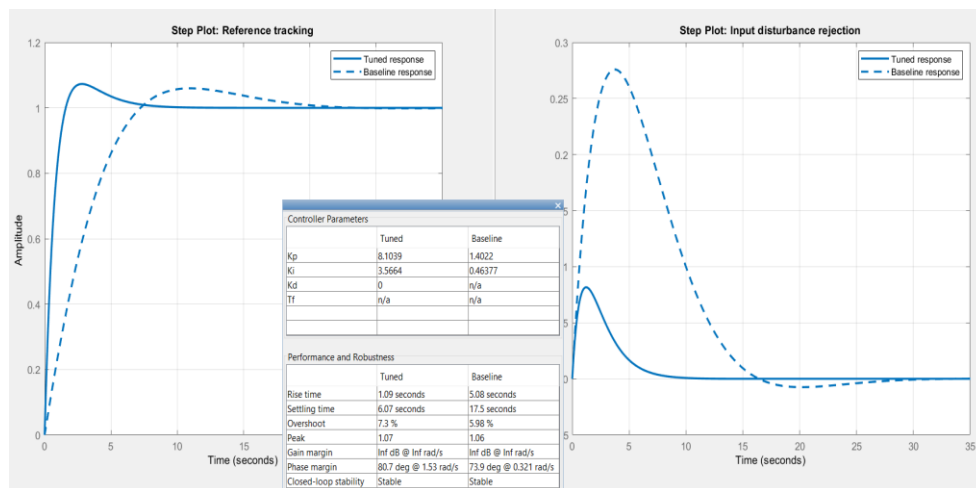
Figura 0.38: Diagrama de bloque de sistema más controlador PID



Elaboración Propia

Realizando la operación y la sintonización de PID obtenemos las señales en la Figura 0.39 sintonizadas con $K_p=8.1$, $K_I=3.566$ y $K_d=0$.

Figura 0.39: Respuesta al PID sintonizada



Elaboración Propia

3.3. DISEÑO DEL SISTEMA SCADA

3.3.1. Diseño de la etapa de campo.

El diseño de la etapa de campo está conformado por conjunto de monitores y transmisores. En el piso de producción se componen sensores y actuadores que detectan los cambios del proceso de fabricación y las señales son aplicada al SCADA.

- **Sistema de ultrasónico de medición de nivel**

Se basa en la emisión de un impulso ultrasónico a una superficie reflectante y la recepción del eco depende del nivel del tanque. Los sensores trabajan Figura 0.40 a una frecuencia de 20KHz. Esta onda atraviesa con cierto amortiguamiento reflexión el medio ambiente de gases o vapores y se reflejan en la superficie del sólido o líquido. (Gutiérrez & Iturralde, 2017)

Figura 0.40: Sensor de nivel ultrasónico BFL741-8



Fuente: Recuperada BELL Flow Systems

- **Sensor de peso o fuerza**

El Sensor de Peso o Fuerza Figura 0.41 es un sensor de celda de carga de medio puente, que puede medir en este caso 50 kg de peso, convirtiendo dicha variable en una señal eléctrica, esto se aplicara para la cantidad de cemento en la dosificación.

Figura 0.41: Sensor de peso o fuerza



Fuente: Recuperada <https://www.geekfactory.mx/tienda/sensores/sensor-de-peso-o-fuerza-de-50-kg/>

- **Encoders**

Un encoder, también conocido como generador de impulsos, codificador o transductor de posición angular, es un dispositivo electromecánico Figura 0.42 es ampliamente utilizado en el segmento de automatización industrial. Proporciona mediciones y controles precisos sobre la velocidad del motor, la velocidad lineal, el posicionamiento angular o lineal.

Figura 0.42: Diagrama de encoders



Fuente: Recuperada <https://www.encoder.com/article-que-es-un-encoder>

- **Sensores de final de carrera**

Dentro de los componentes electrónicos, se encuentra el final de carrera o sensor de contacto (también conocido como "interruptor de límite"), Figura 0.43 son usadas en neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido de un elemento móvil, como por ejemplo una cinta transportadora, con el objetivo de enviar señales que puedan modificar el estado de un circuito. (https://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_final_de_carrera)

Figura 0.43: Sensor de final de carrera



Fuente: Recuperada

https://www.google.com/search?q=sensor+final+de+carrera&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjChZyIpo32AhURSDABHUzCBiMQ_AUoAXoECAIQAw&biw=1536&bih=754&dpr=1.25#imgrc=ctbFT9LxE3x3FM

- **Variador de frecuencia**

El control de los motores eléctricos con variadores Figura 0.44 elimina las vibraciones y el pico de corriente en el arranque que puede ser perjudicial para otros equipos que estén conectados a la misma red. Con capacidad de acelerar y desacelerar progresivamente y permite adaptar las velocidades según la necesidad del proceso.

Figura 0.44: Variador de frecuencia ABB



Fuente: Recuperada ElectricalChile

a) Diseño del sistema de campo

En la Figura 0.45 se puede observar los componentes de protección y contacto de fuerza, que son encargados del funcionamiento correcto de los motores para la

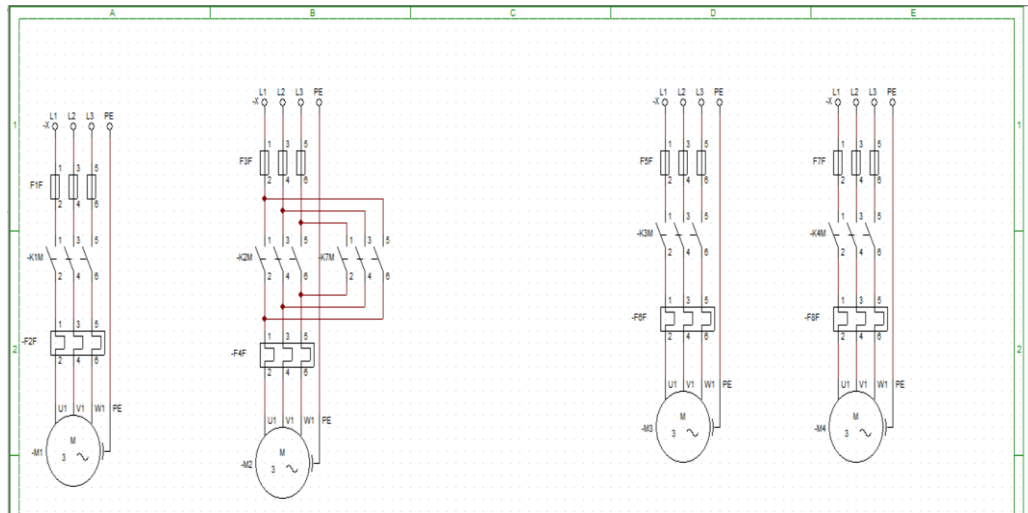
implementación de los componentes eléctricos es importante: la corriente de fusible de potencia (I_f), contactor de potencia (I_k) y relé térmico (I_{RT}).

$$I_f = 1.3I_n \quad (0.99)$$

$$I_k = I_n$$

$$0.8I_n < I_{RT} < 0.2I_n$$

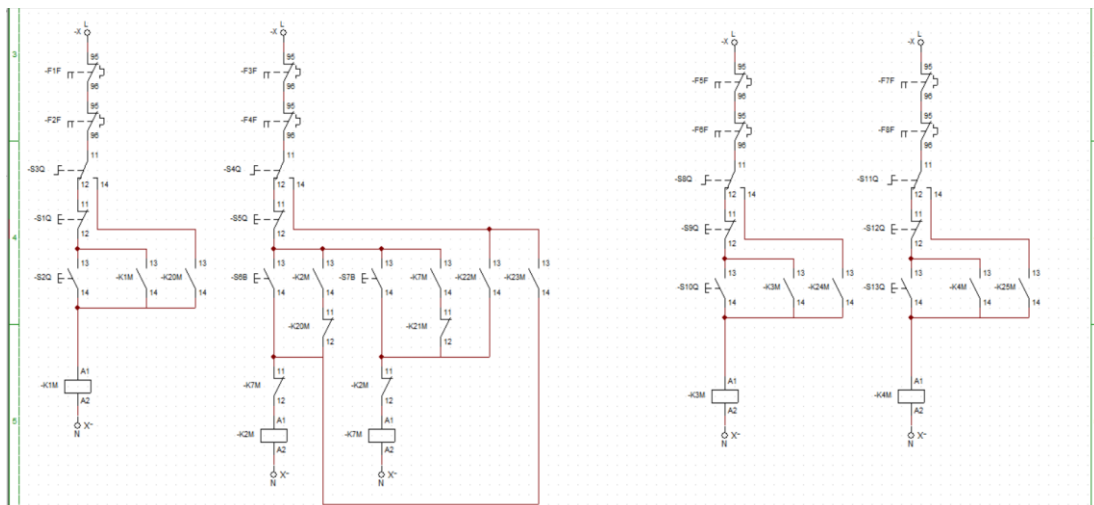
Figura 0.45: Diseño del circuito de fuerza de la planta



Elaboración Propia

En la Figura 0.46 se observa el diseño de circuito de mando, es el encargado de controlar la puesta en marcha y paro de un proceso mediante el relé auxiliar.

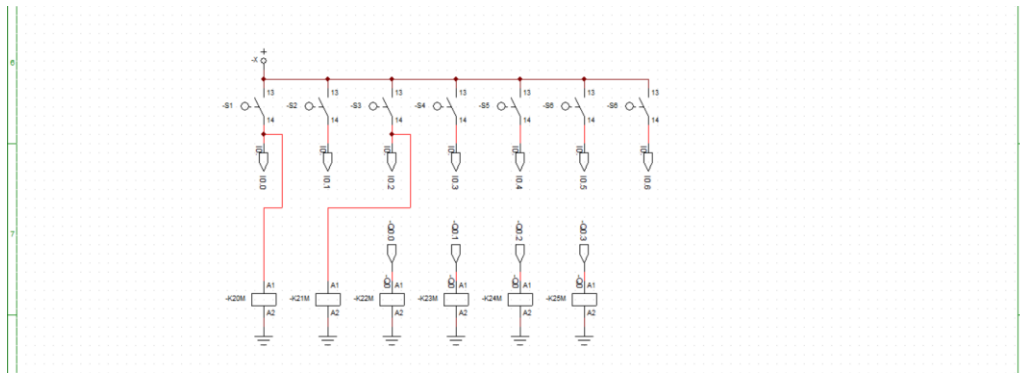
Figura 0.46: Diseño de circuito de mando



Elaboración Propia

En la Figura 0.47 se observa el diagrama del mando automático que está controlado por PLC.

