



**ESPE**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,  
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA,  
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**TEMA: MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA SCADA DE LA  
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE BALANCEADO DE LA  
EMPRESA GISIS S.A., UBICADA EN EL KM 6 ½ DE LA VÍA  
DURÁN-TAMBO.**

**AUTOR: CÓRDOVA HERRERA RICHARD ALEXANDER**

**DIRECTOR: ING. ORTIZ TULCÁN HUGO RAMIRO MSC.**

**SANGOLQUÍ – ECUADOR**

**2017**



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,  
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

### CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA SCADA DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE BALANCEADO DE LA EMPRESA GISIS S.A., UBICADA EN EL KM 6 ½ DE LA VÍA DURÁN-TAMBO.**” realizado por el señor **RICHARD ALEXANDER CÓRDOVA HERRERA**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas - ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **RICHARD ALEXANDER CÓRDOVA HERRERA**, para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, Agosto del 2017

Ing. Hugo Ramiro Ortiz Tulcan Msc.

**DIRECTOR**



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,  
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **RICHARD ALEXANDER CÓRDOVA HERRERA**, con Cédula de Ciudadanía N°1722313135, declaro que el trabajo de titulación **“MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA SCADA DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE BALANCEADO DE LA EMPRESA GISIS S.A., UBICADA EN EL KM 6 ½ DE LA VÍA DURÁN-TAMBO.”**, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros, considerándose como fuentes de registro bibliográfico.

En consecuencia, declaro que este trabajo es de mi completa autoría, por tanto me declaro responsable de todo su contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí, Agosto del 2017

Richard Alexander Córdova Herrera

C.I: 1722313135



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,  
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

### AUTORIZACIÓN

Yo, **RICHARD ALEXANDER CÓRDOVA HERRERA**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE publicar en la biblioteca virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA SCADA DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE BALANCEADO DE LA EMPRESA GISIS S.A., UBICADA EN EL KM 6 ½ DE LA VÍA DURÁN-TAMBO.”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva autoría y responsabilidad.

Sangolquí, Agosto del 2017

Richard Alexander Córdova Herrera

C.I: 1722313135

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a toda mi familia, en especial a mis padres y hermano que siempre estuvieron a mi lado en los buenos y aún más en los malos momentos sin importar las dificultades que nos ponga la vida.

A mi madre y mejor amiga Alexandra por ser el pilar fundamental de toda mi vida, que con su amor, dedicación y sacrificio me ha demostrado el valor de la vida y a luchar por cumplir mis metas; Siendo la razón por la que me levanto cuando estoy a punto de dejarlo todo y la persona que me ha enseñado a creer en mis capacidades y dándome apoyo incondicional a lo largo de mi vida.

A mi padre Bolívar que con sus consejos, dedicación y experiencias de vida me da fuerzas para salir adelante y superarme cada día más para llegar a ser un buen profesional. A mi hermano Jonathan que es mi ejemplo a seguir que, con su fuerza y dedicación, me ha enseñado a ser persistente para alcanzar las metas que me proponga.

Quiero también dedicar este trabajo a mi abuelita Lilia, porque siempre estuvo brindándome su amor incondicional y sacándome una sonrisa. Por apoyarme y estar siempre en todos los logros conseguidos.

Dedico este trabajo a mi tía Dorita y Guido que son como mis segundos padres, demostrándome su amor y preocupación en todo momento, tendiéndome la mano en el momento que más lo he necesitado. A mis primas Fiore y Camis que son mis hermanas que me han demostrado su cariño siempre.

A mis tíos Cesar y Anita por brindarme su apoyo incondicional, por los consejos y por el gran cariño que siempre me han brindado. Muchas gracias por el amor y estar presentes en los momentos más importantes.

Richard Córdova Herrera

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme la vida y la salud. Además, de la sabiduría y fortaleza al tomar las decisiones más importantes de mi vida para alcanzar las metas propuestas; por haberme dado a los mejores padres y hermano del mundo.

A mis padres por confiar en mí y nunca dudar de mis capacidades, gracias por enseñarme a ser perseverante y nunca darme por vencido a pesar de las adversidades, gracias inculcarme valores y por darnos siempre lo mejor.

A mi hermano que cada día me enseña a ser una mejor persona y profesional. Gracias por darme el cariño y siempre extenderme la mano cuando lo he necesitado.

Al ingeniero Hugo Ortiz, quien a lo largo de mi carrera me dio razones para amar mi profesión. En especial quiero agradecerle por el tiempo y dedicación que puso en este proyecto. Por ser más que un excelente profesor, un ejemplo a seguir con la dedicación que le pone a su profesión, inculcando conocimientos y experiencias vividas a lo largo de su vida.

Al ingeniero Daniel Maldonado, por su paciencia y por brindarme los conocimientos que adquirí a lo largo del desarrollo del presente trabajo.

Agradecimiento especial a ASEcuador porque desde un principio me abrieron las puertas de la empresa y pusieron a mi disposición el personal de calidad que forma parte de la empresa.

A mis profesores de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE por brindarme todos los conocimientos y ayudar a desarrollarme a lo largo de mi carrera.

A mis compañeros y amigos, por compartir todas las experiencias en esta etapa de mi vida. Por todo su apoyo incondicional, consejos y lecciones de vida.

Richard Córdova Herrera

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN .....	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....	ii
AUTORIZACIÓN .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTOS .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS .....	xviii
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT.....	xxi
<b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Justificación e importancia.....	2
1.3 Alcance.....	3
1.4 Objetivos .....	4
1.4.1 Objetivo general .....	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
1.5 Descripción del proyecto.....	5
<b>2 MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
2.1 Alimentos balanceados.....	8
2.2 Materias primas en la producción de balanceado.....	8
2.2.1 Ingredientes de origen animal .....	9
2.2.2 Ingredientes de origen vegetal.....	9
2.2.3 Aditivos .....	10
2.3 Funcionamiento de una planta de producción de balanceado .....	11
2.3.1 Recepción de materias primas .....	12
2.3.2 Recepción de materias primas .....	12
2.3.3 Sistema de batcheo .....	12
2.3.4 Molienda.....	12
2.3.5 Adición de líquidos .....	13
2.3.6 Mezclado .....	13
2.3.7 Acondicionador .....	14

		vii
2.3.8	Peletización .....	14
2.3.9	Extrusión .....	14
2.3.10	Ensacado.....	15
2.3.11	Producto terminado .....	15
2.4	Sistema mecánico .....	15
2.4.1	Molinos de martillo o de impacto.....	15
2.4.2	Transporte.....	17
2.4.2.1	Transportador de tornillo sinfín.....	17
2.4.2.2	Transportador neumático.....	18
2.4.2.3	Elevador de cangilones.....	18
2.4.2.4	Transporte por gravedad.....	19
2.4.3	Mezclado .....	19
2.4.3.1	Mezcladoras horizontales .....	20
2.4.3.2	Mezcladoras verticales de tornillos .....	20
2.4.4	Almacenamiento.....	21
2.4.5	Tolva.....	21
2.5	Sistema Scada.....	22
2.5.1	Objetivos de los sistemas Scada.....	23
2.5.2	Prestaciones de sistemas Scada .....	24
2.5.3	Estructura de un sistema Scada .....	25
2.5.3.1	Interfaz humano máquina (HMI).....	25
2.5.3.2	Unidad central (MTU, Master Terminal Unit).....	26
2.5.3.3	Unidad remota (RTU, Remote Terminal Unit) .....	26
2.5.3.4	Sistemas de comunicación.....	27
3	<b>DISEÑO</b> .....	<b>28</b>
3.1	Diseño conceptual .....	28
3.1.1	Descripción y análisis de la situación actual del sistema de dosificación de la planta de producción de balanceado de “Gisis S.A.”.....	28
3.1.1.1	Hardware .....	28
3.1.1.1.1	Tablero de control .....	28
3.1.1.1.1.1	Controlador PLC .....	29
3.1.1.1.1.2	Procesador 1769 - L32E.....	29
3.1.1.1.1.3	Fuente 1769-PA4.....	29
3.1.1.1.1.4	Módulo 1769-SDN Scanner DeviceNet.....	30

3.1.1.1.1.5	Módulo entradas digitales 1769 - IQ32 .....	31
3.1.1.1.1.6	Módulo salidas a relé 1769 - OW16.....	32
3.1.1.1.1.7	Módulo entradas análogas 1769-IF4 .....	32
3.1.1.1.2	Tablero de fuerza.....	33
3.1.1.1.2.1	Guardamotor.....	34
3.1.1.1.2.2	Contactador .....	35
3.1.1.1.2.3	Breaker .....	39
3.1.1.1.2.4	Fusible .....	40
3.1.1.1.2.5	Arrancador suave.....	41
3.1.1.1.2.6	Variador de velocidad .....	41
3.1.1.2	Software.....	42
3.1.1.2.1	HMI .....	42
3.1.1.2.2	Base datos.....	43
3.1.2	Definiciones de características y requerimientos técnicos del sistema.....	44
3.1.2.1	Sistema de control .....	44
3.1.2.2	Interfaz de usuario .....	44
3.1.2.3	Base de datos .....	45
3.1.3	Definición de bases y criterios de diseño .....	45
3.1.3.1	Norma ISA SP-95.....	45
3.1.3.2	ISA SP 101 .....	46
3.2	Ingeniería básica.....	47
3.2.1	Lista de elementos .....	47
3.2.2	Variables del proceso .....	48
3.2.3	Especificación del sistema de control.....	48
3.2.3.1	Modo manual.....	49
3.2.3.2	Modo automático.....	50
3.2.4	Filosofía de control y operatividad.....	50
3.2.5	Arquitectura del sistema de control.....	51
3.3	Ingeniería de detalle .....	52
3.3.1	Diseño de la red .....	52
3.3.1.1	Requerimientos operativos de la red .....	52
3.3.1.2	Requerimientos técnicos de la red.....	53
3.3.1.3	Red Ethernet LAN.....	54

