

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y  
FORMALES**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA,  
MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA**



**“PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN PARA UNA PLANTA  
DOSIFICADORA DE CONCRETO PREMEZCLADO  
PROPIEDAD DE LA EMPRESA CONCRETOS SUPERMIX S.A  
LA CUAL AUMENTARÁ SU CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN  
DE 24 M<sup>3</sup> A 40 M<sup>3</sup> POR HORA”**

Tesis presentada por el Bachiller:

**RENZO FABRIZIO VALDIVIA CASTILLO**

Para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

Asesor: **JORGE CASTRO VALDIVIA**

**Arequipa-Perú**

**2017**

## DERECHOS DE AUTORÍA

La presente tesis de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de experiencias vividas en el campo laboral y tecnológico establecido en nuestra formación profesional.

En tal virtud, los fundamentos teóricos – científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la escuela profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica de la UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA.

AUTOR

---

Renzo Fabrizio Valdivia Castillo

## *AGRADECIMIENTO*

*Agradezco a mis padres por haberme brindado la oportunidad de estudiar la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica en la Universidad Católica de Santa María, por su esfuerzo dedicación y entera confianza.*

*Papa, gracias por el apoyo incondicional que siempre me brindaste en cada etapa de mi vida y poder realizarme como persona y profesionalmente, agradezco los consejos sabios que en el momento exacto has sabido darme para no dejarme caer y enfrentar los momentos difíciles, por ayudarme a tomar decisiones que me ayuden a balancear mi vida y sobre todo gracias por el amor tan grande que siempre me das.*

*Mama, tú eres la persona que siempre me ha levantado los ánimos tanto en los momentos difíciles de mi vida estudiantil como personal, gracias por tu paciencia y esas palabras sabias que siempre tienes para mis enojos, mis tristezas, y mis momentos felices, por ser mi amiga y ayudarme a cumplir mis sueños de volverme un hombre de bien.*

*Renzo Valdivia*

## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo de tesis a mi esposa Ana y a mi pequeño hijo Mateo, ya que con ellos aprendí el verdadero sentido del amor, que cada esfuerzo mío es reflejado en la felicidad de mi familia, y que en los buenos y malos momentos de la vida siempre estaremos juntos.*

*Renzo Valdivia.*



## RESUMEN

La presente tesis presenta como proyecto la automatización de procesos de una planta que se encarga de dosificar los materiales que componen la producción del concreto premezclado y demostrar a través de un prototipo a escala de la planta, el proceso de automatización. He tomado como caso particular la planta de la empresa Concretos Supermix S.A, la cual viene trabajando en la ciudad de Arequipa como cede principal.

Concretos Supermix cuenta con plantas con proceso manual por lo cual nace la idea de automatizar sus proceso de producción de concreto premezclado, ya que este proceso se viene trabajando de forma manual y está expuesto a posibles errores en la dosificación del concreto por parte de los operadores de planta, así como demoras en la toma de decisiones de los procesos de dosificación de concreto.

Labview es un software con un lenguaje de programación de un nivel alto, que se unas de manera gráfico, y enfocado a la industria; es de muy fácil, válido para programadores de experimentados como para personas en aprendizaje. Se pueden hacer programas relativamente complejos, imposibles de hacer con los lenguajes tradicionales, cualquier programador por experimentado que sea puede beneficiarse de él.

### PALABRAS CLAVES:

- DESCRIPCIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO EN CONCRETOS SUPERMIX.
- IMPLEMENTACIÓN DE PROTOTIPO DOSIFICADOR DE CONCRETO.

## ABSTRACT

The present thesis presents as a project the process automation of a plant that is in charge of dosifying the materials that compose the production of the premixed concrete and demonstrate through a prototype at the scale of the plant the automation process. I have taken as a particular case the plant of the company Concretos Supermix S.A, which has been working in the city of Arequipa as main headquarters.

Concretos Supermix has plants with manual process, which is why the idea of automating their production process of ready-mixed concrete is born, since this process has been worked manually and is exposed to possible errors in the dosing of the premixed concrete by the Plant operators, as well as delays in the decision making of the concrete dosing processes.

Labview is a software with a programming language of a high level, that is a graphical way, and focused to the industry; Is very easy, valid for programmers of experienced as for people in learning. You can make relatively complex programs, impossible to do with traditional languages, any experienced programmer can benefit from it.

### KEYWORDS:

- DESCRIPTION OF CONCRETE DEVELOPMENT IN CONCRETOS SUPERMIX.
- IMPLEMENTATION OF CONCRETE DOSER PROTOTYPE.

## ÍNDICE GENERAL

<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
1. PLAN OPERACIONAL .....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 OBJETIVOS GENERALES. ....	1
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS. ....	2
1.4 JUSTIFICACIÓN. ....	2
1.5 ANTECEDENTES. ....	3
1.6 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.7 ALCANCE Y LIMITACIONES.....	4
1.7.1 ALCANCE.....	4
1.7.2 LIMITACIONES .....	4
<b>CAPITULO II</b> .....	5
2. MARCO TEÓRICO .....	5
2.1 INTRODUCCIÓN.....	5
2.2 DESCRIPCIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO EN CONCRETOS SUPERMIX.....	5
2.2.1 ALMACENAMIENTO Y PESAJE DE AGREGADOS.....	7
2.2.2 ALMACENAMIENTO Y PESAJE DE CEMENTO.....	12
2.2.3 DOSIFICACIÓN DE AGUA.....	14
2.2.4 SUMINISTRO DE ADITIVOS.....	15
2.2.5 VACIADO DE BALANZA.....	16
2.2.6 CLASIFICACIÓN DE CONCRETO.....	18
2.2.7 PRUEBAS DE LABORATORIO.....	19
2.3 TECNOLOGÍAS Y SUS CARACTERÍSTICAS PARA LA INTEGRACIÓN DEL PROCESO.....	20
2.3.1 MANEJO DE TECNOLOGÍAS DE CONTROL EN LA INDUSTRIA.....	20

2.3.2	SENSORES.....	21
2.3.3	DESCRIPCIÓN DE TIPOS DE SENSORES DE MEDICIÓN DE NIVEL. ....	21
2.3.3.1	SENSOR DE NIVEL ULTRASONIDO.....	21
2.3.3.2	SENSOR DE FLUJO.....	23
2.3.3.3	SENSOR DE HUMEDAD DE TIERRA ECH2O.....	24
2.3.3.4	CELDA DE CARGA. ....	25
2.3.4	ACTUADORES.....	26
2.3.5	RELÉ INTELIGENTE ZELIO.....	30
2.3.5.1	APLICACIONES DE LOS RELÉS INTELIGENTES ZELIO.....	31
2.3.5.2	VENTAJAS RELÉ ZELIO.....	32
2.3.5.3	DESVENTAJAS RELÉ ZELIO.....	32
2.3.5.4	MONTAJE Y DESMONTAJE.....	33
2.3.5.5	FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL.....	33
2.3.5.6	REQUISITOS DE SISTEMAS OPERATIVOS.....	34
2.3.5.7	SOFTWARE ZELIO-SOFT 2.....	34
2.3.5.8	TIPOS DE PROGRAMACIÓN.....	34
2.3.5.9	ESQUEMA DE CONTACTOS KOP.....	35
2.3.5.10	LOS CONTACTOS.....	35
2.3.5.11	FUNCIONES LÓGICAS.....	35
2.3.5.12	LOS TEMPORIZADORES.....	36
2.3.5.13	LOS CONTADORES.....	36
2.4	INTERFACE HOMBRE MAQUINA HMI.....	37
2.4.1	LABVIEW.....	37
2.4.2	PROGRAMACIÓN GRÁFICA DE LABVIEW.....	38
2.4.3	ENTORNO LABVIEW.....	39
2.4.4	CONFIGURACIÓN DE UNA PLACA ARDUINO EN UN “DAQ” UTILIZANDO LABVIEW.....	41

2.4.5 SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN.....	41
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>47</b>
<b>3. IMPLEMENTACIÓN DE PROTOTIPO DOSIFICADOR DE CONCRETO .....</b>	<b>47</b>
3.1 DESCRIPCIÓN DE VARIABLES DE CAMPO.....	47
3.2 DISTRIBUCIÓN DE VARIABLES DE CAMPO.....	51
3.3 DESCRIPCIÓN DE TABLERO DE CONTROL.....	51
3.3.1 ETAPA DE CONTROL.....	51
3.3.2 ETAPA DE POTENCIA.....	52
3.3.3 FUENTE DE ALIMENTACIÓN.....	53
3.4 DESCRIPCIÓN DE SOFTWARE HMI .....	54
3.4.1 CONTROL DE PROCESO .....	55
3.4.1.1 PROCESO MANUAL.....	55
3.4.1.2 PROCESO AUTOMÁTICO.....	55
3.4.2 PARÁMETROS DE DISEÑO .....	56
3.4.2.1 PARÁMETROS.....	56
3.4.2.2 CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS.....	56
3.4.3 VISUALIZACIÓN .....	57
3.4.3.1 INTERFAZ HOMBRE MAQUINA (HMI).....	57
3.4.3.2 GRÁFICOS TEMPORALES.....	57
3.4.3.3 MÁQUINAS DE ESTADO.....	58
3.5 DESCRIPCIÓN DE SOFTWARE DE CONTROL .....	59
3.5.1 SUBPROCESO 1.....	59
3.5.2 SUBPROCESO 2.....	59
3.5.3 DESCRIPCIÓN DE VARIABLES .....	59
3.6 SUBPROCESO 1: LECTURA Y ESCRITRA DE DATOS.....	60
3.6.1 APERTURA DE PUERTO Y DEFINICIÓN DE VARIABLES.....	63
3.6.2 ESCRITURA DE VARIABLES.....	64
3.6.3 CIERRE DE PUERTO.....	64

3.7 SUBPROCESO 2 - ANÁLISIS Y TOMA DE DECISIONES .....	66
3.7.1 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTO DE CEMENTO .....	68
3.7.2 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTO EN TANQUE DE AGUA .....	69
3.7.3 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTO DE TANQUE DE ADITIVO .....	69
3.7.4 PROCESO EN PARALELO.....	70
3.7.5 ABASTECIMIENTO DE AGREGADOS.....	72
3.7.6 ABASTECIMIENTO DE CEMENTO .....	77
3.7.7 ABASTECIMIENTO DE AGUA.....	80
3.7.8 ABASTECIMIENTO DE ADITIVO .....	82
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>85</b>
4 SELECCIÓN DE EQUIPOS INDUSTRIALES PARA LA PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN Y ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN.....	85
4.1 ESPECIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS DE LA EMPRESA.....	85
4.2 SECCIÓN DEL PROCESO DE ADITIVO.....	86
4.2.1 SECCIÓN DEL PROCESO DEL AGUA.....	88
4.2.2 SECCIÓN DEL PROCESO DE AGREGADOS.....	91
4.2.3 SECCIÓN DEL PROCESO DE CEMENTO.....	95
4.3 SELECCIÓN DE EQUIPO.....	99
4.4 ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROYECTO .....	105
4.4.1 COSTOS DE LA INVERSIÓN.....	105
4.5 INVERSIÓN TOTAL .....	110
4.6 EGRESOS EN PRODUCCIÓN DE CONCRETO PREMEZCLADO.....	111
4.7 INGRESOS DE LA EMPRESA SUPERMIX S.A .....	115
4.7.1 PRODUCCIÓN NORMAL .....	115
4.7.2 PROCESO PRODUCTIVO CON AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS.....	117
4.7.3 COMPARACIÓN DE INGRESOS ENTRE EL PROCESO MANUAL Y EL PROCESO AUTOMATIZADO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO.....	119

4.8 ANÁLISIS DE VIABILIDAD DEL PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN .	120
CONCLUSIONES .....	124
BIBLIOGRAFIA .....	125



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 2.1	Dosificación de algunos concretos. ....	19
Tabla N° 2.1	Diseño de mezcla por metro cubico para producir concreto $f_c=210$ Kg/cm <sup>2</sup> . ....	19
Tabla N° 2.2	Características de la celda de carga .....	26
Tabla N° 4.1	Datos de tanque de aditivo. ....	83
Tabla N° 4.2	Datos de la bomba.....	85
Tabla N° 4.3	Datos del filtro.....	86
Tabla N° 4.4	Datos del reservorio.....	87
Tabla N° 4.5	Datos del cuantificador de agua. ....	88
Tabla N° 4.6	Datos de la bomba de agua.....	89
Tabla N° 4.7	Tolva pesadora de Materia Prima.....	91
Tabla N° 4.8	Datos de celda de carga digital.....	92
Tabla N° 4.9	Datos del motor de faja.....	92
Tabla N° 4.10	Datos del pistón neumático.....	93
Tabla N° 4.11	Datos del silo principal.....	94
Tabla N° 4.12	Datos del silo auxiliar.....	94
Tabla N° 4.13	Datos dela balanza de cemento. ....	95
Tabla N° 4.14	Datos de celda de carga digital.....	95
Tabla N° 4.15	Datos del pistón neumático.....	96
Tabla N° 4.16	Datos del motor para el tornillo helicoidal. ....	96
Tabla N° 4.17	Datos del motor para el tornillo helicoidal. ....	98
Tabla N° 4.18	Selección de medidores de flujo. ....	98
Tabla N° 4.19	Selección sensores nivel sólidos (Cemento). ....	99
Tabla N° 4.20	Selección electroválvulas.....	100
Tabla N° 4.21	Selección actuadores neumáticos. ....	101
Tabla N° 4.22	Selección de PLC. ....	102
Tabla N° 4.23	Costo de los componentes de instrumentación. ....	104
Tabla N° 4.24	Costo de los equipos electrónicos. ....	105
Tabla N° 4.25	Costo de los equipos neumáticos. ....	106
Tabla N° 4.26	Costo del software para la implementación de la automatización.....	107

Tabla N° 4.27	Costo de instalación e ingeniería.....	107
Tabla N° 4.28	Costo total del proyecto de automatización. ....	108
Tabla N° 4.29	Costo de mano de obra por planta de concreto.....	109
Tabla N° 4.30	Costos de la materia prima por m <sup>3</sup> de concreto .....	110
Tabla N° 4.31	Costo de adicionales por m <sup>3</sup> . ....	111
Tabla N° 4.31	Costo de adicionales por m <sup>3</sup> . ....	111
Tabla N° 4.32	Costo mensual de la materia prima. ....	111
Tabla N° 4.33	Primer mes de gastos indirectos por mantenimiento. ....	112
Tabla N° 4.34	Gastos totales de producción de concreto mensual. ....	113
Tabla N° 4.35	Producción mensual de Concretos Supermix en m* hora.....	114
Tabla N° 4.36	Ingresos del mes en producción de concreto en la planta de Arequipa con proceso manual.....	115
Tabla N° 4.36	Ingresos del mes en producción de concreto en la planta de Arequipa con proceso manual.....	115
Tabla N° 4.37	Producción mensual Concretos Supermix con automatización de procesos en m <sup>3</sup> .....	116
Tabla N° 4.38	Ingresos del mes en producción de concreto en la planta de Arequipa con automatización de procesos. ....	117
Tabla N° 4.39	Comparación de ingreso mensual entre el proceso productivo manual vs proceso productivo con automatización de procesos. ....	117
Tabla N° 4.40	Flujo de caja prolongado a 5 años produciendo en forma manual.....	119
Tabla N° 4.41	Flujo de caja prolongado a 5 años produciendo en forma automatizada.....	120

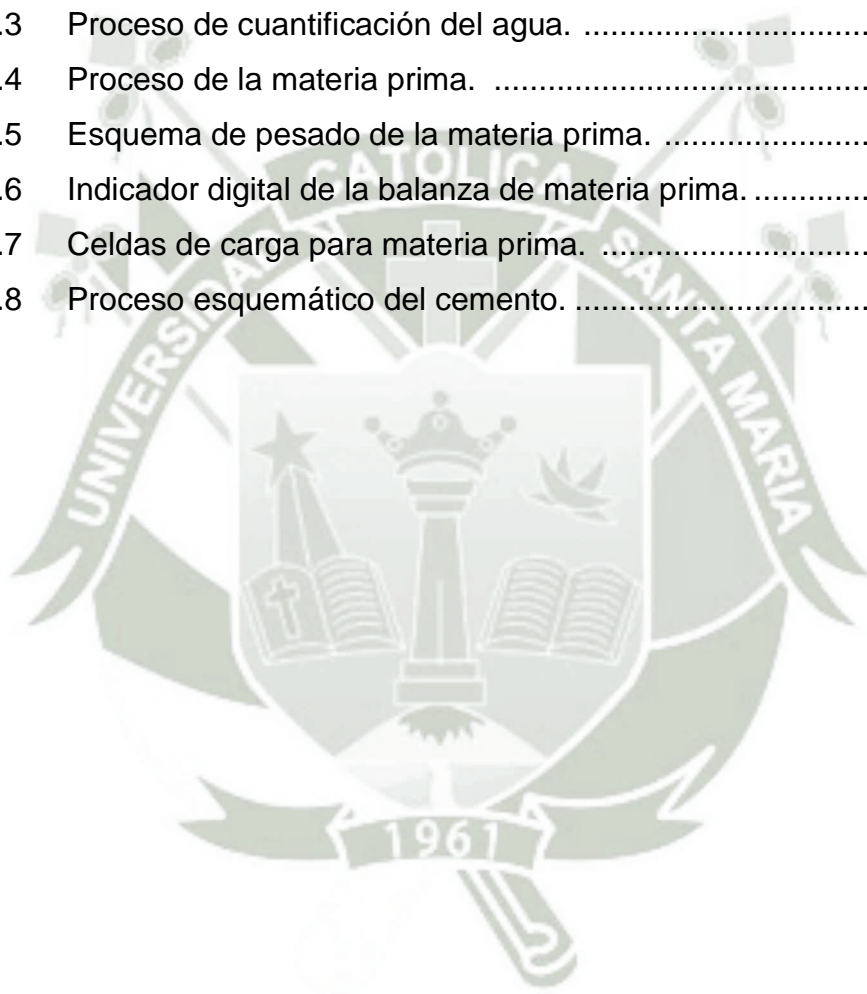
## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1	Elaboración del concreto. ....	5
Fig. 2.2	Arena fina (agregados).....	6
Fig. 2.3	Piedra 3/4" (agregados).....	6
Fig. 2.4	Toma de muestras y secado para determinar la humedad.....	7
Fig. 2.5	Etapas para los agregados. ....	8
Fig. 2.6	Alimentación de agregados con cargador frontal.....	8
Fig. 2.7	Tolva pesadora de agregados. ....	8
Fig. 2.8	Compuerta accionada con pistones neumáticos.....	9
Fig. 2.9	Agregados transportados al camión mezclador de concreto a través de faja. ....	9
Fig. 2.10	Polines de faja transportadora. ....	10
Fig. 2.11	Vibradores de corriente alterna. ....	10
Fig. 2.12	Descarga en el alimentador de camión mixer.....	11
Fig. 2.13	Compuerta de tolva y vibrador. ....	11
Fig. 2.14	Caseta de control con mandos manuales. ....	12
Fig. 2.15	Proceso de pesaje de cemento.....	13
Fig. 2.16	Silo principal de cemento. ....	13
Fig. 2.17	Proceso de pesaje del agua.....	14
Fig. 2.18	Reservorio de concreto para el almacenaje de agua. ....	14
Fig. 2.19	Caudalímetro instalado en el panel del operador.....	15
Fig. 2.20	Depósito de aditivos.....	16
Fig. 2.21	Proceso de suministro de aditivo.....	16
Fig. 2.22	Proceso de mezclado dentro del Mixer. . ....	17
Fig. 2.23	Camión Mezclador de Concreto.....	18
Fig. 2.24	Laboratorio de pruebas de concretos.....	20
Fig. 2.25	Funcionamiento del ultrasonido. ....	22
Fig. 2.26	Sensor de distancia por ultrasonido ....	22
Fig. 2.27	Caudalímetro.....	24
Fig. 2.28	Sensor de humedad para suelos y otros.....	25
Fig. 2.29	Sensor de peso o celdas de carga. ....	26
Fig. 2.30	Cilindro neumático.....	28

Fig. 2.31	Motor trifásico. ....	30
Fig. 2.32	Relés inteligentes marca Zelio. ....	31
Fig. 2.33	Montaje de relé programable zelio. ....	33
Fig. 2.34	Programación grafica de Labview. ....	39
Fig. 2.35	Programación gráfico de Labview. ....	40
Fig. 2.36	Logo software Arduino. ....	40
Fig. 2.38	Marco metodológico. ....	44
Fig. 2.37	Logo .....	42
Fig. 2.38	Marco metodológico. ....	44
Fig. 3.1	Diagrama de bloque del prototipo. ....	45
Fig. 3.2	Placa electrónica del arduino. ....	48
Fig. 3.3	Entradas analógicas de la tarjeta de adquisición de datos del prototipo. ....	48
Fig. 3.4	Señales de salida de la tarjeta de adquisición de datos del prototipo. ....	49
Fig. 3.5	Diagrama en el tablero de control del prototipo.....	51
Fig. 3.6	Interfaz HMI del prototipo .....	52
Fig. 3.7	Interfaz para el ingreso de datos para el diseño de mezcla al programa de forma manual. ....	53
Fig. 3.8	Interfaz para datos pre determinados para los diseños de mezcla. .	54
Fig. 3.9	Interfaz de visualización de parámetros. ....	54
Fig. 3.10	Interfaz para la modificación de los parámetros. ....	55
Fig. 3.11	Interfaz hombre maquina donde se visualiza el estado en tiempo real de la planta. ....	55
Fig. 3.12	Interfaz donde se visualiza las variables de campo. ....	56
Fig. 3.13	Interfaz de las máquinas de estado.....	56
Fig. 3.14	Procesos de software de control .....	57
Fig. 3.15	Declaración de variables en el programa. ....	58
Fig. 3.16	Subproceso 1 lectura y escritura de datos. ....	59
Fig. 3.17	Indicadores piloto para la inicialización de variables. ....	60
Fig. 3.18	Indicadores de parámetros.....	60
Fig. 3.19	Interfaz HMI del prototipo .....	61

Fig. 3.20	Interfaz HMI del prototipo .....	61
Fig. 3.21	Interfaz HMI del prototipo .....	62
Fig. 3.22	Interfaz HMI del prototipo .....	62
Fig. 3.23	Ingreso de las señales analógicas al programa. ....	63
Fig. 3.24	Interfaz HMI del prototipo .....	64
Fig. 3.25	Interfaz HMI del prototipo .....	64
Fig. 3.26	Programa de análisis y toma de decisiones. ....	65
Fig. 3.27	Diagrama de secuencia de estado de control. ....	66
Fig. 3.28	Programa para requerimiento de cemento.....	66
Fig. 3.29	Programa para requerimiento de agua.....	67
Fig. 3.30	Programa para requerimiento de aditivo. ....	68
Fig. 3.31	Programas para el proceso en paralelo. ....	69
Fig. 3.32	Pasos para el abastecimiento de agregados .....	70
Fig. 3.33	Programa para el abastecimiento de agregados.....	70
Fig. 3.34	Programa para el primer tiempo de cambio de agregado. ....	71
Fig. 3.35	Programa para el abastecimiento de arena. ....	71
Fig. 3.36	Programa para el segundo tiempo de cambio de agregado.....	72
Fig. 3.37	Programa para el encendido del motor vibrador de agregados. ....	72
Fig. 3.38	Programa para el suministro de arena. ....	73
Fig. 3.39	Programa para el tercer tiempo de cambio suministro de piedra. ....	73
Fig. 3.40	Programa para el abastecimiento de piedra.....	74
Fig. 3.41	Programa para el tiempo final de abastecimiento. ....	74
Fig. 3.42	Final del proceso de agregados .....	75
Fig. 3.43	Pasos para el abastecimiento de cemento.....	75
Fig. 3.44	Programa para el abastecimiento de cemento.....	76
Fig. 3.45	Programa para el tiempo de cambio de cemento.....	76
Fig. 3.46	Programa para el suministro de cemento.....	77
Fig. 3.47	Final del proceso de cemento. ....	77
Fig. 3.48	Pasos para el abastecimiento de agua. ....	78
Fig. 3.49	Programa para la revisión de nivel de agua. ....	78
Fig. 3.50	Programa para el tiempo de cambio de agua. ....	79
Fig. 3.51	Programa para el abastecimiento de agua.....	79

Fig. 3.52	Final del proceso de agua.....	80
Fig. 3.53	Pasos para el abastecimiento de aditivo.....	80
Fig. 3.54	Programa para la revisión de nivel de aditivo.....	81
Fig. 3.55	Programa para el tiempo de cambio de aditivo.....	81
Fig. 3.56	Programa para el abastecimiento de aditivo.....	82
Fig. 3.57	Final del proceso de aditivo.....	82
Fig. 4.1	Propuesta esquemática general de solución.....	83
Fig. 4.2	Proceso del aditivo.....	84
Fig. 4.3	Proceso de cuantificación del agua.....	87
Fig. 4.4	Proceso de la materia prima.....	87
Fig. 4.5	Esquema de pesado de la materia prima.....	89
Fig. 4.6	Indicador digital de la balanza de materia prima.....	90
Fig. 4.7	Celdas de carga para materia prima.....	91
Fig. 4.8	Proceso esquemático del cemento.....	97



## CAPÍTULO I

### 1. PLAN OPERACIONAL.

#### 1.1 INTRODUCCIÓN.

El diseño y dosificación trata de establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen al concreto premezclado, a fin de obtener la resistencia y durabilidad requeridas en la construcción, también para obtener un acabado o pegado correcto.

Existen muchos sistemas de control inteligente para desarrollar una dosificación autónoma de concreto tales como controladores tipo P, PI, PID y lógica borrosa.

En la dosificación de concreto existen variables que son combinadas en proporciones de acuerdo a las condiciones de los materiales y aplicaciones como también el medio ambiente. Dada la complejidad del problema se han desarrollado numerosos métodos de dosificación.

La vida real está llena de situaciones que requieren del razonamiento aproximado para manipular información cualitativa más que cuantitativa.

Un sistema automatizado, puede resolver problemas tal como lo haría un experto humano, problemas tales como controlar la cantidad de agregados, cemento y agua en la dosificación del concreto, reconocer y procesar los datos ingresados por los sensores.

#### 1.2 OBJETIVOS GENERALES.

- Incrementar la producción de concreto premezclado de 24 m<sup>3</sup> a 40 m<sup>3</sup> por hora de concreto premezclado en base a un proyecto que automatiza los procesos de producción, partiendo de los parámetros

adquiridos en campo y de esta forma poder abastecer la alta demanda del mercado, manteniendo la calidad y estándares de elaboración de concreto sin invertir tiempo en toma de decisiones al momento de su producción.

### **1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Analizar la viabilidad económica del proyecto de automatización proyectado a 5 años.
- Construir una maqueta de la planta dosificadora de concreto a escala y automatizada que demuestre el nuevo proceso de producción.

### **1.4 JUSTIFICACIÓN.**

La empresa Concretos Supermix S.A, busca el mejoramiento de la producción para crecer competitivamente en la elaboración de concreto.

Concretos Supermix S.A cuenta con plantas de producción de concreto de control manual lo que con lleva a tener un margen de error en el proceso de pesado de materia prima, también se tienen tiempos muertos de proceso debido a que el operador no puede realizar varias funciones al mismo tiempo y se carece de monitoreo constante en el proceso de producción, obligando a tomar decisiones basadas en la experiencia del personal.

El proyecto propone una automatización de la planta, el cual traerá muchos beneficios para la empresa, tales como el incremento de la producción reflejados en m<sup>3</sup>/hora, reducción de costos directos o indirectos y un monitoreo constante del proceso de producción.

## 1.5 ANTECEDENTES.

Básicamente no se encontraron tesis, investigaciones y otros realizados por ingenieros mecánicos sobre la dosificación de la materia prima que compone el concreto, pues es una rama de la ingeniería civil.

Así mismo la ingeniería civil realiza investigaciones o estudios acerca de las propiedades del concreto más no de su producción por ser un sistema netamente electromecánico la planta de producción de concreto.

Existen estudios realizados en México, Argentina, Chile y Colombia, pues estos estudios están basados a sus propias propiedades de su concreto y materia prima que son muy diferentes en nuestra zona e incluso nuestro estudio que desarrollamos no sería aplicable a cementos del centro y norte de nuestro territorio peruano ya que difiere mucho en clima y de donde se extrae la materia prima.

Tratándose de un estudio exclusivamente de la empresa Concretos Supermix S.A. nuestros antecedentes serian el punto de partida de esta empresa en nuestro territorio peruano como productora de concreto.

En la actualidad la empresa Concretos Supermix S.A ya forma parte del conglomerado de empresas del Grupo Gloria, que nace para brindar a sus clientes un punto importante de apoyo con la más moderna tecnología y con mucho profesionalismo, con operaciones en los principales proyectos de infraestructura y minería a nivel nacional e internacional; siendo considerados socios estratégicos y la mejor opción para nuestros clientes.

## 1.6 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

Para un diseño de dosificación del concreto en forma general o independiente se debe de resolver los problemas en los siguientes aspectos: la relación agua - cemento, la resistencia requerida, el revenimiento, el tamaño máximo del agregado, el contenido de aire en caso de ser necesario, las condiciones de exposición del concreto y las condiciones de colocación. Estos problemas de dosificación requieren de ajustes en las proporciones de los ingredientes hasta lograr los resultados deseados, y esto se logra con una reingeniería en la parte de control implementando sensores adicionales a los que ya cuenta y lógicamente implementando un controlador con un HMI.

## 1.7 ALCANCE Y LIMITACIONES.

### 1.7.1 ALCANCE.

Este proyecto tendrá un alcance en primer lugar dentro del departamento de Arequipa, y posteriormente se extenderá a nivel nacional; con la finalidad de que la empresa Concretos Supermix, obtengan beneficios al implementar esta propuesta, además la oportunidad de expandirse en el mercado, puesto que al realizar innovaciones en los mecanismos de producción esto se reflejará en el producto final, por ende se tendrá una mayor acogida por parte del cliente.

### 1.7.2 LIMITACIONES.

El proyecto maneja el control de dosificación de agua de un prototipo de una planta de concreto con la utilización de sensores y elementos mecánico eléctricos, mejorando el diseño del concreto; permitiéndonos tener un acceso mediante una estación de control que va a ser controlada automáticamente o manualmente y teniendo un seguimiento de los cambios realizados.

## CAPITULO II

### 2. MARCO TEÓRICO.

#### 2.1 INTRODUCCIÓN.

En este apartado se hace la descripción general del proceso de producción del concreto premezclado, y las diferentes tecnologías con sus características para la integración de un proceso de automatización.

#### 2.2 DESCRIPCIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO EN CONCRETOS SUPERMIX.

La producción de concreto consta de cuatro procesos que son: pesaje de los agregados o materia prima MP, pesaje del cemento, pesaje del aditivo y control de volumen de agua (Fig. 2.1).