Figura 0.47: Diseño de mando automático



Elaboración Propia

3.3.2. Diseño de la etapa de control

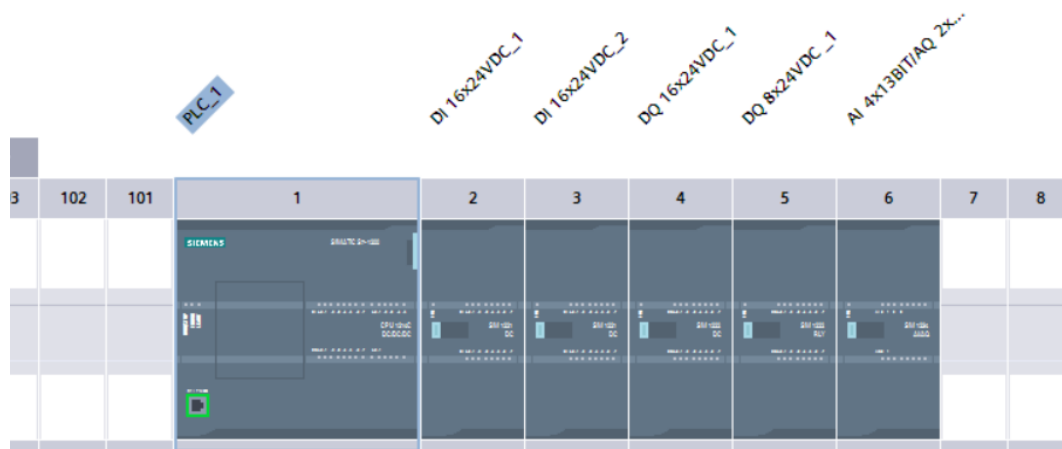
En la Figura 0.48 se muestra PLC 1214C DC/DC/DC de Siemens con Memoria de trabajo 100KB; fuente de alimentación 24V DC con DI14 x 24V DC SINK/SOURCE, DQ10 x 24V DC y AI2 integradas; 6 contadores rápidos y 4 salidas de impulso integradas; la Signal Board amplía las E/S integradas; hasta 3 módulos de comunicaciones para la comunicación serie; hasta 8 módulos de señales para ampliación de E/S; controlador PROFINET IO, I-device, protocolo de transporte TCP/IP (Protocolo de control de transmisión/Protocolo de Internet), secure Open User Communication, comunicación S7, servidor web, OPC UA: servidor DA.(TIA PORTAL V16)

SM 1221 DI16 x 24V DC Módulo de entradas digitales DI16 x 24V DC SINK/SOURCE; retardo a la entrada parametrizable; bloques de bornes enchufables.

SM 1222 DQ16 x 24V DC Módulo de salidas digitales DQ16 x 24V DC; bloques de bornes enchufables.

Entrada y salida analógica AI 4x13BIT/AQ 2x14BIT_1

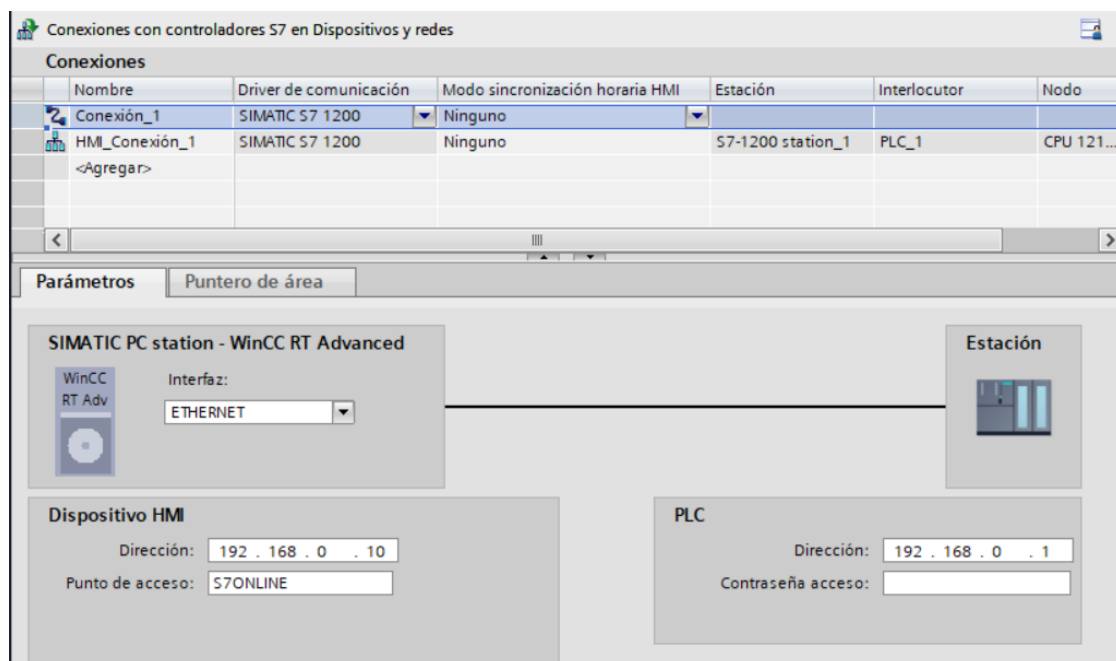
Figura 0.48: PLC1214C módulos digital de I/Q y analógicas I/Q



Elaboración Propia

La comunicación entre PC y la Estación se realiza mediante ETHERNET con dirección IP HMI 192.168.0.10 y PLC 192.168.0.1 como se observa en la Figura 0.49.

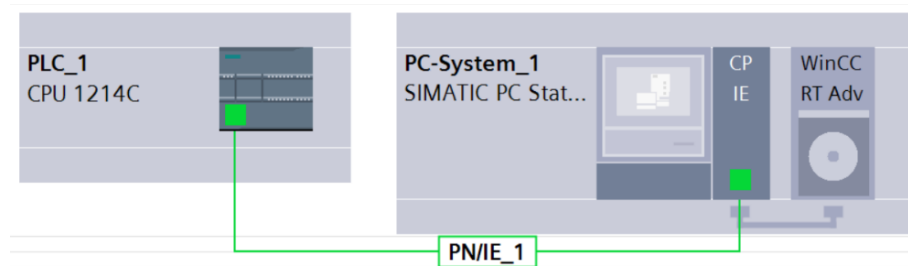
Figura 0.49: Comunicación WinCC RT Advanced y PLC



Elaboración Propia

La comunicación de red PLC_1 y PC- System_1 se realiza por PROFINET Subnet la red denominada PN/IE_1 como se observa en la Figura 0.50.

Figura 0.50: Dispositivos y redes



Elaboración Propia

La organización de programación de la planta se divide en cuatro bloques Figura 0.51 que garantiza el buen funcionamiento y aprovechando mejor los recursos que ofrece el software TIAPORTAL v16 en la automatizadas de la planta de fabricación de bloques de concreto.

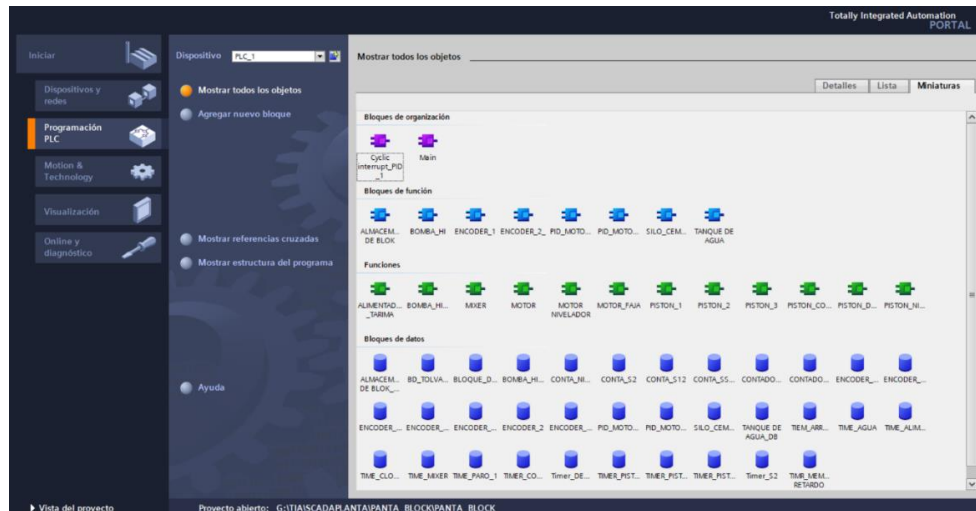
Los bloques de OB (organización) permiten estructurar el programa del autómatas sirviendo de interfaz entre el sistema operativo y el programa de usuario.

Los bloques FC (función) es una sub rutina especificada, no contiene un almacenamiento cíclico de datos. Este bloque se puede (llamar) desde otro bloque, ya sea OB, FC o FB.

Los bloques FB (bloques de función) tiene por default un DB de instancia en el que los valores generados por la ejecución (llamada) del FB serán almacenados.

Los bloques de datos (DBs) pueden ser utilizados en el programa para salvar información en la CPU. Tiene una capacidad de memoria de hasta 8KBytes. Existen dos tipos de bloque de datos. DBs Globales, en los cuales todos los OBs, FBs yFCs pueden guardar o leer datos y DBs de instancia, los cuales se encuentran asignados a un FB en particular. (SIEMENS, 2002).

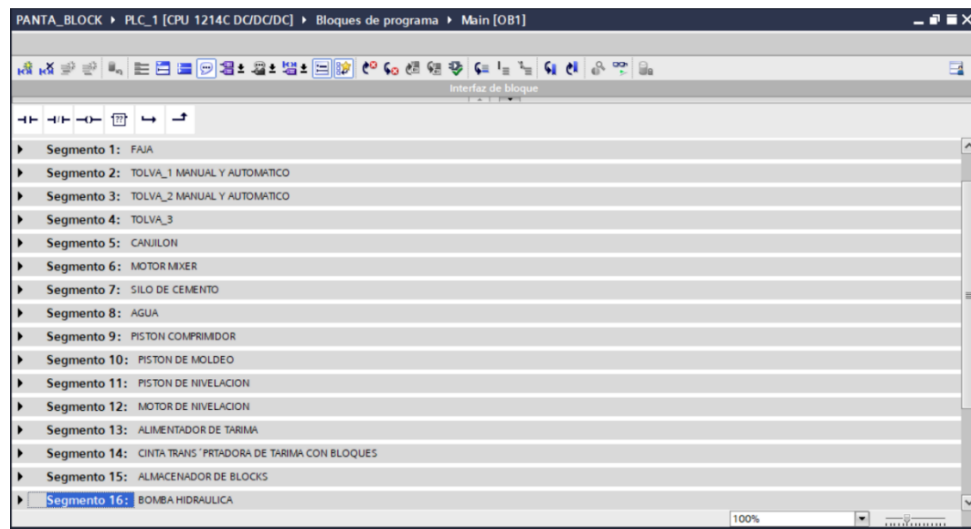
Figura 0.51: Objetos usados para el sistema SCADA