3.3.1.3.1	Elementos de la red .....	54
3.3.1.3.2	Medio de transmisión de la red .....	54
3.3.1.3.3	Topología de la red .....	54
3.3.1.4	Direccionamiento IP .....	54
3.3.1.5	Red DeviceNet .....	55
3.3.1.5.1	Medio de transmisión de la red DeviceNet .....	56
3.3.2	Diseño de la base de datos .....	57
3.3.2.1	Análisis de requerimientos .....	57
3.3.2.2	Diseño conceptual .....	58
3.3.2.2.1	Identificación de las tablas de la base de datos .....	59
3.3.2.2.2	Identificación de relaciones entre tablas de base de datos .....	60
3.3.2.3	Diseño físico .....	60
3.3.2.4	Modelo entidad relación .....	62
3.3.2.5	Gestor de la base de datos .....	63
3.3.3	Diseño de la interfaz HMI .....	64
3.3.3.1	Criterios para el diseño del HMI .....	64
3.3.3.2	Estrategias para el diseño del HMI.....	65
3.3.3.3	Norma SP 101 .....	66
3.3.3.3.1	Normas usadas en el HMI .....	66
3.3.3.3.1.1	Filosofía.....	66
3.3.3.3.1.2	Guía de estilo.....	67
3.3.3.3.1.3	Representación de símbolos y equipos del HMI .....	69
3.3.3.3.1.4	Herramientas .....	71
3.3.3.3.2	Diseño del HMI .....	71
3.3.3.3.2.1	Requerimientos del usuario .....	71
3.3.3.3.2.2	Requerimientos funcionales .....	72
3.3.3.3.2.3	Diseño de pantallas.....	72
3.3.3.3.2.3.1	Arquitectura.....	72
3.3.3.3.2.3.2	Distribución de pantallas .....	75
3.3.3.3.2.3.3	Navegación .....	79
3.3.3.3.2.3.4	Uso del color .....	80
3.3.3.3.2.3.5	Uso del texto.....	80
3.3.3.3.2.3.6	Usuarios.....	81
3.3.4	Diseño y estructura del programa del sistema de control.....	82

		x
3.3.4.1	Modos de operación .....	82
3.3.4.1.1	Manual .....	82
3.3.4.1.2	Automático .....	83
3.3.4.1.2.1	Secuencia de dosificación .....	83
3.3.4.1.2.2	Secuencia de mezcla .....	86
3.3.4.2	Grafcet del sistema de control .....	88
3.3.4.2.1	Grafcet dosificación de macroingredientes .....	93
3.3.4.2.2	Grafcet dosificación de líquidos .....	94
3.3.4.2.3	Grafcet dosificación de microlíquidos .....	95
3.3.4.2.4	Grafcet sistema de mezcla .....	96
3.3.4.3	Seguridad del sistema de control .....	96
3.3.4.3.1	Fallas en equipos .....	97
3.3.4.3.2	Falla en procesos .....	98
3.3.4.3.3	Falla arranque órdenes de producción .....	99
3.3.4.3.4	Fallas de comunicación .....	100
4	<b>IMPLEMENTACIÓN .....</b>	<b>102</b>
4.1	Implementación de la base de datos .....	102
4.1.1	Instalación de SQL Server 2008 .....	102
4.1.2	Creación de una base de datos .....	102
4.1.3	Comandos SQL para bases de datos .....	102
4.1.4	Relaciones entre tablas de base de datos .....	104
4.2	Implementación de la interfaz HMI .....	106
4.2.1	Introducción al software Ignition .....	106
4.2.1.1	Flujo del software Ignition .....	107
4.2.1.2	Gateway Webpage .....	107
4.2.1.3	Módulos de Ignition .....	108
4.2.1.3.1	SQL Bridge Module .....	108
4.2.1.3.2	Vision Module .....	108
4.2.1.3.3	Simbol Factory Module .....	109
4.2.1.3.4	Reporting Module .....	109
4.2.1.3.5	OPC - UA Module .....	109
4.2.1.3.6	Alarm Notification Module .....	110
4.2.1.3.7	Tag Historian Module .....	110
4.2.1.3.8	Serial Module .....	111

		xi
4.2.1.3.9	Arquitecturas del sistema .....	111
4.2.2	Instalación de software de Ignition.....	112
4.2.3	Gateway Webpage.....	112
4.2.4	Conexión con PLC .....	113
4.2.5	Conexión con base de datos .....	115
4.2.6	Creación de un proyecto.....	117
4.2.7	Creación de ventanas .....	117
4.2.8	Creación de tags .....	118
4.2.9	Creación de templates .....	119
4.2.10	Scripting en Ignition .....	121
4.2.11	Interfaz HMI.....	122
4.2.11.1	Templates creados .....	123
4.2.11.2	Ventanas de la aplicación .....	127
4.2.11.2.1	Ventana principal .....	127
4.2.11.2.2	Ventana de batcheo .....	128
4.2.11.2.3	Ventana de recetas .....	136
4.2.11.2.4	Ventana de ordenes de producción.....	139
4.2.11.2.5	Ventana de alarmas .....	142
4.2.11.2.6	Ventana históricos de alarmas .....	142
4.3	Implementación del sistema de control .....	144
4.3.1	Instalación de RSLogix5000 .....	144
4.3.2	Desarrollo del programa del PLC.....	144
4.3.2.1	Creación de data type .....	144
4.3.2.2	Creación de un tag .....	146
4.3.2.3	Creación de un programa .....	147
4.3.2.4	Creación de una rutina de programa.....	147
4.3.2.5	Creación de un Add-On Instruction .....	148
4.3.2.6	Rutinas creadas dentro del programa .....	151
4.3.2.6.1	Principal (Main Routine).....	152
4.3.2.6.2	Reconocimiento de fallas generales (GenFallas) .....	152
4.3.2.6.3	Copia de entradas (InputImg).....	152
4.3.2.6.4	Dosificación de líquidos (LiqDosificacion) .....	152
4.3.2.6.5	Fallas de líquidos (LiqFallas).....	152
4.3.2.6.6	Líquidos modos manual (LiqManual).....	153

4.3.2.6.7	Salida líquidos (LiqOutput).....	153
4.3.2.6.8	Dosificación macros (MacDosificacion).....	153
4.3.2.6.9	Fallas de macros (MacFallas).....	153
4.3.2.6.10	Macros modos manual (MacManual).....	153
4.3.2.6.11	Etapas de mezcla (MacMezcla) .....	153
4.3.2.6.12	Salida macros (MacOutput).....	154
4.3.2.6.13	Dosificación microlíquidos (MlqDosificacion).....	154
4.3.2.6.14	Copia de salida (OutImg) .....	154
4.3.2.7	Descarga de programa al PLC.....	154
5	PRUEBAS Y RESULTADOS.....	156
5.1	Pruebas .....	156
5.1.1	Pruebas SAT.....	156
5.1.1.1	Pruebas de hardware.....	156
5.1.1.2	Pruebas de software.....	157
5.1.1.3	Herramientas y equipos de soporte .....	157
5.1.1.4	Procedimiento de pruebas SAT de hardware .....	157
5.1.1.4.1	Integridad física.....	157
5.1.1.4.2	Conexionado.....	157
5.1.1.4.3	Prueba de voltajes.....	158
5.1.1.4.4	Prueba de UPS .....	158
5.1.1.4.5	Prueba de señales de entrada y salida al controlador .....	159
5.1.1.5	Procedimiento de pruebas SAT de software .....	160
5.1.1.5.1	Configuración de direcciones IP .....	160
5.1.1.5.2	Conectividad.....	161
5.1.1.6	Prueba de la aplicación HMI .....	162
5.1.2	Evaluación de la Interfaz mediante la guía Gedis .....	162
5.1.3	Pruebas de producción.....	164
5.2	Resultados Obtenidos .....	164
5.2.1	Pruebas SAT .....	164
5.2.1.1	Pruebas SAT de software .....	164
5.2.1.1.1	Integridad física.....	164
5.2.1.1.2	Conexionado.....	165
5.2.1.1.3	Prueba de voltajes.....	165
5.2.1.1.4	Prueba de UPS.....	166

		xiii
5.2.1.1.5	Prueba de señales de entrada y salida al controlador .....	166
5.2.1.2	Pruebas SAT de Software.....	166
5.2.1.2.1	Configuración de direcciones IP .....	166
5.2.1.2.2	Conectividad.....	167
5.2.1.3	Prueba de la aplicación HMI .....	168
5.2.2	Evaluación de la Interfaz mediante la guía Gedis .....	168
5.2.3	Resultados obtenidos en la producción .....	170
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	173
6.1	Conclusiones .....	173
6.2	Recomendaciones .....	174
	BIBLIOGRAFÍA .....	176
	ANEXOS .....	180