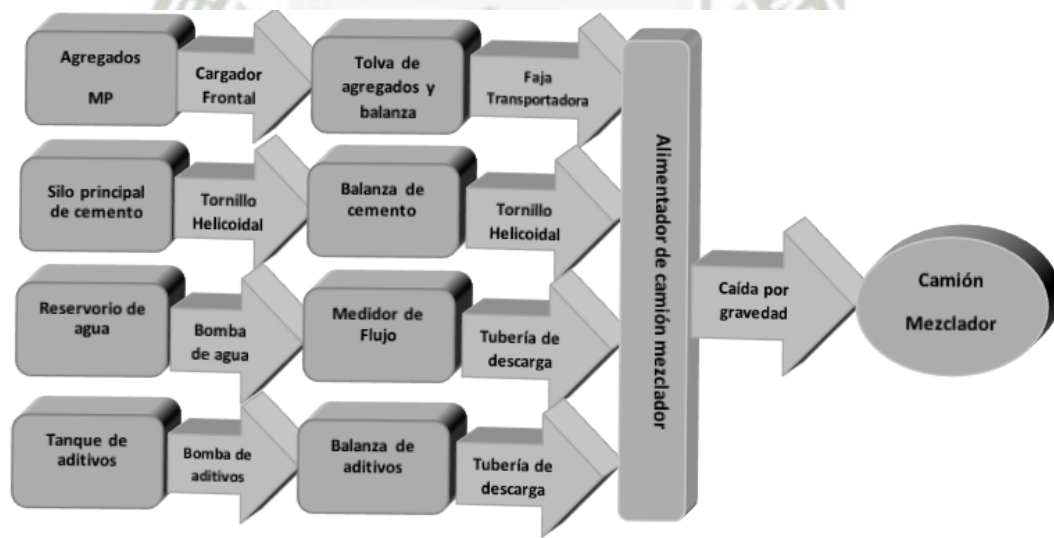


Fig. 2.1 Elaboración del concreto.

Fuente: Elaboración Propia.

Cuando la materia prima, es almacenada en las instalaciones donde se montó la planta móvil (Fig. 2.2) y (Fig. 2.3), se hacen pruebas de laboratorio para comprobar la densidad de la materia prima, los resultados se obtienen minutos después. Al obtener los resultados se

generan nuevas tablas de dosificación, para alcanzar el volumen del concreto correcto.



*Fig. 2.2 Arena fina (agregados).*  
*Fuente: Concretos Supermix S.A.*



*Fig. 2. 3 Piedra 3/4" (agregados).*  
*Fuente: Concretos Supermix S.A.*

Antes de realizar cualquier premezclado, se debe verificar en los agregados el porcentaje de contaminación con agua, si llegara a exceder ciertos límites de contaminación se deben de modificar las

tablas de cantidades de materia prima por  $m^3$  para obtener el diseño de mezcla correcto, esta labor se realiza constantemente debido a que uno de los factores que afecta a la contaminación de los agregados es el clima.



*Fig. 2.4 Toma de muestras y secado para determinar la humedad.*

*Fuente: Concretos Supermix S.A.*

Una prueba muy importante que se debe realizar es la medición del porcentaje de humedad (Fig. 2.4), esta se realiza por el área de control de calidad.

### **2.2.1 ALMACENAMIENTO Y PESAJE DE AGREGADOS.**

Las áreas asignadas para el almacenaje de los agregados, están a la intemperie, por lo que son susceptibles a los fenómenos externos o ambientales, y de alguna manera afecta sus condiciones ideales para el proceso, perturbando que se elabore de manera correcta el premezclado. Por lo que al tener el dato del porcentaje de humedad, dado por el laboratorio, se deben realizar cambios en la cantidad de agua que será suministrada en el proceso de producción de concreto.



*Fig. 2.5 Etapas para los agregados.*

*Fuente: Elaboración propia.*

Con un cargador frontal se extraen los agregados de los almacenes exteriores (Fig. 2.6) y luego se vacían en la tolva pesadora de agregados de la planta móvil (Fig. 2.7).



*Fig. 2.6 Alimentación de agregados con cargador frontal.*

*Fuente: Concretos Supermix S.A.*



*Fig. 2. 7 Tolva pesadora de agregados.*

*Fuente: Concretos Supermix S.A.*

La compuerta de la tolva pesadora de agregados es activada por un pistón neumático de doble efecto controlada por el personal operador desde un tablero de control, esta apertura es intermitente manteniendo una frecuencia de acuerdo a la capacidad de la faja transportadora y su velocidad (Fig. 2.8).



Fig. 2.8 Compuerta accionadas con pistones neumáticos.

Fuente: Concretos Supermix S.A.

De la tolva pesadora, el agregado es se vaciado a una faja trasportadora que lo transporta al alimentador de camión mezclador de concreto (Fig. 2.9).



Fig. 2.9 Agregados transportados al camión mezclador de concreto a través de faja.

Fuente: Concretos Supermix S.A.

La faja transportadora es de 24" de ancho cuenta con polines para carga normal triple de 4" de diámetro (Fig. 2.10), polines de retorno de carga normal simple, un motor reductor de 20 HP potencia, un tambor de cola, un tambor de cabeza y sus tensores ubicados en el tambor de cola de la faja transportadora.



*Fig. 2.10 Polines de faja transportadora.*

*Fuente: Concretos Supermix S.A.*

Cabe resaltar que las tolvas y silos de materia prima sufren atrancamientos al momento de descargar en la faja transportadora y a los tornillos helicoidales, ese problema es solucionado con motores vibradores eléctricos (Fig. 2.11), estos a su vez son accionados de forma manual.



*Fig. 2.11 Vibradores de corriente alterna.*

*Fuente: Concretos Supermix S.A.*

La faja transportadora y el tornillo helicoidal suministran de materia prima y cemento al camión mezclador de concreto con las cantidades programadas (Fig. 2.12), para los diferentes diseños de concreto según sea el requerimiento del proyecto.



*Fig. 2.12 Descarga en el alimentador de camión mixer.*

*Fuente: Concretos Supermix S.A.*

Cuando la planta está en plena producción desde la cabina de control manual el operador controla las electroválvulas neumáticas que se encargan de abrir y cerrar las compuertas, que se ubican debajo de la tolva de pesaje (Fig. 2.13).



*Fig. 2.13 Compuerta de tolva y vibrador.*

*Fuente: Concretos Supermix S.A.*

Cuando se requiere vaciar los agregados al camión mezclador, se abren las compuertas neumáticas de la tolva pesadora y al mismo instante se acciona un motor vibrador; para mantener las paredes de la tolva pesadora limpias de materia prima, el operador controla este proceso desde su cabina de control (Fig. 2.14). Sin embargo frecuentemente el operador comienza con el pesaje de agregados, ya que es el proceso que más tiempo requiere cuando no están llenos los depósitos de la tolva pesadora, por ello siempre se deben mantener al abastecer constantemente mientras la planta no esté produciendo. De igual forma el proceso de cemento requiere un constante reabastecimiento al silo principal siendo este el segundo en tiempo de pesaje.



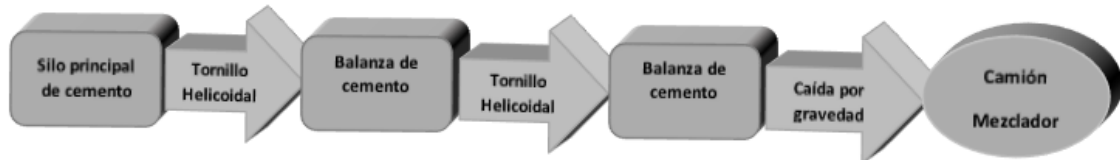
Fig. 2.14 Caseta de control con mandos manuales.

Fuente: Concretos Supermix S.A.

### 2.2.2 ALMACENAMIENTO Y PESAJE DE CEMENTO.

El equipo con el que cuenta la empresa permite un almacenamiento de cemento en un silo principal de 120 Tm, por lo que se evita un constante reabastecimiento externo en algunos casos se cuentan con silos auxiliares de 60 Tm que siempre deben de estar abastecidos, porque de esta manera permite que se reabastezca el silo principal sin interrumpir el proceso de pesaje de cemento en la balanza y garantiza la continuidad de la producción.

En el proceso de pesaje del cemento (Fig. 2.15), se tiene un encendido manual de los tornillos helicoidales, pero se debe de seguir una secuencia que siempre debe de recordar el operador de la planta.



*Fig. 2.15 Proceso de pesaje de cemento.*

*Fuente: Elaboración Propia*

Se almacena el cemento en silos, ver (Fig. 2.16), uno principal y otros auxiliares de distintas medidas en toneladas de acuerdo a la demanda.



*Fig. 2.16 Silo principal de cemento.*

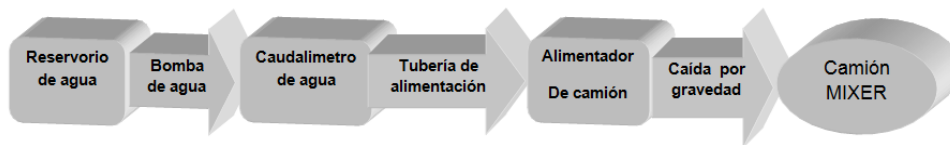
*Fuente: Concretos Supermix S.A.*

La función principal del silo es suministrar cemento en todo momento por medio de un tornillo helicoidal a la balanza que pesa el cemento, también el proceso de pesado es de forma manual controlada por el operario en el cuarto de control.

Al término de este proceso se continua con el ingreso del agua que es el último proceso que se realizara antes de vaciar todos los elementos que conforman el concreto al camión mixer.

### 2.2.3 DOSIFICACIÓN DE AGUA.

Este proceso por lo regular se realiza al final ya que la manipulación del flujo de agua es más sencilla y rápida en comparación de los dos procesos de pesaje mencionados anteriormente (Fig. 2.17).



*Fig. 2.17 Proceso de pesaje del agua.*

*Fuente: Elaboración Propia*

El almacenaje del agua se encuentra en un reservorio de concreto o un tanque metálico que está a nivel del suelo (Fig. 2.18), esta agua por lo general se extrae del subsuelo con bombas de pozo profundo en el caso de plantas fijas o se contrata el servicio de suministro de agua en camiones cisternas en el caso de proyectos.



*Fig. 2.18 Reservorio de concreto para el almacenaje de agua.*

*Fuente: Concretos Supermix S.A.*

La dosificación de agua se efectúa de acuerdo a la humedad de los agregados, y volumen de concreto deseado, y esto se controla por medio de un caudalímetro instalado en la tubería de descarga de la bomba que llega hasta el camión mezclador y cuenta con un display digital en el panel del operador donde se puede ver el volumen de agua suministrado (Fig. 2.19).



Fig. 2.19 Caudalímetro instalado en el panel del operador.

Fuente: Concretos Supermix S.A.

#### 2.2.4 SUMINISTRO DE ADITIVOS.

Los aditivos son productos que se adicionan al concreto en pequeños porcentajes según el diseño de mezcla, las funciones principales de los aditivos son de acelerar o retardar el concreto, también se encargan de facilitar el bombeo, prevenir los asentamiento de la mezcla, etc.

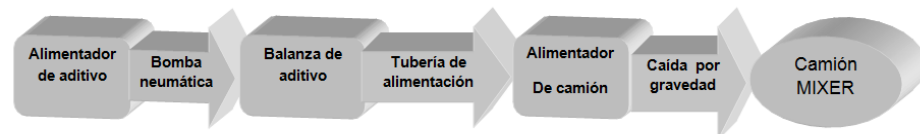
El aditivo es bombeado desde el tanque de almacenamiento hasta una balanza de aditivo ubicada está dentro del cuarto de control (Fig. 2.20), una vez calculado y filtrado el aditivo se bombea nuevamente hacia el camión. El aditivo es incluido al mismo tiempo que se suministra en agua en la producción.



*Fig. 2.20 Depósito de aditivos.*

*Fuente: Concretos Supermix S.A.*

La cantidad de concreto que se va a producir es la que determina la cantidad de aditivo en el proceso.



*Fig. 2.21 Proceso de suministro de aditivo.*

*Fuente: Elaboración Propia.*

### 2.2.5 VACIADO DE BALANZA.

Al terminar de pesar las diferentes materias primas para la mezcla del concreto, se abren las compuertas de las balanzas para ser vertidos hacia el camión Mixer.

Para el vaciado de la balanza de agregados se activa la faja transportadora y los vibradores, en el vaciado de la tolva pesadora de cemento se activan el tornillo helicoidal y los vibradores, esto con el fin de que el material no se quede pegado en las paredes de las tolvas y pueda generar errores en los pesos de la producción.

El mixer o camión mezclador de concreto es un vehículo que mezcla y transporta el concreto fresco que consta de una tolva rotatoria a velocidad variable de forma ovalada ubicada en la parte posterior del vehículo. La tolva consta de aspas helicoidales dobles de paso corto ubicadas en la parte lateral de la tolva, estas están construidas con la misma chapa utilizada en la fabricación del tambor, presenta soldado en su extremo un refuerzo contra el desgaste fabricado con el mismo material las aspas helicoidales permiten la fácil recepción de los materiales de la planta dosificadora y la salida del concreto. Para mayor facilidad al despachar concreto, estas aspas helicoidales invierten su sentido. El sentido y la velocidad de rotación del tambor son obtenidos a través del mando que está compuesto de 3 palancas. Normalmente está localizado en la parte trasera izquierda de la hormigonera.

El camión mezclador de concreto es donde los agregados, cemento, aditivos y agua son mezclados en forma homogénea hasta su entrega final (Fig. 2.22) y (Fig. 2.23).



*Fig. 2.22 Proceso de mezclado dentro del Mixer. .*

*Fuente: Concretos Supermix S.A.*



*Fig. 2.23 Camión Mezclador de Concreto.*

*Fuente: Concretos Supermix S.A.*

## 2.2.6 CLASIFICACIÓN DE CONCRETO.

Es importante mostrar los diferentes tipos de concreto premezclado que se pueden producir, de acuerdo a la demanda del cliente para los diferentes proyectos.

El principal error de la elaboración de los diferentes tipos de concreto premezclado en las condiciones actuales de la empresa, es que la manipulación de un porcentaje de sus plantas es de forma manual.

Con la implementación de la automatización tendrá la posibilidad de producir mayor cantidad evitando retrasos y errores en el pesaje de los componentes. Algunos diseños de concreto aplicados en la empresa Concretos Supermix S.A.

Características	Valor
Relación agua/cemento.	0.450
Relación de finos.	0.480
Módulo de combinación.	4.79
Porcentaje de aire atrapado (%)	1.5 – 2.5
Porcentaje de aditivo Sikament 306 (%).	1.65
Porcentaje de aditivo Plastiment TM 12 (%)	0.25
Asentamiento (pulgadas)	4 – 6

#### Diseño en Peso Seco por Metro Cúbico de Concreto

Materiales	Peso(kg)
Cemento Tipo V	370
Agua	166
Arena	852
Piedra Huso 67	854
Aditivo Sikament 306	6.11
Aditivo Plastiment TM 12	0.93

*Tabla N° 2.1 Diseño de mezcla por metro cubico para producir concreto  $f_c=210$  Kg/cm<sup>2</sup>.*

*Fuente: Laboratorio de control de calidad Concretos Supermix S.A.*

#### 2.2.7 PRUEBAS DE LABORATORIO.

Todo concreto elaborado se somete a pruebas en laboratorio de compresión y revenimiento, las muestras son tomadas al momento de vaciar el concreto en obra, y son sometidas a un proceso de curado el cual puede tomar varios días una vez culminadas las pruebas en laboratorio se obtienen los resultados con los cuales la empresa garantiza el tipo de concreto suministrado a pedido del cliente.



*Fig. 2.24 Laboratorio de pruebas de concretos.*

*Fuente: Laboratorio de control de calidad Concretos Supermix S.A.*

## 2.3 TECNOLOGÍAS Y SUS CARACTERÍSTICAS PARA LA INTEGRACIÓN DEL PROCESO.

En este capítulo abordaremos el uso y una breve explicación del funcionamiento de las tecnologías utilizadas en instrumentación para medición de líquidos y sólidos de forma continua, además de mencionar las principales características de los controladores inteligentes, también se da una explicación sobre el funcionamiento de las válvulas electroneumáticas proporcionales de caudal, luego se comentan particularidades de las HMI, para la automatización a nivel industrial.

### 2.3.1 MANEJO DE TECNOLOGÍAS DE CONTROL EN LA INDUSTRIA

Para un proceso automatizado, o cualquier otro sistema de control, es necesario elementos que se interrelacionen con él, pueden ser sensores y actuadores.

Los actuadores pueden definirse generalmente como el resultado final de la señal que envía un sensor y es analizada para manifestarse como motores, lámparas, electroválvulas, contactores, compuertas, etc.

Los sensores, definidos como los elementos capaces de captar un evento, percibirlo como una situación determinada, cuantificar a partir de él una variable física. Su cualidad más interesante es que son capaces de transformar todo ello en una señal eléctrica para ser procesada más tarde.<sup>1</sup>

### **2.3.2 SENSORES.**

Un sensor o captador, como prefiera llamársele, no es más que un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que seamos capaces de cuantificar y manipular.

Normalmente estos dispositivos se encuentran realizados mediante la utilización de componentes pasivos (resistencias variables, PTC, NTC, LDR, etc. Todos aquellos componentes que varían su magnitud en función de alguna variable), y la utilización de componentes activos.<sup>2</sup>

### **2.3.3 DESCRIPCIÓN DE TIPOS DE SENSORES DE MEDICIÓN DE NIVEL.**

En un proceso continuo, se exige la medición de sólidos y líquidos de forma continua, en particular de tolvas, tanques y silos de almacenamiento, destinados a contener materia prima o productos finales. Los medidores de nivel continuo proporcionan una medición continua de nivel.

---

<sup>1</sup> Extraído de <http://www.alcabot.com/alcabot/seminario2006/Trabajos/AntonioMartinezSaiz.pdf>

<sup>2</sup> Extraído de [http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens\\_transduct/que\\_es.htm](http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens_transduct/que_es.htm)

### 2.3.3.1 SENSOR DE NIVEL ULTRASONIDO.

Los sensores de ultrasonidos son antes que nada sonido, exactamente igual que los que oímos normalmente, salvo que tienen una frecuencia mayor que la máxima audible por el oído humano. Ésta comienza desde unos 16 Hz y tiene un límite superior de aproximadamente 20 KHz, mientras que nosotros vamos a utilizar sonido con una frecuencia de 40 KHz. A este tipo de sonidos es a lo que llamamos Ultrasonidos.

El funcionamiento como medidores de distancia se muestra de una manera muy clara en la siguiente figura, donde se tienen un transmisor que emite un pulso de ultrasonido que rebota sobre un determinado objeto y la reflexión de ese pulso es detectada por un receptor de ultrasonidos.

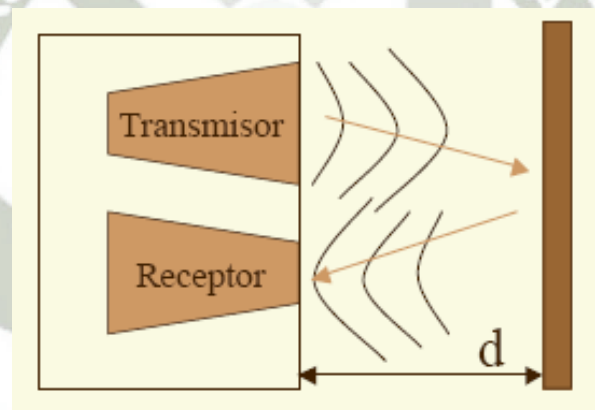


Fig. 2.25 Funcionamiento del ultrasonido.

Fuente: [www.alcabot.com](http://www.alcabot.com)

Los sensores de ultrasonido de bajo costo están basados en la emisión de un pulso de ultrasonido cuyo lóbulo, o campo de acción, es de forma cónica. Midiendo el tiempo que transcurre entre la emisión del sonido y la percepción del eco se puede establecer la distancia a la que se encuentra el obstáculo que ha producido la reflexión de la onda sonora.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Extraído de <http://www.alcabot.com/alcabot/seminario2006/Trabajos/DiegoPerezDeDiego.pdf>



Fig. 2.26 Sensor de distancia por ultrasonido.

Fuente: [www.tme.eu/es](http://www.tme.eu/es)

### 2.3.3.2 SENSOR DE FLUJO.

Es un instrumento de medición de caudal o gasto volumétrico de un fluido o para la medición del gasto másico, estos aparatos suelen colocarse en línea con la tubería que transporta el fluido. También suelen llamarse medidores de caudal, medidores de flujo o flujómetros. Existen versiones mecánicas y eléctricas. Un ejemplo de caudalímetro eléctrico lo podemos encontrar en los calentadores de agua de paso que lo utilizan para determinar el caudal que está circulando o en las lavadoras para llenar su tanque a diferentes niveles.<sup>4</sup>

El sensor de flujo de agua se compone de un cuerpo de válvula de plástico, un rotor de agua, y un sensor de efecto Hall. Su velocidad cambia con la diferente tasa de flujo. El sensor de efecto Hall emite la señal de impulso que corresponde.<sup>5</sup>

Sus partes mecánicas consisten en un molino con aspas transversales a la circulación de flujo, el molino tiene en un extremo un imán permanente, cuando este imán gira genera un campo magnético variable que es leído por un sensor de efecto de campo magnético (sensor de efecto Hall), después el circuito electrónico lo convierte en pulsos que transmite a través de un cable.<sup>6</sup>

<sup>4</sup> Extraído de <https://es.wikipedia.org/wiki/Caudal%C3%ADmetro>

<sup>5</sup> Extraído de <http://silicio.mx/sensor-de-flujo-de-agua-1-2>

<sup>6</sup> Extraído de <https://www.clubensayos.com/Temas-Variados/44-Medicion-Del-Caudal/2178493.html>



Fig. 2.27 Caudalímetro.

Fuente: [www.hispacontrol.com/liquidos/589-caudalimetro](http://www.hispacontrol.com/liquidos/589-caudalimetro).

### 2.3.3.3 SENSOR DE HUMEDAD DE TIERRA ECH2O.

La humedad es una variable física definida formalmente como la cantidad de agua disuelta en un gas o absorbida en un sólido. Es una variable importante en muchos ámbitos; por ejemplo, en procesos de fabricación que deben ser ejecutados respetando condiciones de humedad específicas para garantizar los productos. A veces la clave está en la humedad del aire ambiental, y otras en la humedad de los productos mismos.<sup>7</sup>

El sensor de humedad del suelo ECH2O, se emplean en todo el mundo para medir la humedad de tierra, las sondas de humedad de tierra ECH2O son sondas capacitivas (FDR) que miden la permisividad dieléctrica de la tierra para calcular el contenido volumétrico de agua. Estos sensores presentan las siguientes ventajas<sup>8</sup>:

- Nivel prestaciones similares a las proporcionadas por un sensor TDR.

<sup>7</sup> Extraído de [http://www.gisiberica.com/Higr%F3metros%20especiales/medicion\\_humedad\\_solidos.htm](http://www.gisiberica.com/Higr%F3metros%20especiales/medicion_humedad_solidos.htm)

<sup>8</sup> Extraído de <http://www.ech2osystem.com/instrumentacion-y-sensores/sondas-de-humedad-del-suelo-ech2o.html>

- Diseño robusto y de larga duración para monitorizar a largo plazo.
- La calibración es válida para la mayoría de tierras minerales y sustratos con niveles normales de salinidad.
- Necesidades de alimentación muy bajas.
- Instalación sencilla a cualquier profundidad (diseño modular) y orientación en el perfil del suelo.
- Medidas reales del perfil de la tierra.



*Fig. 2.28 Sensor de humedad para suelos y otros.*

*Fuente: [www.hydronix.com](http://www.hydronix.com)*

#### **2.3.3.4 CELDAS DE CARGA.**

Las celdas de carga o sensores de peso son aquellos dispositivos electrónicos desarrollados con la finalidad de detectar los cambios eléctricos provocados por una variante en la intensidad de un peso aplicado sobre la báscula o balanza, información que a su vez transmite hacia un indicador de peso o controlador de peso.<sup>9</sup>

La celda de carga o sensor de peso es un componente esencial al igual que el indicador de peso.

<sup>9</sup> Extraído de <http://www.pesaje-agropecuaria.com.mx/celdas-de-carga.html>



Fig. 2.29 Sensor de peso o celdas de carga.

Fuente: [www.mettlertoledo.com](http://www.mettlertoledo.com)

Tipo		WLC-SPPCL
* Clase de Precisión a OIML R60		C3
* Número máximo de intervalos de verificación de celda de carga		300
* Capacidad máxima(Emax)	kg	5;7;10;15;20;30;50;75;100;150
* Mínimo intervalo de verificación de carga de celda(Vmin)	% de Cn	0.03
* Tamaño máx. de plataforma	mm	400×400
* Peso (G), aprox.	kg	0.33
* Sensibilidad (Cn)	mV/V	2±10%
* Balance de cero	mV/V	0±3%
* Temperatura sobre sensibilidad (TKc)*	% de Cn/kg	< ±0.0012
* Temperatura sobre balance de cero (TKo)	% de Cn/kg	< ±0.0040
* No-linealidad (dlin)*	%	< ±0.017
* Repetibilidad(drep)*	%	< ±0.017
* Histéresis(dhy)*	%	< ±0.017
* Resistencia de entrada(RLC)□	Ω	415 ±15
* Resistencia de salida(RO)	Ω	350±3
* Voltaje de excitación(Uref)	V(DC/AC)	0.5...12
* Voltaje de excitación maximal	V(DC/AC)	18
* Rango de temperatura nominal	°C [°F]	-10...+40[15...+105]
* Rango de temperatura de servicio	°C [°F]	-10...+50[15...+122]
* Rango de temperatura de almacenaje□	°C [°F]	-25...+70[-13...+158]
* Seguridad de límite de sobrecarga	% de Cn	150
* Protección IP		IP66
* Material		Aluminio
* Opcional		Intrinsecamente segura

Tabla N° 2.2 Características de la celda de carga

Fuente: [www.mettlertoledo.com](http://www.mettlertoledo.com)

### 2.3.4 ACTUADORES.

Un actuador es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o “actuar” otro dispositivo mecánico. La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes posibles: presión neumática, presión hidráulica, y fuerza

motriz eléctrica (motor eléctrico o solenoide), dependiendo del origen de la fuerza el actuador se denomina “neumático”, “hidráulico” o “eléctrico”.

El objetivo final del actuador rotatorio es generar un movimiento giratorio. El movimiento debe estar limitado a un ángulo máximo de rotación. Normalmente se habla de actuadores de cuarto de vuelta, o 90°; fracción de vuelta para ángulos diferentes a 90°, por ejemplo 180°; y de actuadores multi-vuelta, para válvulas lineales que poseen un eje de tornillo o que requieren de múltiples vueltas para ser actuados.<sup>10</sup>

#### 2.3.4.1 ELECTROVÁLVULA.

Las electroválvulas son dispositivos que responden a pulsos eléctricos, gracias a la corriente que circula a través del solenoide es posible abrir o cerrar la válvula controlando, de esta forma, el flujo de fluidos. Al circular corriente por solenoide genera un campo magnético que atrae el núcleo móvil y al finalizar el efecto del campo magnético, el núcleo vuelve a su posición, en la mayoría de los casos, por efecto de un resorte.

Las electroválvulas son más fáciles de controlar mediante programas de software, es ideal para la automatización industrial.

Las electroválvulas se utilizan en gran número de sistemas y rubros industriales que manejan fluidos como el agua, el aire, el vapor, aceites livianos, gases neutros y otros. En particular, las electroválvulas suelen implementarse en lugares de difícil acceso ya que pueden ser accionadas por medio de acciones

---

<sup>10</sup> Extraído de <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/actuadores.pdf>

eléctricas. También son utilizadas en vacío o hasta en altas presiones y altas temperaturas.<sup>11</sup>

#### 2.3.4.2 CILINDRO NEUMÁTICO.

Los cilindros neumáticos son unidades que transforman la energía potencial del aire comprimido en energía cinética o en fuerzas prensoras. Básicamente consisten en un recipiente cilíndrico provisto de un émbolo o pistón.

Al introducir un determinado caudal de aire comprimido, éste se expande dentro de la cámara y provoca un desplazamiento lineal. Si se acopla al émbolo un vástago rígido, este mecanismo es capaz de empujar algún elemento, o simplemente sujetarlo. La fuerza de empuje es proporcional a la presión del aire y a la superficie del pistón.<sup>12</sup>

---

<sup>11</sup> Extraído de <http://www.distribtec.com.ar/novedaddetalle.php?titulo=%BFQU%C9%20ES%20UNA%20ELECTROV%C1LVULA%20%20PARA%20QU%C9%20SIRVE?>

<sup>12</sup> Extraído de <http://www.microautomacion.com/catalogo/Actuadores.pdf>



*Fig. 2.30 Cilindro neumático.*

*Fuente: [www.festo.com](http://www.festo.com)*

#### **2.3.4.3 MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO.**

Es una máquina eléctrica rotativa, capaz de convertir la energía eléctrica suministrada, en energía mecánica. La energía eléctrica origina campos magnéticos rotativos en el bobinado del estator. Los motores eléctricos, se fabrican en las más diversas potencias, desde una fracción de caballo hasta varios miles de caballos de fuerza (HP), se los construye para prácticamente, todas las tensiones y frecuencias normalizadas y muy a menudo están equipados para trabajar a dos tensiones nominales distintas. Se emplean para accionar máquinas-

herramienta, bombas, montacargas, ventiladores, grúas, maquinaria elevada, sopladores, etc.<sup>13</sup>

### **A. PARTES Y FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO.**

Independientemente del tipo de motor trifásico del que se trate, todos los motores trifásicos convierten la energía eléctrica en energía mecánica.

- El estator: está constituido por un enchapado de hierro al silicio, introducido generalmente a presión, entre una carcasa de hierro colado, el enchapado es ranurado, lo cual sirve para insertar allí las bobinas, que a su vez se construyen con alambre de cobre, de diferentes diámetros.
- El rotor: es la parte móvil del motor. Está formado por el eje, el enchapado y unas barras de cobre o aluminio unidas en los extremos con tornillos, a este tipo de rotor se le llama de jaula de ardilla o en cortocircuito porque el anillo y las barras que son de aluminio, forman en realidad una jaula.
- Los escudos: están hechos con hierro colado (la mayoría de veces). En el centro tienen cavidades donde se incrustan cojinetes de bolas sobre los cuales descansa el eje del rotor. Los escudos deben estar siempre bien ajustados con respecto al estator, porque de ello depende que el rotor gire libremente, o que tenga "arrastres" o "fricciones".<sup>14</sup>

---

<sup>13</sup> Extraído de <http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>

<sup>14</sup> Extraído de <http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>



*Fig. 2.31 Motor trifásico.*

*Fuente: [www.weg.net](http://www.weg.net)*

### **2.3.5 RELÉ INTELIGENTE ZELIO.**

Hasta no hace mucho tiempo el control de procesos industriales se venía haciendo de forma cableada por medio de contactores, al operario que se encontraba a cargo de este tipo de instalaciones, se le exigía tener altos conocimientos técnicos para poder realizarlas y posteriormente mantenerlas. Además cualquier variación en el proceso suponía modificar físicamente gran parte de las conexiones de los montajes, siendo necesario para ello un gran esfuerzo técnico y un mayor desembolso económico.<sup>15</sup>

En la actualidad no se puede entender un proceso de control simplemente intervenido por técnicas cableadas.

El ordenador y los equipos programables han intervenido de forma considerable para que este tipo de instalaciones hayan sido sustituidas por otras controladas de forma programada. Para la programación de los circuitos automatizados en cada uno de estos

equipos se debe utilizar programas mediante un ordenador y conexión mediante cable de datos.



Fig. 2.32 Relés inteligentes marca Zelio.