Elaboración Propia

La programación de la planta de fabricación de bloques, el proceso automatizado se encapsulo en los bloques FC y FB para la fluides y sea flexibles a la hora de modificar el programa, el proceso se dividió en segmentos que funcionan cíclicamente. Organizadas por el bloque OB. Figura 0.52

Figura 0.52: Segmento de programación de las etapas de automatización

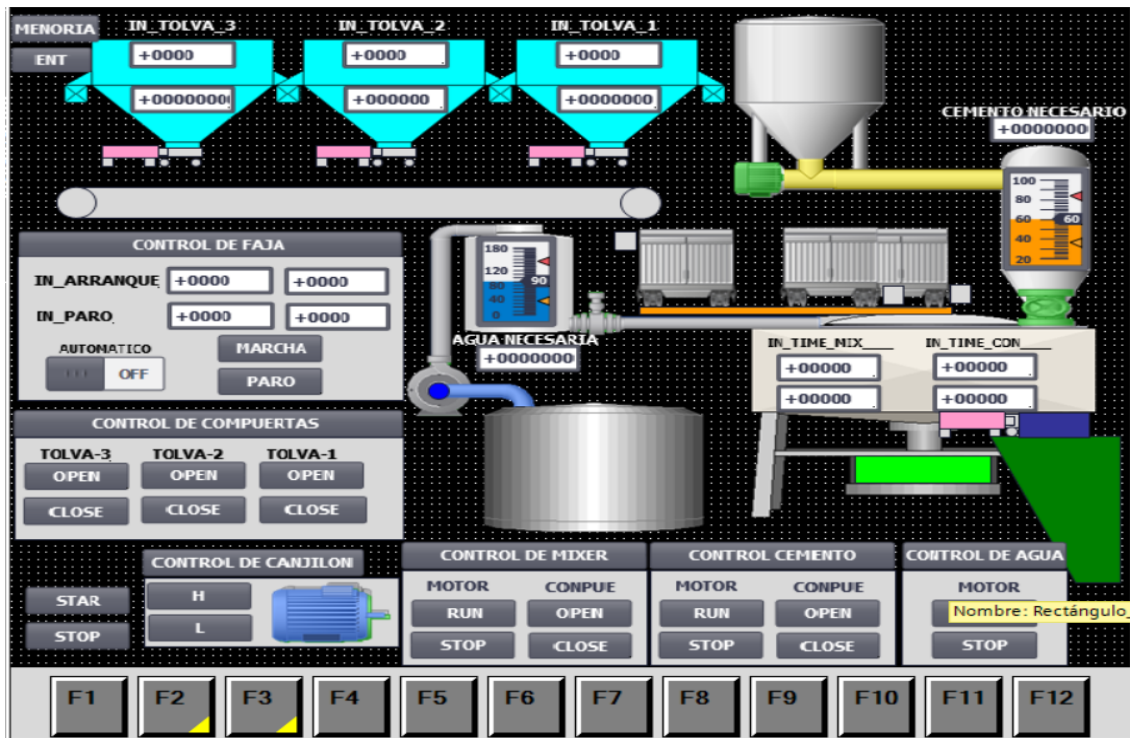


Elaboración Propia

En la Figura 0.53 se observa el funcionamiento manual automático de la dosificación y mezclado de los materiales e insumos, iniciando en el arranque de la cinta

transportadora, apertura y cierre de las compuertas de las tolvas en forma secuencial con tiempo T cada una, seguidamente es depositado por la cinta transportadora en el canjilón para elevar el material a la etapa de mezclado.

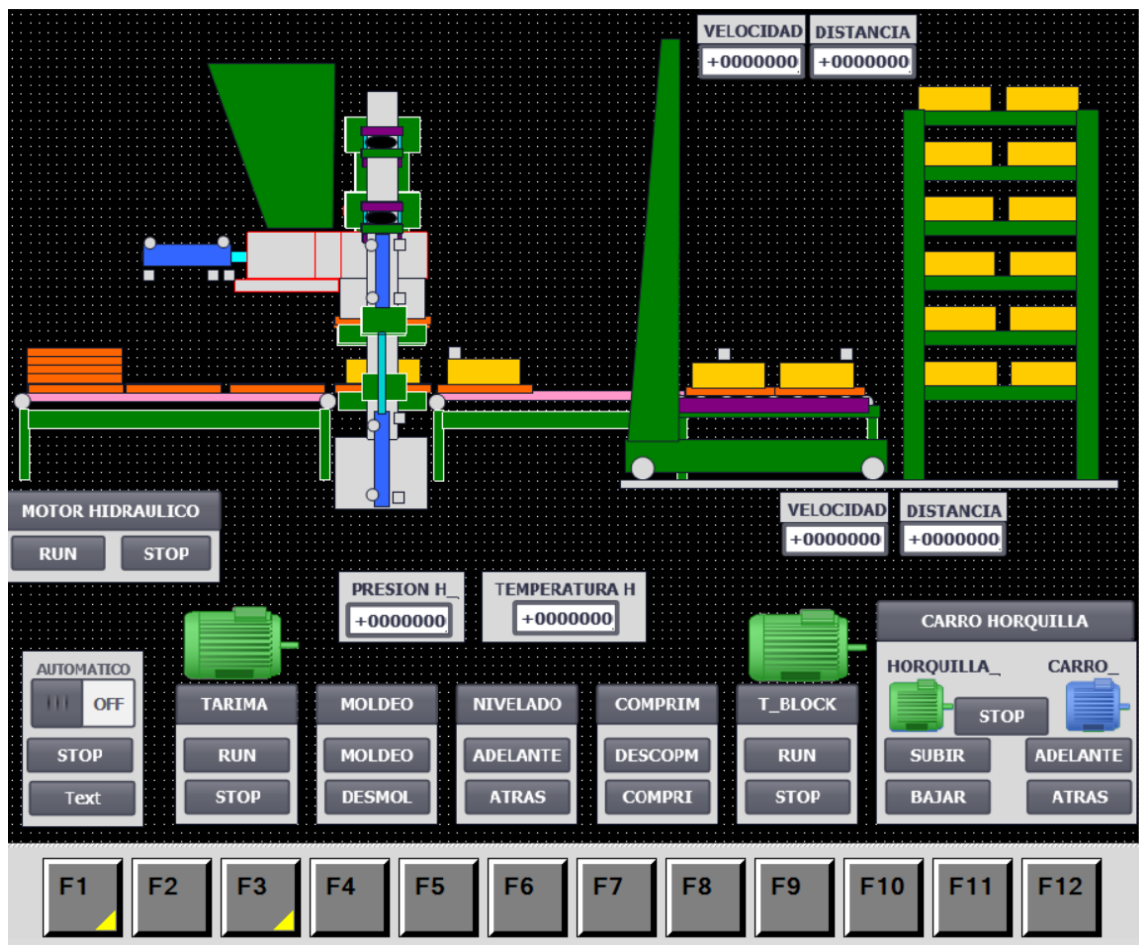
Figura 0.53: Sistema de control de dosificación



Elaboración Propia

En la Figura 0.53 la etapa de mezclado se arranca el mixer con tiempo T para la apertura de la compuerta de cemento que se agrega por peso y posteriormente la apertura de la compuerta de agua necesario en litros, el mezclado tiene una duración de tiempo T hasta que la mezcla sea homogénea para la apertura de la compuerta del mixer y depositar en una tolva de mezcla.

Figura 0.54: Sistema de control de vibro compresor y carro de montaje

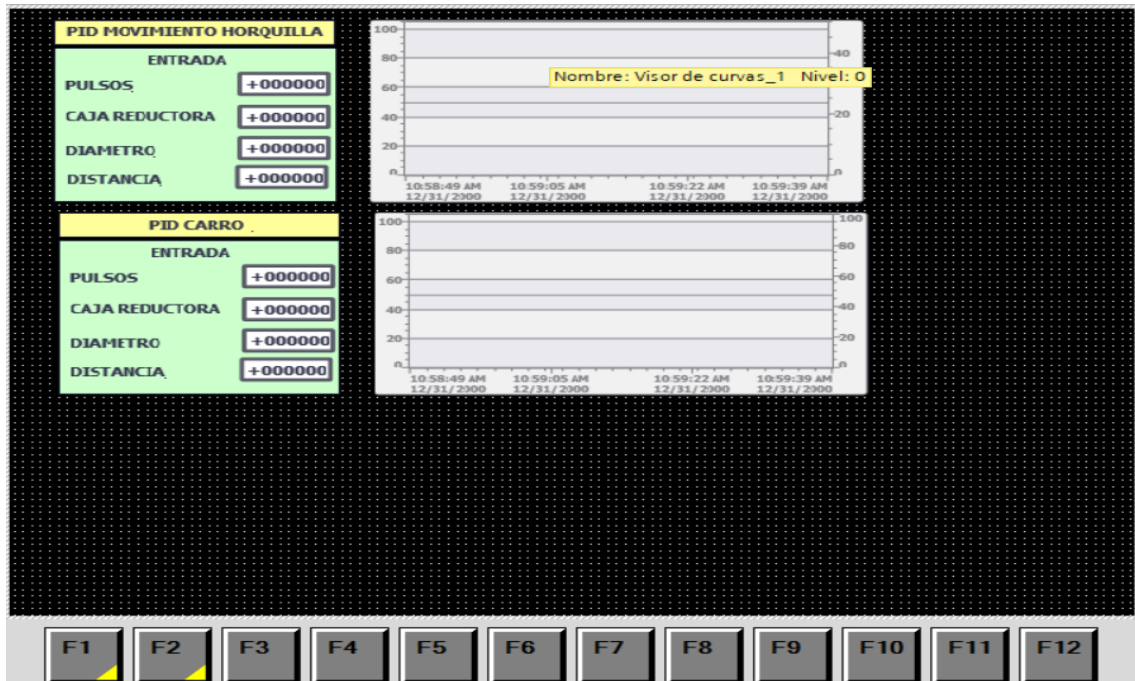


Elaboración Propia

En la Figura 0.54 se puede controlar y observar el funcionamiento del moldeo del bloques de concreto, con el pistón horizontal extraído se alimenta de mezcla al molde una vez retraído el pistón horizontal descende el macho del molde accionado por dos pistones verticales llegando a la altura deseada y presión permisible, se procede en el desmoldeo con una acción de retracción de los dos pistones inferiores verticales, finalmente es trasladado al carro de montaje y a su vez se alimenta de palets a la vibro compresora.

En la Figura 0.55 se configurar el carro según las características de los compoene como los pulsos del enconder en este caso (11) pulsos por vuelta, la relación de la caja reductora, diámetro de la rueda en cm distancia a recorrer y una ventana de observación del comportamiento de la señal analógicas del carro de montaje.