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Descripción del proceso de la planta de producción de balanceado de Gisis 6 1/2 .....	6
Figura 2. Diagrama de bloques etapas del proceso de fabricación de alimentos balanceados.....	11
Figura 3. Elementos que intervienen en un sistema mecánico del proceso de producción de balanceado.....	16
Figura 4. Molino de martillos.....	16
Figura 5. Esquema del tornillo sinfín.....	17
Figura 6. Transportador neumático .....	18
Figura 7. Elementos básicos de un elevador de cangilones .....	19
Figura 8. Mezcladora horizontal estacionaria .....	20
Figura 9. Mezcladora vertical. ....	21
Figura 10. Bines de almacenamiento .....	21
Figura 11. Tipos de tolvas a) Tolva Simple Recta. b) Tolva Compuesta Recta. ....	22
Figura 12. Descarga por gravedad. ....	22
Figura 13. Descarga por tornillo sinfín. ....	22
Figura 14. Esquema básico de un sistema Scada .....	23
Figura 15. Estructura Básica de un Sistema de Supervisión y Mando. ....	26
Figura 16. Tablero de Control.....	28
Figura 17. Controlador CompactLogix 1769 - L32E.....	29
Figura 18. Fuente 1769 - PA4.....	30
Figura 19. Módulo Scanner DeviceNet 1769 – SDN.....	31
Figura 20. Módulo Entradas Digitales00201769 - IQ32.....	31
Figura 21. Módulo Salidas a Relé 1769 - OW16.....	32
Figura 22. Módulo Entradas Analógicas 1769 - IF4.....	33
Figura 23. Tablero de Fuerza .....	34
Figura 24. Guardamotor. ....	34
Figura 25. Funcionamiento de un Contactador.....	36
Figura 26. Estructura interna de un fusible. ....	40
Figura 27. Salida de un Variador de Velocidad. ....	41
Figura 28. Ventana “Menú Principal” de la aplicación a reemplazar .....	42
Figura 29. Ventana “Visualización del Proceso” de la aplicación a reemplazar .....	43

	xv
Figura 30. Ventana "Sistema de Distribución" de la aplicación a reemplazar.....	44
Figura 31. Niveles de las empresas industriales.....	46
Figura 32. Diagrama de un Sistema de Control Distribuido.....	52
Figura 33. Topología de la Red a implementar.....	55
Figura 34. Cable Plano DeviceNet.....	56
Figura 35. Cable Redondo Grueso y Delgado DeviceNet. ....	57
Figura 36. Modelo Entidad Relación .....	63
Figura 37. SQL Server. ....	64
Figura 38. Estructura de HMI .....	66
Figura 39. Problemas de distinción de color.....	68
Figura 40. Software de Ignition. ....	71
Figura 41. Arquitectura de Interfaz HMI.....	74
Figura 42. Distribución pantalla Presentación y Menú Principal .....	75
Figura 43. Distribución pantalla Batcheo.....	75
Figura 44. Pantalla Recetas .....	76
Figura 45. Distribución pantalla Órdenes de Producción .....	76
Figura 46. Distribución pantalla Alarmas .....	77
Figura 47. Distribución pantalla Históricos Alarmas.....	77
Figura 48. Distribución pantalla Motores Dosificadores .....	78
Figura 49. Distribución pantalla Motores General.....	78
Figura 50. Distribución pantalla Válvula.....	78
Figura 51. Distribución pantalla Consultas.....	79
Figura 52. Distribución pantalla Arranque Sistema Macros.....	79
Figura 53. Bin y tornillo de Macroingredientes .....	84
Figura 54. Diagrama de Flujo Dosificación Macroingredientes.....	85
Figura 55. Diagrama de flujo Dosificación Líquidos.....	86
Figura 56. Diagrama de flujo Dosificación Microlíquidos .....	87
Figura 57. Diagrama de Flujo Secuencia de Mezclado.....	88
Figura 58. Guia Gemma.....	89
Figura 59. Grafcet Estructurado.....	89
Figura 60. Grafcet Principal.....	90
Figura 61. Grafcet de Modos de Marcha .....	91
Figura 62. Grafcet de Pausa de Proceso.....	91

	xvi
Figura 63. Graficet de Abortar Proceso .....	91
Figura 64. Graficet de Seguridad .....	92
Figura 65. Graficet Dosificación Macroingredientes .....	93
Figura 66. Graficet Dosificación Líquidos.....	94
Figura 67. Graficet Dosificación Microlíquidos .....	95
Figura 68. Graficet Sistema de Mezcla .....	96
Figura 69. Comandos para seleccionar datos de tablas relacionadas.....	103
Figura 70. Creación de un nuevo Diagrama de Base de Datos .....	104
Figura 71. Selección de Tablas de Base de Datos.....	104
Figura 72. Configuración de campos relacionados entre tablas.....	105
Figura 73. Diagrama Base de Datos g65Batcheo.....	105
Figura 74. Flujo Aplicación Ignition.....	107
Figura 75. Mensaje de Instalación de Java .....	112
Figura 76. Barra superior Gateway Webpage .....	113
Figura 77. Selección del tipo de dispositivo a conectar .....	114
Figura 78. Estado Conexión con PLC Batcheo.....	114
Figura 79. Selección del driver para conexión con base de datos.....	115
Figura 80. Conexión a Base de Datos .....	117
Figura 81. Creación de un nuevo proyecto en Ignition.....	117
Figura 82. Creación de ventanas .....	118
Figura 83. Creación de ventanas .....	118
Figura 84. Creación de tags.....	119
Figura 85. Asistente de Creación de OPC Tags .....	119
Figura 86. Creación de OPC Tags .....	119
Figura 87. Creación de un Template .....	120
Figura 88. Property Editor de un Template.....	120
Figura 89. Creación de Propiedades de un Template.....	121
Figura 90. Custom Properties de un Template.....	121
Figura 91. Vista menú principal de la Interfaz HMI.....	127
Figura 92. Vista Ventana Batcheo de la Interfaz HMI.....	128
Figura 93. Pop-up Control de Motores Dosificadores .....	130
Figura 94. Pop-up Control Mezcladora.....	130
Figura 95. Pantalla Batcheo - Línea Destino .....	130

Figura 96. Pantalla Batcheo - Botones de configuración del sistema.....	131
Figura 97. Pop-up Bypass Pesos Manuales .....	131
Figura 98. Pop-up Ingredientes .....	132
Figura 99. Pop-up Consulta por Peso.....	133
Figura 100. Pop-up Consulta Producción .....	133
Figura 101. Pop-up Configuración de Proceso .....	135
Figura 102. Pop-up Asignar Lotes .....	136
Figura 103. Pop-up Pulsos .....	136
Figura 104. Vista Ventana de Recetas de la Interfaz HMI .....	137
Figura 105. Pop-up Consultar Receta .....	138
Figura 106. Pop-up Consulta Ingredientes.....	139
Figura 107. Vista Ventana de Órdenes de Producción de la Interfaz HMI.....	139
Figura 108. Pop-up Número Batches .....	140
Figura 109. Pantalla Órdenes Producción - Detalles de orden seleccionada .....	140
Figura 110. Pop-up Arranque Sistema de Macros .....	141
Figura 111. Ventana de Alarmas.....	143
Figura 112. Ventana Histórico de Alarmas.....	143
Figura 113. Colores de Alarmas .....	143
Figura 114. Creación de un Data Type .....	144
Figura 115. Creación de un Tag .....	147
Figura 116. Creación de un programa.....	147
Figura 117. Creación de una nueva rutina .....	148
Figura 118. Creación de un Add-On Instruction.....	149
Figura 119. Adición de parámetros a un Add-On Instruction.....	149
Figura 120. Selección del Path del PLC a descargar .....	155
Figura 121. Comparación pesos dosificados mayores 1000 KG .....	171
Figura 122. Comparación pesos dosificados menores 100 KG .....	171
Figura 123. Comparación pesos dosificados mayores 100 KG .....	172
Figura 124. Comparación Pesos Dosificados 15 Batches.....	172

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de empresas de producción de balanceado por provincia.....	7
Tabla 2. Características de ingredientes de origen animal.....	9
Tabla 3. Características de ingredientes de origen vegetal.....	10
Tabla 4. Actividades de los equipos de la Unidad Central.....	27
Tabla 5. Especificaciones fuente 1769 - PA4.....	30
Tabla 6. Especificaciones módulo 1769-SDN.....	31
Tabla 7. Especificaciones módulo 1769-IQ32.....	32
Tabla 8. Rangos Normales y Límites.....	33
Tabla 9 Categoría de Contactores según IEC 947-4.....	36
Tabla 10. Datos de Motores y Dispositivos de Protección del Panel de Fuerza.....	37
Tabla 11. Estándares de Breaker.....	40
Tabla 12. Nombre Tablas de Base de Datos anterior.....	43
Tabla 13. Lista de elementos del proceso de Dosificación de la Planta de Producción de Balanceado.....	47
Tabla 14. Variables del Proceso de Dosificación de la Planta de Producción de Balanceado.....	49
Tabla 15. Acciones en Modo Manual.....	49
Tabla 16. Direccionamiento IP de los equipos de la red.....	56
Tabla 17. Especificaciones de elementos de las Tablas de Base de Datos.....	59
Tabla 18. Relaciones de campos de Tablas.....	60
Tabla 19. Campos de tabla g65Ingredientes de la Base de Datos.....	60
Tabla 20. Campos de tabla g65Recetas de la Base de Datos.....	61
Tabla 21. Campos de tabla g65Ordenes de la Base de Datos.....	61
Tabla 22. Campos de tabla g65Bines de la Base de Datos.....	61
Tabla 23. Campos de tabla g65PesoBines de la Base de Datos.....	62
Tabla 24. Campos de tabla g65ProdGeneral de la Base de Datos.....	62
Tabla 25. Símbolos y representación de los equipos de interfaz HMI.....	69
Tabla 26. Detalle y descripción de la arquitectura de la Interfaz HMI.....	73
Tabla 27. Definición de colores de Interfaz HMI.....	81
Tabla 28. Definición de características del texto de Interfaz HMI.....	81
Tabla 29. Definición de Niveles de Usuario.....	82
Tabla 30. Posibles fallas en equipos.....	97