Fuente: [www.schneider-electric.ec](http://www.schneider-electric.ec)

Por ejemplo el programa autorizado para programar los relés inteligentes Zelio se requiere el programa Zelio-Soft.

El software Zelio-Soft está diseñado para pequeños sistemas de automatismos. Se usa tanto en los sectores de la industria como en el de servicios.<sup>16</sup>

### 2.3.5.1 APLICACIONES DE LOS RELÉS INTELIGENTES ZELIO.

- Automatización de máquinas de terminaciones, producción, ensamblaje o embalaje.
- Automatización de equipos auxiliares en máquinas del sector textil, plásticos y sector de proceso de materiales.
- Automatización de maquinaria para la agricultura (riego, bombeo, invernaderos, etc.).
- Automatización de barreras, cortinas eléctricas, controles de acceso,
- Automatización de instalaciones de iluminación.

<sup>16</sup> Extraído de [http://www.efn.uncor.edu/departamentos/electro/cat/eye\\_archivos/apuntes/a\\_practico/CAP%209%20Pco.pdf](http://www.efn.uncor.edu/departamentos/electro/cat/eye_archivos/apuntes/a_practico/CAP%209%20Pco.pdf)

- Automatización de compresores y sistemas de aire acondicionado.

La simplicidad de su programación, garantizada por el uso de dos lenguajes (LADDER y FBD), cumple con las exigencias en la automatización.

Los relés inteligentes son convenientes para sistemas de automatismos simples de hasta 20E/S. Si es requerido, en los relés modulares pueden agregarse extensiones de E/S y un módulo de comunicación Modbus con un mayor desempeño y flexibilidad, desde 10 hasta 40 E/S.

#### **2.3.5.2 VENTAJAS RELÉ ZELIO.**

- Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que no es necesario dibujar el esquema de contactos.
- La lista de materiales para control queda reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente representa una reducción de costos.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- Menor costo de mano de obra de la instalación.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómeta, etc.<sup>17</sup>

#### **2.3.5.3 DESVENTAJAS RELÉ ZELIO.**

La programación requerida para estos autómetas si bien es cierto es muy simple y práctica, siempre se va a requerir adquirir

---

<sup>17</sup> Extraído de [http://www.efn.uncor.edu/departamentos/electro/cat/eye\\_archivos/apuntes/a\\_practico/CAP%209%20Pco.pdf](http://www.efn.uncor.edu/departamentos/electro/cat/eye_archivos/apuntes/a_practico/CAP%209%20Pco.pdf)

estos conocimientos previos para la utilización de los mismos, por lo tanto es una desventaja que no todas las personas tengan acceso a ese tipo de programación.

El costo inicial también puede ser un inconveniente.

#### 2.3.5.4 MONTAJE Y DESMONTAJE.

El montaje del Zelio se efectúa en una regleta o perfil insertada en el tablero de control, de forma que de ser necesario sea de fácil desmontaje y probable reprogramación vía ordenador y cable de datos, de ser el caso también se puede asegurar a una pared con pernos o en un lugar de accesible para manejar las variables a controlar con facilidad.

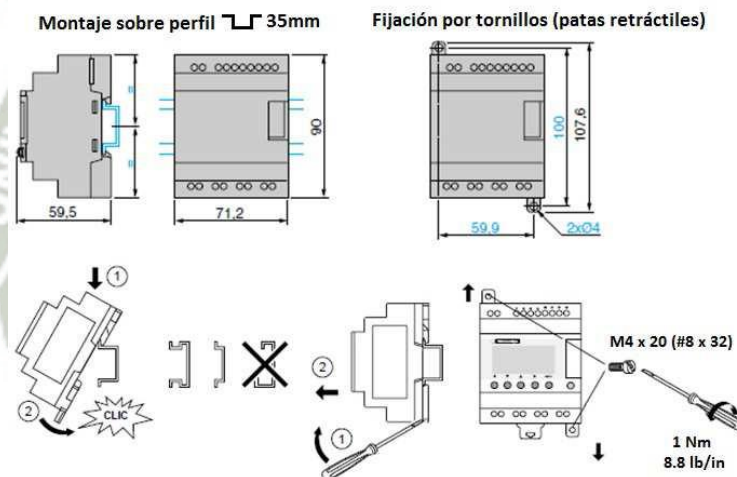


Fig. 2.33 Montaje de relé programable Zelio.

Fuente: [www.schneider-electric.ec](http://www.schneider-electric.ec)

#### 2.3.5.5 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL.

Zelio-Soft 2 es un software diseñado especialmente para controladores o relés inteligentes Zelio de Schneider en el cual

se pueden realizar simulaciones de circuitos que después pueden ser llevados al equipo para que este lo reproduzca.

#### **2.3.5.6 REQUISITOS DE SISTEMAS OPERATIVOS.**

El programa Zelio-Soft 2 es un programa de pequeña capacidad, pero de gran utilidad debido a sus funcionalidades de programación en bloque de funciones Fdb o lenguaje de contactos Ladder. En lo que respecta a requerimientos son muy limitados, se requiere un espacio de disco de menos de 512 MB y es compatible con versiones de Windows 95-98-2000, NT 4.0 SP5, Windows XP Pro, Vista, 7. Además no requiere un procesador de elevado rendimiento.

#### **2.3.5.7 SOFTWARE ZELIO-SOFT 2.**

En informática se define como cualquier lenguaje artificial que puede utilizarse para definir una secuencia de instrucciones para su procesamiento por un ordenador o computadora.

Un lenguaje de programación es mediante el cual podemos comunicarnos con el hardware y dar así las órdenes adecuadas para la realización de un determinado proceso, para nuestro caso la programación se realiza en un ordenador, luego es transferido al controlador mediante un cable de datos y luego se realiza la acción de control.

El programa está formado por un conjunto de instrucciones, sentencias, bloques funcionales y grafismos que indican las operaciones a realizar. Las instrucciones representan la tarea más elemental de un programa: leer una entrada, realizar una operación, activar una salida, etc. La sentencia representa el

mínimo conjunto de instrucciones o sentencias que realizan una tarea o función compleja.<sup>18</sup>

#### **2.3.5.8 TIPOS DE PROGRAMACIÓN.**

- Lenguaje de contactos (KOP).
- Lenguaje de funciones (FUP).

#### **2.3.5.9 ESQUEMA DE CONTACTOS KOP.**

La representación del lenguaje de programación gráfico KOP (esquema de contactos o ladder) es similar a la de los esquemas de circuitos. Los elementos de un esquema de circuitos, tales como los contactos normalmente cerrados y normalmente abiertos, se agrupan en segmentos. Uno o varios segmentos constituyen el área de instrucciones de un bloque lógico.

Con este tipo de diagramas se describe normalmente la operación eléctrica de distintos tipos de máquinas, y puede utilizarse para sintetizar un sistema de control y, con las herramientas de software adecuadas, realizar la programación del relé inteligente.<sup>19</sup>

#### **2.3.5.10 LOS CONTACTOS.**

Los elementos a evaluar para decidir si activar o no las salidas en determinado "escalón", son variables lógicas o binarias, que pueden tomar solo dos estados: 1 ó 0. Estos estados que provienen de entradas van a los relés internos del mismo.<sup>20</sup>

---

<sup>18</sup> Extraído de [https://www.ecured.cu/Lenguaje\\_de\\_Programaci%C3%B3n](https://www.ecured.cu/Lenguaje_de_Programaci%C3%B3n)

<sup>19</sup> Extraído de <http://www.ingenieriaparatodos.com/2016/09/introduccion-plc.html>

<sup>20</sup> Extraído de <http://electrogust.blogspot.pe/2009/05/plc.html>

En la programación Escalera (Ladder), estas variables se representan por contactos, que justamente pueden estar en solo dos estados: abierto o cerrado.<sup>21</sup>

#### 2.3.5.11 FUNCIONES LÓGICAS.

- Temporizadores
- Contadores

Se representan en formato de bloques, y se define:

- La base de los tiempos y el tiempo final en el caso de temporizadores
- El módulo de contaje y condiciones de paro y reset en el caso de contadores.

Existen también bloques funcionales complejos que permiten la manipulación de datos y las operaciones con variables digitales de varios bits.<sup>22</sup>

#### 2.3.5.12 LOS TEMPORIZADORES.

Como lo indica su nombre, cada vez que alcanzan cierto valor de tiempo activan un contacto interno. Dicho valor de tiempo, denominado preset o meta, debe ser declarado por el usuario.

Luego de haberse indicado el tiempo de meta, se le debe indicar con cuales condiciones debe empezar a temporizar, o sea a contar el tiempo.

Para ello, los temporizadores tienen una entrada denominada start o inicio, a la cual deben llegar los contactos o entradas que sirven como condición de arranque.

---

<sup>21</sup> Extraído de <http://www.educacionurbana.com/apuntes/ladder.pdf>

<sup>22</sup> Extraído de [http://www.academia.edu/17535582/Diagrama\\_Escalera](http://www.academia.edu/17535582/Diagrama_Escalera)

Dichas condiciones, igual que cualquier otro renglón de ladder, pueden contener varios contactos en serie, en paralelo, normalmente abiertos o normalmente cerrados.<sup>23</sup>

### 2.3.5.13 LOS CONTADORES.

Definidos como posiciones de memoria que almacenan un valor numérico, mismo que se incrementa o decremento según la configuración dada a dicho contador. Como los temporizadores, un contador debe tener un valor prefijado como meta o preset, el cual es un número que el usuario programa para que dicho contador sea activo o inactivo según el valor alcanzado.

Esta función permite realizar contajes progresivos o regresivos de los pulsos hasta un valor de preselección definido en la ventana de parámetros.

El bloque de función contador posee una entrada de contaje (CC) (en cada excitación de la bobina, el contador aumenta o disminuye en intervalos de 1 según el sentido de contaje seleccionado), una entrada Puesta a cero (RC), una entrada de sentido de contaje (DC) (el bloque realiza un contaje regresivo si se activa esta entrada) y una salida C que permiten saber cuál es el nivel controlado por el contador. Cuando se alcanza el valor de preselección, esta salida pasa a 1 hasta la puesta a cero o el contaje en sentido contrario. El valor de contaje y el valor de preselección se pueden visualizar en la pantalla del Módulo.<sup>24</sup>

---

<sup>23</sup> Extraído de <https://es.slideshare.net/EquipoSCADA/programacin-de-plcs-lenguaje-escalera>

<sup>24</sup> Extraído de Zelio Logic 2 Módulo lógico Manual del usuario.

## 2.4 INTERFACE HOMBRE MAQUINA HMI.

Los sistemas Human Machine Interface HMI, es decir, el dispositivo o sistema que permite el interfaz entre la persona y la máquina se están masificando cada vez más a nivel industrial. Según los expertos en el tema responde principalmente a la necesidad de tener un control más preciso y agudo de las variables de producción y de contar con información relevante de los distintos procesos en tiempo real.

### 2.4.1 LABVIEW.

Labview es un software de programación gráfica para aplicaciones que impliquen adquisición, control, análisis y presentación de datos. Labview emplea la programación gráfica o lenguaje G para crear programas basados en diagramas de bloques. Labview es compatible con herramientas e instrumentos similares a los sistemas de desarrollo comerciales que utilizan el lenguaje C o BASIC y puede trabajar con programas, aplicaciones de otras áreas como por ejemplo la plataforma Arduino.

Labview tiene extensas librerías de funciones y subrutinas. Además de las funciones básicas de todo lenguaje de programación, Labview incluye librerías específicas para la adquisición de datos, control de instrumentación VXI, GPIB y comunicación serie, análisis presentación y guardado de datos.

Las ventajas al trabajar con Labview son las siguientes:

- El sistema tiene un compilador gráfico que se ejecuta a la máxima velocidad posible.
- Incorpora aplicaciones y diseños escritos en otros lenguajes.

- El software tiene un sistema donde se integran las funciones de adquisición, análisis y presentación de datos.
- Su utilización ayuda a los usuarios a crear soluciones completas y complejas en sus proyectos.
- Las aplicaciones se reduce al menos de 4 a 10 veces su desarrollo ya que es muy intuitivo y fácil de aprender.
- Dota de gran flexibilidad al sistema, permitiendo cambios y actualizaciones tanto del hardware como del software.

#### 2.4.2 PROGRAMACIÓN GRÁFICA DE LABVIEW.

Básicamente al diseñar el programa con Labview se crea algo denominado VI (instrumento virtual), este VI puede utilizarse en cualquier otra aplicación como una subfunción dentro de un programa general. Los VI se caracterizan por ser un cuadrado con su respectivo símbolo relacionado con su funcionalidad, tener una interfaz con el usuario, tener entradas con su color de identificación de dato, tener una o varias salidas y por supuesto ser reutilizables. Debido al lenguaje gráfico, el compilador Labview es más cambiable, ya que sobre el mismo código se puede ver fácilmente el flujo de datos así como su contenido.<sup>25</sup>

---

<sup>25</sup> Extraído de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0774\\_EA.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0774_EA.pdf)

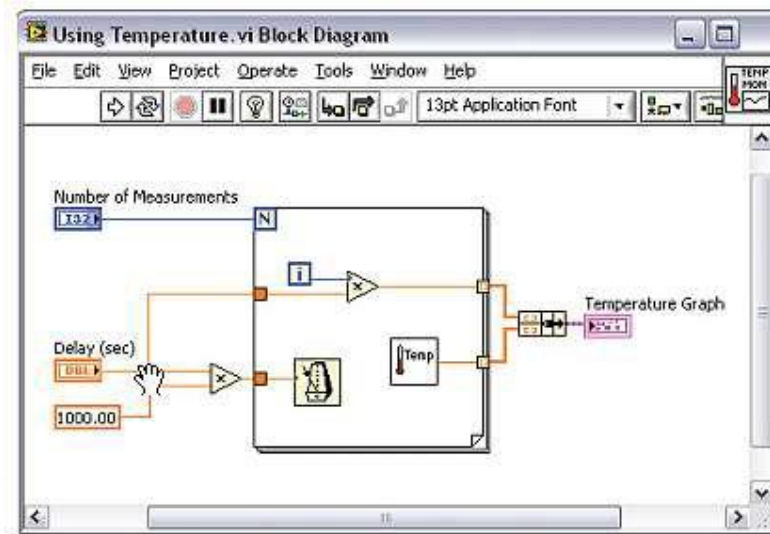


Fig. 2.34 Programación grafica de Labview.

Fuente: Elaboración Propia.

### 2.4.3 ENTORNO LABVIEW.

La programación grafica de Labview consta de un panel frontal y un panel de código como se mencionó antes, en este panel frontal es donde se diseña la interface de usuario y se ubican los indicadores y controladores. En el panel de código se encuentran las funciones. Cada control que se utiliza en la interfaz tiene un representación en el panel de código, igualmente los indicadores necesarios para entregar la información procesada al usuario tienen un código que los identifica en el panel de código o programación. Los controles pueden ser booleanos, numérico, strings, un arreglo matricial y los indicadores pueden ser como tablas, graficas en 2D o 3D, browser todo pudiéndolos visualizar.

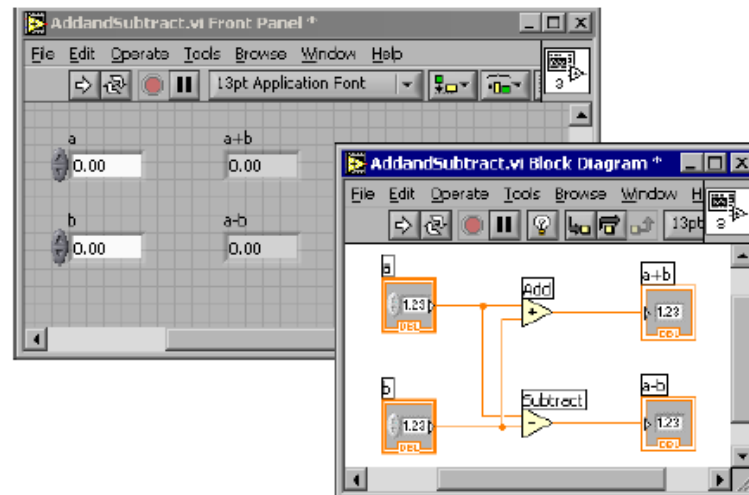


Fig. 2.35 Programación gráfico de Labview.

Fuente: Elaboración Propia.

La plataforma Arduino se programa mediante el uso de un lenguaje propio basado en la popular programación de alto nivel processing. El entorno es un código abierto, libre en la cual hace fácil escribirlo y cargarlo a la placa E/S, funciona con los sistemas operativos de Windows, Mac OS X y Linux. Sin embargo es posible utilizar otros lenguajes de programación y aplicaciones populares en Arduino.

Arduino está basado en C y soporta todas las funciones del estándar C y algunas de C++.<sup>26</sup>



Fig. 2. 36 Logo software Arduino.

Fuente: <http://arduino.cc>

<sup>26</sup> Extraído de <https://es.wikipedia.org/wiki/Arduino>

#### 2.4.4 CONFIGURACIÓN DE UNA PLACA ARDUINO EN UN“DAQ” UTILIZANDO LABVIEW.

Gracias a National Instruments, han creado componentes para Labview (VI) y el firmware necesario para convertir una placa de Arduino en una tarjeta de adquisición de datos y poder manejarla por USB desde Labview.<sup>27</sup>

Requisitos necesarios:

- Un Arduino UNO.
- El IDE de Arduino
- Labview 2009 o superior.
- Kit de drivers VISA.
- Labview Interface for Arduino.

#### 2.4.5 SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN.

La Real Academia de las Ciencias Físicas y Exactas define la automatización como el conjunto de métodos y procedimientos para la sustitución del operario en tareas físicas y mentales previamente programadas. De esta definición original se desprende la definición de la automatización como la aplicación de la automática al control de procesos industriales.

Por proceso, se entiende aquella parte del sistema en que, a partir de la entrada de material, energía e información, se genera una transformación sujeta a perturbaciones del entorno, que da lugar a la salida de material en forma de producto. Los procesos industriales se conocen como procesos continuos, procesos discretos y procesos batch. Los procesos continuos se caracterizan por la salida del proceso en forma de flujo continuo de material, como por ejemplo la purificación de agua o la generación de electricidad. Los procesos

---

<sup>27</sup> Extraído de <http://roboticaludica.com/?p=763>

discretos contemplan la salida del proceso en forma de unidades o número finito de piezas, siendo el ejemplo más relevante la fabricación de automóviles. Finalmente, los procesos batch son aquellos en los que la salida del proceso se lleva a cabo en forma de cantidades o lotes de material, como por ejemplo la fabricación de productos farmacéuticos o la producción de cerveza.

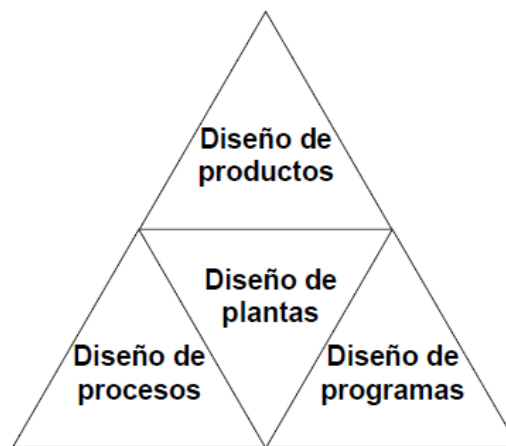


Fig. 2. 37 Logo

Fuente: [www.epsevg.upc.edu](http://www.epsevg.upc.edu).

En cuanto a la expresión control de procesos industriales, ésta abarca, desde un punto de vista académico, la teoría de control básica de realimentación y acción PID, la instrumentación de control (sensores, actuadores, dispositivos electrónicos, etc.), la aplicación a procesos industriales (como, por ejemplo, la mezcla de componentes en un reactor químico), las diversas arquitecturas de control (centralizado, distribuido), las estructuras de control (feedback, feedforward, cascada, etc.) y la teoría de control avanzada (control predictivo, control multivariable, etc.), por citar algunos de los aspectos más relevantes.

Respecto a instrumentación de control, los tres elementos básicos capaces de llevar a cabo el control secuencial o la regulación continua dentro del control de procesos industriales son el llamado autómatas programables PLC, el ordenador industrial y los reguladores

industriales (tanto en versión analógica como digital). Estos tres elementos comparten protagonismo y es frecuente encontrar artículos de opinión donde se comenta el futuro de la utilización de los PLC ante las continuas mejoras del control realizado mediante ordenador. Disputas aparte, cada uno de estos elementos halla su aplicación en la industria actual, y es por ello que la tendencia en los próximos años sea la de continuar utilizando estos elementos.<sup>28</sup>

#### **2.4.6 FASES PARA LA PUESTA EN MARCHA DE UN PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN.**

Existen complejos procesos de automatización que requieren de la colaboración entre los diversos departamentos de una empresa (gestión, logística, automatización, distribución, etc.). En esta sección se enfoca el problema en concreto en la parte de automatización, desde el punto de vista del trabajo que debe realizar el ingeniero/ingeniera técnica. El marco metodológico consta de las fases siguientes, que el operario debe realizar:

- Automatización
- Supervisión
- Interacción
- Implementación
- Pruebas

---

<sup>28</sup> Extraído de <http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf>

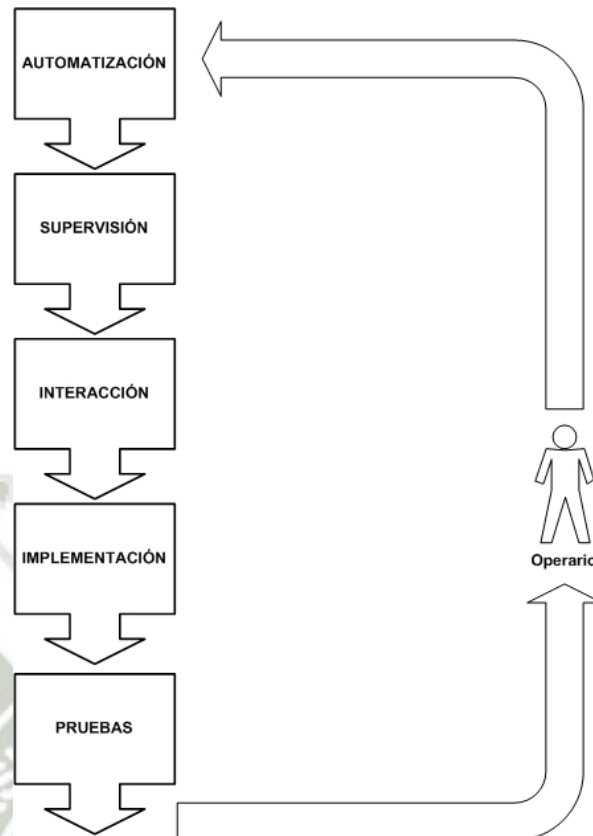


Fig. 2.38 Marco metodológico.

Fuente: Fuente: [www.epsevg.upc.edu](http://www.epsevg.upc.edu)

En el caso de llevar a la práctica un proyecto de automatización, es necesario seguir las fases de la metodología presentada, así como indicar el tipo de operario o grupo de ellos encargados de llevar a cabo las fases por separado o el conjunto de ellas.

La figura ilustra la secuencia ordenada de fases. Es decir, si la metodología quiere llevarse a la práctica hay que seguir paso a paso el método de forma secuencial. Cabe destacar el rol del operario en este esquema. El operario lleva a cabo cada una de las fases; hace la transición entre una fase y la siguiente, y, finalmente, se encarga de proceder a una iteración para rehacer el primer ciclo para introducir mejoras.<sup>29</sup>

<sup>29</sup> Extraído de <http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf>

## CAPITULO III

### 3. IMPLEMENTACIÓN DE PROTOTIPO DOSIFICADOR DE CONCRETO.

Para la implementación del prototipo se realizó el siguiente esquema de bloques con las variables de campo explicadas en el marco teórico:



Fig. 3.1 Diagrama de bloque del prototipo.

Fuente: Elaboración Propia.

#### 3.1 DESCRIPCIÓN DE VARIABLES DE CAMPO.

Las variables de campo que se utilizarán serán las siguientes:

- **Nivel de Silo de Cemento:** Señal analógica generada por un potenciómetro lineal proporcional al nivel de cemento en el silo con salida de 0-5 voltios.
- **Nivel de Aditivo Líquido:** Señal analógica generada por un potenciómetro lineal proporcional al nivel de aditivo en el tanque con salida de 0-5 voltios.
- **Nivel de Agua:** Señal analógica generada por un potenciómetro lineal proporcional al nivel de agua en el tanque con salida de 0-5 voltios.

- **Peso de Tolva Dosificadora de Cemento:** Señal analógica generada por un potenciómetro lineal proporcional al peso en la tolva dosificadora de cemento con salida de 0-5 voltios.
- **Peso de Tolva Dosificadora de Agregados:** Señal analógica generada por un potenciómetro lineal proporcional al peso en la tolva dosificadora de agregados con salida de 0-5 voltios.
- **Motor con Helicoidal en Silo de Cemento:** Señal digital generada por la tarjeta NI-USB6008 para el control de un motor DC acoplado a un tornillo helicoidal que suministra cemento a la tolva de pesaje.
- **Motor con Helicoidal en Tolva de Cemento:** Señal digital generada por la tarjeta NI-USB6008 para el control de un motor DC acoplado a un tornillo helicoidal que suministra cemento pesado hacia el mesclado.
- **Motor Vibrador en Tolva de Cemento:** Señal digital generada por la tarjeta NI-USB6008 para el control de un motor vibrador acoplado en el chasis de la tolva de cemento.
- **Motor de Faja Transportadora de Agregados:** Señal digital generada por la tarjeta NI-USB6008 para el control de un motor que controla la faja transportadora de agregados.
- **Motor Vibrador en Tolva de Agregados:** Señal digital generada por la tarjeta NI-USB6008 para el control de un motor vibrador acoplado en el chasis de la tolva de agregados.
- **Motor-Bomba Suministrador de Aditivo:** Señal digital generada por la tarjeta NI-USB6008 para el control de una bomba que suministra aditivo.
- **Motor-Bomba Suministrador de Agua:** Señal digital generada por la tarjeta NI-USB6008 para el control de una bomba que suministra agua.

- **Luz Piloto Roja:** Señal digital generada por la tarjeta NI-USB6008 para el control de una Luz roja piloto que indica comando de salida.
- **Luz Piloto Verde:** Señal digital generada por la tarjeta NI-USB6008 para el control de una Luz verde piloto que indica comando de salida.
- **Luz Piloto Azul:** Señal digital generada por la tarjeta NI-USB6008 para el control de una Luz azul piloto que indica comando de salida.
- **Luz Piloto Naranja:** Señal digital generada por la tarjeta NI-USB6008 para el control de una Luz naranja piloto que indica comando de salida.
- **Compuerta de Tolva de Agregado fino:** Señal digital generada por la tarjeta Arduino hacia un servomotor para el control de la compuerta de salida de agregado fino.
- **Compuerta de Tolva de Agregado grueso:** Señal digital generada por la tarjeta Arduino hacia un servomotor para el control de la compuerta de salida de agregado grueso.

### 3.2 DISTRIBUCIÓN DE VARIABLES DE CAMPO.

La distribución de las variables se realizó de la siguiente manera:

#### 1) EN TARJETA ARDUINO:

Se muestra en el siguiente diagrama la distribución de las variables de campo:

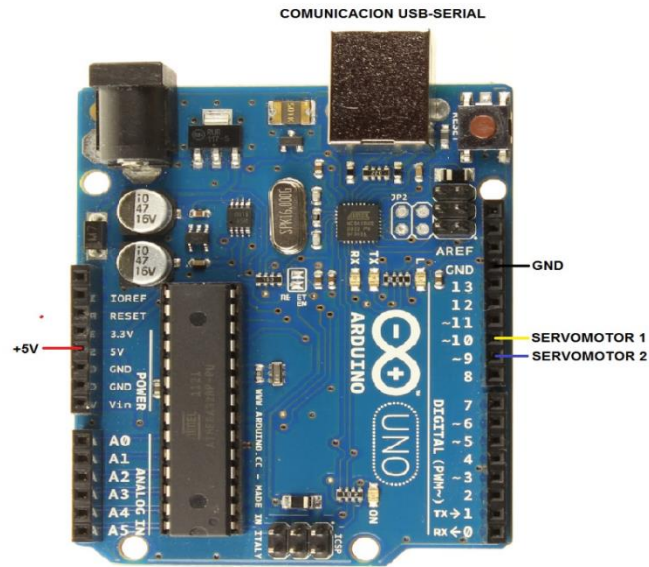


Fig. 3.2 Placa electrónica del arduino.

Fuente: El fabricante.

## 2) EN TARJETA NI-USB6008

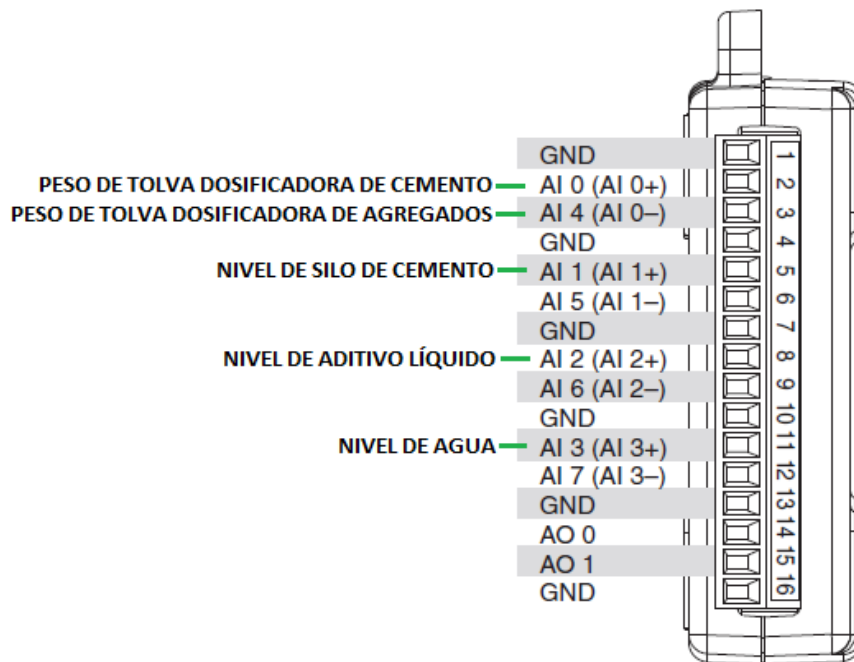


Fig. 3.3 Entradas analógicas de la tarjeta de adquisición de datos del prototipo.