Figura 0.55: Sistema de configuración del carro de montaje



Elaboración Propia

CAPITULO IV

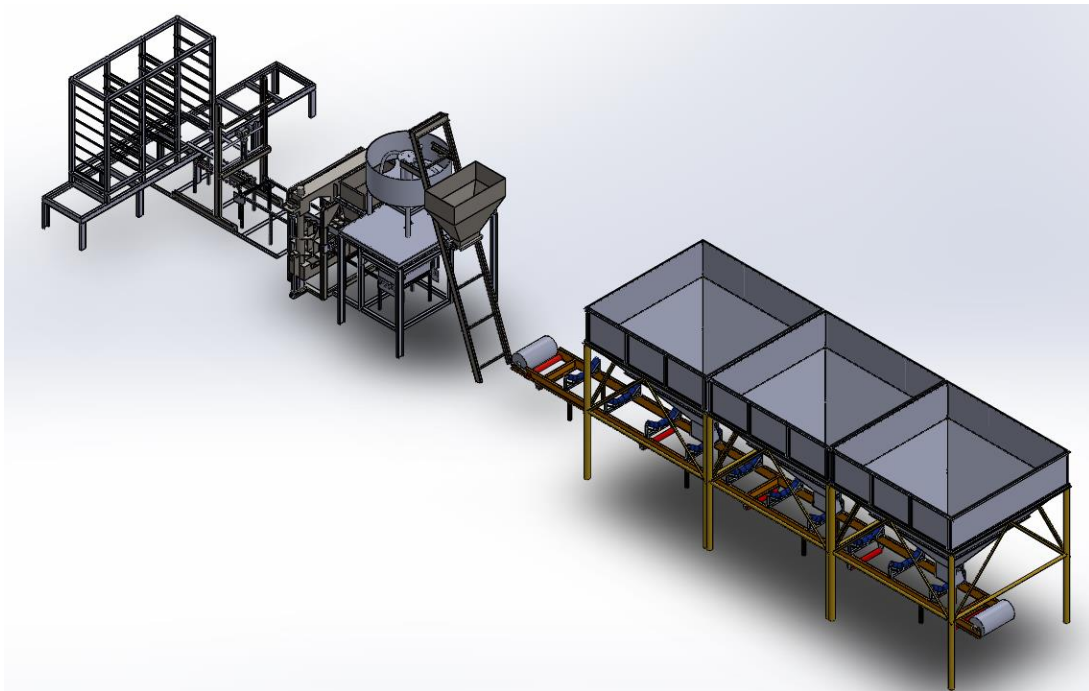
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el proyecto de investigación se planteó como objetivo diseñar una planta automatizada de moldeo de bloques de concreto con el sistema SCADA, esto implicó gestionar metodologías y estrategias para el desarrollo en el proceso de la investigación, con los resultados del estudio, análisis en cada etapa de la planta desarrolladas en el capítulo III se logró el diseño de la planta satisfactoriamente.

4.1. RESULTADO DEL DISEÑO DE LAS ETAPAS DE AUTOMATISMO DE LA PLANTA

La Figura 0.1 muestra el resultado de diseño en SolidWorks la estructura de la planta de prefabricado de hormigón, que consta de tres tolvas que almacena la materia prima, una cinta transportadora encargado de transportar la materia prima de las tolvas hacia el canchilón y esto eleva la materia prima depositado hacia el mixer, encargado de realizar el mezclado de la materia prima, el cemento, agua e insumos, una vez realiza el mezclado se deposita en la tolva de mezcla, para la alimentación a la vibro-compresora, realiza el formado de la mezcla con dimensiones mínima y máxima de (420*810*80 y 420*810*220), dos sistema de arrastre por cadena encargado de alimentar de palet a la vibro-compresora y transportar el palet con (bloquetas o adocretos) al sistema de apilado, el sistema de montacarga realiza el montaje de los palet al rack y posterior mente es llevado a la cámara de curado.

Figura 0.1: Estructura de la planta



Elaboración Propia

En base al funcionamiento de cada componente de la planta se tiene los resultados de análisis realizados con detalle en el capítulo anterior, se tiene características, capacidad y funcionabilidad como se muestra en la Tabla 0.1

Tabla 0.1: Características y parámetro de la planta

<u>COMPONENTES</u>	<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>MEDIDA</u>
Tova 1	Hormigón grueso:	MM	20-12
	volumen:	M ³	13
Tova 2	Hormigón intermedio:	MM	10-6
	Volumen:	M ³	13
Tova 2	Hormigón fino:	MM	2-0.5



	Volumen:	M ³	13
Cinta transportadora	Capacidad de traslado:	TN/H	600.00
	Potencia mecánica:		
	Velocidad:	HP	5
Canjilón		FTPM	400
	Potencia mecánica:	HP	3.4
	Volumen:	M ³	0.55
Mixer	Velocidad:	M/S	0.5
	Potencia mecánica:	HP	12.5
	Revolución:	RPM	43.7
Vibrador	Fuerza:	MN	4621
	Desplazamiento de la vibración:	MM	10
	Sistema de amortiguación:		
	Superior: 4	Lbs	500
	Inferior: 6	Lbs	1100
Compresor	CILINDROS		
	Superior: 2		
	Fuerza:	KN	22.7



	Velocidad:	MM/s	100-200
	Inferior: 2		
	Fuerza:	KN	33.66
	Velocidad:	MM/s	100-200
	Nivelador: 1		
	Fuerza:	KN	14.93
	Velocidad:	MM/s	100-200
Cinta de alimentación de bandejas	Potencia mecánica	HP	1.7
	Velocidad	RPM	87.5
Carro de carga y descarga	Potencia mecánica:	HP	1.79
	Revolución:	RPM	175.0
	Altura máxima:	M	2.60
	Peso:	KG	285
Rack	Dimensiones:	MxMxM	1x2.95x2.7
	Capacidad de bandeja:	UNIDAD	42

Elaboración propia

Se tiene los resultados de los parámetros principales del diseño de la planta en la Tabla 0.2

Tabla 0.2: Parámetros técnicos de diseño de la planta

<u>PROPIEDAD</u>	<u>VALOR</u>
Capacidad (bloques/ciclo)	5 bloques (15x20x40)
Ciclo de moldeo	12-18s
Presión nominal	12Mpa
Vibración principal	Directo molde
potencia	32.00Kw
Peso total	7.6Tn
Dimensión	6000x21855mm

Elaboración propia

4.2. RESULTADO DE LA SELECCIÓN DEL TIPO DE AUTOMATISMO EN CADA ETAPA.

La Tabla 0.3 muestra el tipo de automatización, de acuerdo al tipo de función que realiza cada etapa, la planta está conformado de tres tipos de automatización fija, programable y control automático de proceso. Los tipos de automatización incluido en el diseño hace que la planta sea eficiente y tenga control pleno del proceso para los operarios de la planta de prefabricado de hormigón.

Tabla 0.3: Tipo de automatización

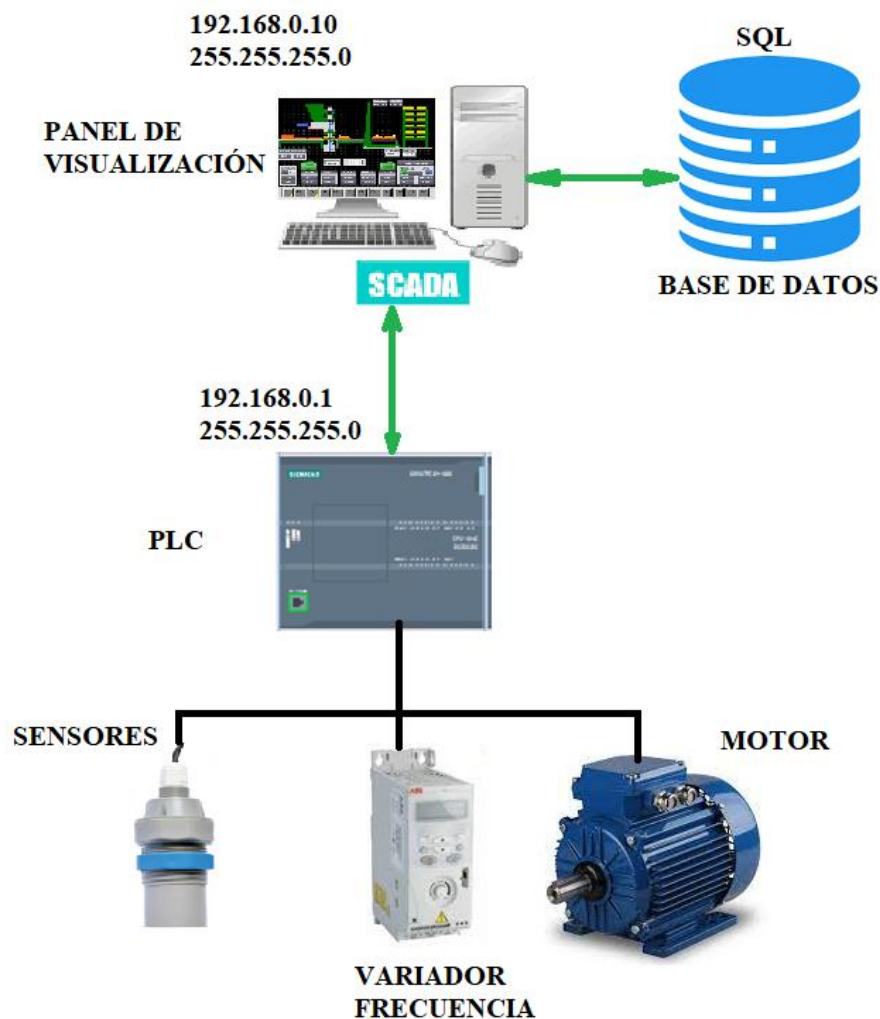
<u>TIPO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA PLANTA DE PREFABRICADOS DE HORMIGÓN</u>		
<u>Tipo de trabajo</u>	<u>Descripción del funcionamiento</u>	<u>Tipo de automatización</u>
Selección y traslado de la materia prima:	Para el cambio el volumen de la materia prima necesaria, es controlado por tiempo T	Automatización fija
Dosificación de materia prima e insumos:	El control de la cantidad de dosificación de los elementos se realiza por volumen, pesos y litros	Automatización fija
Mezclado:	El control del mezclado se realiza por tiempo T	Automatización fija
Moldeado/compactación:	El rango de moldeo mínimo/máximo es de 400X805X80/400*805*240mm es necesario cambiar el molde para cada tipo de bloque, y reconfigurar los parámetros.	Automatización programable
Carro de montaje	Para el control precisos y dinámica adecuada se realimento e implemento con PID	Control automático de proceso

Elaboración Propia

4.3. RESULTADO DEL DISEÑO SISTEMA SCADA DE LA PLANTA.

La Figura 0.2 nuestro el esquema del sistema SCADA integrada a la planta de prefabricado de hormigón, recolección de datos y acciones que realiza en cada etapa del proceso, es conformada por sensores y actuadores, procesada por PLC siemens 1200 encargado del trabajar según la necesidades requeridas en cada etapa, controlada por un panel de visualización donde el operador puede visualizar y controlar todo el proceso automatizada, registra y almacenar los procesos realizados en una base de datos (SQL) que garantiza al sistema SCADA el control pleno de la planta de prefabricado de hormigón.