	xix
Tabla 31. Posibles fallas en procesos .....	98
Tabla 32. Posibles fallas en arranque órdenes de producción.....	99
Tabla 33. Posibles fallas de comunicación .....	100
Tabla 34. Comando SQL para Bases de Datos .....	103
Tabla 35. Arquitecturas Ignition. ....	111
Tabla 36. Descripción de las partes del Gateway Webpage .....	113
Tabla 37. Parámetros de configuración Conexión con PLC .....	114
Tabla 38. Bases de Datos Soportadas por Ignition. ....	115
Tabla 39. Parámetros de configuración para conexión con Base de Datos .....	116
Tabla 40. Descripción de tipos de ventanas de Ignition.....	118
Tabla 41. Templates Creados en la Interfaz.....	123
Tabla 42. Data Types Creados para el programa .....	145
Tabla 43. Add-On Instructions creados para el programa .....	149
Tabla 44 Herramientas y Equipos de Soporte.....	157
Tabla 45. Verificación Integridad Física Pruebas SAT .....	158
Tabla 46. Verificación Conexionado Pruebas SAT .....	158
Tabla 47. Verificación Voltajes Pruebas SAT .....	159
Tabla 48. Verificación UPS Pruebas SAT .....	159
Tabla 49. Verificación Entradas y Salidas PLC Pruebas SAT .....	160
Tabla 50. Configuración Direcciones IP Pruebas SAT.....	160
Tabla 51. Verificación de Conectividad Pruebas SAT .....	161
Tabla 52. Verificación de aplicación HMI Pruebas SAT .....	162
Tabla 53. Evaluación de la Guía Gedis. ....	162
Tabla 54. Resultados de la Verificación Integridad Física Pruebas SAT .....	164
Tabla 55. Resultados de la Verificación Conexionado Pruebas SAT .....	165
Tabla 56. Resultados de la Verificación Voltajes Pruebas SAT .....	165
Tabla 57. Resultados de la Verificación UPS Pruebas SAT .....	166
Tabla 58. Resultados de la Verificación Entradas y Salidas PLC Pruebas SAT .....	166
Tabla 59. Resultados de la Configuración Direcciones IP Pruebas SAT .....	167
Tabla 60. Resultados de la Verificación de Conectividad Pruebas SAT .....	167
Tabla 61. Resultados de la Verificación de aplicación HMI Pruebas SAT .....	168
Tabla 62. Resultados de la Evaluación de la Guía Gedis.....	168
Tabla 63. Resultados de la Evaluación Indicadores Guía Gedis.....	170

## RESUMEN

El proyecto de titulación comprende la modernización del sistema SCADA de la planta de producción de balanceado de la empresa Gisis S.A., ubicada en el km 6 ½ de la vía Durán – Tambo. Este trabajo está enfocado en la modernización del sistema SCADA de la planta, debido a que a lo largo del tiempo de funcionamiento del sistema se han detectado varios problemas de desempeño. Se analizará el funcionamiento del sistema previamente implementado, para determinar los requerimientos y mejoras a implementar en el presente proyecto. Se evaluará la estructura de la base de datos implementada y se desarrollará la normalización de la misma, debido a que existe mucha pérdida de tiempo al momento de realizar las transacciones con la misma. Por otro lado, en la parte de hardware se realizará un levantamiento y verificación del estado del tablero de control del sistema, debido a que es la parte fundamental el correcto funcionamiento. El sistema SCADA comprende: la programación de la lógica de control ejecutándola en un controlador lógico programable (PLC) y el desarrollo de la interfaz humano – máquina que se la desarrollará empleando el software de Ignition. Finalmente se realizarán pruebas de aceptación en sitio (SAT) al tablero de control, a la lógica del programa y la interfaz HMI para verificar el desempeño del nuevo sistema SCADA. Además de las pruebas de producción, con las que se pretende verificar el desempeño del nuevo sistema SCADA.

### **Palabras Clave:**

- **SISTEMA SCADA**
- **MODERNIZACIÓN**
- **CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE**
- **INTERFAZ HUMANO – MÁQUINA**
- **IGNITION**

## ABSTRACT

The degree project includes the modernization of the SCADA system of the production plant for processed food of Gisis S.A. company, located at km 6 ½ of the Durán – Tambo road. This work is focused on the modernization of the SCADA system of the plant, due to the fact that during the system's operating time, several performance problems have been detected. The operation of the previously implemented system will be analyzed to determine the requirements and improvements to be implemented in the present project. The structure of the implemented database will be evaluated and the normalization of the database will be developed, because of the great loss of time. On the other hand, the hardware part will be carried out a survey and verification of the status of the control panel of the system, because it is the fundamental part the correct operation. The SCADA system comprises: programming the control logic by executing it in a programmable logic controller (PLC) and the development of the human - machine interface that will be developed using the software of Ignition. Finally, on-site acceptance tests (SAT) will be performed to the control board, program logic and HMI interface to verify the performance of the new SCADA system. In addition to the production tests, which are intended to verify the performance of the new SCADA system.

### **Keywords:**

- **SCADA SYSTEM**
- **MODERNIZATION**
- **PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER**
- **HUMAN – MACHINE INTERFACE**
- **IGNITION**

## CAPÍTULO I

### 1 INTRODUCCIÓN

#### 1.1 Antecedentes

La empresa “Gisis S.A.” se encuentra ubicada en la provincia del Guayas, cantón Durán en los kilómetros 6 ½ & 4 ½ vía Durán - Tambo, forma parte de las empresas productoras y distribuidoras de alimentos balanceados, tanto para especies acuícolas, como para especies pecuarias, equinas y caninas. (GISIS S.A., 2015)

Gisis S.A. es propiedad de Nutreco y Skretting. Actualmente, la empresa cuenta con tres plantas en Ecuador, una en Honduras y una agencia en Perú. Todas las plantas están certificadas a nivel internacional, tanto en camarones como en peces, por instituciones como: Orgánica de la Unión Europea, GLOBAL G.A.P, Naturland, BAP y Plan HACCP aprobado por el Instituto Nacional de Pesca (INP). (GISIS S.A., 2015)

La primera planta del país se construyó en 1990, y se especializó en la producción de alimentos acuícolas. Posteriormente, se creó el primer sistema de extrusión del Ecuador, dedicado a la preparación de alimentos extruidos flotantes, para trucha y tilapia. En el año 2006 se inicia el proceso de diseño de la planta para elaborar alimentos extruidos, que actualmente se encuentra en el km. 4.5 de la vía Durán-Tambo, dejando a la primera planta (ubicada en el km. 6 ½) enfocada en la producción de alimentos peletizados de pecuarios y camarones. (GISIS S.A., 2015)

El sistema de la planta de producción de balanceado de Gisis S.A. del km. 6 ½ de la vía Durán-Tambo cuenta con 12 silos por los cuales ingresan materiales sólidos tales como maíz, trigo, arroz, entre otros granos. Estos ingredientes ingresan a una balanza para su posterior dosificación en una mezcladora. Por otro lado, a la mezcladora ingresan una mezcla de líquidos proveniente de 10 tanques de materiales líquidos que se necesitan para la producción del balanceado. La mezcladora tiene un orificio por el cual se ingresan productos manualmente, tales como vitaminas, minerales, etc necesarios para la elaboración del producto.

La planta de producción cuenta con un sistema SCADA desarrollado en “Factorytalk View” de “Rockwel Automation” para su control y monitoreo; además, de un PLC CompactLogix que se encarga de realizar el control del sistema.

## **1.2 Justificación e importancia**

Gisis S.A. cuenta con dos estaciones de producción de balanceado. La ejecución del proyecto se justifica debido a que durante los siete años de operación de la planta de producción del km. 6 ½ vía Durán-Tambo que cuenta con un sistema SCADA de “Factorytalk View” se han detectado las siguientes deficiencias y desventajas:

- La planta de producción de balanceado cuenta con 12 silos de ingredientes sólidos, los cuales ingresan automáticamente a una balanza de acuerdo a la receta iniciada. No existe ninguna señal que indique si el material del silo está dosificándose en la balanza, es decir si el silo está vacío, el sistema se quedará en la misma posición hasta que la balanza llegue al peso deseado; sin que sea notificado al sistema. El mismo problema existe en los 10 tanques de materiales líquidos del sistema, pero con un riesgo más alto. Si un contenedor de material líquido está vacío, la bomba va a seguir encendida, pero sin líquido que pueda succionar, lo que puede producir una avería en la misma.
- Luego de que los ingredientes sólidos y líquidos pasan el sistema de pesaje, ingresan a una mezcladora donde llegan los ingredientes sólidos y líquidos de acuerdo a la receta que se haya escogido. Para la elaboración del balanceado además de estos ingredientes es necesario añadir materiales como vitaminas, minerales, etc. Este proceso se lo realiza manualmente, sin llevar un registro del ingrediente que se está ingresando ni mucho menos su cantidad.
- El sistema actual no permite verificar los errores que se han observado a lo largo de los años de funcionamiento. Por lo tanto, es necesario realizar la reprogramación del PLC, integrando advertencias para el operador cuando uno de los silos o de los tanques esté vacío evitando la pérdida de tiempo del sistema y daños en las bombas. Además, se debe registrar los datos de los ingredientes

que se ingresan manualmente para poder lograr un seguimiento de la producción.