Fuente: Elaboración Propia

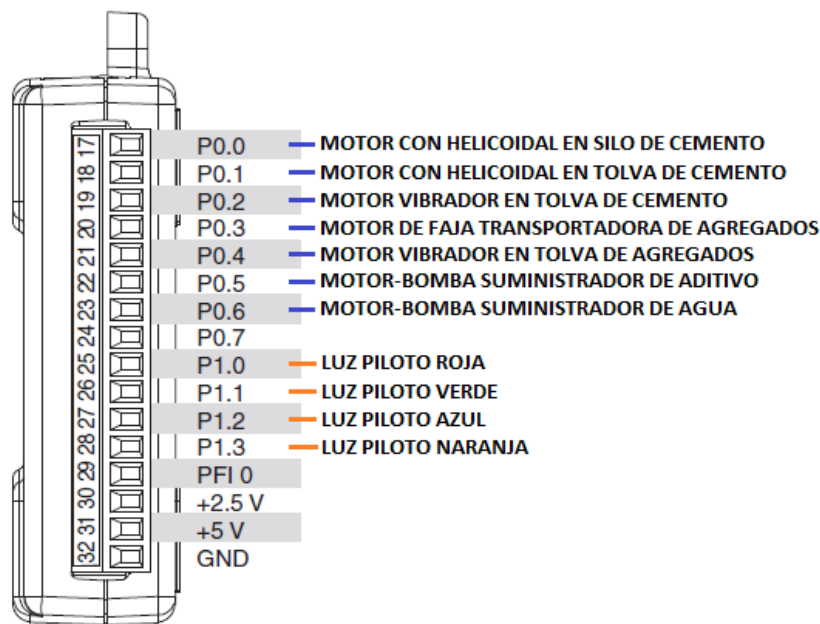


Fig. 3.4 Señales de salida de la tarjeta de adquisición de datos del prototipo.

Fuente: Elaboración Propia

### 3.3 DESCRIPCIÓN DE TABLERO DE CONTROL.

El tablero de control realiza el enlace entre el HMI en el computador y los sensores y actuadores de campo, logrando la captación, regulación y generación de señales de campo, las etapas del tablero de control se dividen en 3 partes:

#### 3.3.1 ETAPA DE CONTROL.

Esta etapa permite la captación de señales desde el campo hacia el computador para su análisis, y la generación de señales de control desde el computador hacia la etapa de potencia. Entre los bloques tenemos:

- **USB-HUB:** Realiza la multiplicación de conexiones USB tanto de señales de dato como alimentación desde el computador hacia las tarjetas Arduino y NI.
- **TARJETA ARDUINO:** Realiza el control de servomotores a través del Firmware de LIFA, soportado por LabVIEW; con el

cual se controla las apertura de compuertas de las tolvas de agregados.

- **TARJETA NI-USB6008:** Realiza el control de Motores DC, Bombas AC y Pilotos AC, todos los mencionados corresponden a una respuesta de ON/OFF
- **CAPTACIÓN DE SEÑAL ANALÓGICA:** La etapa de captación analógica no requiere de ningún dispositivo adicional, se transfiere de campo a la tarjeta NI-USB6008.

### 3.3.2 ETAPA DE POTENCIA.

Esta etapa nos permite el acoplamiento de la señal de control hacia el actuador de campo, siempre con el incremento de potencia, obteniendo el voltaje y corriente para el funcionamiento del mismo. Entre los bloques tenemos:

- **PLACA CONTROL DE SERVOMOTORES:** Acopla los pulsos generados por la tarjeta Arduino hacia la señal del servomotor, los mismo que utilizan la alimentación +5V suministra por la fuente de Alimentación.
- **PLACA CONTROL DE RELAY (Bombas AC):** Acopla la señal generada por la tarjeta NI-USB6008 hacia un Relay, el mismo que suministra energía de 220VAC hacia las Bombas.
- **PLACA CONTROL DE RELAY (Motores DC):** Acopla la señal generada por la tarjeta NI-USB6008 hacia un Relay, el mismo que suministra energía de +12V hacia los Motores DC.
- **PLACA CONTROL DE RELAY (Pilotos AC):** Acopla la señal generada por la tarjeta NI-USB6008 hacia un Relay, el mismo que suministra energía de 220 VAC hacia los Pilotos.

### 3.3.3 FUENTE DE ALIMENTACIÓN.

Esta etapa convierte la energía alterna de 220 VAC a tensiones de corriente continua de +5 y +12 Voltios para las etapas de potencia.

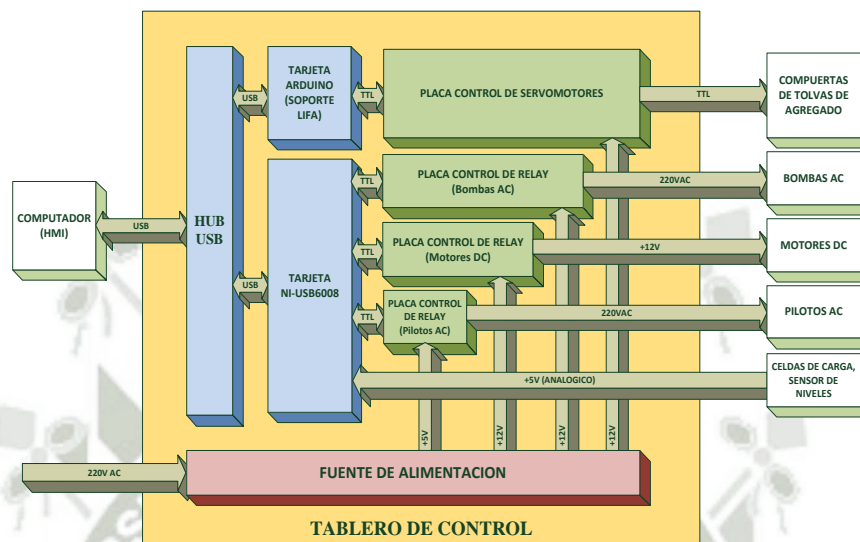


Fig. 3.5 Diagrama en el tablero de control del prototipo.

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4 DESCRIPCIÓN DE SOFTWARE HMI.

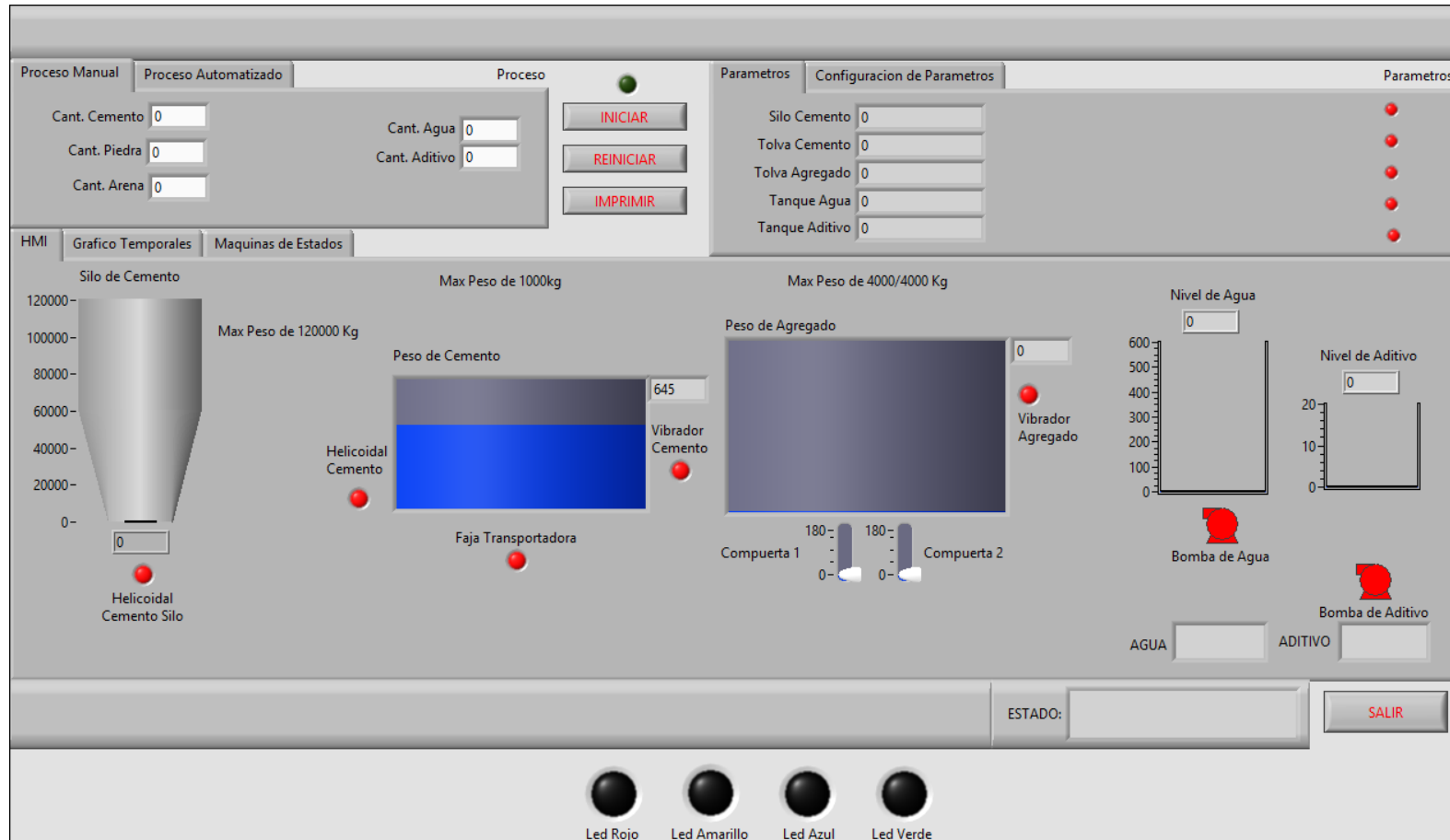


Fig. 3.6 Interfaz HMI del prototipo

Fuente: Elaboración Propia

La interfaz humana maquina está dividida en tres etapas, las cuales distribuyen el control y visualización del proceso de dosificación de cemento y agregados, los describimos a continuación.

### 3.4.1 CONTROL DE PROCESO.

Permite el ingreso de datos para calcular las variables de control, podemos realizar dos modos de control.

#### 3.4.1.1 PROCESO MANUAL.

Se ingresa los datos de forma manual los datos, como cantidad de cemento, de piedra, de arena, de agua y de aditivo.

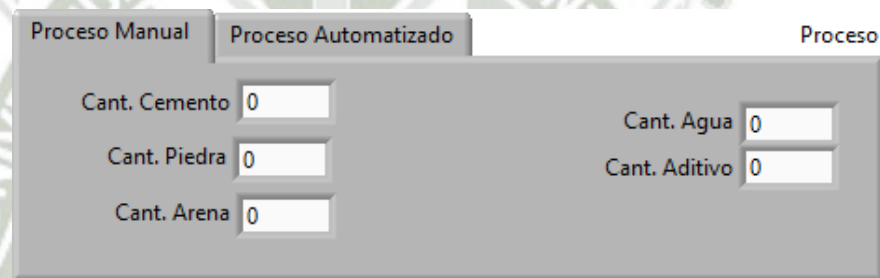


Fig. 3.7 Interfaz para el ingreso de datos para el diseño de mezcla al programa de forma manual.

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.4.1.2 PROCESO AUTOMÁTICO.

Se escoge de una lista de fórmulas pre-diseñadas para una rápida y funcional operación.

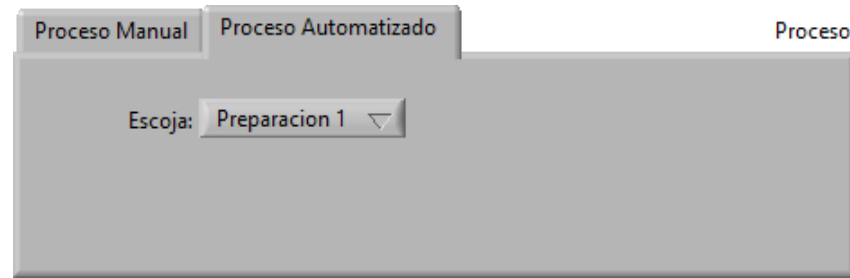


Fig. 3.8 Interfaz para datos pre determinados para los diseños de mezcla.

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4.2 PARÁMETROS DE DISEÑO.

Permite la visualización y modificación de parámetros de diseño como cantidad máxima en silo, tolva y tanques.

#### 3.4.2.1 PARÁMETROS.

Se visualizan los valores máximos que puede soportar cada silo, tolva o tanque y un indicador verde si esta valor correcto e indicador rojo si no tiene un valor correcto.

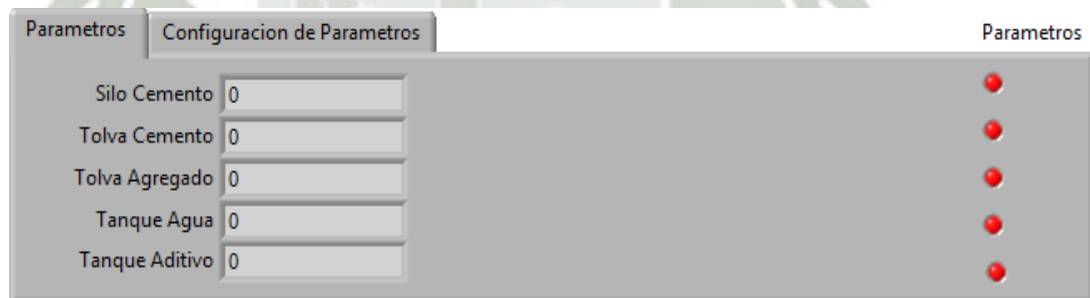


Fig. 3.9 Interfaz de visualización de parámetros.

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.4.2.2 CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS.

Permite la modificación de cantidades máximas para el silo de cemento, la tolva de pesado de agregados, tolva de pesado de cemento, tanque de aditivo y tanque de agua.

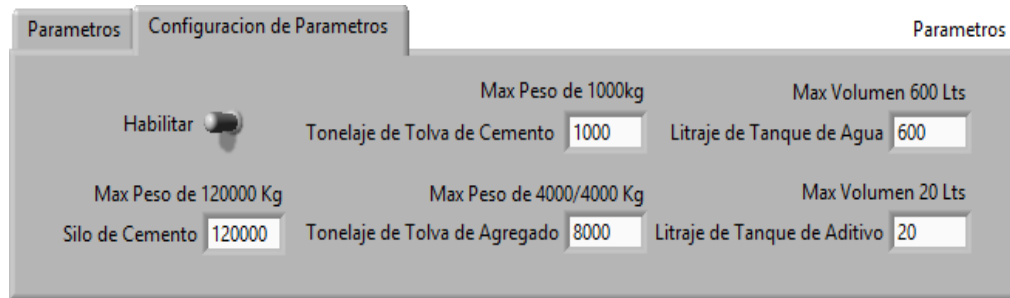


Fig. 3.10 Interfaz para la modificación de los parámetros.

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4.3 VISUALIZACIÓN.

#### 3.4.3.1 INTERFAZ HOMBRE MAQUINA (HMI).

Muestra la interfaz humano máquina del prototipo, donde se muestra en tiempo real las variables de campo, además se puede interactuar con cada uno de ellos o corregir operación.

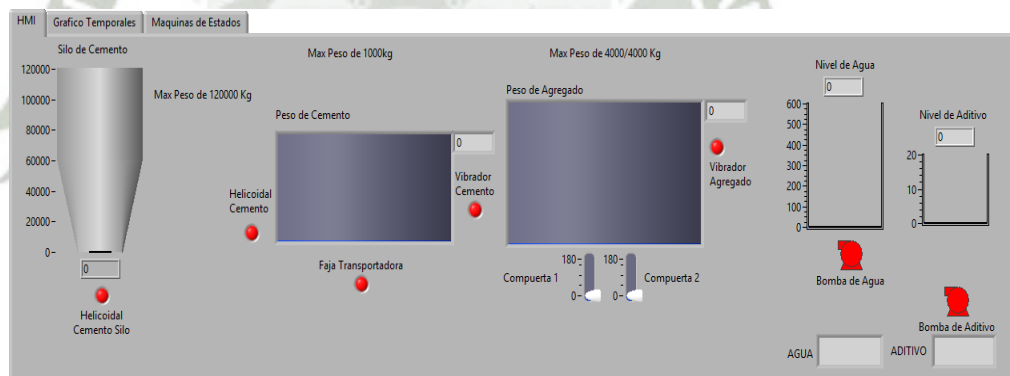


Fig. 3.11 Interfaz hombre maquina donde se visualiza el estado en tiempo real de la planta.

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.4.3.2 GRÁFICOS TEMPORALES.

Muestra en formato temporal los datos históricos de cada una de las variables de campo y sus datos intermedios, se puede personalizar la visualización de cada uno de ellos.

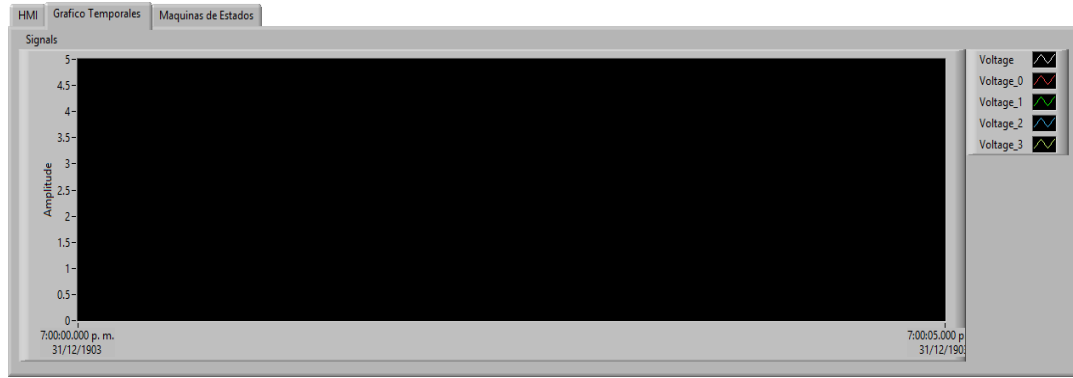


Fig. 3.12 Interfaz donde se visualiza las variables de campo.

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4.3.3 MÁQUINAS DE ESTADO.

Se muestra de acuerdo del desarrollo del proceso el estado del proceso.



Fig. 3.13 Interfaz de las máquinas de estado.

Fuente: Elaboración Propia

### 3.5 DESCRIPCIÓN DE SOFTWARE DE CONTROL.

Para el desarrollo del programa separamos en tres partes pero trabajamos en dos subprocesos, como en el gráfico.



Fig. 3.14 Procesos de software de control

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.5.1 SUBPROCESO 1.

La lectura y escritura de datos se están realizando en un mismo subproceso en el software de control.

#### 3.5.2 SUBPROCESO 2.

Se realiza el análisis y toma de decisiones en el software de control.

#### 3.5.3 DESCRIPCIÓN DE VARIABLES.

El detalle de cada uno de ellos se explicó en ítems anteriores en variables de campo, en el programa se declaró las siguientes variables:



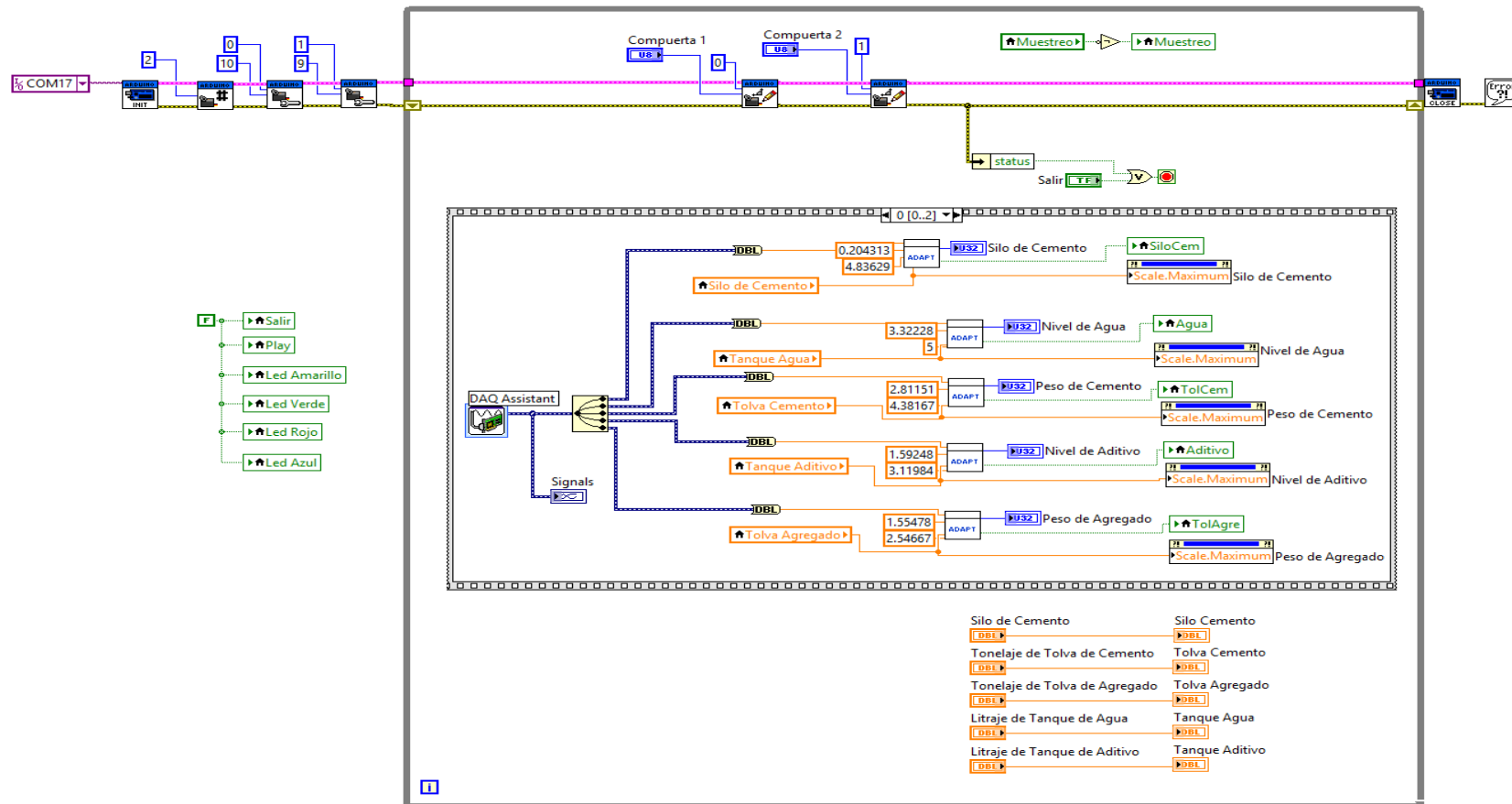


Fig. 3.16 Subproceso 1 lectura y escritura de datos.

Fuente: Elaboración Propia

Se inicializan las variables requeridas como: Botón Salir, Botón Play para el inicio del proceso, los indicadores piloto de tablero nombrados con led amarillo, verde, rojo y azul.

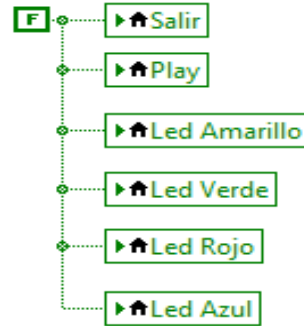


Fig. 3.17 Indicadores piloto para la inicialización de variables.

Fuente: Elaboración Propia

Para la visualización de los parámetros se actualizan los datos en cada iteración para lo cual se están colocando en los variables del HMI en el área de parámetros, los mismos que se extraen de las configuraciones previas de dichos parámetros.



Fig. 3.18 Indicadores de parámetros.

Fuente: Elaboración Propia

De manera similar se tiene la visualización del área de estados, donde se replican los mensajes en cada estado definido, de forma que se tiene toda la información en un mismo área.

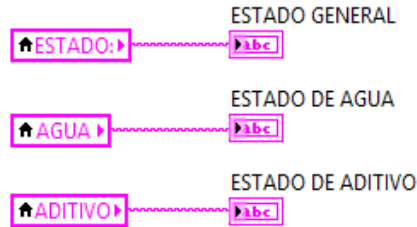


Fig. 3.19 Interfaz HMI del prototipo

Fuente: Elaboración Propia

La primera área del subproceso 1 en la interactividad con la Tarjeta Arduino el cual realiza el control proporcional de las compuertas de tolva de agregado, que trabaja con salidas de pulsos en el pin 9 y 10 de la tarjeta, el mismo que se comunica a través del puerto serial virtual de la tarjeta y el Firmware de LIFA, el control se realiza en 3 partes:

### 3.6.1 APERTURA DE PUERTO Y DEFINICIÓN DE VARIABLES.

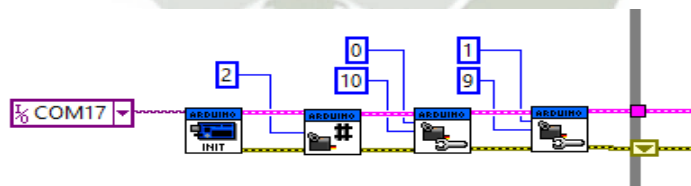


Fig. 3.20 Interfaz HMI del prototipo

Fuente: Elaboración Propia

### 3.6.2 ESCRITURA DE VARIABLES.

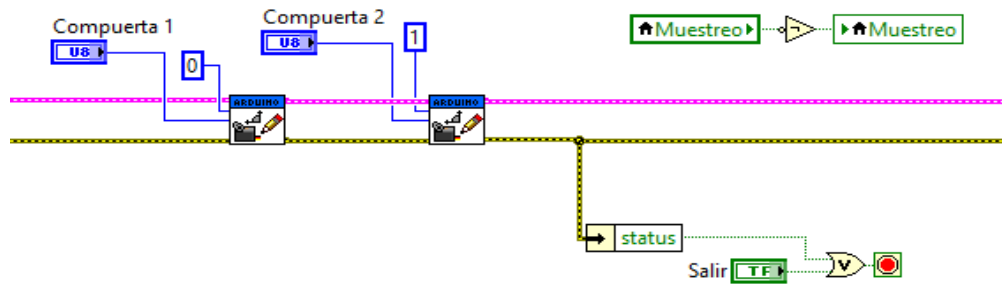


Fig. 3.21 Interfaz HMI del prototipo

Fuente: Elaboración Propia

### 3.6.3 CIERRE DE PUERTO.



Fig. 3.22 Interfaz HMI del prototipo

Fuente: Elaboración Propia

La segunda área del subproceso 1 en la interactividad con la Tarjeta NI-USB6008 el cual realiza el control de la salida digitales de los demás actuadores e ingreso de las variables analógicas, para controlar la sobre escritura que puede ocurrir por requerir el mismo recurso en un mismo tiempo específico se trabajó con el bloque Stacked Sequence, el mismo que permite restringir secuencialidad en las partes del programa. En esta parte de código se realizó tres partes en secuencia.

En la primera secuencia se realiza la lectura de las variables analógicas de campo para realizar el escalado según la configuración de parámetros, los mismos que generan el valor actual de dichas variables.

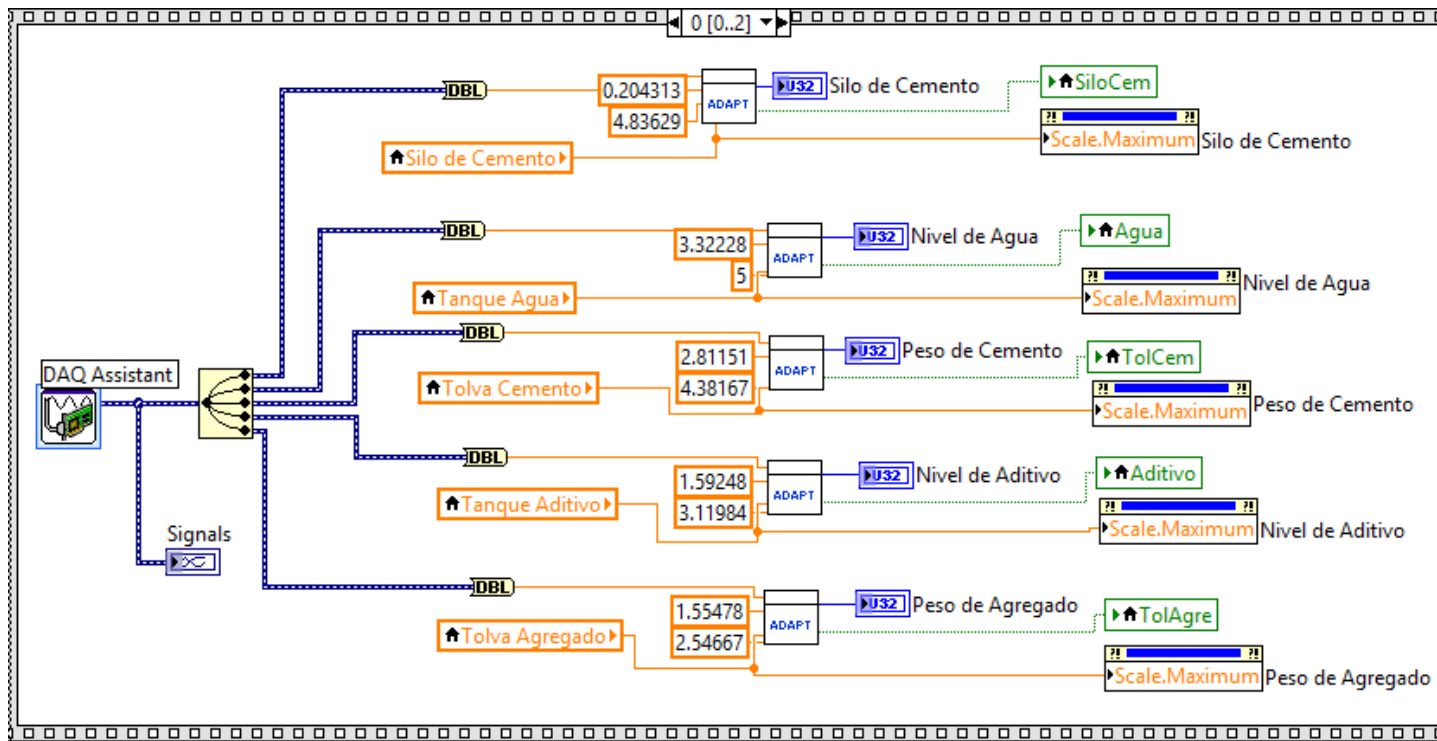


Fig. 3.23 Ingreso de las señales analógicas al programa.

Fuente: Elaboración Propia

En la segunda secuencia se realiza la escritura de variables de campo digitales en el puerto 0 de la tarjeta NI-USB6008, sobre las variables de campo se muestran en el diagrama.

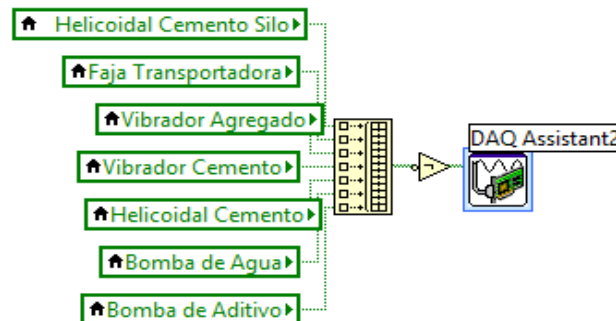


Fig. 3.24 Interfaz HMI del prototipo

Fuente: Elaboración Propia

En la tercera secuencia se realiza la escritura de variables de campo digitales en el puerto 1 de la tarjeta NI-USB6008, sobre las variables de campo se muestran en el diagrama.