Figura 0.2: Diseño del sistema SCADA



Elaboración Propia



V. CONCLUSIONES

- Se ha diseñado las estructuras y comportamiento del sistema de automatismo de la planta con la ayuda del software SolidWorks, detectando las partes críticas de la estructura diseñada, a su vez se realizó el cálculo y modelado matemático en el software Matlab de cada acción que realiza las etapas de la planta.
- La selección de los sensores actuadores y motores se realizó teniendo en cuenta las especificaciones de diseño, señal de control y montaje.
- En el diseño de sistema SCADA se utilizó el software WinCC Advance v16 de siemens el software es encargado de la adquisición y manejo de datos, generar imágenes del comportamiento y control del proceso, con el software SQL server se realizó una base de datos por medio Wincc para documentar y analizar el logro, consumo de materia prima e insumos, desgaste de la planta y alarmas del día.



VI. RECOMENDACIONES

- El diseño de la planta facilitar la implementación progresiva por etapas o total, dependiendo de las posibilidades de las empresas.
- La planta será igual o superior en la productividad de calidad y la durabilidad de los componentes de la planta.
- Al implementar la planta de prefabricado de concreto se generará empleo y seguridad en los clientes.



VII. REFERENCIAS

- Alarcón Llumigusin, N. G., & Quel Chasiquiza, O. E. (2020). Diseño y simulacion de un sistema de elevación de cangilón para áridos con capacidad de 0.5 m³por medio del mecanismo de polipasto, para la empresa hormibloque Ecuador ubicado en la provincia de pichincha, canton megia parroquia aloasí. (*Tesis de pre Grado*). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Quito. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18539/1/UPS%20-%20ST004472.pdf>
- Amaro Vásquez, J. L. (2017). *Evaluación, fabricación y montaje de una faja transportadora para el analisis de parametro en el transporte de materiales agranel*. Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2846>
- Ariadel Samaniego, C. Y. (2016). Diseño de una tolva de fino con planchas de acero estructural ASTM A36 para almacenar mineral polimetálico A300 MSNM. (*Tesis de pre grado*). Universidad Técnica de Machala, Machala. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/7664/1/ARIALDE.pdf>
- C. Kou, B. (1996). *Sistema de control automático* (Séptima ed.). (L. G. Cedeño Plascencia, Ed.) Mexico: Naomi Goldman.
- Camesa. (2008). *Cable de Acero - Steel Wire Rope*. Cuautitlán, Estado de México, México. Obtenido de http://www.camesawire.com/Resource_/TechnicalReference/1929/CamesaSteelRopeCatalog_Bilingual.pdf
- CEMA. (2015). *Belt Conveyors for Bulk Materials* (7th ed.). Florida. Obtenido de <http://www.cemanet.org>
- Chaux Hernández, C. G., & Perea Murillo, B. J. (2016). Elaboración de una máquina que optimice la producción de unidades de mampostería estructural para mediados del año 2016 en la región de los llanos orientales. (*Tesis de pre Grado*). Universidad Cooperativa de Colombia, Villavicencia, Colombia. Obtenido de https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/12605/1/2016_elaboracion_maquina_optimice_.pdf
- Choque Cuenas , J. A. (2016). Optimizacion y control de caldad en la construccion de silo de almacenamiento para materiales puzolanicos. (*Tesis de pre Grado*). universidad Nacional de San Agustin, Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3441/Mtchcuj.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Coila Coaquira , W. V. (2018). Estudio y análisis del sistema SCADA wincc de siemens en el proceso de calcinación de los hornos verticales de maerz. (*Tesis de pre Grado*). Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6858>



- Creus Solé, A. (2007). *Neumática e Hidráulica*. España. Obtenido de <http://etm2021.com/sbiblioteca/Libros/MECANICA%20DE%20FLUIDOS%20Y%20TURBOMAQUINAS/NEUMATICA%20e%20HIDRAULICA%20-%20Antonio%20Creus%20Sole.pdf>
- Del Barrio Lagándara, V. (2017). *Diseño y Programación de Varias Estaciones de Trabajo Mediante el Uso de PLC y softwares Especificos. (Tesis de pre Grado)*. Universidad de Valladolid, Valladolid, España. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/211106226.pdf>
- Firestone Industrial Products, LLC. (2013). *World's Number 1 Air Spring*. EEUU. Obtenido de www.firestoneip.com
- Godoy Caguana, p. C. (2009). *Diseño y construcción de una máquina automática para la fabricación prefabricados de hormigón. (Tesis de pre Grado)*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. Obtenido de <http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/40/1/15T00415.pdf>
- Granada Mejía, C. J., & Perlaza Benavides, W. A. (2012). *Análisis, diseño e implementación para la automatización de las etapas de producción de una máquina bloquera. (Tesis de pre Grado)*. Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/676/1/te341.pdf>
- Gutiérrez, M., & Iturralde, S. (2017). *Fundamentos Básicos de instrumentación y control*. Santa Elena: UPSE.
- Hierro Ramos, J. (2018). *Sistema de descarga en un buque cementero. (tesis de Maestría)*. Universidad de Oviedo, Oviedo, España. Obtenido de https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/46908/TFM_HierroRamos.pdf;jsessionid=B889B2002606D6766C75893E0E3C30C4?sequence=6
- Menichetti, A. (2015). *Diseño de Máquina para la Producción de Productos de hormigón. (Tesis de pre Grado)*. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina. Obtenido de <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/2351/Proyecto%20Integrador%20IM%20-%20Maquina%20de%20%20Bloques%20de%20Hormig%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Merritt, F., Kent Loftin, M., & Ricketts, J. T. (s.f.). *Manual de Ingeniero Civil* (Cuarta ed.). Obtenido de https://www.academia.edu/36877196/Manual_del_ingeniero_civil_Tomo_I_4ta_Edici%C3%B3n_Frederick_S_Merritt
- Mott, R. L. (2006). *diseño de elementos de maquina* (cuarta ed.). (P. M. Rosas, Ed.) Mexico: Jonathan Tenthoff. Recuperado el 25 de 04 de 2020
- Neira Alatrística, G. A. (2017). *Diseño de un modular de enseñanza del sistema motriz de fajas transportadoras. (Tesis de Pos Grado)*. Pontificia Universidad católica del Perú, Lima. Obtenido de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/13301>



- Norman S., N. (2011). *Control Systems Engineering* (Sexta ed.). California, EE UU.
- Pérez Almendare, J. G., & Suarez Cortez, D. E. (2015). Reactivación y rediseño de vibrocompactadora para cumplimiento de norma. (*Tesis de pre Grado*). Universidad Nacional de Ingeniería, Managua. Obtenido de <http://ribuni.uni.edu.ni/1799/1/90296.PDF>
- Pérez López, E. (2015). Los sistemas SCADA en la automatización industrial. *Tecnología en Marcha*, 4(12), 3-14. Obtenido de https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/2438
- Pineda Botero, F. A. (2005). Identificación y Control Activo de Vibraciones Mecánicas:. (*Maestría de Matemáticas Aplicadas*). Universidad EAFIT, Medellín. Obtenido de [https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/169/FabioAntonio_Pineda Botero_2005.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/169/FabioAntonio_Pineda_Botero_2005.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rodríguez Gusmán, G. (2010). Construcción de un transportador de tornillo sin fin para la alimentación del enfriador de mineral a escala piloto del ISMM. (*Trabajo de diplomado*). Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Moa, Cuba. Obtenido de <http://200.14.55.73/bitstream/handle/123456789/3000/rodriguez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez Penin, A. (2007). *Sistemas SCADA* (Vol. 2). México.
- Rodríguez Penin, A. (2013). *Sistemas SCADA* (Tercera ed.). México: Alfaomega Grupo Editor. Obtenido de <http://etm2021.com/sbiblioteca/Libros/AUTOMATIZACION%20Y%20CONTROL/SISTEMAS%20SCADA%20-%20Aquilino%20Rodriguez%202013.pdf>
- Seminario Chávez, R. M., & Chorres Panta, K. V. (2018). *DISEÑO DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE ADOQUINES CON AGREGADOS DE CONCHA DEABANICO*. Universidad de Pira, Piura, Perú. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3836/PYT_Informe_Final_Proyecto_ADOQUINES.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- SIEMENS. (2002). *Manual de formación para soluciones generales en automatización Totally Integrated Automation (TIA)*.
- SKF, G. (2015). *Rodamiento SKF*. EE.UU. Obtenido de https://www.academia.edu/33471310/CATALOGO_DE_RODAMIENTOS_SKF
- SMC España, S. (s.f.). <https://www.smc.eu/es-es/productos/cilindros-hidraulicos~49409~nav>. Obtenido de <https://www.smc.eu/es-es/productos/cilindros-hidraulicos~49409~nav>.
- TSUBAKI. (2015). *cadena de transmisión cadena con aletas*. España. Obtenido de <https://rodavigo.net/catalogos/TSUBAKI/01%20Cadenas%20de%20transmisi%C3%B3n/01%20Introducci%C3%B3n.pdf>