La ejecución del proyecto es importante ya que:

- Con su implementación se conseguirá controlar y monitorear la planta de producción de balanceado. Se busca proporcionar la información necesaria para identificar la tolva o el tanque que se encuentra vacío, con el fin de evitar que las bombas encargadas de succionar el líquido de los tanques sufran daño y evitar contratiempos dosificando ingredientes que no existen en las tolvas.
- A través del registro de los ingredientes extras que se agregan a la mezcla se hace posible mejorar la calidad del producto, lo que reducirá desperdicios de los materiales. Además, el operario podrá visualizar las cantidades exactas que se han agregado al producto para tomar decisiones pertinentes en las siguientes mezclas.
- El sistema propuesto además de mejorar el rendimiento y la calidad del producto, permitirá ahorrar costos de materia prima ya que se evitarán desperdicios en la dosificación de los ingredientes, contribuyendo al avance tecnológico de la empresa

### **1.3 Alcance**

El proyecto consiste en la implementación de un nuevo sistema SCADA para el control y monitoreo del sistema de producción de balanceado de la estación ubicada en el km 6 ½ vía Durán-Tambo. Se modernizará el SCADA actual, mediante la reprogramación del PLC que forma parte del sistema de dosificación, adaptándolo al software de Ignition que se va a utilizar en el desarrollo de la interfaz humano-máquina (HMI).

En el sistema se va a incluir el control del distribuidor de mezcla con orden de producción para evitar la contaminación. Para dosificar los ingredientes sólidos y

líquidos se debe controlar que la balanza esté en línea dentro de la red DeviceNet, caso contrario, no permitirlo.

Para agregar los ingredientes adicionales tales como vitaminas, minerales, etc es necesario incluir un código de barras a cada uno de los productos y un lector de código de barras para que el operador pueda registrar el tipo de ingrediente y la cantidad que se está ingresando a la mezcla.

Se realizará la implementación de una base de datos para el registro de recetas, cambio de recetas y registro de consumos. Es necesario asignar un código a la orden de producción y almacenarlo en la base de datos, evitando la pérdida de información y la sobreproducción.

Para realizar el control y monitoreo del sistema de dosificación se debe realizar una reprogramación del HMI ya que se hará uso de Ignition, aprovechando las ventajas de este software de nueva generación. Ignition cuenta con prestaciones comunes de los sistemas existentes en el mercado como son la visualización, control, monitoreo, etc. Además, permite conexiones rápidas, simples y eficientes con las principales bases de datos existentes en el mercado.

El sistema contempla la visualización del estado actual del proceso, el almacenamiento de información del proceso en la base de datos, la consulta de la información existente en la base de datos para recetas y órdenes de producción. Por otro lado, cuenta con cuatro secuencias simultáneas y concatenadas de dosificación para macros, micros, micro-líquidos y líquidos.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Modernizar el sistema SCADA de la planta de producción de balanceado de la empresa Gisis S.A., ubicada en el km 6 ½ de la vía Duran-Tambo.

### 1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar un sistema de alerta para evitar pérdidas de tiempo y averías en las bombas al momento de la dosificación de los ingredientes de las tolvas.
- Analizar un método para registrar el nombre y la cantidad de ingredientes que se introduzcan en la mezcla del producto.
- Utilizar el software de Ignition para la implementación de un sistema SCADA que permita la supervisión, control y adquisición de datos del proceso.
- Evaluar la estructura de almacenamiento de datos actual, aplicando los fundamentos de normalización de base de datos para la optimización del uso de memoria del servidor.

### 1.5 Descripción del proyecto

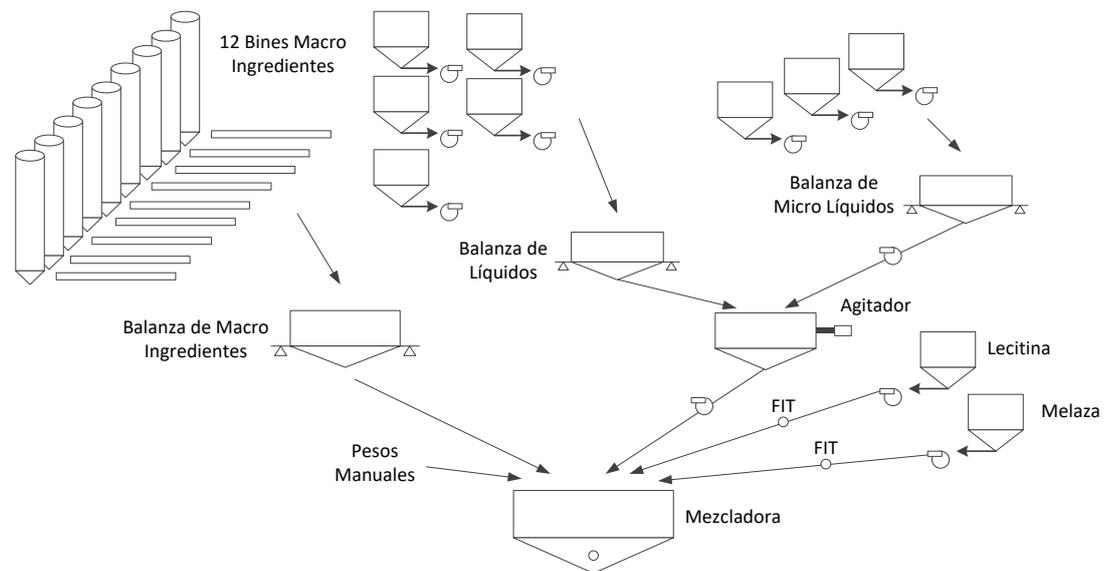
Actualmente la planta de balanceado de Gisis 6 ½ consta de tres partes principales: el área de recepción, de batcheo y de transporte. El sistema de batcheo de la planta está conformado por 12 bins de macro ingredientes, y un total de 10 tanques distribuidos de la siguiente manera: 5 tanque de líquidos, 3 tanques de micro líquidos y 2 tanque para los líquidos pesados.

Las recetas de producción están almacenadas en una base de datos. Al momento en que se lanza una orden de producción se empieza a dosificar los ingredientes sólidos dependiendo de la secuencia que se envíe desde el controlador, no necesariamente en el orden que se encuentran distribuidos los bins. Los macro ingredientes son pesados y enviados a la mezcladora de batcheo. El mismo procedimiento se realiza con los líquidos y micro líquidos, a diferencia que una vez pesados ingresan a un agitador. Los líquidos pesados tienen que atravesar por flujometro para ingresar a la mezcla.

La mezcladora tiene dos tiempos: un tiempo de mezcla seca y uno de mezcla total. En el momento que se finaliza el ingreso de macro ingredientes a la mezcladora, se solicita agregar los pesos manuales si existiera en la receta. El tiempo de mezcla seca se termina una vez que se hayan agregado los pesos manuales y procesados.

Posteriormente se agregan los líquidos de la orden. Al cumplirse el tiempo de mezclado total la compuerta de la mezcladora es activada para transferir la masa al área de transporte, que consta de una banda transportadora y un elevador para su próxima distribución.

El la Figura 1. se muestra el diagrama de la descripción del proceso de la planta de producción de balanceado de Gisis 6 1/2.



**Figura 1. Descripción del proceso de la planta de producción de balanceado de Gisis 6 1/2**

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO TEÓRICO

El sector agroindustrial es un pilar fundamental para la economía del Ecuador. En el 2014 las exportaciones de productos como banano, cacao, café, productos de mar como atún, camarones y otros representaron casi el 33% de las exportaciones totales no petroleras. (Interactúa, 2016)

La mayor parte de empresas que se dedican a la producción de alimentos procesados para animales emplean materia prima vegetal y animal, por lo que el proceso es dependiente del sector agrícola. Por otro lado, los productos que se obtienen de estas empresas colaboran con los sectores de acuicultura y pesca, avicultura y ganadería. (Varela, 2012)

Según la Asociación Ecuatoriana de Fabricante de Alimentos para Animales (AFABA), hasta el 2014 existieron 324 empresas que se dedican a la fabricación de alimentos balanceados para animales. La mayoría de estas empresas están ubicadas en las provincias de Tungurahua, Pichincha y El Oro. En la Tabla 1. se puede observar el número de empresas activas por provincias del país. (AFABA, 2014)

**Tabla 1**

**Número de empresas de producción de balanceado por provincia.**

Provincia	Número de Empresas
Tungurahua	146
Pichincha	44
El Oro	43
Manabí	23
Guayas	21
Los Ríos	15
Chimborazo	12
Cotopaxi	11
Azuay	6
Imbabura	3

Fuente: (AFABA, 2014)

## **2.1 Alimentos balanceados**

El sector agroindustrial se centra en la transformación de productos provenientes de actividades agrícolas, forestales o pecuarias. El sector agrícola se encarga de la producción de maíz, trigo, sorgo y soya, el industrial de los alimentos balanceados, el sector pecuario producción de animales. (Chachapoya, 2014)

La producción de alimentos balanceados se enfoca principalmente en el mejoramiento de las condiciones de los animales, satisfaciendo sus requerimientos nutricionales, dependiendo directamente de su tipo y fase de vida. El resultado de un buen suplemento se lo evidencia en los parámetros productivos y reproductivos, en la salud y bienestar. Existen varias generalidades en la alimentación animal: (Chachapoya, 2014)

- Balanceado para aves
- Balanceado para cerdos
- Balanceado para bovinos
- Balanceado para equinos
- Balanceado para peces

## **2.2 Materias primas en la producción de balanceado**

Para tener un producto de calidad se debe seleccionar los ingredientes apropiados. Las materias primas de un producto por lo general conforman el 90% de los costos de manufactura. Por lo que es necesaria realizar un plan estratégico, establecer estándares y definir parámetros de medición de calidad para adquirir los ingredientes. El resultado de una buena selección de las materias primas es un producto de primera calidad ya que afecta directamente en su textura, uniformidad, factibilidad, calidad nutricional, etc. (Flores & Guerra, 2005)