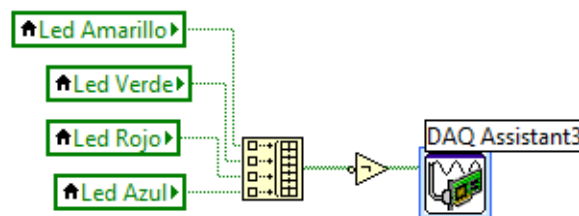


Fig. 3.25 Interfaz HMI del prototipo

Fuente: Elaboración Propia

### 3.7 SUBPROCESO 2 - ANÁLISIS Y TOMA DE DECISIONES

En este subproceso se realiza el control del proceso en sí, el mismo que se realiza siempre y cuando se inicie el proceso con el botón play, caso contrario no realiza ninguna acción. En el caso que la orden de iniciar un proceso se tiene un orden específico de actividades que se

realizó con el bloque Stacked Sequence, el mismo que nos permite secuencialidad.

El bloque Stacked Sequence puede tener numerosas secuencias, empieza con la secuencia 0 y prosigue con la siguiente hasta culminar con la de mayor número entero, la condición de paso entre secuencia es la culminación completa de la actual, hecho que es muy importante en procesos secuenciales.

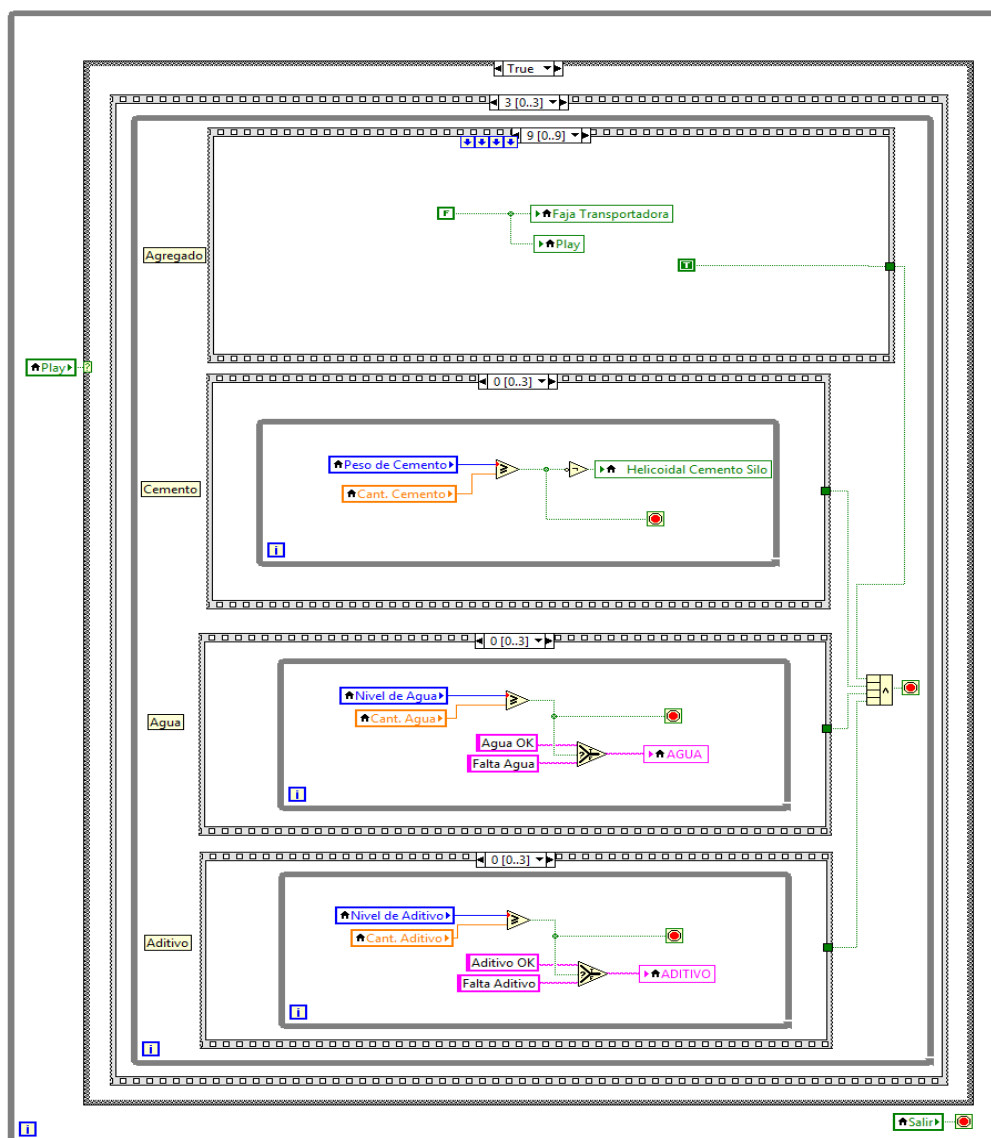


Fig. 3.26 Programa de análisis y toma de decisiones.

Fuente: Elaboración Propia

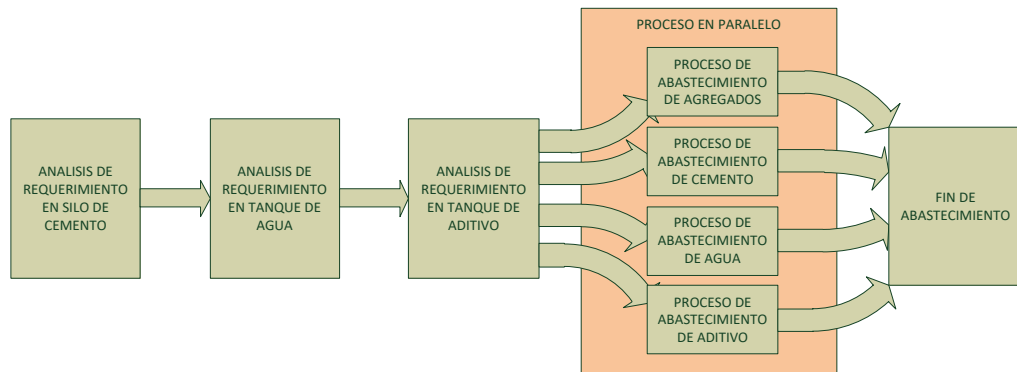


Fig. 3.27 Diagrama de secuencia de estado de control.

Fuente: Elaboración Propia

Las secuencias de análisis y abastecimiento están controladas solo cuando le indican el inicio de proceso de dosificación, los tres primero bloques de análisis son para revisar si la cantidad de material es lo suficiente para iniciar el proceso.

### 3.7.1 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTO DE CEMENTO

Este análisis captura la cantidad de cemento en el silo a través de la señal analógica de campo, si la cantidad es mayor a la requerida continuamos con el proceso, en caso contrario indicamos en el estado y Led rojo del tablero la falta de cemento en el silo de cemento.

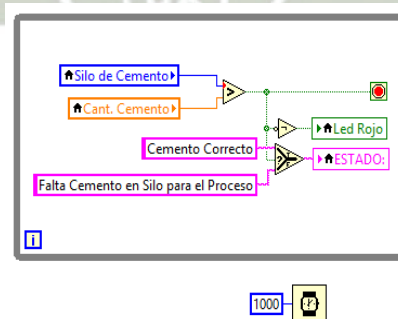


Fig. 3.28 Programa para requerimiento de cemento.

Fuente: Elaboración Propia

### 3.7.2 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTO EN TANQUE DE AGUA

Este análisis captura la cantidad de agua en el tanque a través de la señal analógica de campo, si la cantidad es mayor a la requerida continuamos con el proceso, en caso contrario indicamos en el estado y led rojo del tablero la falta de agua para el proceso.

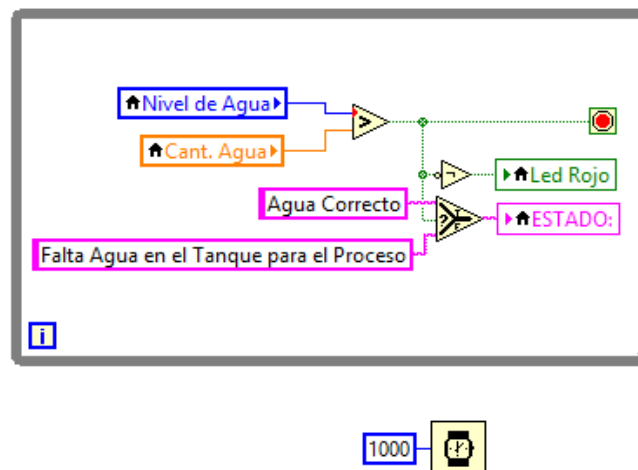
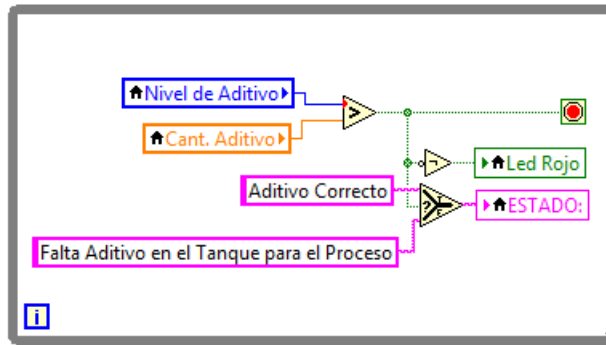


Fig. 3.29 Programa para requerimiento de agua.

Fuente: Elaboración Propia

### 3.7.3 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTO DE TANQUE DE ADITIVO

Este análisis captura la cantidad de aditivo en el tanque a través de la señal analógica de campo, si la cantidad es mayor a la requerida continuamos con el proceso, en caso contrario indicamos en el estado y led rojo del tablero la falta de aditivo para el proceso.




1000 

Fig. 3.30 Programa para requerimiento de aditivo.

Fuente: Elaboración Propia

### 3.7.4 PROCESO EN PARALELO

Luego de tener todos los requerimientos de material, procedemos el abastecimiento en paralelo de todos los insumos, cabe decir:

- Abastecimiento de agregados.
- Abastecimiento de cemento.
- Abastecimiento de agua.
- Abastecimiento de aditivo.

En la figura 3.31 se muestra, los cuatro procesos en paralelo:

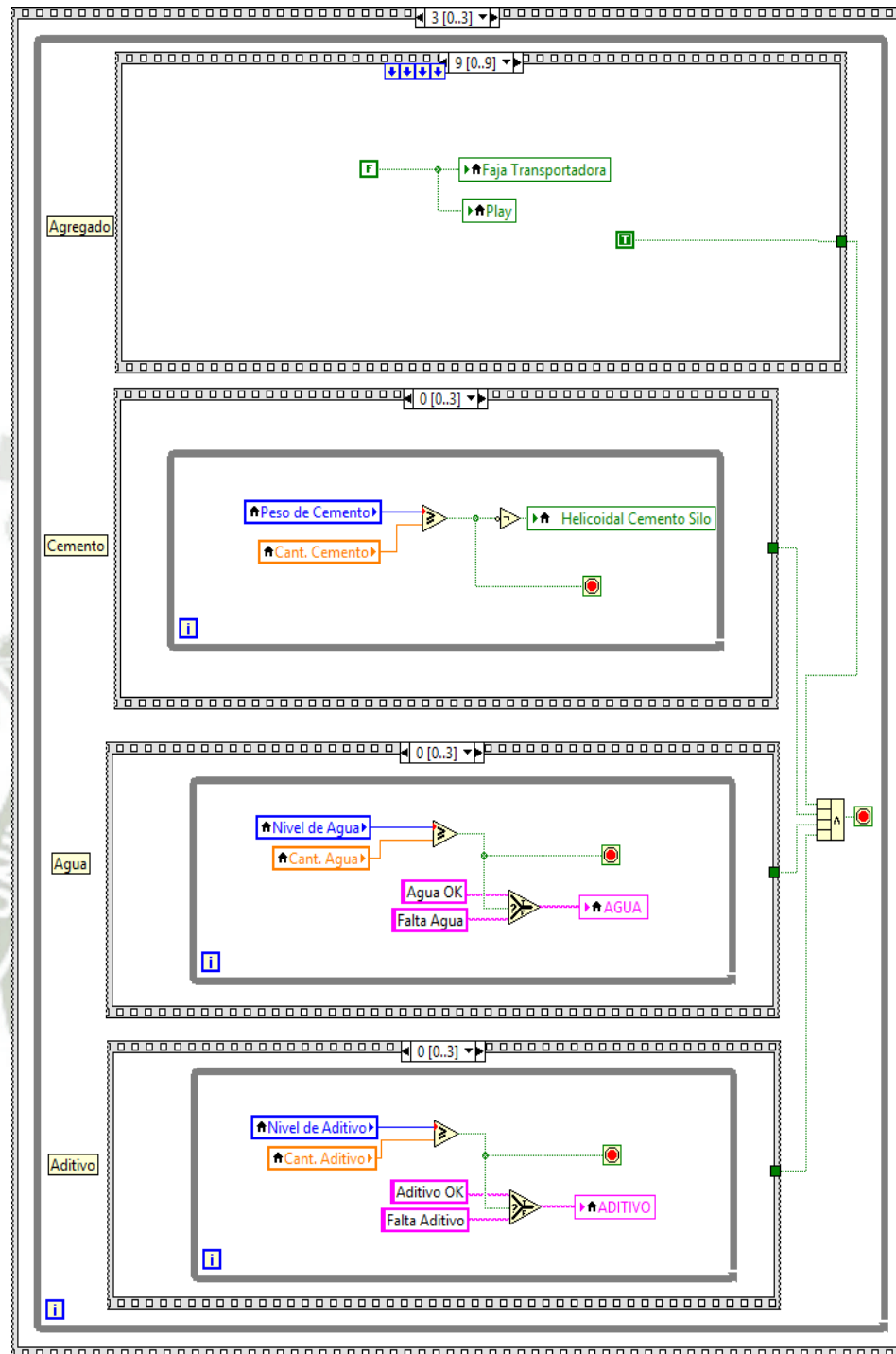


Fig. 3.31 Programas para el proceso en paralelo.

Fuente: Elaboración Propia

### 3.7.5 ABASTECIMIENTO DE AGREGADOS

El abastecimiento de agregados comprende de diez pasos para realizar el proceso, los que se muestran a continuación:

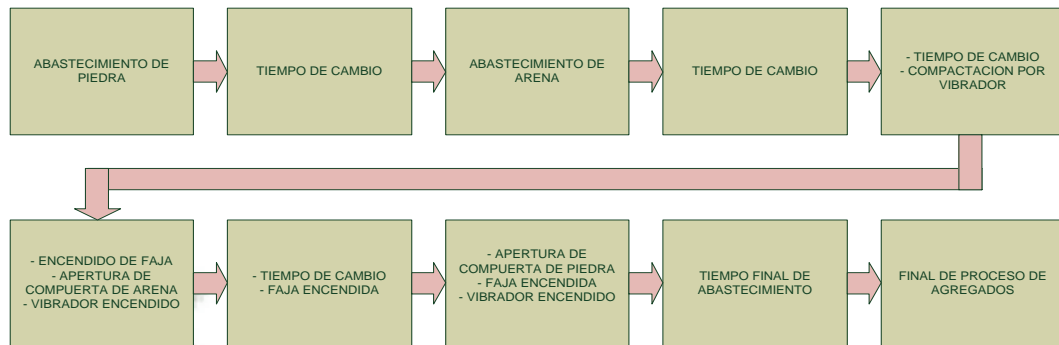


Fig. 3.32 Pasos para el abastecimiento de agregados

Fuente: Elaboración Propia

Para el abastecimiento de piedra se toma el peso en agregados y se compara con la cantidad que debería tener, mientras no tenga la cantidad requerida continua solicitando abastecimiento con el mensaje de estado y el led verde en el tablero, al culminar se envía a través de un túnel el dato actual del peso ya que en posteriores medidas se incluirá este peso de piedra.

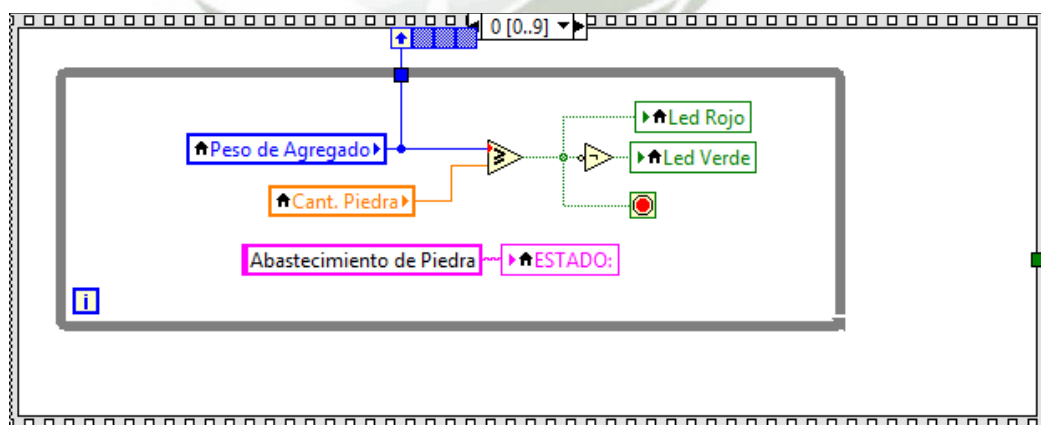


Fig. 3.33 Programa para el abastecimiento de agregados.

Fuente: Elaboración Propia

Se realizó un tiempo de cambio luego de terminar de abastecer la piedra requerida, para que el cargador frontal se detenga y cambie por arena para la siguiente etapa.

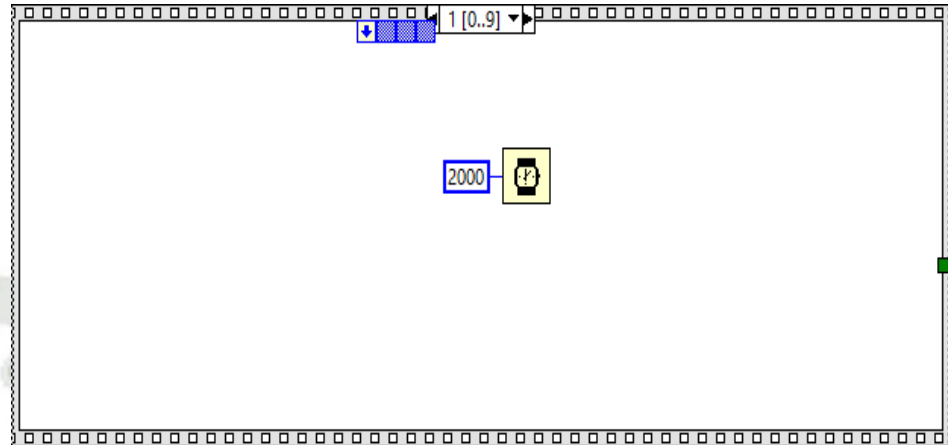


Fig. 3.34 Programa para el primer tiempo de cambio de agregado.

Fuente: Elaboración Propia

Para el abastecimiento de arena se toma el peso obtenido en el abastecimiento de piedras y se suma la cantidad de arena como límite de peso y se compara con la cantidad actual de peso, mientras no tenga la cantidad requerida continua solicitando abastecimiento en el mensaje de estado y el led azul en el tablero.

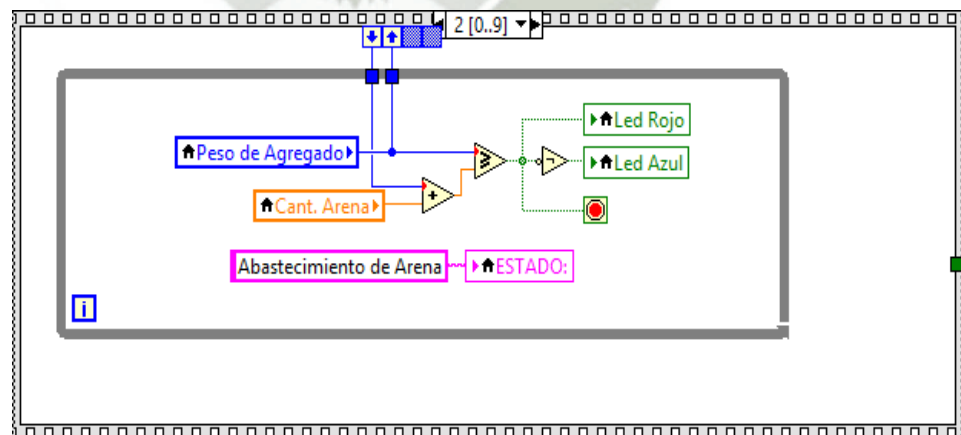


Fig. 3.35 Programa para el abastecimiento de arena.

Fuente: Elaboración Propia

Se realizó un tiempo de cambio luego de terminar de abastecer la arena requerida, para que el cargador frontal se detenga y prosiga con el proceso de suministrado a faja.

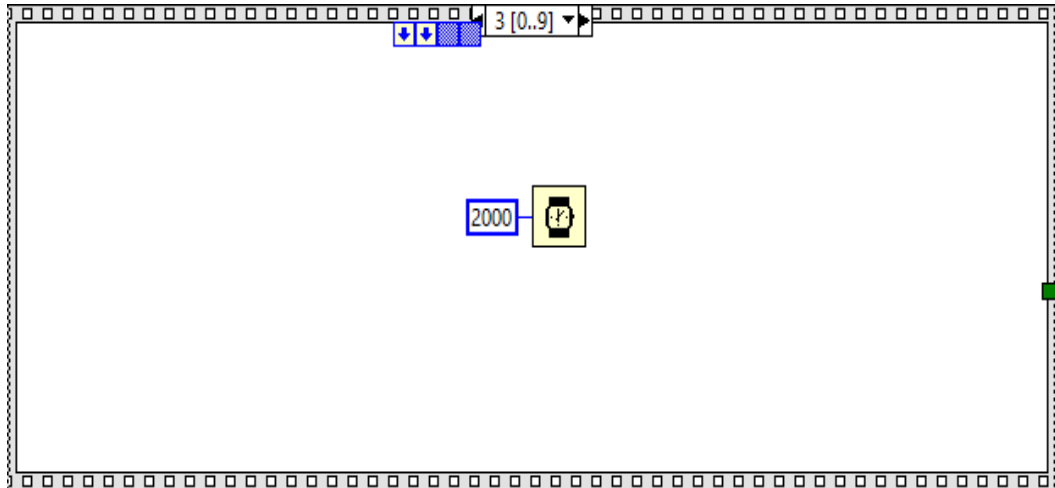


Fig. 3.36 Programa para el segundo tiempo de cambio de agregado.

Fuente: Elaboración Propia

Previo al suministro de arena a la faja se sacude con el motor vibrador para que el material se acomode en la tolva.

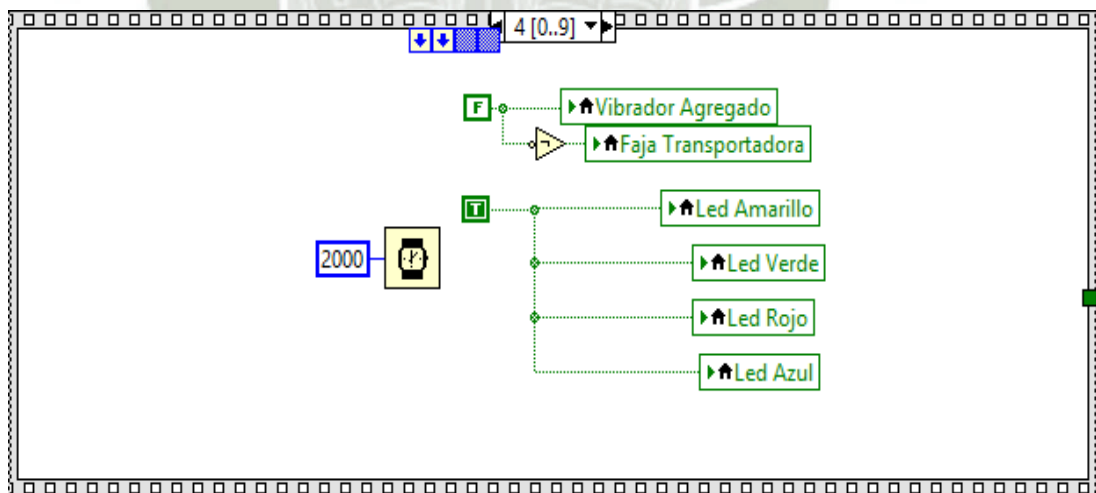


Fig. 3.37 Programa para el encendido del motor vibrador de agregados.

Fuente: Elaboración Propia

Para el suministro de arena se mantiene encendido el motor vibrador y se enciende la faja además de la compuerta en un 50% hasta suministrar la mitad de arena, luego se abre el 100% de la compuerta.

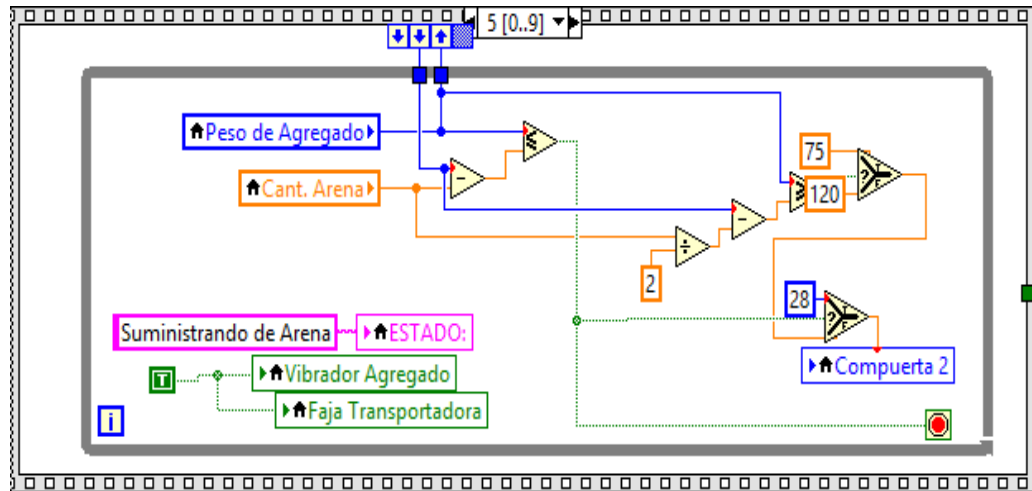


Fig. 3.38 Programa para el suministro de arena.

Fuente: Elaboración Propia.

Se realiza un tiempo de cambio para suministrar la piedra a través de la tolva, accionando el vibrador y la faja.

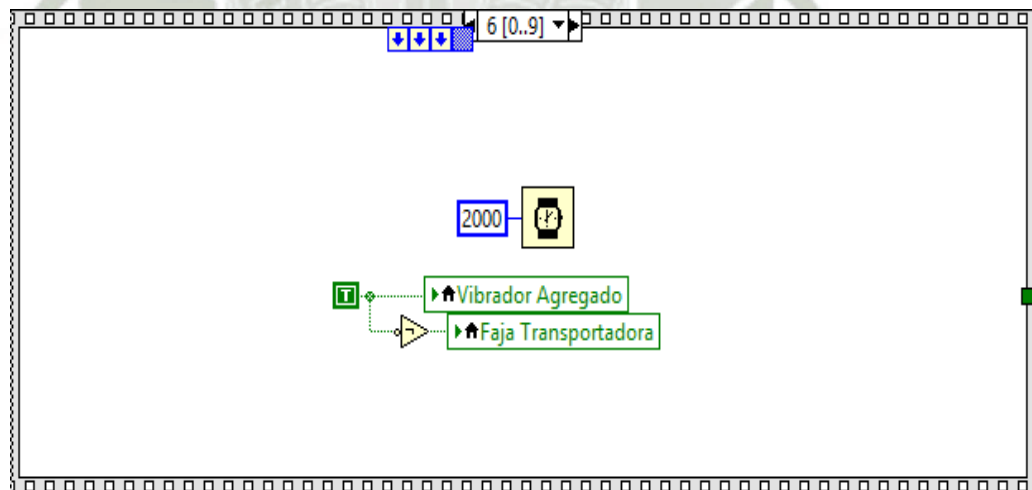


Fig. 3.39 Programa para el tercer tiempo de cambio suministro de piedra..

Fuente: Elaboración Propia

En el Suministro de Piedra se mantiene encendido el motor vibrador y además de la faja, la compuerta inicia en un 50% hasta suministrar la mitad de piedra, luego se abre el 100% de la compuerta de piedra.

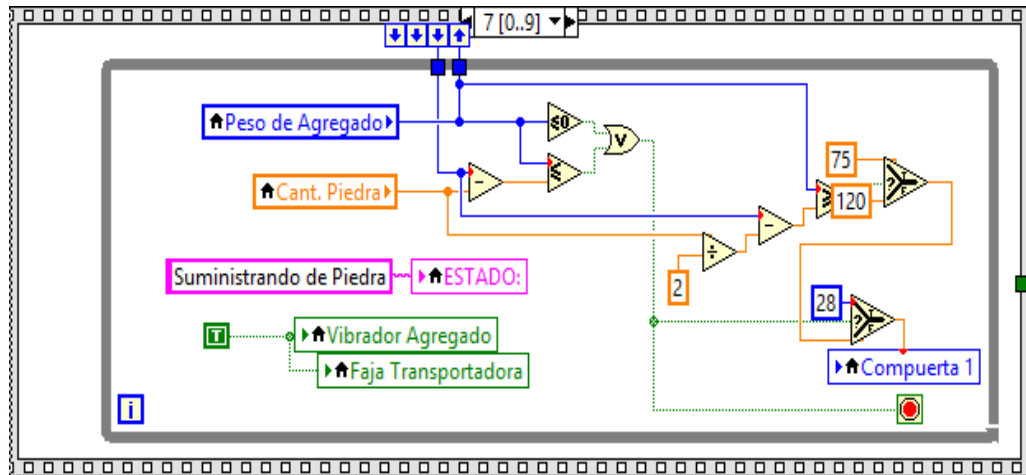


Fig. 3.40 Programa para el abastecimiento de piedra.

Fuente: Elaboración Propia

Luego de terminar de suministrar los agregados, tenemos un tiempo final para terminar de suministrar lo que quedo en la faja, además de indicando con el apagado de todos los leds en el tablero de control.

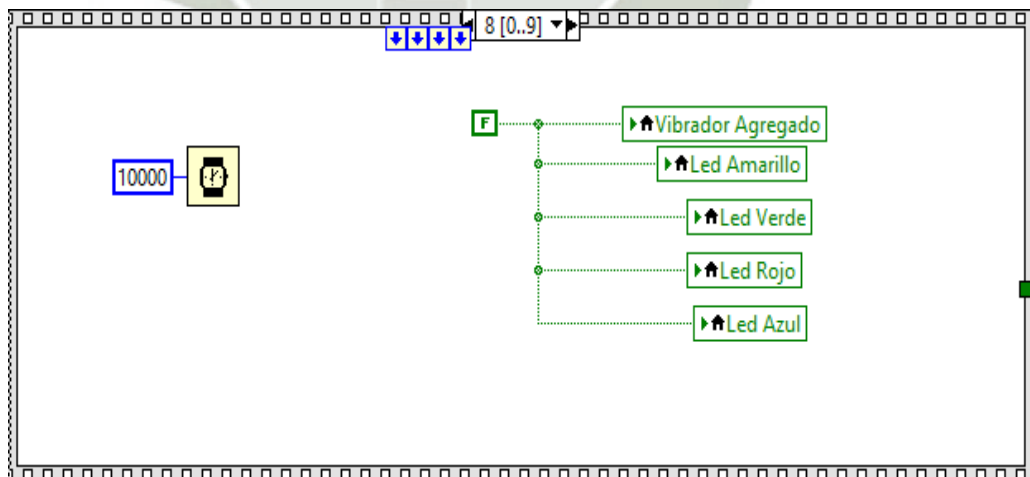


Fig. 3.41 Programa para el tiempo final de abastecimiento.