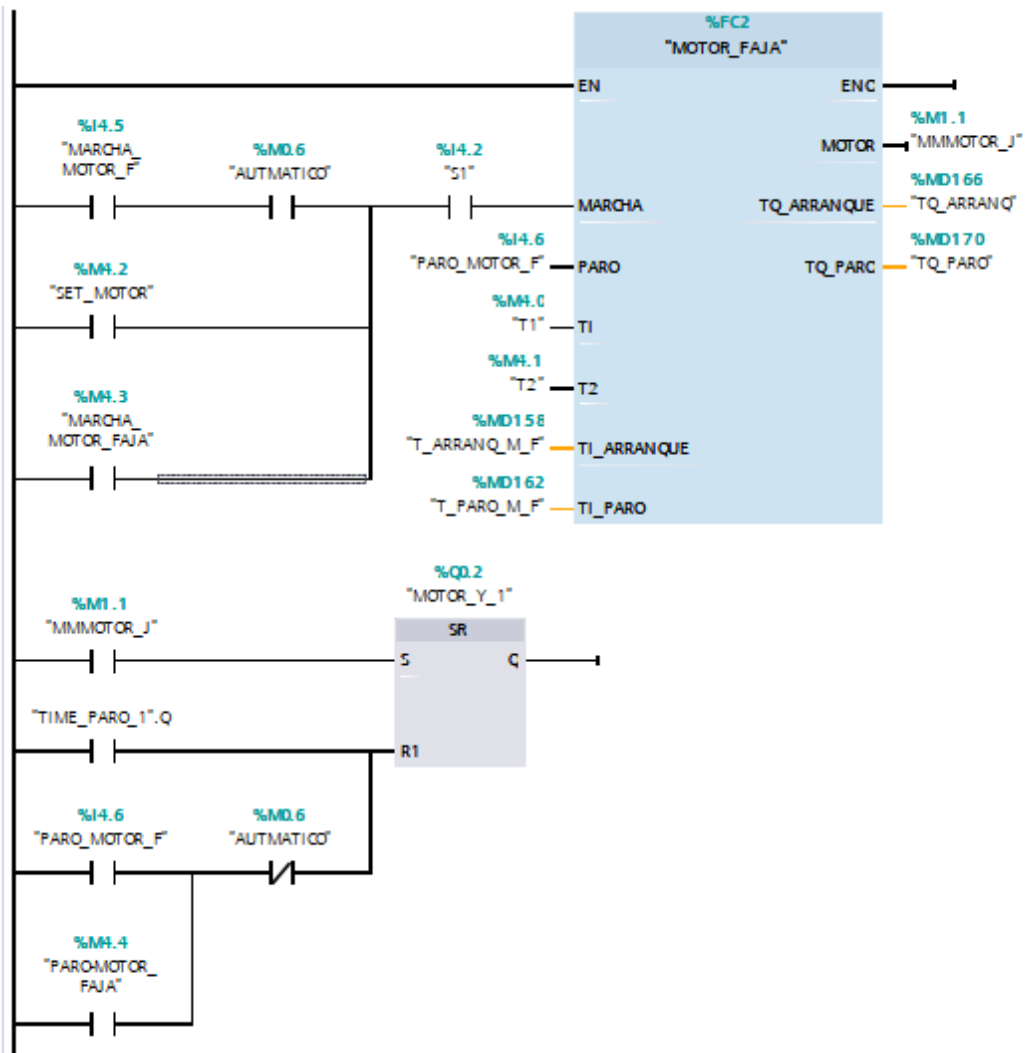


- Vanega Useche, L. V. (2018). *Diseño de Elementos de Maquina* (primera ed.). Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira,. Recuperado el 26 de Abril de 2020, de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/8889/Dise%C3%B1o%20Elementos%20Maquinas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Website, S. C. (2021). *Cilindros hidráulicos*. Obtenido de <https://www.smc.eu/es-es/productos/cilindros-hidraulicos~49409~nav>

ANEXOS

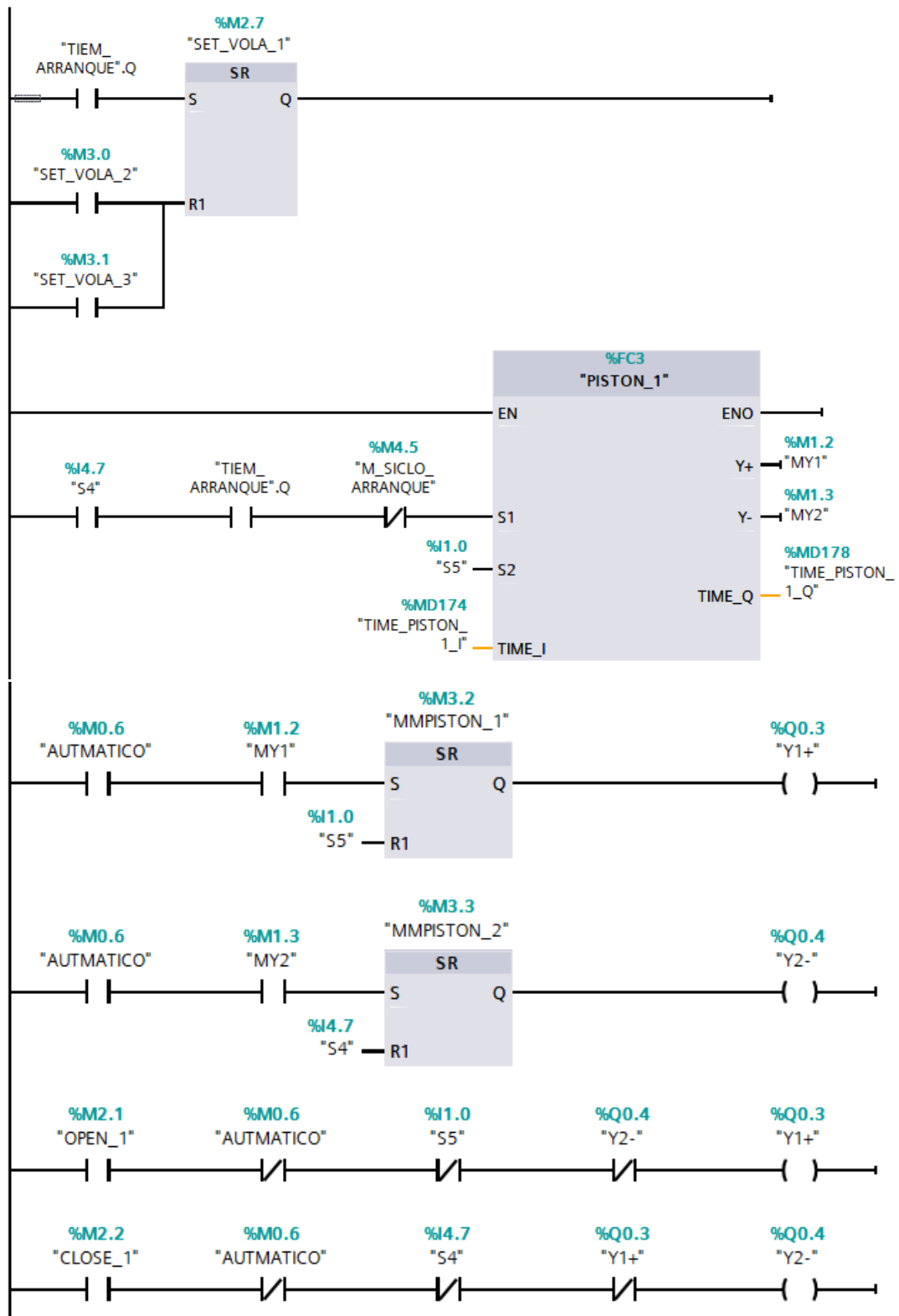
En la Figura 0.1 se tiene la programación de la puesta en marcha de forma manual y automático de la cinta transportadora.