Los ingredientes empleados en la producción de balanceado son de origen vegetal, animal y mineral. El tipo de alimento que se va a realizar es un factor importante al momento de seleccionar los ingredientes a emplear. Para seleccionarlos

es de suma importancia tomar en cuenta el tipo de proceso con el que se va a producir (extrusión o paletización). El proceso afecta a las características físicas del producto como la densidad, forma, textura, color, etc. (Flores & Guerra, 2005)

### 2.2.1 Ingredientes de origen animal

Los ingredientes de origen animal tienen un alto nivel proteico, estas proteínas no se expanden o se mezclan con los otros ingredientes. Por lo que solo contribuyen a la calidad de la proteína y no a las propiedades funcionales del producto. Es utilizada para complementar otras fuentes proteicas de la mezcla. Tiene un elevado costo y es utilizado frecuentemente en alimentos para cerdos y aves. (Sossa, 2013)

Entre los ingredientes de origen animal más importantes están: harinas de pescado, harinas de carne y hueso, harinas de sangre, harinas de pluma y pescado crudo. En la Tabla 2. se muestran las características de los ingredientes de origen animal. (Sossa, 2013)

**Tabla 2**

**Características de ingredientes de origen animal.**

<b>Ingrediente</b>	<b>Características</b>
<b>Harina de pescado</b>	Alto nivel proteico Alto costo Su uso es muy frecuente en cerdos
<b>Harina de carne y hueso</b>	Alto nivel proteico Bajo costo Utilizado en alimento de cerdos y aves
<b>Harina de plumas</b>	Alto nivel proteico Contiene 95% de materia seca

Fuente: (Sossa, 2013)

### 2.2.2 Ingredientes de origen vegetal

Los ingredientes de origen vegetal son ricos en nutrientes, pero su composición es muy variable y desequilibrada, por lo que es necesario realizar la combinación de dos o más materiales para poder complementarse. Los granos más utilizados de este

tipo de ingrediente son: maíz, la cebada, trigo, avena, sorgo, arroz y sus derivados. En la Tabla 3. se visualizan las características de los diferentes ingredientes de origen animal. (Sossa, 2013)

**Tabla 3**

**Características de ingredientes de origen vegetal.**

Ingrediente	Características
Maíz	Alto valor energético. Bajos niveles de fibra y más grasa que diferentes cereales. Es utilizado para alimentos de aves y cerdos.
Salvado de maíz	Obtenido de la trilla de maíz. Menor costo. Alto nivel proteico.
Germen de maíz	Derivado del almidón y glucosa de maíz. Alto nivel de grasa. Bajo nivel de proteína y fibra. Utilizado para alimentación de animales en etapas crecimiento.
Gluten de maíz	Tiene alrededor del 23% de proteínas. No tiene vitamina B12, la cual se la utiliza para las dietas.
Cebada	Alto contenido de fibra. Alrededor de 20-30% en alimentos de aves y 50% en cerdos.
Trigo	Alta digestibilidad y nivel nutritivo, muy rico en proteínas. Alto costo. Es recomendable utilizar alrededor del 37% de la mezcla.
Mogolla de trigo	Alto nivel de grasa, fibra y proteínas. Alto costo. No es recomendado utilizarlo en altos porcentajes de la mezcla.
Avena	Alto nivel de fibra. Alimento adecuado para todas las especies.
Sorgo	Utilizado para alimento de cerdos. Su valor alimenticio está alrededor del 90% de la del maíz.
Arroz	Alto nivel de fibra, proteína y materia seca. Alto costo Se lo puede reemplazar con raciones de maíz

Fuente: (Sossa, 2013)

### 2.2.3 Aditivos

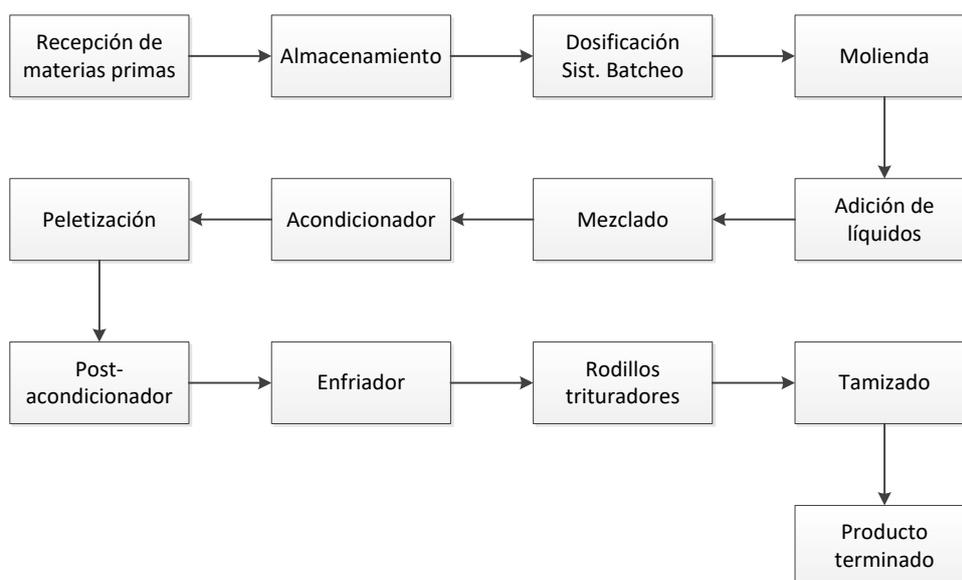
Los aditivos son ingredientes o sustancias que vienen previamente preparadas. Son insertados en la mezcla para mejoramiento de las características del producto final. Tienen como objetivo incrementar la calidad nutricional del producto, el bienestar o la salud del animal. Por otro lado, son mezclas de ingredientes que el animal necesita

para mejorar sus características en las diferentes etapas de su desarrollo, por lo general las más importantes son la edad temprana y sus últimos años. (Sossa, 2013)

Los aditivos existentes se los puede clasificar de la siguiente manera: (Ravindran, 2010)

- Aditivos tecnológicos: antioxidantes, emulsificantes o acidificantes.
- Aditivos sensoriales: aromas, pigmentos.
- Aditivos nutricionales: vitaminas, minerales, aminoácidos.
- Aditivos zootécnicos: potenciadores de la digestión, estabilizadores de la flora intestinal. (Ravindran, 2010)

### 2.3 Funcionamiento de una planta de producción de balanceado



**Figura 2. Diagrama de bloques etapas del proceso de fabricación de alimentos balanceados**

El proceso de producción de alimentos balanceados inicia al momento en que la materia prima llega a la planta para ser clasificada, mezclada, acondicionada y compactada obteniendo el producto final terminado. En la Figura 2. se puede apreciar las 13 etapas por las que se tiene que someter las materias primas para obtener el alimento balanceado. (Ravindran, 2010)

### **2.3.1 Recepción de materias primas**

Existen dos formas en que las materias primas son receptadas en la planta de producción al granel y en sacos (big-bags). (Ravindran, 2010)

- Al granel se receptan cereales, afrechos, líquidos, etc.
- En sacos se reciben ingredientes como harinas, melazas, antioxidantes, vitaminas, etc.

### **2.3.2 Recepción de materias primas**

Las materias primas deben ser almacenadas de acuerdo con las necesidades de producción. Por lo general se emplean silos para el caso de los ingredientes sólidos y tanques para los líquidos. En el caso de los ingredientes que se receptan en sacos se utilizan tolvas para poder ingresarlos en los almacenes. (Chachapoya, 2014)

### **2.3.3 Sistema de batcheo**

Una vez que las materias primas han sido almacenadas en los silos y tanques respectivamente, se realiza la dosificación de los ingredientes. Se emplea tornillos que se encuentran a continuación de los almacenes para enviar el producto por las tuberías que llegan a una báscula. Este proceso debe ser exacto y preciso para evitar desviaciones de la fórmula deseada, por lo que es necesario utilizar un dispositivo para su control. (Flores & Cuenca, 2009)

La dosificación de la puede realizar de dos maneras: con molienda posterior a la dosificación (Dosificación en grano) y molienda anterior a la dosificación (Dosificación en harinas). (Flores & Cuenca, 2009)

### **2.3.4 Molienda**

Esta es la primera etapa en que la materia prima sufre cambios en su estructura, pero existen ingredientes que no deben ingresar al molino por lo que es necesario la

implementación de un by-pass. En el molino se pretende reducir el tamaño de las partículas del ingrediente. Normalmente se lo reduce a un ideal de 250 micrones. Para garantizar que la materia prima tiene el tamaño adecuado pasa por un filtro, disminuyendo el porcentaje de error. (Chachapoya, 2014)

### **2.3.5 Adición de líquidos**

Los ingredientes líquidos están almacenados en tanques. Para su dosificación pueden emplear bombas y válvulas. Estos ingredientes pueden pasar por una etapa de pesaje para poder ingresar a la mezcladora donde anteriormente ingresó la composición sólida. (Parrales & Tamayo, 2012)

Los líquidos más importantes del proceso son las grasas y las melazas. Las grasas y diferentes líquidos se pueden incorporar directamente a la mezcla. Las melazas se pueden incorporar en un melazador, que no es más que un acondicionador. (Parrales & Tamayo, 2012)

### **2.3.6 Mezclado**

La etapa de mezclado es una fase de acondicionamiento, que se encarga de la homogenización de los ingredientes que llegan a la máquina. Llegan las materias primas sólidas, que son mezcladas independientemente por un cierto tiempo. Posteriormente entran los líquidos, los ingredientes y pre-mezclas adicionales de la receta. (Parrales & Tamayo, 2012)

En la mezcla intervienen varios factores importantes para el producto terminado. Tiempo de mezcla, granulometría, densidad y forma de las partículas. (Parrales & Tamayo, 2012)

- Tiempo de mezcla: es directamente influenciado por el tipo de receta, el tipo de máquina y los ingredientes que se están empleando en el proceso.