Fuente: Elaboración Propia

Se finaliza con el apagado de la faja y el envío de un dato de uno digital a la salida y su operación de and en el exterior con los demás procesos en paralelo.

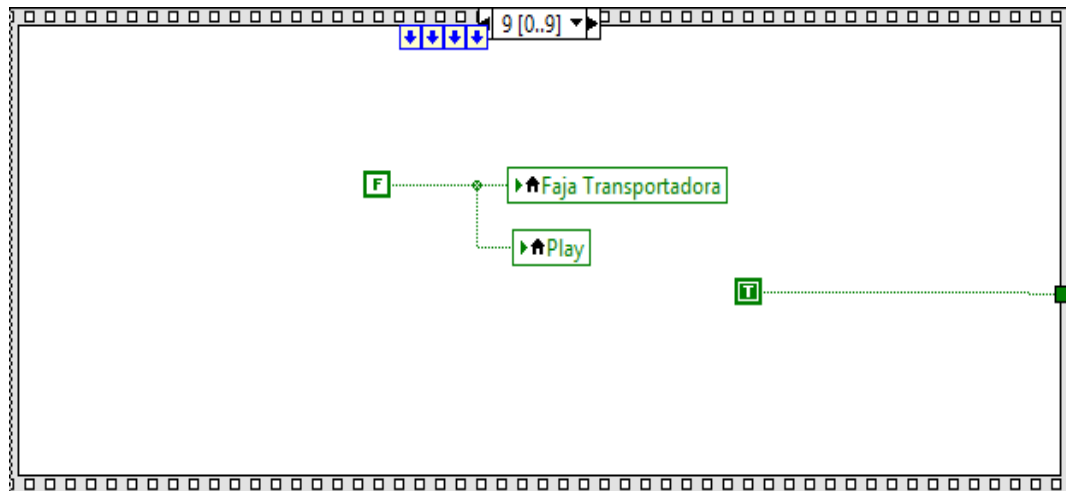


Fig. 3.42 Final del proceso de agregados

Fuente: Elaboración Propia

### 3.7.6 ABASTECIMIENTO DE CEMENTO

Para la realización del proceso de suministro de Cemento se realizaron cuatro etapas, mostrados en el siguiente diagrama:

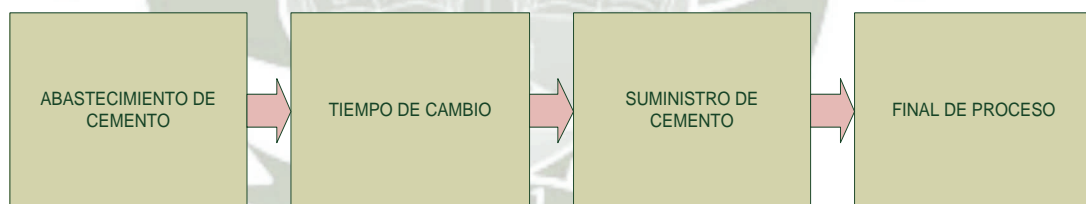


Fig. 3.43 Pasos para el abastecimiento de cemento.

Fuente: Elaboración Propia

En el abastecimiento de cemento se compara la cantidad de Cemento requerido y la cantidad de cemento en la tolva, si la cantidad en la tolva es menor a lo requerido se continúa abasteciendo con el tornillo helicoidal del silo de cemento.

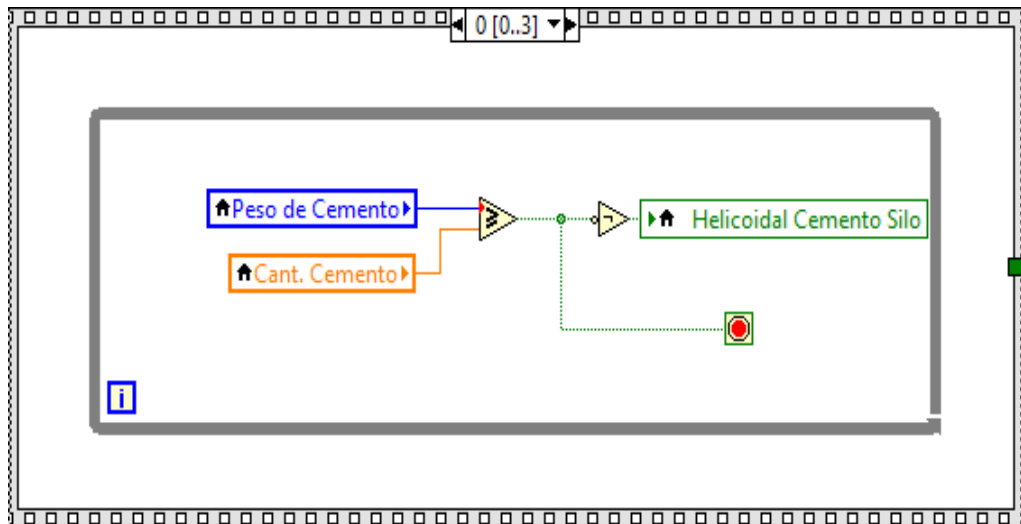


Fig. 3.44 Programa para el abastecimiento de cemento

Fuente: Elaboración Propia

Se realizó un tiempo de cambio luego de terminar de abastecer el cemento requerido, para que el suministro de cemento.

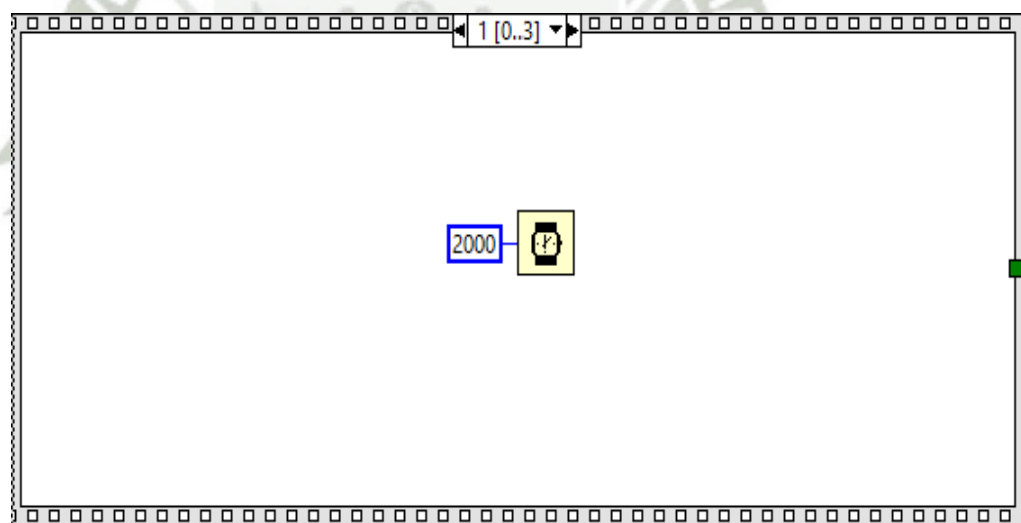


Fig. 3.45 Programa para el tiempo de cambio de cemento.

Fuente: Elaboración Propia

En el suministro de cemento se revisa si se tiene material en la tolva, si aún se tiene se suministra a través del tornillo helicoidal y el vibrador en la tolva. Cuando el peso de cemento es cero se termina el suministrador.

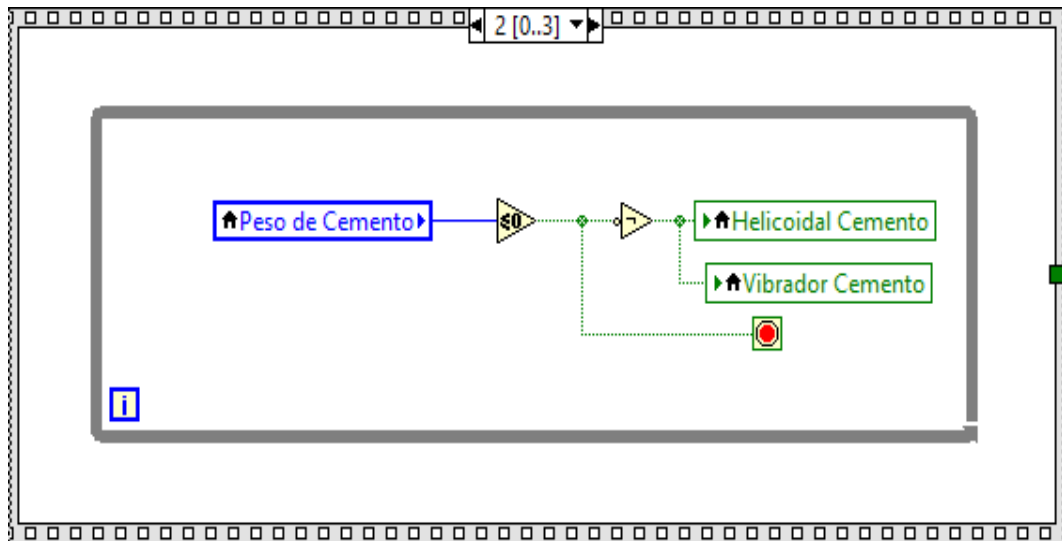


Fig. 3.46 Programa para el suministro de cemento.

Fuente: Elaboración Propia

En el final de proceso se envía un dato de uno digital a la salida hacia un bloque and en el exterior con los demás procesos en paralelo.

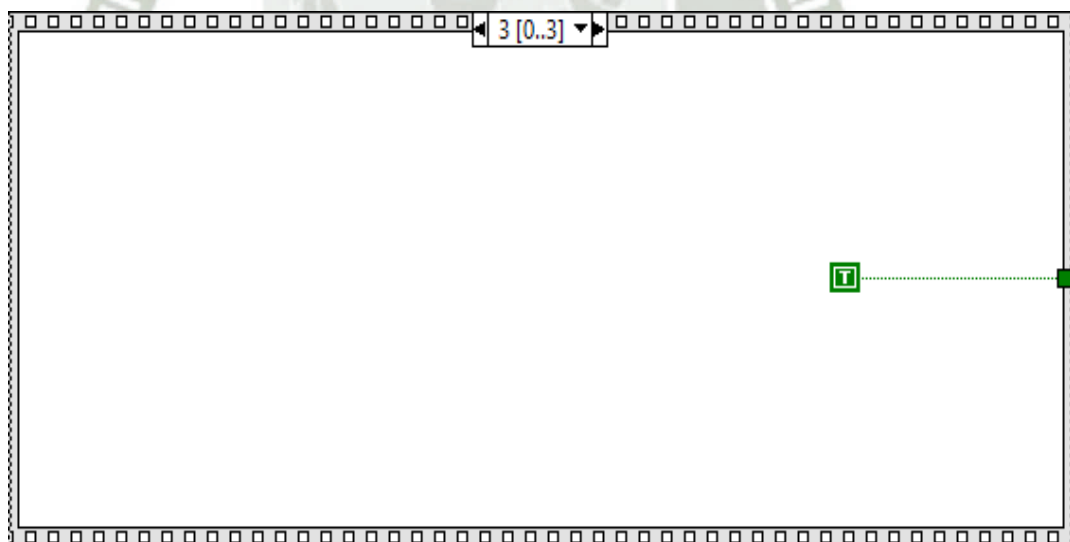


Fig. 3.47 Final del proceso de cemento.

Fuente: Elaboración Propia

### 3.7.7 ABASTECIMIENTO DE AGUA

Para la realización del proceso de suministro de agua se realizaron cuatro etapas, mostrados en el siguiente diagrama:

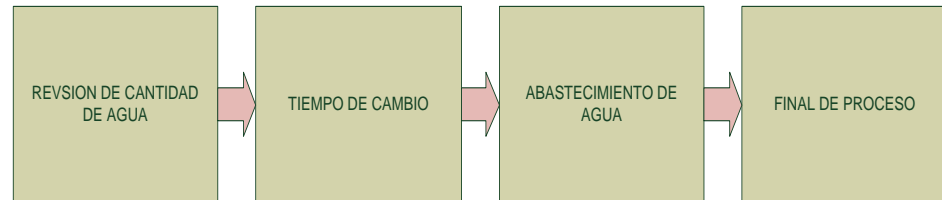


Fig. 3.48 Pasos para el abastecimiento de agua.

Fuente: Elaboración Propia

En la revisión de cantidad de agua se toma la cantidad de agua que se tiene en el tanque, si dicha cantidad es menor a la requerida se solicita más cantidad a través del mensaje en el estado del agua.

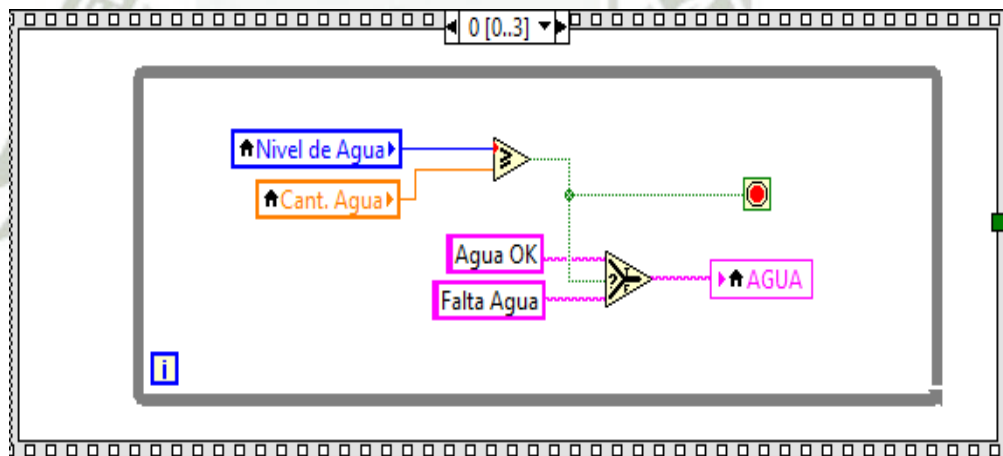


Fig. 3.49 Programa para la revisión de nivel de agua.

Fuente: Elaboración Propia

Se realizó un tiempo de cambio luego de terminar de realizar la revisión, para que el suministro de agua.

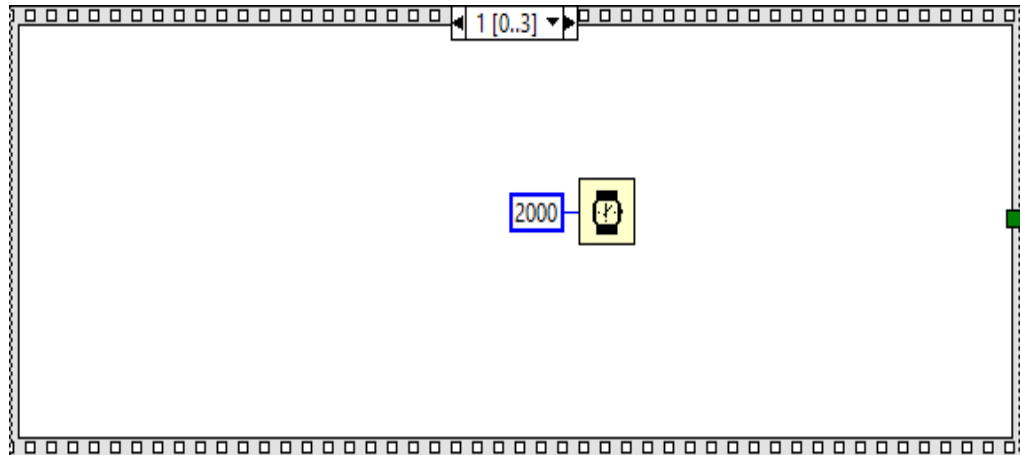


Fig. 3.50 Programa para el tiempo de cambio de agua.

Fuente: Elaboración Propia

Para el suministro de agua se toma la cantidad actual y se compara con la cantidad inicial menos la cantidad requerida, mientras aun sea mayor se continua suministrando y enviando el mensaje de estado, cuando culmine se detiene el suministro y se envía el mensaje de completo.

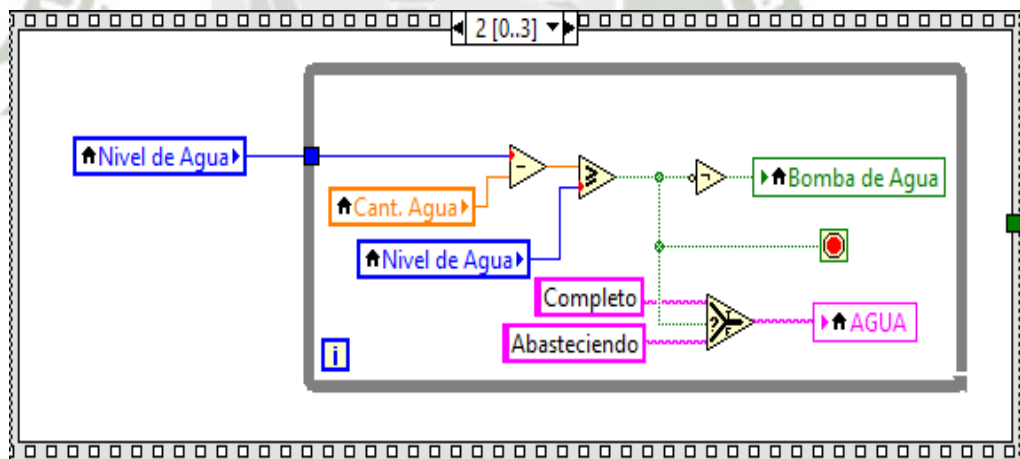


Fig. 3.51 Programa para el abastecimiento de agua.

Fuente: Elaboración Propia

En el final de proceso se envía un dato de uno digital a la salida hacia un bloque and en el exterior con los demás procesos en paralelo.

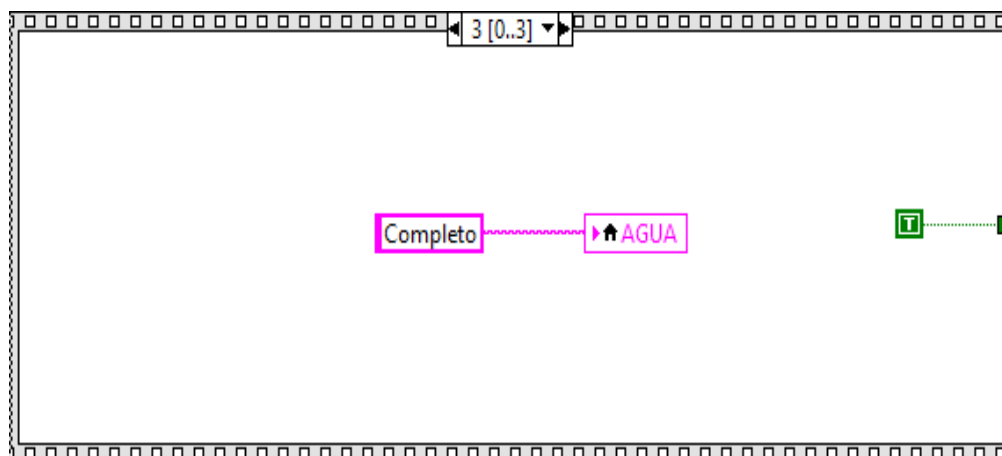


Fig. 3.52 Final del proceso de agua.

Fuente: Elaboración Propia

### 3.7.8 ABASTECIMIENTO DE ADITIVO

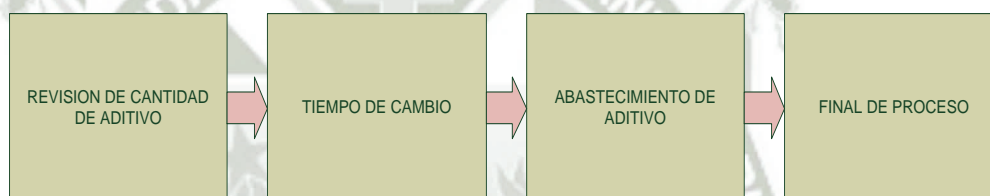


Fig. 3.53 Pasos para el abastecimiento de aditivo

Fuente: Elaboración Propia

En la revisión de cantidad de aditivo se toma la cantidad de aditivo que se tiene en el tanque, si dicha cantidad es menor a la requerida se solicita más cantidad a través del mensaje en el estado del aditivo.

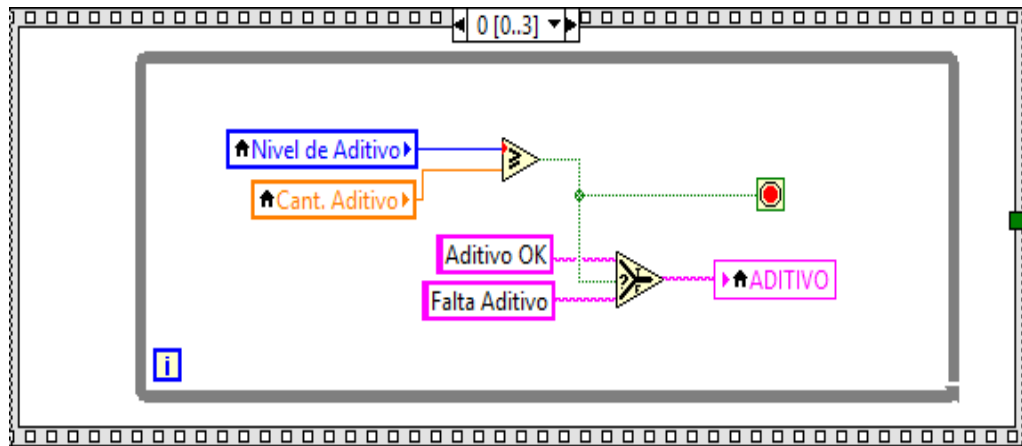


Fig. 3.54 Programa para la revisión de nivel de aditivo.

Fuente: Elaboración Propia

Se realizó un tiempo de cambio luego de terminar de realizar la revisión, para que el suministro de aditivo.

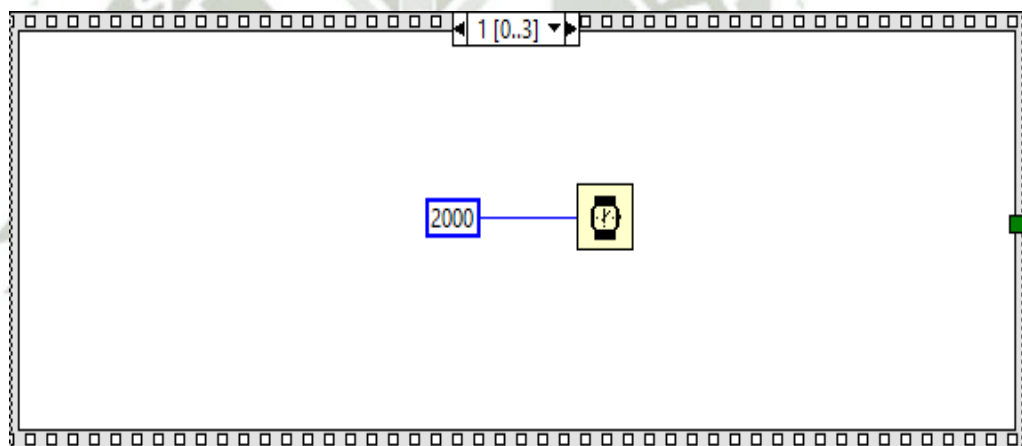


Fig. 3.55 Programa para el tiempo de cambio de aditivo.

Fuente: Elaboración Propia

Para el suministro de aditivo se toma la cantidad actual y se compara con la cantidad inicial menos la cantidad requerida, mientras aun sea mayor se continua suministrando y enviando el mensaje de estado, cuando culmine se detiene el suministro y se envía el mensaje de completo.



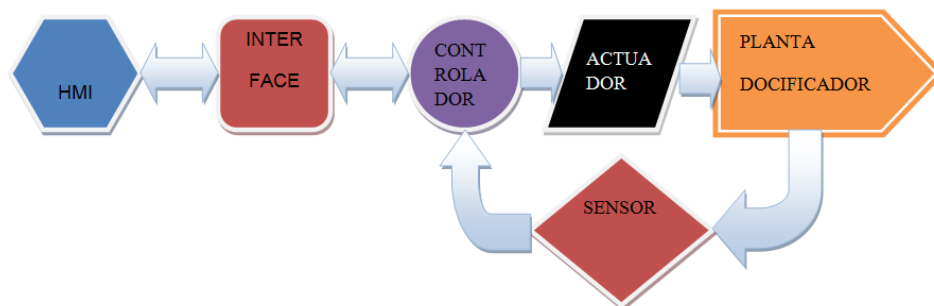
## CAPITULO IV

### 4 SELECCIÓN DE EQUIPOS INDUSTRIALES PARA LA PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN Y ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN.

En este capítulo plantaremos la propuesta de automatización, comenzando con la descripción del equipo existente, el cual se bosqueja por medio de esquemas. Con la ayuda de las características de la materia prima se propone una selección de elementos para la automatización.

La manipulación de los elementos finales de control se hará mediante un controlador relé programable Zelio, por lo que se propone una Lógica de control, la cual se traduce en instrucciones para el ZELIO, siendo esta programación en Zelio-Soft.

Con el propósito de presentar los componentes de monitoreo y automatización, se explica cómo deben de asociarse, para constituir la propuesta de solución del proyecto planteado. Por esto se muestra el esquema general de solución en la figura 4.0.



*Fig. 4.1 Propuesta esquemática general de solución.*

*Fuente: Elaboración Propia.*

#### 4.1 ESPECIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS DE LA EMPRESA.

El primer paso para la selección del equipo, se debe de conocer detalladamente cada una de las partes que conforman el proceso y

teniendo sus características se puede elegir adecuadamente los elementos correctos.

Se dividen los tres procesos de pesaje y el vaciado de aditivo, para una mejor descripción del equipo existente de cada uno de estos. Comenzado con el vaciado de aditivo.

#### 4.2 SECCIÓN DEL PROCESO DE ADITIVO.

El proceso de aditivo, cuenta con un tanque de 1 m<sup>3</sup> de volumen que contiene la solución de aditivo que es sustraído por una bomba centrífuga; este es filtrado antes de su vaciado al camión mezclador de concreto. En la figura (4.2) se muestra el diagrama del proceso del aditivo, el cual conecta la figura del equipo con la Tabla de sus datos técnicos por medio de colores identificadores. En las Tablas 4-1 al 4-3, se especifican los datos técnicos de cada equipo.

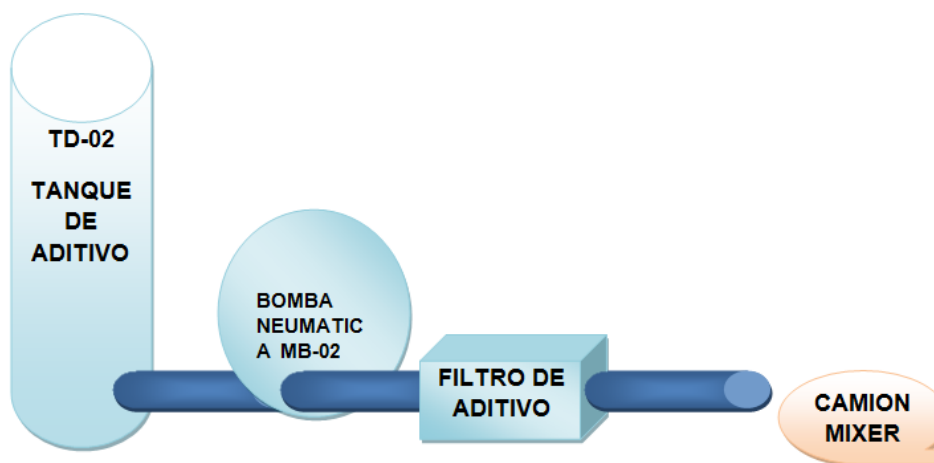


Fig. 4.2 Proceso del aditivo.

Fuente: Elaboración Propia.

<b>TANQUE DE ADITIVO TD-02</b>		
<b>VOLUMEN</b>	<b>L</b>	3000,00
	<b>M<sup>3</sup></b>	3,17
<b>MEDIDAS</b>	Diámetro: 150 cm. Altura: 180 cm.	
<b>MATERIAL</b>	Láminas de acero galvanizado.	
<b>CALIBRE</b>	11 (3,04 mm).	

*Tabla N° 4.1 Datos de tanque de aditivo.*

*Fuente: Concretos Supermix S.A.*

<b>BOMBA DE ADITIVO MB-02</b>	
<b>MARCA</b>	Siemens. Motor trifásico. Inducción jaula de ardilla.
<b>MODELO</b>	RGP
<b>CAPACIDAD</b>	Potencia = 4,5 HP Revoluciones = 3500 RPM. Frecuencia = 60 Hz. Voltaje = 220 -230 / 440 -460 V. Amperios = 20,0 / 10,0 A.

*Tabla N° 4.2 Datos de la bomba.*

*Fuente: El fabricante.*

<b>FILTRO DE ADITIVO</b>	
<b>TEMPERATURA DE OPERACIÓN</b>	0- 90 °C
<b>MEDIDAS</b>	Diámetro: 10 cm. Altura: 40 cm.
<b>RETENCIÓN</b>	1 $\mu$
<b>MEDIO FILTRANTE</b>	Malla de acero inoxidable.

*Tabla N° 4.3 Datos del filtro.*

*Fuente: El fabricante.*

#### **4.2.1 SECCIÓN DEL PROCESO DEL AGUA.**

Cuenta con una bomba centrífuga de agua que transporta del reservorio que está al nivel del piso, este reservorio puede ser alimentado a través de un cisterna de agua proveniente de otro lugar, o de una bomba sumergible que bombee agua del subsuelo previo estudio, el agua del reservorio es bombeada y sube a presión hacia el alimentador del camión mezclador de concreto, se cuenta con un flujómetro instalado en la tubería de descarga para cuantificar la cantidad de agua que ingresa al camión mixer, el display digital del flujometro se localiza en la caseta de control de operador de planta. La figura 4.3 se presenta el proceso de cuantificación del agua. Las especificaciones técnicas del equipo se dan en las Tablas 4.4 a la 4.6.

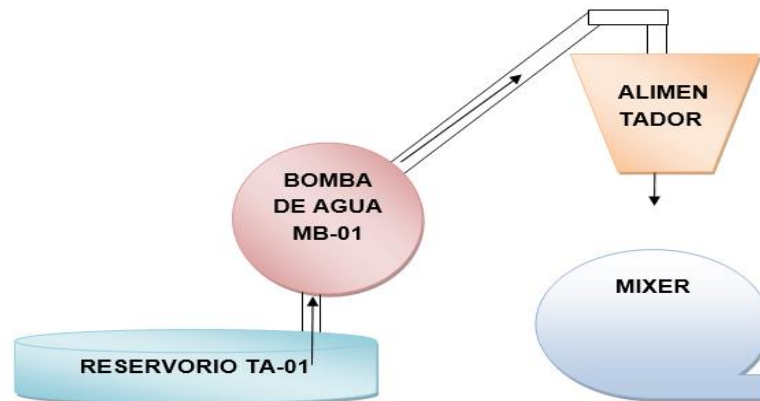


Fig. 4.3 Proceso de cuantificación del agua.

Fuente: Elaboración Propia.