Figura 0.1: Secuencia de programación de la cinta transportadora



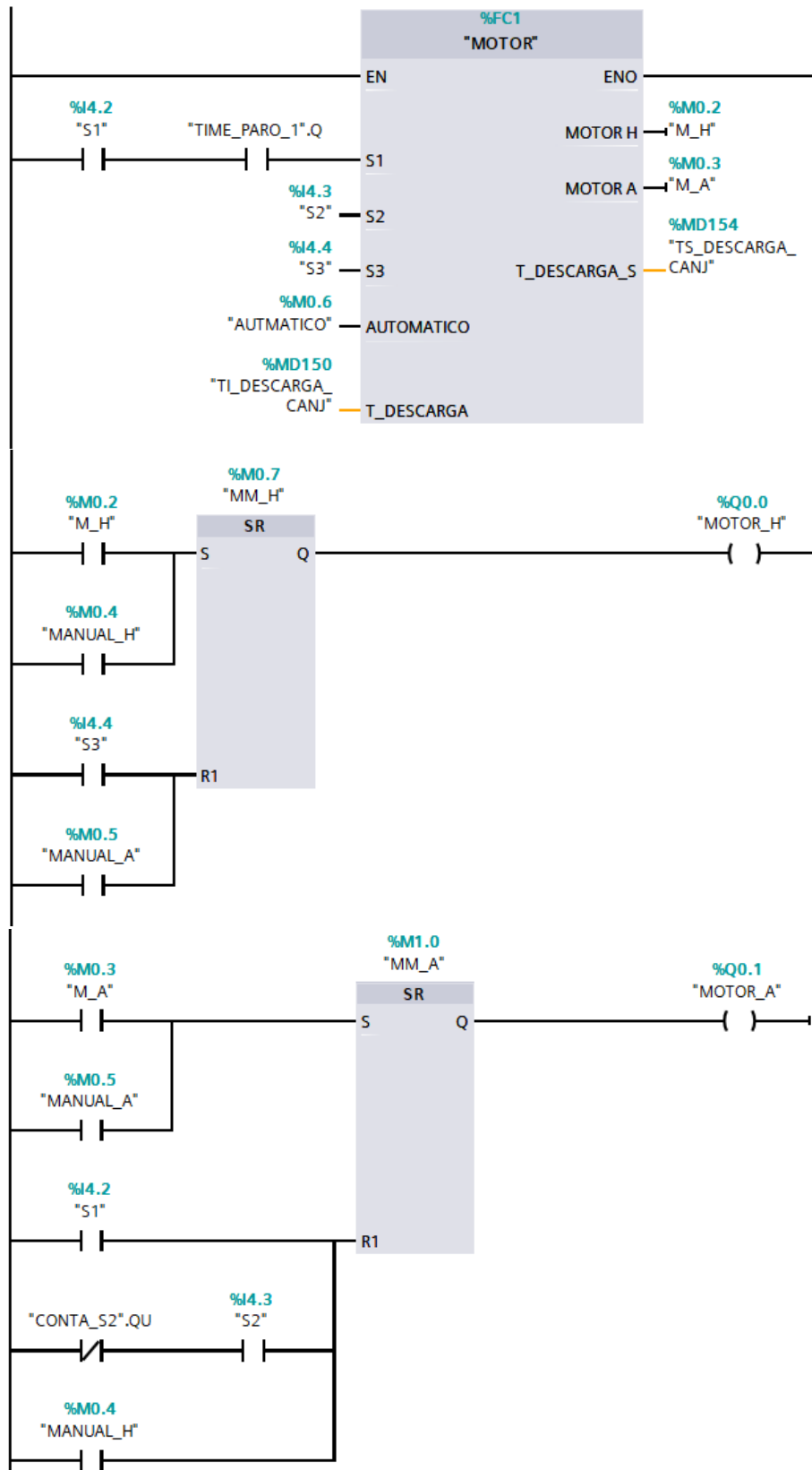
Elaboración propia

Figura 0.2: Apertura de la compuerta tolva 1 manual y automática



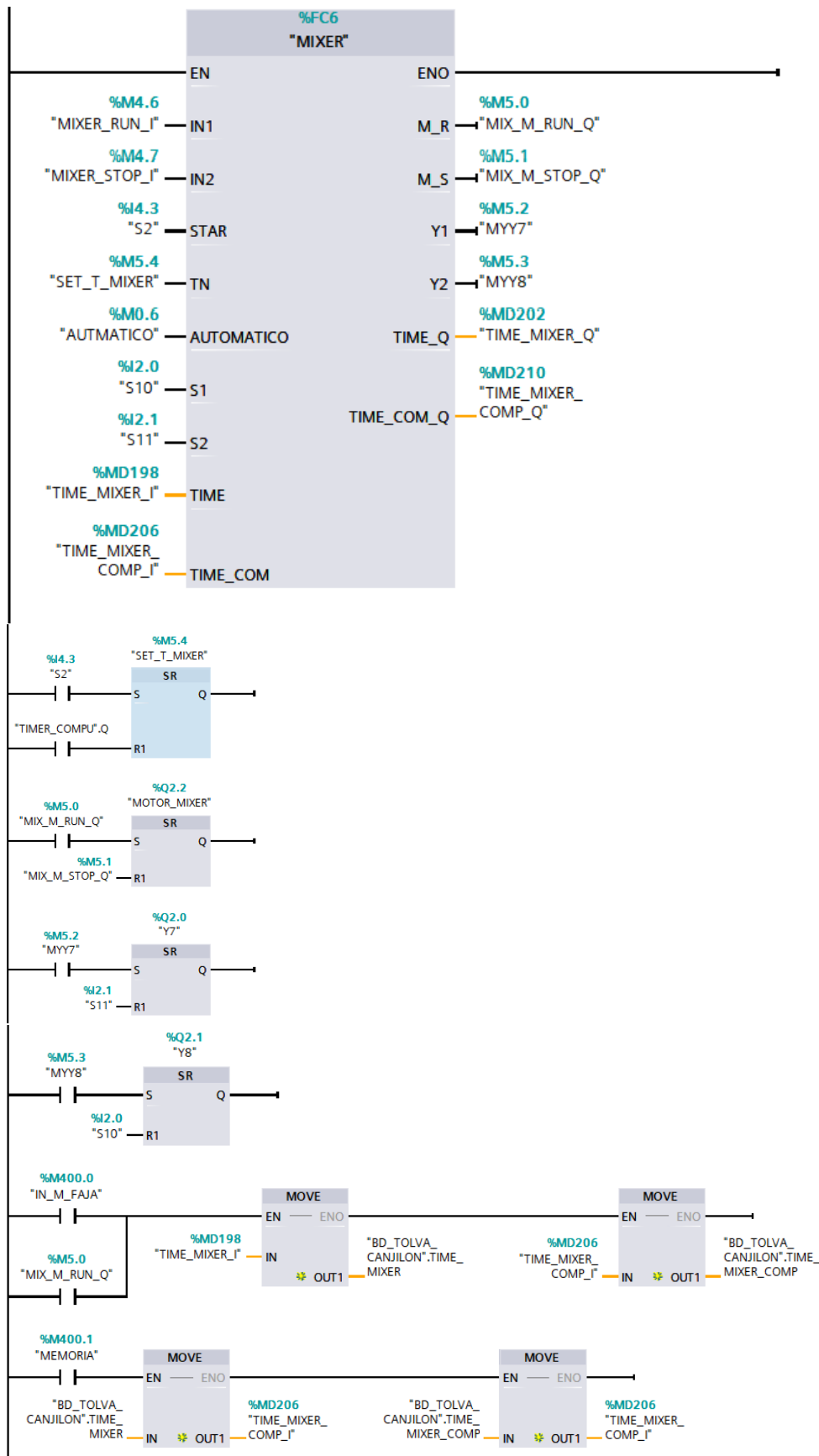
Elaboración propia

Figura 0.3: Programa de arranque automático y manual de canjilón



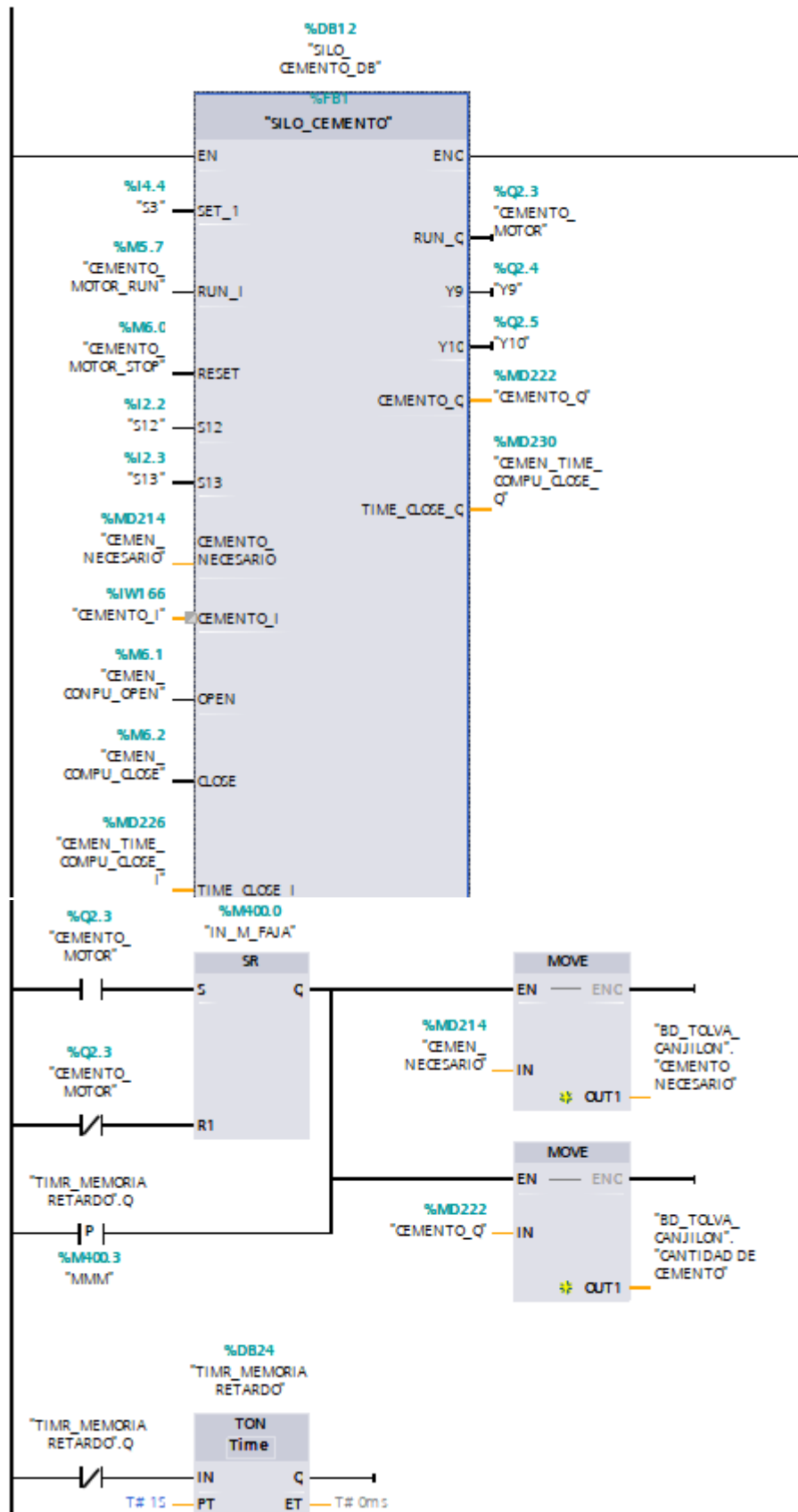
Elaboración propia

Figura 0.4: Arranque automático y manual de mixer



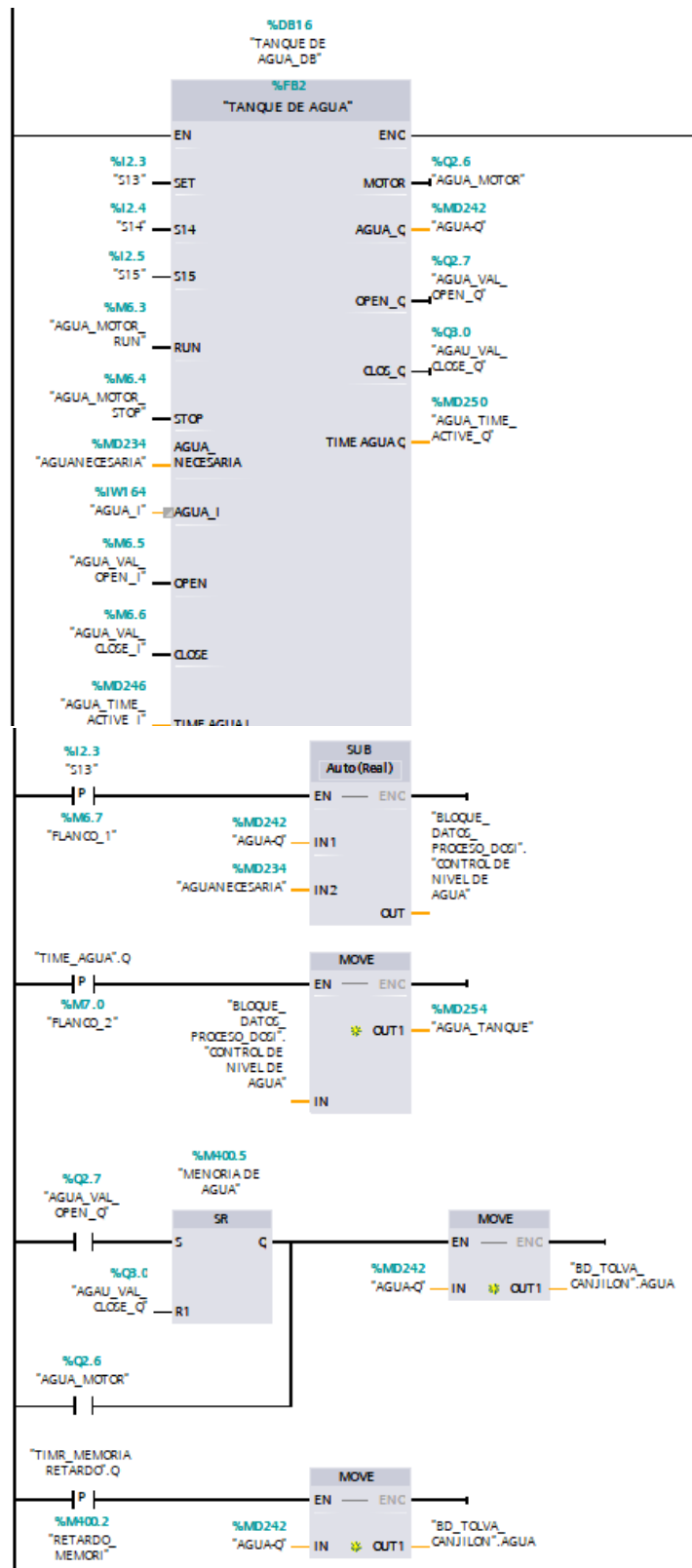
Elaboración propia