- Granulometría: hay que mantener un estándar de tamaño de partículas. Si existe mucha variación de tamaño de un ingrediente a otro no se va a obtener una buena mezcla.
- Densidad y forma de las partículas: al momento de dosificar los productos se debe tomar en cuenta que los ingredientes más pesados deben ingresar al fondo de la máquina. (Parrales & Tamayo, 2012)

### **2.3.7 Acondicionador**

Para que la mezcla ingrese al proceso de peletización es necesario realizar un acondicionamiento. Esta es una etapa crítica del proceso ya que ayuda con las propiedades funcionales del producto. El acondicionador es importante para obtener un producto con buenas características en cuanto a estabilidad en el agua. Se controla la presión y temperatura para que las partículas se ligen de una manera óptima y lograr eliminar las bacterias presentes en la mezcla. (Parrales & Tamayo, 2012)

### **2.3.8 Peletización**

Es un proceso mecánico que modifica varias características de la mezcla y destruye aglomeraciones de partículas que quedaron en forma de gránulos o pellets. Consiste en dos etapas: (Parrales & Tamayo, 2012)

- Acondicionamiento hidrotérmico: preparación del alimento balanceado en harina para el proceso de compresión-extrusión. (Parrales & Tamayo, 2012)
- Enfriado-secado: se reduce la humedad y la temperatura de la mezcla. (Parrales & Tamayo, 2012)

### **2.3.9 Extrusión**

Esta parte del proceso modifica las características físicas del producto. A diferencia del proceso de peletización se agrega un proceso de cocción a altas temperaturas. La textura cambia, es decir se le cambia la forma de pellet a gránulos o ciscos. La

composición final del alimento balanceado depende del producto que está en la línea de producción. (Bortone, 2001)

### **2.3.10 Ensacado**

Una vez que el balanceado ha salido del sistema de producción debe pasar por una fase de clasificación. Donde van a ser divididos para poder almacenarlo en fundas para su distribución. Los ciscos que se tengan de un tamaño adecuado son ensacados, mientras que el producto muy fino se lo regresa a la etapa anterior. El producto es expuesto a una etapa de control de calidad ya que aquí se realiza una inspección visual antes de ser ensacados. (Bortone, 2001)

### **2.3.11 Producto terminado**

El producto terminado debe ser sometido a una serie de análisis para verificar si cumple con los estándares de producción. Una vez que para dicho análisis el producto es liberado y son almacenados en la bodega del producto. Los almacenes deben ser libres de contaminación o algún agente externo que pueda influenciar en la calidad del producto.

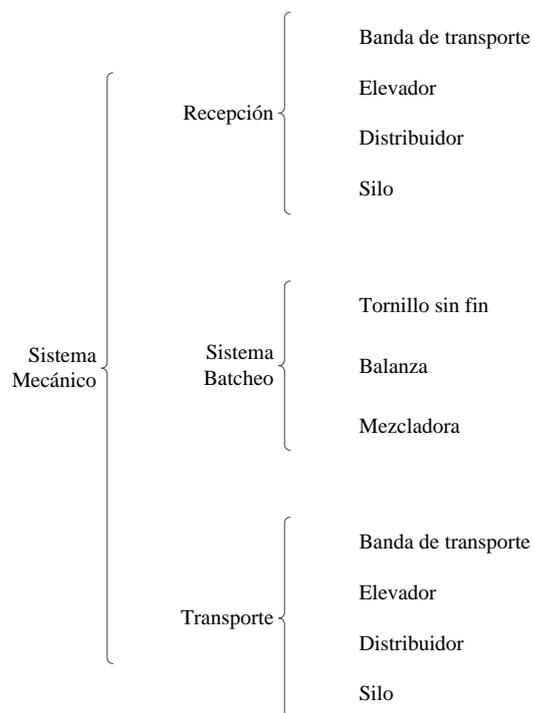
## **2.4 Sistema mecánico**

Existen varios elementos mecánicos que intervienen en el sistema de producción de alimentos balanceados. En la Figura 3. se muestra los instrumentos que intervienen en cada una de las etapas del proceso. Cada instrumento trabaja en conjunto para poder formar parte del proceso productivo. (Flores & Guerra, 2005)

### **2.4.1 Molinos de martillo o de impacto**

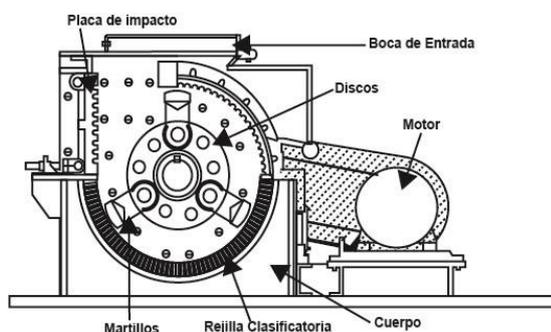
Los molinos son empelados para reducir el tamaño de las materias primas que ingresan al proceso. El molino de martillo o de impacto reduce el tamaño por impacto. La descarga del molino puede ser de dos maneras, por gravedad o por medio de un

ventilador. El ventilador por otro lado es encargado de limpiar el molino y enfriar el equipo después de que se ha realizado el proceso. (Sossa, 2013)



**Figura 3. Elementos que intervienen en un sistema mecánico del proceso de producción de balanceado.** (Flores & Guerra, 2005)

En la Figura 4. se puede apreciar el esquema de un molino de martillos, que consta de la boca de entrada que es por donde ingresa el ingrediente a ser procesado, la placa de impacto, discos, martillos que tienen una separación de 2.5 a 7.5 cm, el motor encargado del movimiento y la velocidad que es de 1500 a 4000 rpm, rejilla clasificadora y el cuerpo que es la base del molino. (Sossa, 2013)



**Figura 4. Molino de martillos.**  
Fuente: (TYMSA, 2011)

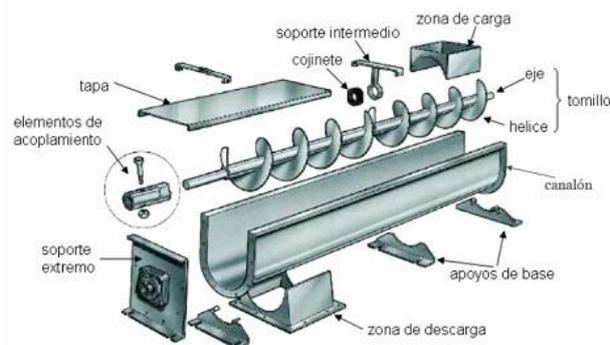
## 2.4.2 Transporte

Dentro del proceso de producción de balanceado es de suma importancia el movimiento de las materias primas y de los productos resultantes de cada una de las etapas del proceso. Implica un desplazamiento en diferentes direcciones como elevación, descenso, horizontal o inclinado. Los transportadores más utilizados son de banda de cangilones, sinfín, neumático y por gravedad. (Sossa, 2013)

### 2.4.2.1 Transportador de tornillo sinfín

Su principio de funcionamiento es el de un tornillo helicoidal rotatorio en un canal estacionario. En el proceso se lo utiliza para transportar los ingredientes sólidos y las mezclas que están listas. Su costo es inferior en relación al de otros transportadores. (Sossa, 2013)

Como se muestra en la Figura 5. un tornillo sinfín consta de una hélice montada sobre un eje dentro de un canal. Es necesario de un sistema reductor para hacer girar el eje del tornillo. En uno de los extremos se puede apreciar la zona de carga que es donde va a llegar el material a ser transportado a lo largo de la hélice, hasta llegar a la zona de descarga. Por el tamaño del transportador es necesario estructuras externas como el soporte externo y los apoyos de base para sostenerlo. (Sossa, 2013)

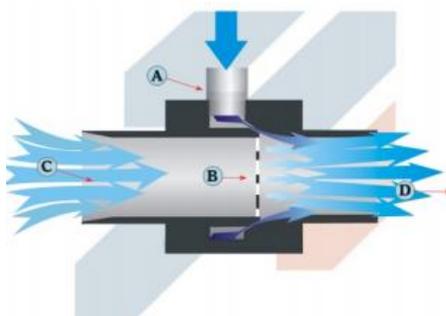


**Figura 5. Esquema del tornillo sinfín.**

Fuente: (Ingemecánica, 2013)

### 2.4.2.2 Transportador neumático

Son máquinas de transporte continuo que se emplean para transportar especialmente materiales en polvo, pequeños granos y al granel. Su funcionamiento se basa en el desplazamiento del material mediante una corriente de aire a través de un ducto cerrado, se lo puede utilizar para transporte horizontal o vertical (Sossa, 2013). En la Figura 6. se muestra el funcionamiento de un transportador neumático. El aire comprimido entra por la tubería “A” creando un vacío en la entrada “C”, que es por donde va a ingresar el material, produciendo un aumento de velocidad y el material sale en la dirección “D”. (KMX Industrial Equipment, 2017)



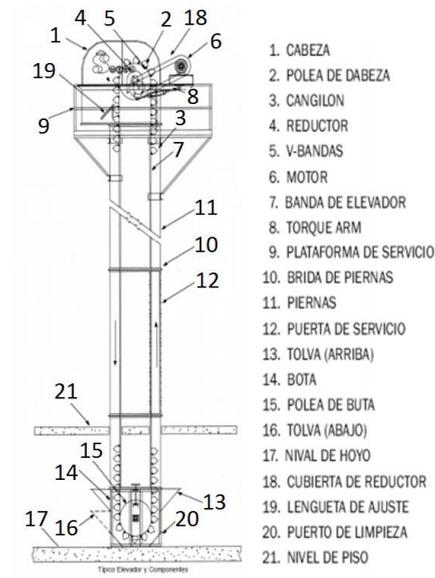
**Figura 6. Transportador neumático.**

Fuente: (KMX Industrial Equipment, 2017)