<b>RESERVORIO DE AGUA TA-01</b>	
<b>VOLUMEN</b>	18.0 m <sup>3</sup>
<b>MEDIDAS</b>	Diámetro: 4.0 m. Altura: 1.5 m.
<b>MATERIAL</b>	Concreto + fierro 5/8"

Tabla N° 4.4 Datos del reservorio.

Fuente: Concretos Supermix S.A.

<b>FLUJÓMETRO DE AGUA</b>	
<b>MARCA</b>	VORTEX
<b>MODELO</b>	MPAVF7000
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<p>Precisión: +/-0.7%.</p> <p>Modo de conexión: bridas.</p> <p>Pantalla: Digital.</p> <p>Suministro de energía: 12-36 VDC.</p> <p>Temperatura: - 20~+80.</p> <p>Diámetro: 50 mm.</p> <p>Material: de acero inoxidable.</p> <p>Salida de Corriente: 4 a 20 ma.</p>

*Tabla N° 4.5 Datos del cuantificador de agua.*

*Fuente: El fabricante.*

<b>BOMBA DE AGUA MB-01</b>	
<b>MARCA</b>	<p>Siemens.</p> <p>Motor trifásico.</p> <p>Inducción jaula de ardilla.</p>
<b>MODELO</b>	RGZ.
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<p>Potencia = 4,5 HP.</p> <p>Revoluciones = 3500 RPM.</p> <p>Frecuencia = 60 HZ.</p> <p>Voltaje = 220 -230 / 440 -460 V.</p> <p>Amperios = 20,0 / 10,0 A.</p>

*Tabla N° 4.6 Datos de la bomba de agua.*

*Fuente: El fabricante.*

#### 4.2.2 SECCIÓN DEL PROCESO DE AGREGADOS.

En esta sección de agregados, la planta dosificadora cuenta con un moto-reductor eléctrico trifásico de 20 hp, que mueve la banda transportadora hacia el alimentador de camión mezclador de concreto, las compuertas de las tolvas pesadoras de agregados se abren a través de pistones neumáticos y suministran a la faja los agregados, este proceso es ayudado a la vez por vibradores adheridos a las caras laterales de la tolva de agregados. En la figura (4.5) se exhibe el esquema del proceso de pesaje de agregados, en las tablas 4.7.a la tabla 4.10, se pueden ver los equipos seleccionados para este proceso, estas contienen los datos técnicos de cada elemento.



*Fig. 4.4 Proceso de la materia prima.*

*Fuente: Concretos Supermix S.A*

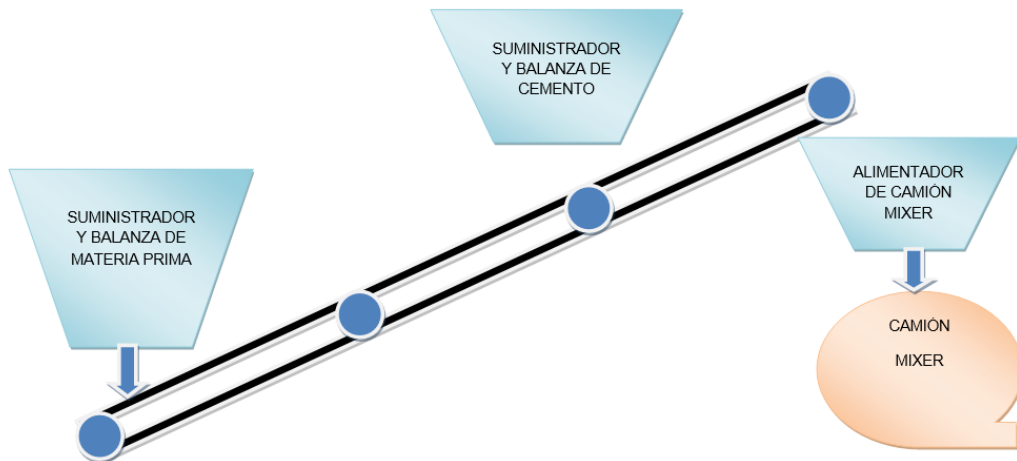


Fig. 4.5 Esquema de pesado de la materia prima.

Fuente: Elaboración propia.



Fig. 4.6 Indicador digital de la balanza de materia prima.

Fuente: Concretos Supermix S.A.



Fig. 4.7 Celdas de carga para materia prima.

Fuente: Concretos Supermix S.A.

<b>TOLVA PESADORA DE MATERIA PRIMA MP BAS-01.</b>	
<b>MEDIDAS</b>	Largo: 6.0 m. Ancho: 2.8 m. Altura: 3.0 m.
<b>MATERIAL</b>	Lamina de acero galvanizado.
<b>CALIBRE</b>	5/16" (7.4mm).
<b>VOLÚMEN</b>	56,139 m <sup>3</sup>
<b>CAPACIDAD DE CARGA</b>	15000 Kg.

Tabla N° 4.7 Tolva pesadora de Materia Prima.

Fuente: Concretos Supermix S.A.

<b>CELDA DE CARGA DIGITAL PARA AGREGADOS</b>	
<b>MARCA</b>	ADN.
<b>MODELO</b>	AD-5100.
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	20000 Kg. Max. Serial y párelo I/O. EZ Link.

*Tabla N° 4.8 Datos de celda de carga digital.*

*Fuente: El fabricante.*

<b>MOTORREDUTOR DE FAJA ELEVADORA</b>	
<b>MARCA</b>	Siemens. Motor trifásico. Inducción jaula de ardilla.
<b>MODELO</b>	JM15
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	Potencia = 15 HP. Revoluciones = 3600 RPM. Frecuencia = 60 HZ. Voltaje = 220 - 230 / 440 - 460 V. Amperios = 40 / 22 A.

*Tabla N° 4.9 Datos del motor de faja.*

*Fuente: El fabricante.*

<b>PISTÓN NEUMÁTICO PARA COMPUERTA DE AGREGADOS</b>	
<b>MARCA</b>	Festo.
<b>MODELO</b>	DNCB 080.
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	1-16 BAR. Doble efecto.

*Tabla N° 4.10 Datos del pistón neumático.*

*Fuente: El fabricante.*

#### **4.2.3 SECCIÓN DEL PROCESO DE CEMENTO.**

El proceso de cemento está diseñado con un silo principal de almacenamiento; la compuerta del silo principal es activada por una válvula tipo guillotina accionada neumáticamente, un tornillo helicoidal se encarga de transportar el cemento hacia la tolva pesadora, una vez llegado el peso requerido por el diseño de dosificación, se enciende un segundo tornillo helicoidal que trasporta el cemento desde la tolva pesadora hasta la alimentación del camión mezclador de concreto este tornillo se apaga cuando la tolva pesadora se queda sin cemento.

En algunos casos donde haya bastante demanda de la producción de concreto se pueden instalar silos auxiliares alrededor de la planta dosificadora, con el cual se garantiza el suministro de materia prima en la producción del concreto.

En la figura 4.8 expone el esquema del proceso de abastecimiento y pesaje de cemento en la planta, en la tabla

4.11 a la tabla 4.17, se muestran las características de sus componentes que componen este proceso.

<b>SILO PRINCIPAL DE CEMENTO SPC-02</b>	
<b>VOLUMEN</b>	120 m <sup>3</sup>
<b>MEDIDAS</b>	Diámetro: 2.4 m Altura: 16 m.
<b>CALIBRE</b>	6.07 mm.
<b>MATERIAL</b>	Lamina de acero galvanizado.

*Tabla N° 4.11 Datos del silo principal.*

*Fuente: Concretos Supermix S.A.*

<b>SILO AUXILIAR DE CEMENTO SPA-02</b>	
<b>VOLUMEN</b>	32 m <sup>3</sup> .
<b>MEDIDAS</b>	Diámetro: 2.4 m Altura: 7,5 m.
<b>CALIBRE</b>	6.07 mm.
<b>MATERIAL</b>	Lamina de acero galvanizado.

*Tabla N° 4.12 Datos del silo auxiliar.*

*Fuente: Concretos Supermix S.A.*

<b>SUMISTRADOR Y BALANZA DE CEMENTO BAS-02</b>	
<b>VOLUMEN</b>	4.7 m <sup>3</sup>
<b>MEDIDAS</b>	Ancho: 1.4 m. Largo: 1.6 m. Altura: 2,1 m.
<b>CALIBRE</b>	6.07 mm.
<b>MATERIAL</b>	Lamina de acero galvanizado.
<b>CAPACIDAD DE CARGA</b>	5000 Kg.

*Tabla N° 4. 13 Datos de la balanza de cemento.*

*Fuente: Concretos Supermix S.A.*

<b>CELDA DE CARGA DIGITAL PARA CEMENTO</b>	
<b>MARCA</b>	ADN
<b>MODELO</b>	AD-5100.
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	20000 Kg. Max. Serial y párelo I/O. EZ Link.

*Tabla N° 4.14 Datos de celda de carga digital.*

*Fuente: El fabricante.*

<b>PISTÓN NEUMÁTICO PARA VÁLVULA TIPO GUILLOTINA</b>	
<b>MARCA</b>	Festo.
<b>MODELO</b>	DNCB 080
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	1 a 16 bar. Doble efecto

*Tabla N° 4. 15 Datos del pistón neumático.*

*Fuente: El fabricante.*

<b>MOTOR DE TORNILLO HELICOIDAL</b>	
<b>MARCA</b>	Siemens Motor trifásico de Inducción cerrado
<b>MODELO</b>	BP10
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	Potencia = 30 HP. Revoluciones = 3600 RPM. Frecuencia = 60 HZ. Voltaje = 220 -230 / 440 -460 V. Amperios = 60 / 40 A

*Tabla N° 4.16 Datos del motor para el tornillo helicoidal.*

*Fuente: El fabricante.*

TORNILLO HELICOIDAL	
<b>MARCA</b>	Wam Group.
<b>MODELO</b>	Tornillo Helicoidal
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	Altura: 30 cm Ancho: 30 cm Largo: 600 cm

Tabla N° 4.17 Datos del motor para el tornillo helicoidal.

Fuente: El fabricante.

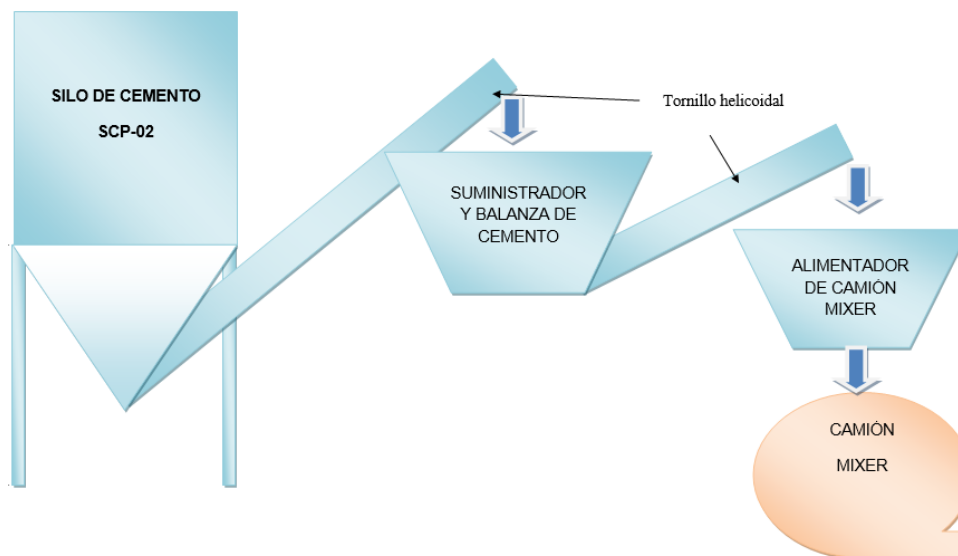


Fig. 4.8 Proceso esquemático del cemento.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3 SELECCIÓN DE EQUIPO.

Con las características antes mencionadas de los elementos existentes se propone una selección del equipo necesario para la propuesta de

automatización del proceso. En las tablas siguientes se describe la marca, modelo, características, tipos y precio.

Se empieza por proponer qué tipo de medidor de flujo se escogerá para la medición del aditivo visualizado en la tabla 4.18. Teniendo como base las características del equipo de aditivo, mencionadas en la tabla 2.1.

<b>MEDIDOR DE FLUJO</b>		
<b>Marca</b>	BRONKHORST	VORTEX
<b>Modelo</b>	FLP15-L1PA (Liquiview)	MPAVF7000
<b>Características</b>	<p><b>Líquidos Aceptables:</b> líquidos de baja viscosidad.</p> <p><b>Presión:</b> 1 a 10 bares.</p> <p><b>Temperatura:</b> -10 a 80 °C.</p> <p><b>Precisión:</b> ± 3%.</p> <p><b>Relación de regulación:</b> 1:16.</p> <p><b>Especificaciones eléctricas:</b></p> <p><b>Salida:</b> pulso (escalada).</p> <p><b>Alimentación:</b> 12/24 VDC.</p>	<p><b>Aplicaciones:</b> gases, vapor y líquido.</p> <p><b>Precisión:</b> +/-0.7%.</p> <p><b>Alimentación:</b> 12/36 VDC.</p> <p><b>Salida de corriente:</b> 4 a 20 ma.</p> <p><b>Material:</b> Acero inoxidable 301/304/316.</p>
<b>Precio</b>	\$ 361,29 + IGV	\$ 1877,78 + IGV

Tabla N° 4.18 Selección de medidores de flujo.

Fuente: El fabricante.

Comparando las características de toda la gama de medidores de flujo del mercado se seleccionaron los tres más adecuados, de estos la mejor opción, fue MPAVF7000, ya que la empresa Concretos Supermix viene trabajando con esta marca debido a que son instrumentos confiables y se cuenta con proveedores locales.

Se propone para el sensado del nivel de los silos de cemento el producto Micropilot MFMR250 de la marca Endress+Hauser; este dispositivo resulta más costoso en comparación de los otros dos, pero este cuenta con una mayor confiabilidad y es líder en la fabricación de instrumentos de medición por ultrasonido ver la tabla 4.19.

<b>SENSOR DE NIVEL SÓLIDOS (CEMENTO)</b>		
<b>Marca</b>	HONEYWELL	EMERSON
<b>Modelo</b>	SMARTLINE RM71 (TDR)	Serie 5600 (Rosemount)
<b>Características</b>	<b>Salida:</b> 4 a 20 ma. <b>Alimentación:</b> 10 a 30 VDC, (50-60 Hz).	<b>Salida:</b> 4 a 20 ma. <b>Alimentación:</b> 110-240 VAC, (50-60 Hz).
<b>Precio</b>	\$ 3793,25 + IGV	\$ 4630,68 + IGV

*Tabla N° 4.19 Selección sensores nivel sólidos (Cemento).*

*Fuente: El fabricante.*

<b>ELECTROVÁLVULAS NEUMÁTICAS PROPORCIONALES DE CAUDAL</b>		
<b>Marca</b>	FESTO	PARKER
<b>Modelo</b>	MPPE-3	PAR-15
<b>Características</b>	<p><b>Caudal:</b> 350...8800 l/min.</p> <p><b>Tensión:</b> 18 a 30 VDC.</p> <p><b>Regulación de la presión:</b> 0 a 1 bar. 0 a 2.5 bar. 0 a 6 bar. 0 a 10 bar.</p> <p><b>Señal de entrada:</b> 4 a 20 ma.</p>	<p><b>Tensión:</b> 24 VCD / 50-60 HZ.</p> <p><b>Presión de funcionamiento:</b> <b>Máxima:</b> 2 bar a 3 bar (43,5 psi). 10 bar a 10,5 bar (152 psi). <b>Minima:</b> 0,5 bar de presión (7,3 psi).</p> <p><b>Señal de entrada:</b> 4 a 20 ma.</p>
<b>Precio</b>	\$ 854,14 + IGV	\$ 2288,26 + IGV

*Tabla N° 4. 20 Selección electroválvulas.*

*Fuente: El fabricante.*

Por la necesidad del proceso para regular la apertura y cierre de las compuertas, para evitar fallar en el pesaje, se optó por sustituir las electroválvulas neumáticas por electroválvulas neumáticas proporcionales de caudal, y de las cuales, las presentadas en la tabla 4.20, de igual forma se requiere una modificación en las compuertas accionadas manualmente, por lo que se cotizaron actuadores cilíndricos de doble efecto mostrados en la tabla 4.21.

<b>ACTUADORES NEUMÁTICOS (CILINDROS DOBLE EFECTO)</b>		
<b>Marca</b>	FESTO	PARKER
<b>Modelo</b>	DNCB 080	P1D ISO
<b>Características</b>	<p><b>Diámetros:</b> 32...100 mm.</p> <p><b>Carrera:</b> 2...2 000 mm.</p> <p><b>Fluido:</b> Aire comprimido filtrado con o sin lubricación.</p> <p><b>Presión [bar]:</b> 0,6 a 12 bares.</p> <p><b>Temperatura:</b> -20 °C a +80 °C.</p>	<p><b>Diámetros:</b> 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160 y 200 mm.</p> <p><b>Vástagos:</b> 1.240mm,</p> <p><b>Funcionamiento:</b> neumático (aire), 10 bar (145 psi).</p> <p><b>Temperatura:</b> -20 °C a +80 °C.</p>
<b>Precio</b>	\$ 135,78+ IGV	\$ 859,54+ IGV

Tabla N° 4.21 Selección actuadores neumáticos.

Fuente: El fabricante.

La marca Festo es una empresa líder a lo que neumática se refiere, por lo tanto, el equipo de neumática que se propone es de dicha marca, sin mencionar el punto económico. Festo cuenta con soporte técnico en todo el Perú, y su tiempo de entrega es mucho más rápido en comparación a las otras marcas.

Por la cantidad y tipo de sensores se requiere un Controlado Lógico Programable, con entrada digital y analógica por el número de entradas y salidas que requiere la propuesta estos son mostrados en la tabla 4.22.

Los tres PLC de la Tabla 4.22 son los más adecuados para la propuesta de automatización. Los precios que se muestran incluyen Entradas / Salidas digitales y analógicas que se requieren para cubrir la automatización.

El Logo Zelio, cuenta con puerto Entradas / Salidas digitales en su arquitectura, dando como resultado un menor costo en la compra de tarjetas de expansión. Si se desea ampliar la planta a futuro con mayor cantidad de actuadores y sensores. También se puede usar tarjetas de comunicación.

<b>CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE</b>		
<b>Marca</b>	LOGO ZELIO	ALLEN BRADLEY
<b>Modelo</b>	SR3 B101BD	Micrologix 1200
<b>Características</b>	<p><b>Compacto</b>  <b>Protección:</b> IP 65.  <b>E/S integradas:</b> 10 E: 6, S: 4.  <b>Alimentación:</b> 12–24 V.  <b>Tipo de salida:</b> Relevador  <b>Consumo [W]:</b> 13 W.  <b>Peso [kg]:</b> 0,45  <b>Dimensiones [mm]:</b> 90x90x75.</p>	<p><b>Compacto</b>  <b>Protección:</b> IP 65.  <b>Número de E/S:</b> 24 entradas, 16 salidas.  <b>Alimentación:</b> 100 a 240 VCA.  <b>Entrada:</b> 24 VCC.  <b>Tipo de Salida:</b> Relevador</p>
<b>Precio</b>	\$ 350.00 + IGV	\$ 1856,68 + IGV

Tabla N° 4. 22 Selección de PLC.

Fuente: El fabricante.

Si en el proceso los agregados (Arena, Grava) contienen un porcentaje de humedad alto que sobrepasa la media (6%, 8% y 10%), en este caso la elaboración del concreto consumirá una mayor cantidad de cemento, por lo tanto se requiere tener un constante monitoreo de la humedad. En este caso la empresa Hidronix es pionera en sensores digitales para agregados orientado específicamente arena, grava, cemento y concreto, además es la única empresa que vende este tipo de tecnología en el mercado. Por lo que es el ideal para nuestra propuesta de automatización. Sus características se muestran en el capítulo 3 así como también de las celdas de carga.

#### **4.4 ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROYECTO**

Un proyecto surge de una identificación, priorización y entendimiento de necesidades, que serán atendidas de manera determinada en la preparación y formulación del mismo, a su vez, permite trazar unos objetivos bien delimitados. El proyecto forma parte de programas y planes más amplios, contribuyendo a un objetivo global de desarrollo. Es una forma operativa y concreta de lograr propósitos y objetivos generales. Los objetivos definen los cambios que se buscan efectuar por medio del conjunto de inversiones y actividades que eventualmente llegan a conformar el proyecto.

La evaluación del proyecto compara, mediante distintos instrumentos, si el flujo de efectivo permite al inversionista obtener la rentabilidad deseada, además de recuperar la inversión.

##### **4.4.1 COSTOS DE LA INVERSIÓN**

Los costos del proyecto suelen clasificarse en dos grandes categorías: costos de inversión y costos de operación.

Los costos de inversión generalmente consisten en desembolsos correspondientes a la adquisición de activos fijos o activos nominales y la financiación de capital de trabajo. Los principales costos de inversión típicamente se concentran en los primeros períodos del proyecto. Los costos por adquisición de activos fijos representan los desembolsos por compra de terrenos, edificios, pago de obras civiles, y compra de equipo, maquinaria y obras de instalación y apoyo.

Uno de los costos de inversión que se harán, son los costos por equipo, que ocupan la mayoría de la inversión total, éstos se organizaron en costos de equipo de instrumentación, costo de equipo electrónico, costo de equipo neumático y costo de software.

En la tabla 4.23 se coloca el equipo de instrumentación propuesto para censar el proceso, con su precio en moneda extranjera dólar americano.

<b>COMPONENTES DE INSTRUMENTACIÓN</b>				
<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Medidor de flujo.	1	Pza.	\$ 361.29	\$ 361,29
Sensor de nivel de líquidos.	2	Pza.	\$ 141.61	\$ 283.22
Sensor de nivel de sólidos (Cemento).	1	Pza.	\$ 3,793.25	\$ 3,793.25
Celdas de carga	4	Pza.	\$ 1,333.49	\$ 5,333.97
			<b>Total + IGV</b>	<b>\$9,771.73</b>

*Tabla N° 4.23 Costo de los componentes de instrumentación.*

*Fuente: Concretos Supermix S.A.*

El equipo electrónico se tomó como todos aquellos dispositivos que nos ayudara para adquirir las señales análogas provenientes de los sensores y procesarlas, permitiendo manipular el funcionamiento de la automatización propuesta. La tabla 4.24 expone el costo del equipo propuesto.

<b>EQUIPOS ELECTRÓNICOS</b>				
<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
PC	1	Pza.	\$ 450.00	\$ 450.00
PLC (Logo Zelio - SR3 B101BD).	1	Pza.	\$ 350.00	\$ 350.00
Dispositivo DAQ (National Instruments).	1	Pza.	\$ 250.00	\$ 250,00
Total + IGV				<b>\$1,050.00</b>

*Tabla N° 4.24 Costo de los equipos electrónicos.*

*Fuente: Concretos Supermix S.A.*

Para la implementación de la propuesta de automatización de la planta de concreto, se requiere sustituir las electroválvulas neumáticas por electroválvulas neumáticas proporcionales de caudal y así poder obtener un mejor control de la apertura y cierre de las compuertas mecánicas, así como actuadores neumáticos donde se requiere eliminar la intervención del trabajador. En la tabla 4.25 se visualiza los costos de estos elementos mencionados.

<b>COMPONENTES NEUMÁTICOS</b>				
<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Electroválvulas Neumáticas Proporcional De Caudal.	2	Pza.	\$ 854.14	\$ 1,708.28
Actuador Neumático (Pistón).	2	Pza.	\$ 135.78	\$ 271.56
			<b>Total + IGV</b>	<b>\$ 1,979.84</b>

*Tabla N° 4.25 Costo de los equipos neumáticos.*

*Fuente: Concretos Supermix S.A.*

Los costos del software a utilizar de acuerdo a la propuesta se encuentran en la tabla 4.25, el total de estos representan una parte importante en la inversión.

<b>SOFTWARE PARA LA AUTOMATIZACIÓN</b>				
<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Labview 2013	1	Pza.	Incluye	\$ 1,500.00
Zelio soft.	1	Pza.	Incluye	\$ 800.00
			Total	\$ 2,300.00
			Total + IGV	<b>\$ 2,714.00</b>

Tabla N° 4.26 Costo del software para la implementación de la automatización.

Fuente: Elaboración propia.

Los costos mostrados en la tabla 4.27 son asignados de acuerdo con criterios que la teoría y la práctica proporcionan.

<b>INSTALACIÓN E INGENIERÍA</b>			
<b>Costo por hora</b>	<b>Horas por proyecto</b>	<b>No. Hombres</b>	<b>TOTAL</b>
\$6,47	56	2	\$ 724,64
			Total + IGV
			<b>\$ 855.07</b>

Tabla N° 4.27 Costo de instalación e ingeniería.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5 INVERSIÓN TOTAL

Cuando se habla de inversión inicial se hace referencia a la totalidad de entradas y salidas que se efectuara para determinar los costos y gastos iniciales en el momento cero o de partida del proyecto, los costos y gastos de arranque se entienden como el concepto de instalación, fletes, impuestos, honorarios de personas especializadas y cualquier otro en que se incurra para que el bien se encuentre en condiciones idóneas para su funcionamiento normal.

<b>COSTO DEL PROYECTO</b>	
<b>Equipos</b>	<b>Costo</b>
Electrónico	\$1,050.20
Neumática	\$1,979.84
Software	\$ 2,714.00
Sensores	\$ 9,771.73
Ingeniería	\$ 855.07
<b>Total + IGV</b>	<b>\$ 16,370,84</b>

Tabla N° 4.28 Costo total del proyecto de automatización.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.6 EGRESOS EN PRODUCCIÓN DE CONCRETO PREMEZCLADO.

Para calcular los ingresos y egresos que mensualmente genera la empresa (flujos de efectivo) se deben considerar los gastos generados por la mano de obra, la cual se explica en la tabla 4.29.

<b>COSTOS POR MANO DE OBRA EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO</b>			
<b>MANO DE OBRA</b>	<b>MENSUAL</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO MENSUAL</b>
Jefe de planta	\$ 1,500.00	1	\$ 1,500.00
Laboratorista	\$ 500.00	2	\$ 1,000.00
Chofer	\$ 450.00	5	\$ 2,250.00
Operador de Cargador frontal	\$ 500.00	1	\$ 500.00
Operador	\$ 600.00	1	\$ 600.00
Personal Administrativo	\$ 500.00	1	\$ 500.00
Ayudante de Planta	\$ 350.00	3	\$ 1,050.00
<b>Total</b>	<b>\$ 4850.00</b>	<b>14</b>	<b>\$ 7,400.00</b>

*Tabla N° 4.29 Costo de mano de obra por planta de concreto.*

*Fuente: Concretos Supermix S.A.*

Se considera la materia prima como gasto directo puesto que está directamente relacionada con el desarrollo en la producción de

concreto premezclado, en la tabla 4.30 se exponen los principales materiales requeridos para realizar el concreto.

<b>COSTO DE LA MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO</b>			
<b>Materia</b>	<b>Costos de materia prima por m<sup>3</sup>.</b>	<b>Porcentaje de materia prima por m<sup>3</sup>.</b>	<b>Costo por m<sup>3</sup>.</b>
Arena	\$ 25.75	0.33	\$ 8.50
Piedra	\$ 20.55	0.36	\$ 7.40
Aditivos	\$ 20.00	0.01	\$ 0.20
Agua	\$ 4.00	0.20	\$ 0.80
Cemento	\$ 90.00	0.10	\$ 9.00
<b>Total por m<sup>3</sup> de concreto.</b>			<b>\$ 25.90</b>

*Tabla N° 4.30 Costos de la materia prima por m<sup>3</sup> de concreto*

*Fuente: Concretos Supermix S.A.*

A los costos de materia prima para la elaboración del concreto también se le deben de adicionar los gastos logísticos de transporte de materia prima hasta la planta de concreto, gastos por combustible de los camiones mezcladores de concreto hasta el punto de entrega, gastos de energía eléctrica que consume la planta en producción, en la tabla 4.31 se exponen los gastos mencionados.

<b>COSTO DE GASTOS ADICIONALES POR METRO CUBICO</b>	
<b>DESCRIPCIÓN DE GASTOS</b>	<b>Costo por m3</b>
Gastos logísticos de transporte	\$ 10.00
Gastos por combustible	\$ 10.00
Gastos por consumo de energía	\$ 5.00
<b>Total</b>	<b>\$ 25.00</b>

T

*Tabla N° 4.31 Costo de adicionales por m<sup>3</sup>.*

*Fuente: Concretos Supermix S.A.*

En la tabla 4.32 se observa el costo mensual de materia prima y los gastos adicionales de transporte, logística y energía eléctrica considerando una venta de m<sup>3</sup> es de 102.47 dólares.

<b>COSTO MENSUAL DE MATERIA PRIMA Y GASTOS ADICIONALES</b>		
<b>M<sup>3</sup> promedio al mes.</b>	<b>Costo por m<sup>3</sup>.</b>	<b>Costo mensual materia prima.</b>
4608 M <sup>3</sup>	\$ 50.90	\$ 234,547.20
<b>Total</b>		<b>\$ 234,547.20</b>

*Tabla N° 4.32 Costo mensual de la materia prima.*

*Fuente: Concretos Supermix S.A.*

Los gastos indirectos pertenecen a las actividades correspondientes al mantenimiento, reparaciones y servicios auxiliares al proceso de producción, en la tabla 4.33 se muestran los gastos indirectos de Concretos Supermix S.A, en la producción de concreto, estos gastos representan el primer mes promedio del 3% del costo de la producción.

<b>GASTOS INDIRECTOS POR MANTENIMIENTO MENSUALES</b>	
<b>DESCRIPCIÓN DE LOS GASTOS</b>	<b>Costo Mensual</b>
Gastos Indirectos mantenimiento preventivo y correctivo.	\$ 7,036.41
<b>Total</b>	<b>\$ 7,036.41</b>

*Tabla N° 4.33 Primer mes de gastos indirectos por mantenimiento.*

*Fuente: Concretos Supermix S.A.*

Para obtener los gastos totales para la producción del concreto premezclado mensualmente, se requiere de la información anteriormente detallada que corresponde a la mano de obra, materia prima y gastos indirectos, en la tabla 4.34 se engloban los gastos relacionados.

<b>GASTOS TOTALES DE PRODUCCIÓN DE CONCRETO MENSUAL</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Costo Mensual</b>
Mano de obra.	\$ 7,400.00
Materia prima y gastos adicionales	\$ 234,547.20
Gastos por mantenimiento	\$ 7,036.41
<b>Total</b>	<b>\$ 248,983.61</b>

Tabla N° 4.34 Gastos totales de producción de concreto mensual.

Fuente: Concretos Supermix S.A.

## 4.7 INGRESOS DE LA EMPRESA SUPERMIX S.A

### 4.7.1 PRODUCCIÓN NORMAL

Se considera producción normal de 8 horas diarias de lunes a sábado, proceso con el que la empresa Concretos Supermix S.A viene trabajando en la actualidad con su planta ubicada en Arequipa.