Figura 0.5: Alimentador de cemento automático y manual



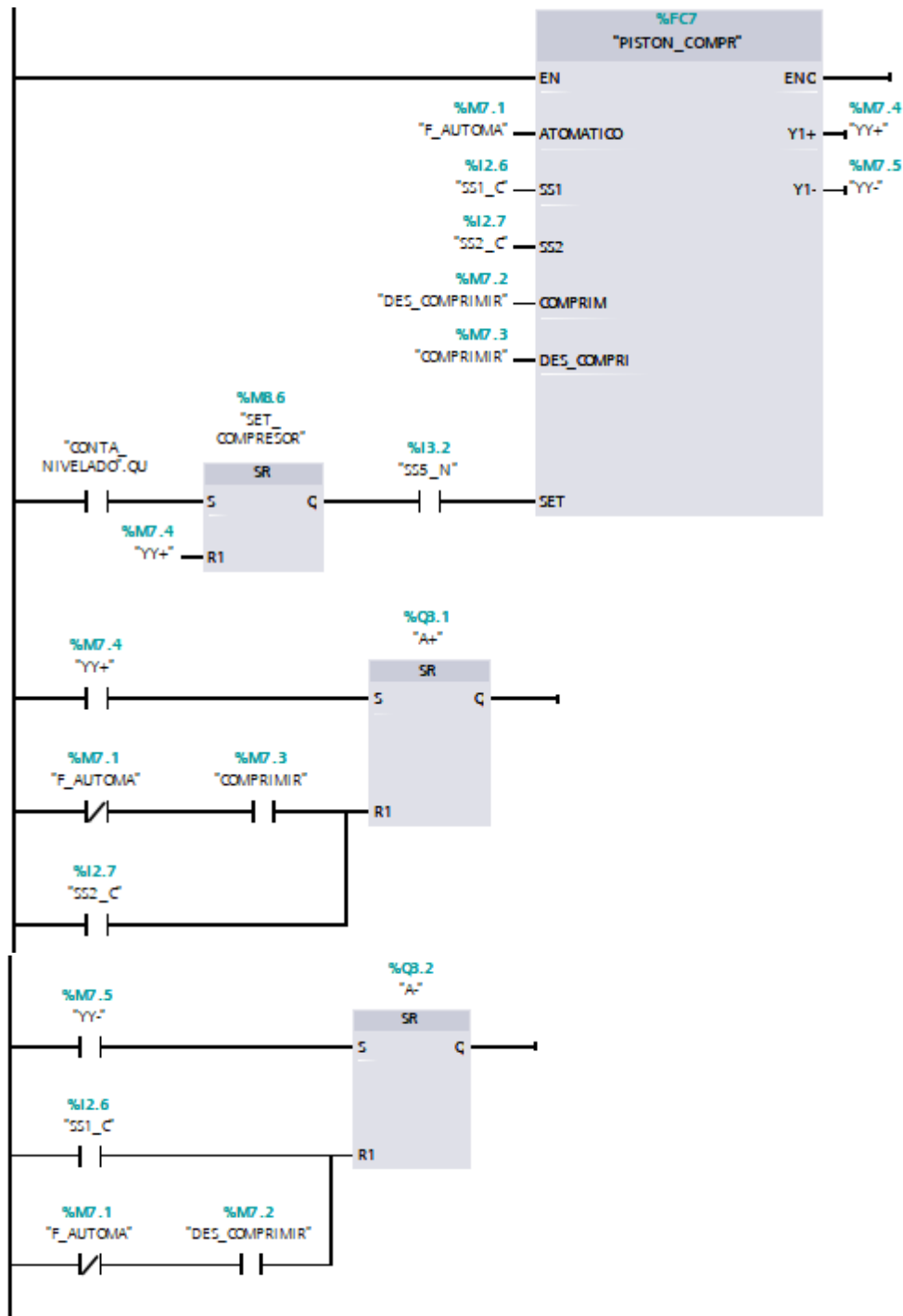
Elaboración propia

Figura 0.6: Nivel de tanque de agua y apertura de compuerta



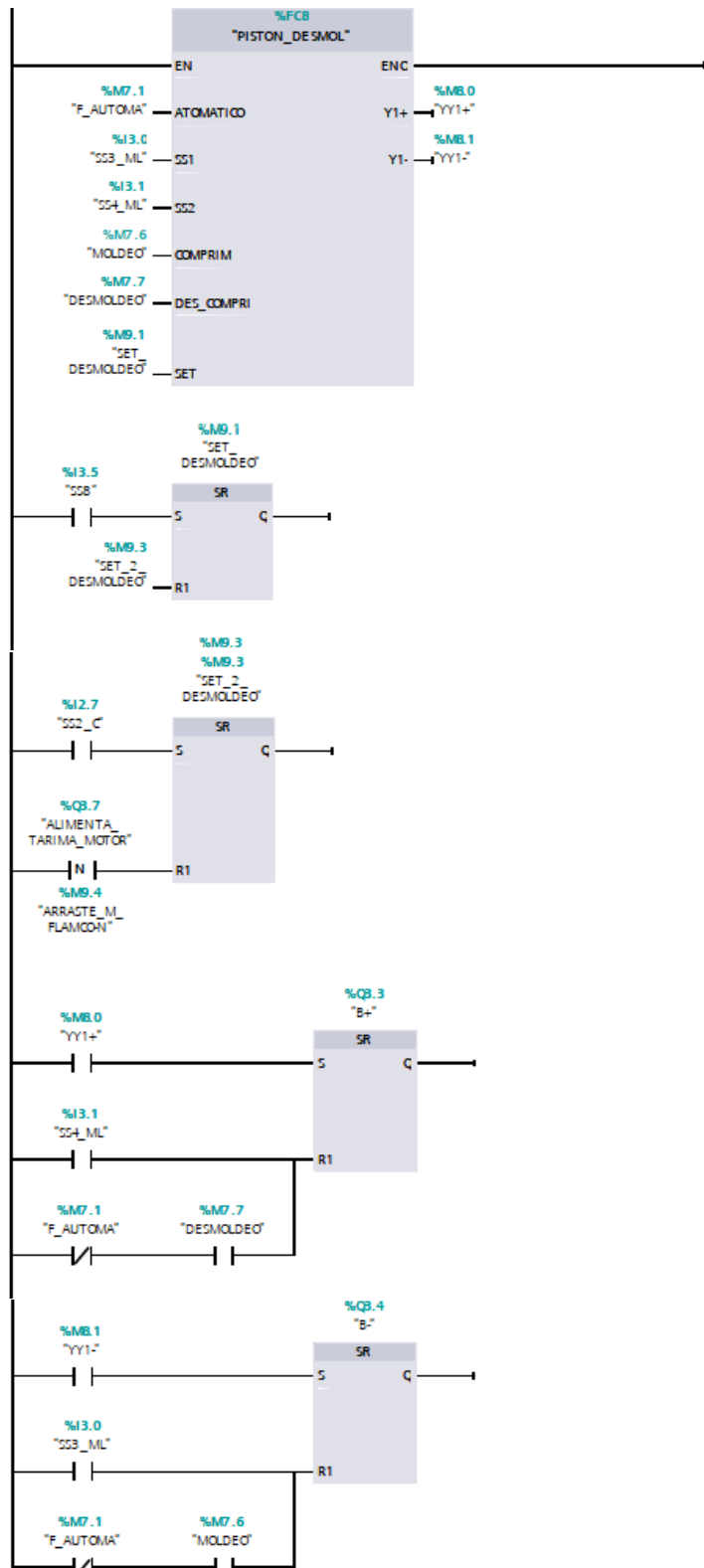
Elaboración propia

Figura 0.7: Programa para el pistón de compresión automático y manual



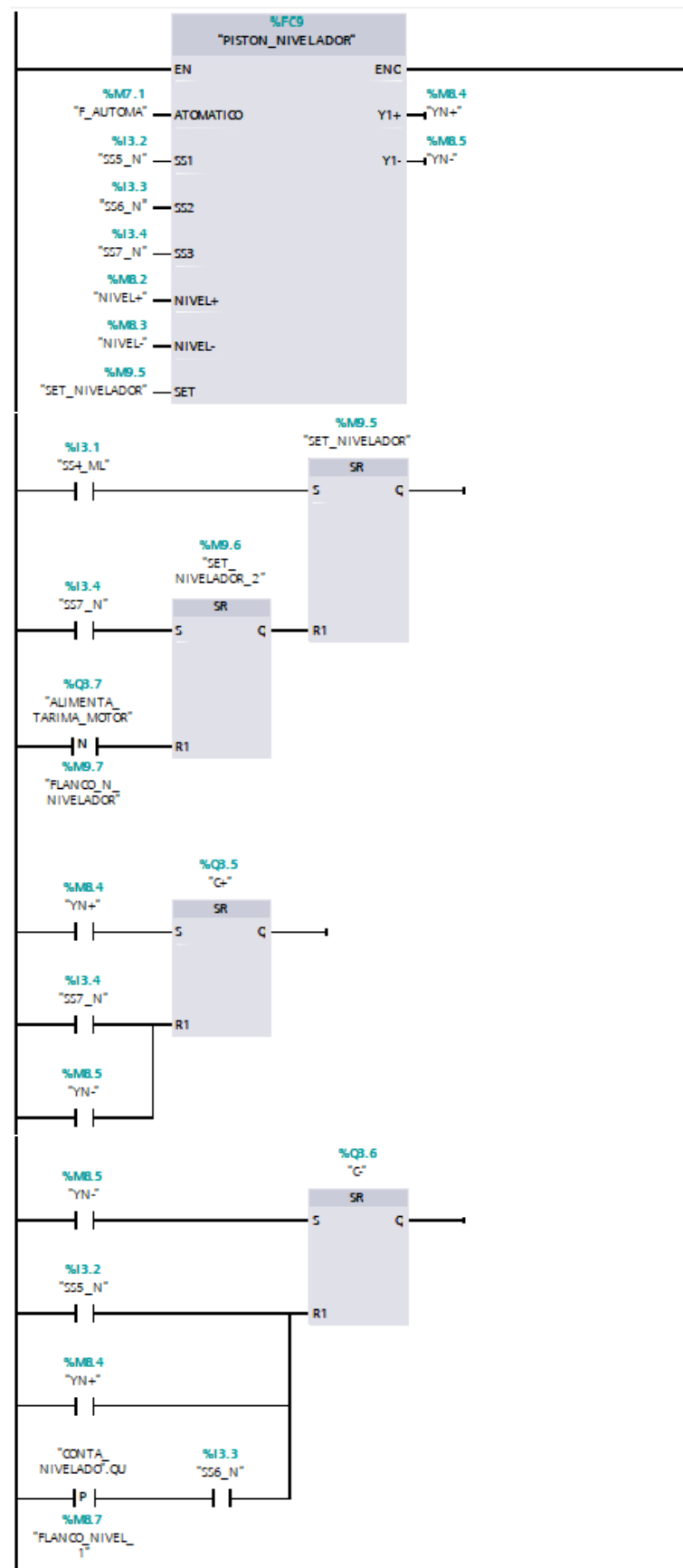
Elaboración propia

Figura 0.8: Programa de pistón de moldeo



Elaboración propia

Figura 0.9: Programa del pistón nivelador



Elaboración propia