<b>METROS CÚBICOS DE CONCRETO PRODUCIDO EN UN MES.</b>				
<b>Capacidad de producción de manera manual</b>	8 m <sup>3</sup>	24 m <sup>3</sup>	192 m <sup>3</sup>	4608 m <sup>3</sup>
<b>Tiempo de proceso de producción.</b>	16 min.	48 min	6.24 hrs	154 hrs
<b>Tiempo de cambio camión Mixer.</b>	4 min.	12 min	1.36 hrs	48 hrs
<b>Tiempo Total</b>	20 min	1 hrs	8 hrs	24 días x 8 hrs

ANTES

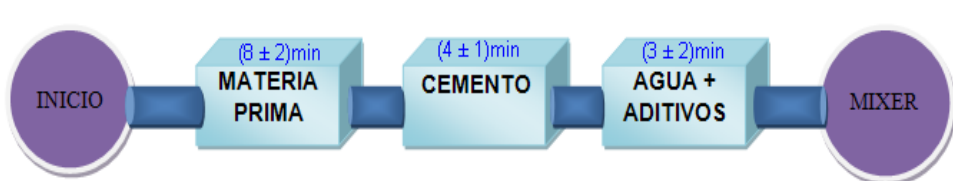


Tabla N° 4.35 Producción mensual de Concretos Supermix en m<sup>3</sup> hora.

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar el análisis la empresa obtiene una entrada de efectivo la cual afectará a los resultados de la empresa, en la tabla 4.35, se muestra el ingreso mensual de la compañía calculada en la planta ubicada en Arequipa, teniendo en cuenta que el precio del concreto premezclado al mercado local es de \$ 120.00 el m<sup>3</sup>.

<b>INGRESO MENSUAL EN VENTAS DE PRODUCCIÓN DE CONCRETO PREMEZCLADO CON PROCESO MANUAL</b>		
<b>Precio por m<sup>3</sup></b>	<b>M<sup>3</sup> promedio al mes</b>	<b>Ventas mensuales</b>
\$ 120.00	4,608 m <sup>3</sup>	\$ 552,960.00
<b>Total</b>		<b>\$ 552,960.00</b>

*Tabla N° 4.36 Ingresos del mes en producción de concreto en la planta de Arequipa con proceso manual.*

*Fuente: Concretos Supermix S.A.*

#### **4.7.2 PROCESO PRODUCTIVO CON AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS.**

Se considera al proceso productivo con automatización de procesos a la maximización de ganancias y reducción de costos operativos a través del uso de la tecnología para la integración de procesos industriales

<b>METROS CÚBICOS DE CONCRETO PRODUCIDO EN UN MES.</b>				
<b>Capacidad de Producción con Automatización de Procesos.</b>	8 m <sup>3</sup>	40 m <sup>3</sup>	320 m <sup>3</sup>	7680 m <sup>3</sup>
<b>Tiempo de proceso de producción.</b>	8 min.	40 min.	5.20 hrs	128 hrs.
<b>Tiempo de Cambio Camión Mixer.</b>	4 min.	20 min.	2.40 hrs.	64 hrs.
<b>Tiempo Total</b>	12 min.	1 hrs.	8 hrs.	24 días x 8 hrs.

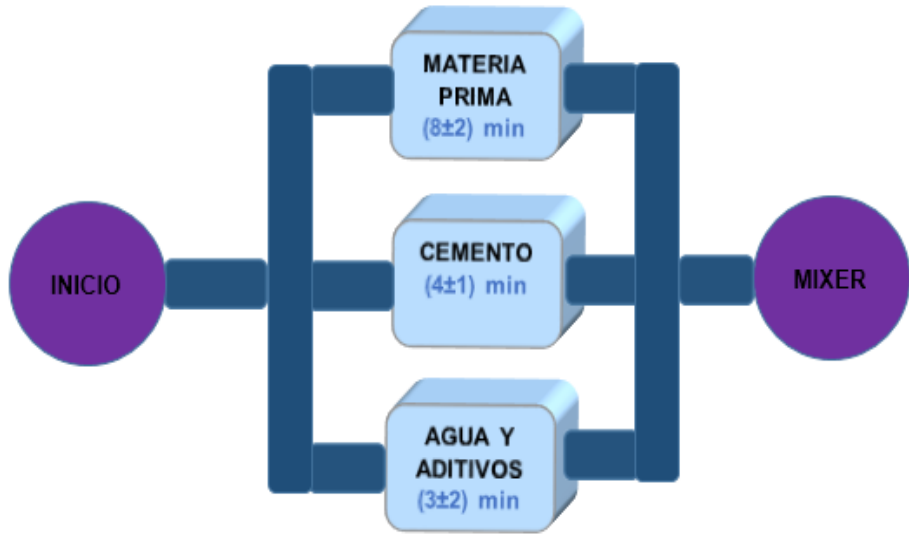
  


Tabla N° 4.37 Producción mensual Concretos Supermix con automatización de procesos en m<sup>3</sup>.

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar el análisis con el nuevo proceso de producción, la empresa obtiene una entrada de efectivo la cual afectará los

resultados de la empresa aumentando sus utilidades y disminuyendo las perdidas, en la tabla 4.37, se muestra el ingreso mensual de la compañía calculada en la planta ubicada en Arequipa, teniendo en cuenta que el precio del concreto premezclado al mercado local es de \$ 120.00 el m<sup>3</sup>.

<b>INGRESO MENSUAL EN VENTAS DE PRODUCCIÓN DE CONCRETO PREMEZCLADO CON PROCESO AUTOMATIZADO</b>		
<b>Precio por m<sup>3</sup></b>	<b>M<sup>3</sup> promedio al mes</b>	<b>Ventas mensuales</b>
\$ 120.00	\$ 7680 m <sup>3</sup>	\$ 921,600.00
<b>Total</b>		<b>\$ 921,600.00</b>

*Tabla N° 4.38 Ingresos del mes en producción de concreto en la planta de Arequipa con automatización de procesos.*

*Fuente: Elaboración propia.*

#### **4.7.3 COMPARACIÓN DE INGRESOS ENTRE EL PROCESO MANUAL Y EL PROCESO AUTOMATIZADO EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO.**

Los procesos analizados anteriormente se comparan en la tabla 4.39, donde se pueden reflejar los ingresos mensuales de la planta dosificadora de concreto trabajando 8 horas diarias por el lapso de 24 días al mes, concluyendo que el proceso automatizado genera un mayor ingreso económico por consecuencia de su integración de procesos.

<b>COMPARACIÓN DE INGRESOS MENSUAL ENTRE EL PROCESO MANUAL Y EL PROCESO AUTOMATIZADO</b>		
<b>PROCESOS</b>	<b>Venta mensual (\$)</b>	<b>Producción mensual (m<sup>3</sup>)</b>
Proceso manual	\$ 552,960.00	4,608.00 m <sup>3</sup>
Proceso automatizado	\$ 921,600.00	7,680.00 m <sup>3</sup>
<b>Diferencia Total</b>	<b>\$ 368,640.00</b>	<b>3,072.00 m<sup>3</sup></b>

Tabla N° 4.39 Comparación de ingreso mensual entre el proceso productivo manual vs proceso productivo con automatización de procesos.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.8. ANÁLISIS DE VIABILIDAD DEL PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN

En el proyecto de automatización es muy importante analizar la rentabilidad del proyecto y sobre todo si es viable o no, los parámetros más usados a la hora de calcular la viabilidad de un proyecto son el VAN (Valor actual neto) y el TIR (Tasa interna de retorno), ambos conceptos se basan en lo mismo y es la estimación de los flujos de caja que tenga la empresa ingresos menos gastos netos.

En las tablas 4.40 se realizar el análisis de flujo de caja co la planta trabajando en forma manual y en la tabla 4.41 se realiza de flujo de caja del proyecto trabajando de manera automatizada.

<b>FLUJO DE CAJA - MANUAL- ANUAL</b>						
<b>PERIODO (Años)</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>PRODUCCIÓN MES EN METROS CÚBICOS</b>		4,608.00	4,608.00	4,608.00	4,608.00	4,608.00
PRECIO X M3		\$80.00	\$80.00	\$80.00	\$80.00	\$80.00
INGRESO MENSUAL		\$368,640.00	\$368,640.00	\$368,640.00	\$368,640.00	\$368,640.00
<b>INGRESOS ANUAL</b>		<b>\$3,760,128.00</b>	<b>\$3,760,128.00</b>	<b>\$3,760,128.00</b>	<b>\$3,760,128.00</b>	<b>\$3,760,128.00</b>
<b>EGRESOS</b>		<b>\$3,492,448.96</b>	<b>\$3,592,448.96</b>	<b>\$3,492,448.96</b>	<b>\$3,592,448.96</b>	<b>\$3,492,448.96</b>
<b>INSUMOS + GASTOS INDIRECTOS</b>		<b>\$2,814,566.40</b>	<b>\$2,814,566.40</b>	<b>\$2,814,566.40</b>	<b>\$2,814,566.40</b>	<b>\$2,814,566.40</b>
<b>COSTO DE OPERACIÓN</b>		<b>\$132,720.00</b>	<b>\$132,720.00</b>	<b>\$132,720.00</b>	<b>\$132,720.00</b>	<b>\$132,720.00</b>
JEFE DE PLANTA		\$25,200.00	\$25,200.00	\$25,200.00	\$25,200.00	\$25,200.00
SUPERVISOR SEGURIDAD		\$16,800.00	\$16,800.00	\$16,800.00	\$16,800.00	\$16,800.00
PERSONAL OBRERO		\$73,920.00	\$73,920.00	\$73,920.00	\$73,920.00	\$73,920.00
PERSONAL CALIDAD		\$16,800.00	\$16,800.00	\$16,800.00	\$16,800.00	\$16,800.00
<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS</b>		<b>\$36,960.00</b>	<b>\$36,960.00</b>	<b>\$36,960.00</b>	<b>\$36,960.00</b>	<b>\$36,960.00</b>
ASISTENTE ADMINISTRATIVO		\$8,400.00	\$8,400.00	\$8,400.00	\$8,400.00	\$8,400.00
GERENCIA		\$16,800.00	\$16,800.00	\$16,800.00	\$16,800.00	\$16,800.00
FACTURACIÓN		\$5,040.00	\$5,040.00	\$5,040.00	\$5,040.00	\$5,040.00
COMERCIAL		\$6,720.00	\$6,720.00	\$6,720.00	\$6,720.00	\$6,720.00
<b>GASTOS MANTENIMIENTO</b>		<b>\$75,202.56</b>	<b>\$75,202.56</b>	<b>\$75,202.56</b>	<b>\$75,202.56</b>	<b>\$75,202.56</b>
OVER HAULL			\$100,000.00		\$100,000.00	
<b>ALQUILER DE VOLQUETES</b>		<b>\$288,000.00</b>	<b>\$288,000.00</b>	<b>\$288,000.00</b>	<b>\$288,000.00</b>	<b>\$288,000.00</b>
<b>DEPRECIACIÓN</b>		<b>\$145,000.00</b>	<b>\$145,000.00</b>	<b>\$145,000.00</b>	<b>\$145,000.00</b>	<b>\$145,000.00</b>
DEPRECIACIÓN DE 05 MIXERS		\$120,000.00	\$120,000.00	\$120,000.00	\$120,000.00	\$120,000.00
DEPRECIACIÓN PLANTA		\$25,000.00	\$25,000.00	\$25,000.00	\$25,000.00	\$25,000.00
<b>UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS</b>		<b>\$267,679.04</b>	<b>\$167,679.04</b>	<b>\$267,679.04</b>	<b>\$167,679.04</b>	<b>\$267,679.04</b>
<b>IMPUESTOS</b>		<b>\$74,950.13</b>	<b>\$46,950.13</b>	<b>\$74,950.13</b>	<b>\$46,950.13</b>	<b>\$74,950.13</b>
<b>UTILIDAD NETA</b>		<b>\$192,728.91</b>	<b>\$120,728.91</b>	<b>\$192,728.91</b>	<b>\$120,728.91</b>	<b>\$192,728.91</b>
<b>+ DEPRECIACIÓN</b>		<b>\$145,000.00</b>	<b>\$145,000.00</b>	<b>\$145,000.00</b>	<b>\$145,000.00</b>	<b>\$145,000.00</b>
<b>FLUJO DE CAJA ECONOMICO</b>	<b>-\$850,000.00</b>	<b>\$337,728.91</b>	<b>\$265,728.91</b>	<b>\$337,728.91</b>	<b>\$265,728.91</b>	<b>\$337,728.91</b>
<b>WACC</b>	<b>15.46%</b>					
<b>VAN</b>	<b>1,025,374.59</b>					
<b>TIR</b>	<b>24%</b>					

Tabla N° 4.40 Flujo de caja prolongado a 5 años produciendo en forma manual.

Fuente: Elaboración propia

<b>FLUJO DE CAJA - AUTOMATIZADA- ANUAL</b>						
<b>PERIODO (Años)</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>PRODUCCION MES EN METROS CUBICOS</b>		7,680.00	7,680.00	7,680.00	7,680.00	7,680.00
PRECIO X M3		\$80.00	\$80.00	\$80.00	\$80.00	\$80.00
INGRESO MENSUAL		\$614,400.00	\$614,400.00	\$614,400.00	\$614,400.00	\$614,400.00
<b>INGRESOS ANUAL</b>		<b>\$6,266,880.00</b>	<b>\$6,266,880.00</b>	<b>\$6,266,880.00</b>	<b>\$6,266,880.00</b>	<b>\$6,266,880.00</b>
<b>EGRESOS</b>		<b>\$5,462,187.20</b>	<b>\$5,462,187.20</b>	<b>\$5,462,187.20</b>	<b>\$5,462,187.20</b>	<b>\$5,462,187.20</b>
<b>INSUMOS + GASTOS INDIRECTOS</b>		<b>\$4,221,849.60</b>	<b>\$4,221,849.60</b>	<b>\$4,221,849.60</b>	<b>\$4,221,849.60</b>	<b>\$4,221,849.60</b>
<b>COSTO DE OPERACIÓN</b>		<b>\$223,440.00</b>	<b>\$223,440.00</b>	<b>\$223,440.00</b>	<b>\$223,440.00</b>	<b>\$223,440.00</b>
JEFE DE PLANTA		\$25,200.00	\$25,200.00	\$25,200.00	\$25,200.00	\$25,200.00
SUPERVISOR SEGURIDAD		\$16,800.00	\$16,800.00	\$16,800.00	\$16,800.00	\$16,800.00
PERSONAL OBRERO		\$147,840.00	\$147,840.00	\$147,840.00	\$147,840.00	\$147,840.00
PERSONAL CALIDAD		\$33,600.00	\$33,600.00	\$33,600.00	\$33,600.00	\$33,600.00
<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS</b>		<b>\$36,960.00</b>	<b>\$36,960.00</b>	<b>\$36,960.00</b>	<b>\$36,960.00</b>	<b>\$36,960.00</b>
ASISTENTE ADMINISTRATIVO		\$8,400.00	\$8,400.00	\$8,400.00	\$8,400.00	\$8,400.00
GERENCIA		\$16,800.00	\$16,800.00	\$16,800.00	\$16,800.00	\$16,800.00
FACTURACION		\$5,040.00	\$5,040.00	\$5,040.00	\$5,040.00	\$5,040.00
COMERCIAL		\$6,720.00	\$6,720.00	\$6,720.00	\$6,720.00	\$6,720.00
<b>GASTOS MANTENIMIENTO</b>		<b>\$125,337.60</b>	<b>\$125,337.60</b>	<b>\$125,337.60</b>	<b>\$125,337.60</b>	<b>\$125,337.60</b>
OVER HAUL		\$100,000.00	\$100,000.00	\$100,000.00	\$100,000.00	\$100,000.00
ALQUILER DE VOLQUETES		\$489,600.00	\$489,600.00	\$489,600.00	\$489,600.00	\$489,600.00
<b>DEPRECIACION</b>		<b>\$265,000.00</b>	<b>\$265,000.00</b>	<b>\$265,000.00</b>	<b>\$265,000.00</b>	<b>\$265,000.00</b>
DEPRECIACION DE 10 MIXERS		\$240,000.00	\$240,000.00	\$240,000.00	\$240,000.00	\$240,000.00
DEPRECIACION PLANTA		\$25,000.00	\$25,000.00	\$25,000.00	\$25,000.00	\$25,000.00
<b>UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS</b>		<b>\$804,692.80</b>	<b>\$804,692.80</b>	<b>\$804,692.80</b>	<b>\$804,692.80</b>	<b>\$804,692.80</b>
<b>IMPUESTOS</b>		<b>\$225,313.98</b>	<b>\$225,313.98</b>	<b>\$225,313.98</b>	<b>\$225,313.98</b>	<b>\$225,313.98</b>
<b>UTILIDAD NETA</b>		<b>\$579,378.82</b>	<b>\$579,378.82</b>	<b>\$579,378.82</b>	<b>\$579,378.82</b>	<b>\$579,378.82</b>
<b>+ DEPRECIACION</b>		<b>\$265,000.00</b>	<b>\$265,000.00</b>	<b>\$265,000.00</b>	<b>\$265,000.00</b>	<b>\$265,000.00</b>
<b>FLUJO DE CAJA ECONOMICO</b>	-	<b>\$844,378.82</b>	<b>\$844,378.82</b>	<b>\$844,378.82</b>	<b>\$844,378.82</b>	<b>\$844,378.82</b>
<b>WAAC</b>	<b>15.46%</b>					
<b>VAN</b>	<b>2,799,932.75</b>					
<b>TIR</b>	<b>50%</b>					

Tabla N° 4.41 Flujo de caja prolongado a 5 años produciendo en forma automatizada.

Fuente: Elaboración propia

Realizando el análisis de la viabilidad del proyecto podemos concluir que teniendo una TIR (Tasa interna de retorno) de 50% del proceso automatizado con respecto al 24% del proceso manual es viable incrementando la rentabilidad en casi el doble.

Con respecto al VAN (Valor actual neto) se puede concluir que el proyecto es viable debido que el van obtenido en la automatización es mayor al del proceso manual.



## CONCLUSIONES

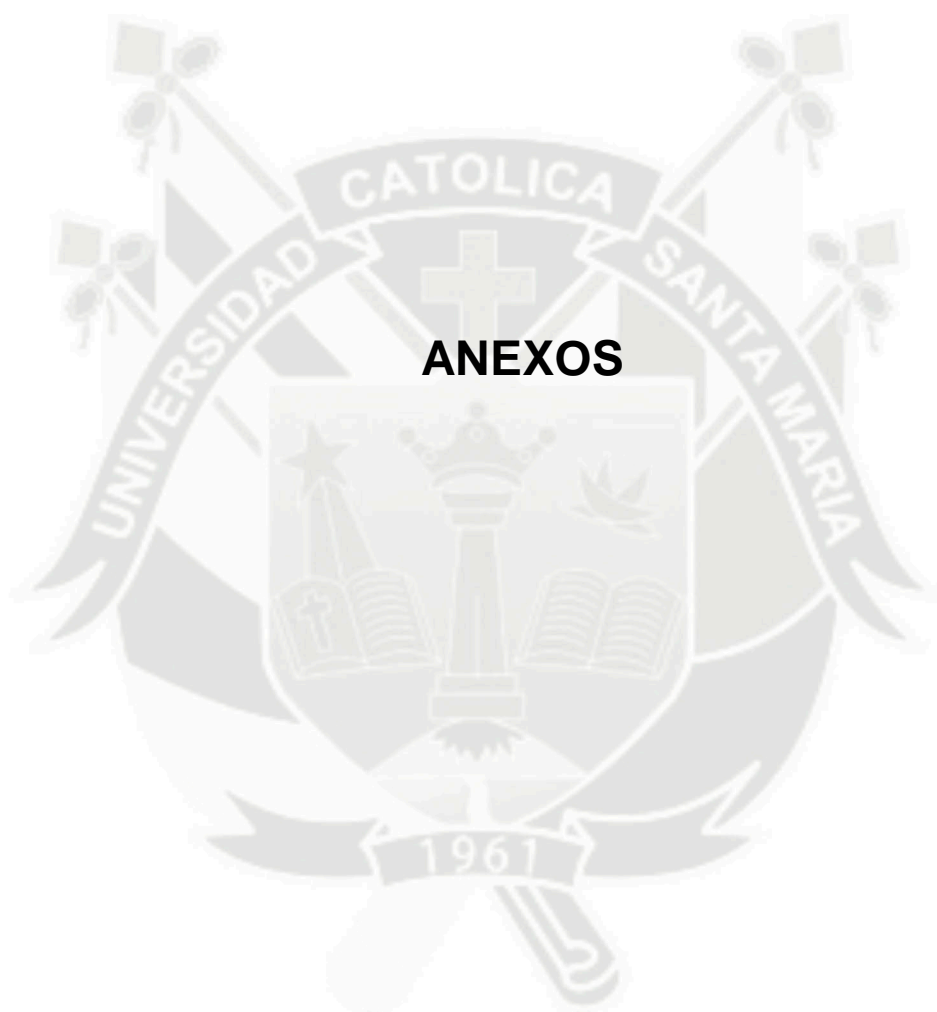
- Se demuestra el objetivo principal del proyecto que es el incremento de la producción de concreto premezclado de  $24 \text{ m}^3$  a  $40 \text{ m}^3$  por hora para la empresa Concretos Supermix S.A la automatización realiza el proceso de dosificación independientemente y en forma paralela, diferente a la forma manual que exige al operador realizar el proceso en forma serial, también se pueden manipular su proceso de elaboración de concreto, modificando las dosificaciones para los diferentes tipos de diseño de mezcla sin cometer errores en el pesado y de esta manera minimizar el riesgo de que ocurran errores en la dosificación de concreto.
- Se realizó el estudio de viabilidad del proyecto para que trabaje en forma automatizada teniendo un TIR (Tasa interna de retorno) de 50% del proceso automatizado con respecto al 24% del proceso manual es viable incrementando la rentabilidad en casi el doble.
- Se construyó la maqueta a escala y automatizada que demuestra la implementación y funcionalidad de la automatización utilizando el Software Labview de National Instruments para este proceso.

## BIBLIOGRAFIA

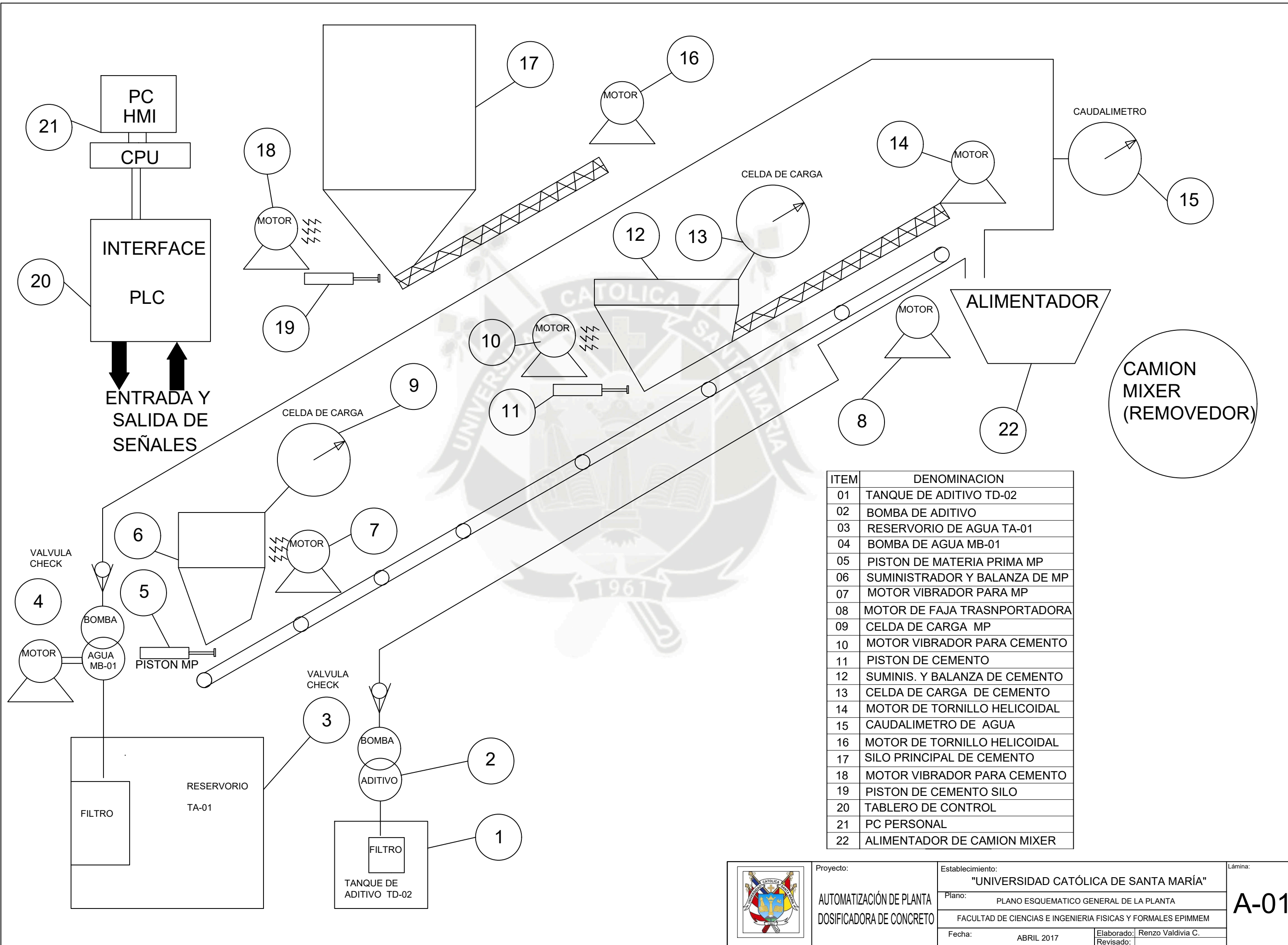
### Libros:

1. Rafael Lajara, Jose Pelegri. Labview: Entorno grafico de programación. (2da edición) Editorial: Marcombo S.A
2. W. Bolton. Sistemas de Control electrónico en ingeniería Mecánica Eléctrica. (2da edición). Editorial: Alfaomega.
3. Fernando Reyes Cortes, Jaime Cid Monjaraz. Arduino Aplicaciones en Robótica, Mecatrónica e Ingenierías. (2da edición). Editorial: Alfaomega.
4. Eudio Omar Barzoza, Sebastian Delgado C. Concreto Armado Aspectos fundamentales. (1ra edición).



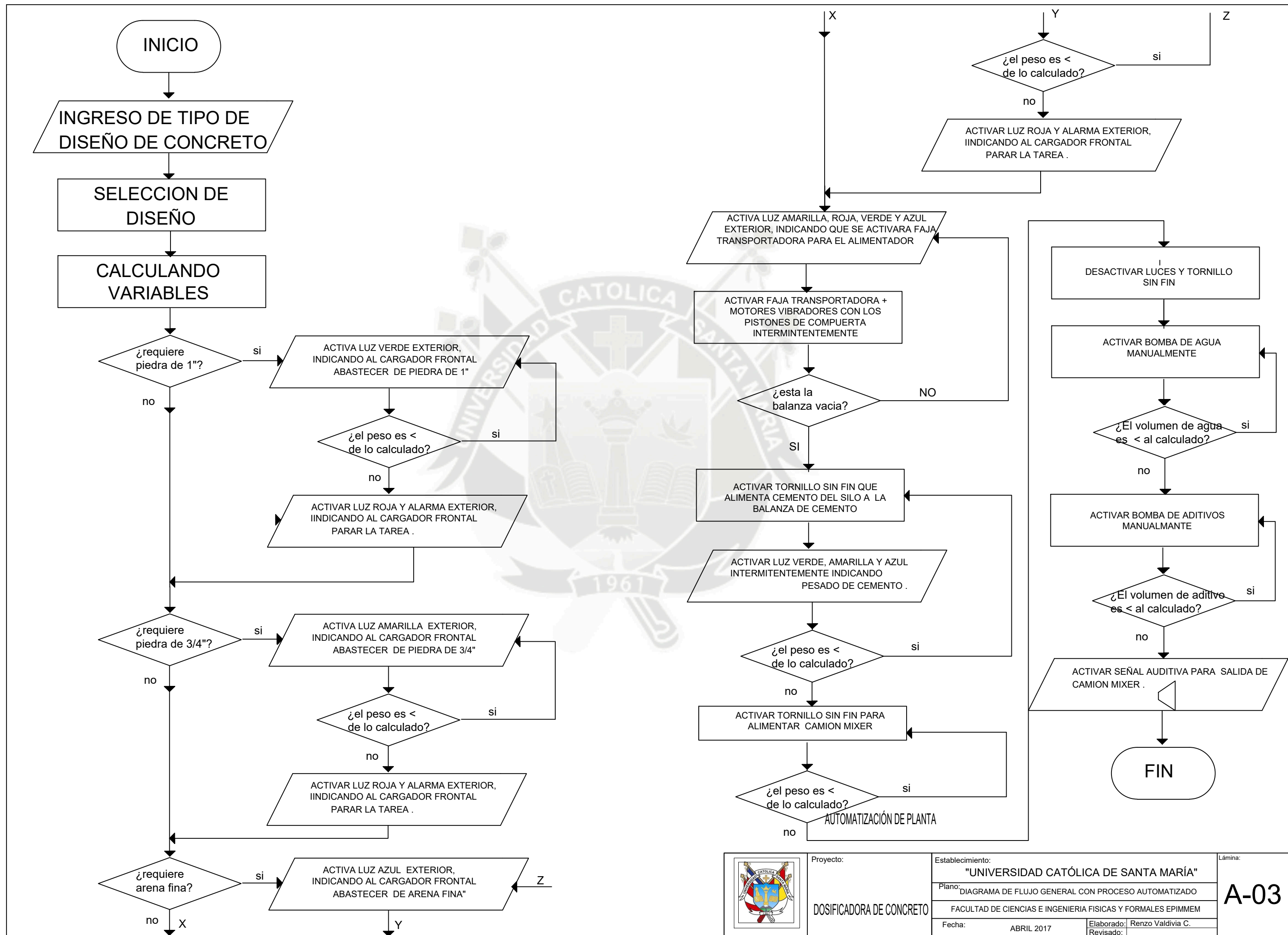


## **ANEXOS**



ITEM	DENOMINACION
01	TANQUE DE ADITIVO TD-02
02	BOMBA DE ADITIVO
03	RESERVORIO DE AGUA TA-01
04	BOMBA DE AGUA MB-01
05	PISTON DE MATERIA PRIMA MP
06	SUMINISTRADOR Y BALANZA DE MP
07	MOTOR VIBRADOR PARA MP
08	MOTOR DE FAJA TRANSPORTADORA
09	CELDA DE CARGA MP
10	MOTOR VIBRADOR PARA CEMENTO
11	PISTON DE CEMENTO
12	SUMINIS. Y BALANZA DE CEMENTO
13	CELDA DE CARGA DE CEMENTO
14	MOTOR DE TORNILLO HELICOIDAL
15	CAUDALIMETRO DE AGUA
16	MOTOR DE TORNILLO HELICOIDAL
17	SILO PRINCIPAL DE CEMENTO
18	MOTOR VIBRADOR PARA CEMENTO
19	PISTON DE CEMENTO SILO
20	TABLERO DE CONTROL
21	PC PERSONAL
22	ALIMENTADOR DE CAMION MIXER





Proyecto: DOSIFICADORA DE CONCRETO

Establecimiento: "UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA"  
 Plano: "DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL CON PROCESO AUTOMATIZADO"  
 FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA FISICAS Y FORMALES EPIMMEM  
 Fecha: ABRIL 2017  
 Elaborado: Renzo Valdivia C.  
 Revisado:

Lámina: A-03