### 2.4.2.3 Elevador de cangilones

En la actualidad los elevadores de cangilones son los más utilizados en el transporte vertical de materiales al granel. Existen dos tipos elevación por medio de bandas o de cadenas sinfín con una rueda dentada en los extremos, de acuerdo con las necesidades del ingrediente a transportar. Por el circuito que deben cubrir las bandas deben ser resistentes a la tensión, poco estiramiento y protección contra la humedad. Los elevadores de cangilones son las más eficientes para el transporte vertical. (Cruz, 2013)

En la Figura 7. se muestran las principales partes de un elevador de cangilones. Consiste en la cabeza, la bota o caja, envoltura del elevador, las puertas de servicio, banda o cadena y los cangilones. (Cruz, 2013)



**Figura 7. Elementos básicos de un elevador de cangilones.**

Fuente: (Cruz, 2013)

#### 2.4.2.4 Transporte por gravedad

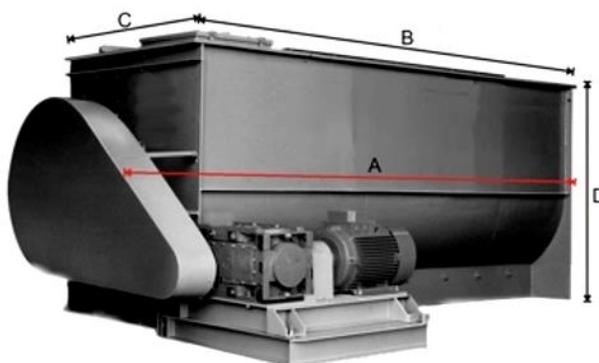
Los transportadores por gravedad no consumen energía, como su nombre lo dice su principio está en la gravedad. Se los utiliza para transportar material desde niveles altos a bajos. Son grandes conductos inclinados de superficie liza, para un mejor desempeño en el transporte. Un punto crítico al momento de diseñar transportadores de gravedad es el ángulo al que se pone la bajante, el mínimo es de 45, dependiendo directamente del tipo y las características del material que se va a desplazar. (Chachapoya, 2014)

#### 2.4.3 Mezclado

A la máquina mezcladora ingresan dos o más ingredientes para conseguir una masa o pasta homogénea. Una vez que los sólidos han sido mezclados por lo general se aumentan los ingredientes líquidos de la receta, a través de tuberías y bombas. Existen grupos de mezcladoras, horizontales y verticales de tornillos. (Sossa, 2013)

### 2.4.3.1 Mezcladoras horizontales

Las mezcladoras horizontales pueden mover los materiales en un plano horizontal y giratorio. El tiempo de mezclado es corto, por lo general de 4-5 minutos, obteniendo una masa homogénea. Estas máquinas pueden tener tornillos sinfín o paletas rotatorias que desplazan los ingredientes de un extremo al otro. Como se muestra en la Figura 8. gran parte de este tipo de mezcladoras son estacionarias y tienen un costo considerable en comparación con las verticales. (Flores & Cuenca, 2009)



**Figura 8. Mezcladora horizontal estacionaria.**

Fuente: (Flores & Cuenca, 2009)

### 2.4.3.2 Mezcladoras verticales de tornillos

La estructura de este tipo de mezcladoras es un recipiente cilíndrico, su eje central consta de uno o dos tornillos verticales helicoidales giratorios. El tornillo puede ser fijo o girar alrededor del eje. En comparación a la mezcladora horizontal tiene un tiempo más alto de mezclado ya que la distancia de mezclado es superior. (Flores & Cuenca, 2009)

Como se muestra en la Figura 9. la mezcladora vertical consta de una carcasa cilíndrica con cono en su base colocada en forma vertical y el tornillo helicoidal que es el encargado de realizar la mezcla. (Flores & Cuenca, 2009)

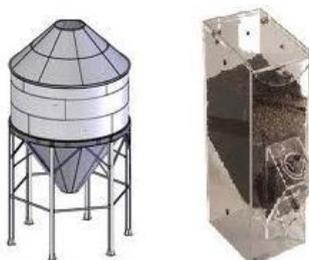


**Figura 9. Mezcladora vertical.**

Fuente: (Flores & Cuenca, 2009)

#### **2.4.4 Almacenamiento**

Cuando las materias primas llegan a la planta de producción de balanceado se las coloca en bins de almacenamiento. Los ingredientes pueden mantenerse en este espacio sin perder sus características, evitando que entren en descomposición debido a las condiciones climáticas. Es una de las partes fundamentales de la producción. En la Figura 10. se muestran los tipos de bins más comunes en la industria. (Grijalva, 2013)

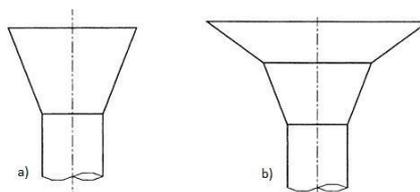


**Figura 10. Bins de almacenamiento.**

Fuente: (Grijalva, 2013)

#### **2.4.5 Tolva**

Las tolvas son piezas que sirven para facilitar la carga y descarga de las materias primas. En la Figura 11. se muestra los dos tipos de tolvas existentes, la tolva simple recta conformada por dos elementos y tolva compuesta recta formada por más de dos elementos. (Grijalva, 2013)



**Figura 11. Tipos de tolvas a) Tolva Simple Recta. b) Tolva Compuesta Recta.**

Fuente: (Grijalva, 2013)

En la Figura 12. y Figura 13. se muestran el tipo de descarga que se puede realizar desde las tolvas de almacenamiento. Descarga por gravedad y descarga por tornillo sinfín.



**Figura 12. Descarga por gravedad.**

Fuente: (COMES S.A., 2010)



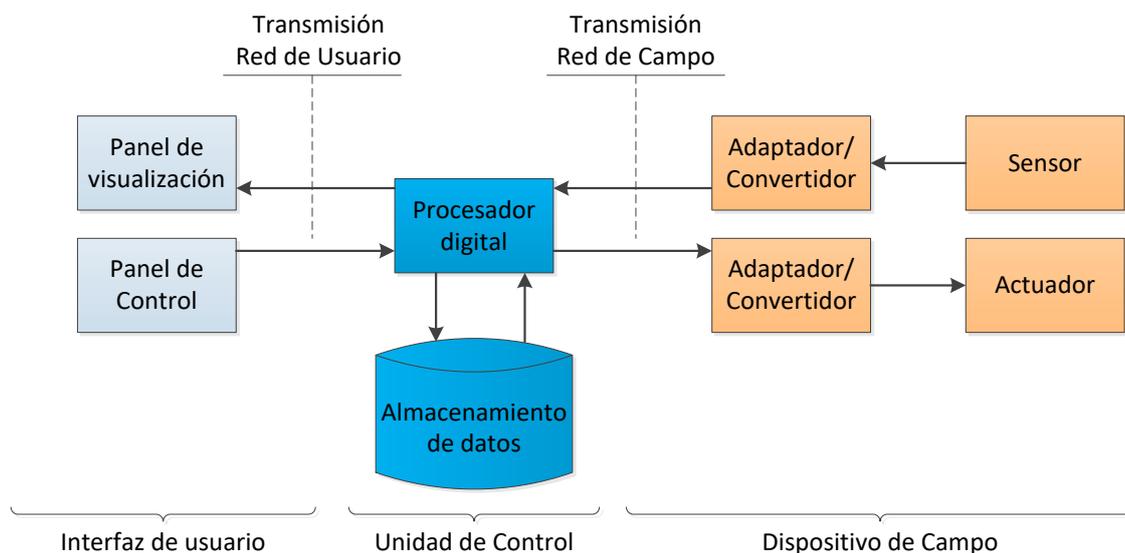
**Figura 13. Descarga por tornillo sinfín.**

Fuente: (COMES S.A., 2010)

## 2.5 Sistema Scada

Un Scada (Supervisory Control And Data Acquisition) hace referencia a un sistema de supervisión, control y adquisición de datos. No es un sistema de control, es un

software de monitorización que permite acceder a los datos y controlar el proceso sin importar la distancia a la que se encuentre. Un Scada se comunica con los dispositivos de la planta y controla el proceso desde una pantalla de operación, es decir realiza la comunicación entre el nivel de control con el nivel superior. (Rodríguez Penin, 2011)



**Figura 14. Esquema básico de un sistema Scada.**

Fuente: (Rodríguez Penin, 2011)

En la Figura 14. se muestra el esquema básico de un sistema Scada, que consta de tres partes: Interface de usuario, unidad de control y dispositivos de campo.

### 2.5.1 Objetivos de los sistemas Scada

- **Economía:** el control remoto del proceso es una de las características principales de un sistema Scada. Se puede monitorear el estado del sistema sin la necesidad de que un operario se encuentre en el sitio.
- **Accesibilidad:** visualización del estado actual de cada sección del proceso, así como los parámetros de configuración más importantes del mismo.
- **Mantenimiento:** la posibilidad de obtener datos y almacenarlos para poder procesarlos, son de gran ayuda al momento de tomar decisiones al momento de realizar mantenimientos a los equipos.

- **Ergonomía:** una interfaz humano-máquina (HMI) debe ser lo más simple y completa posible. Con unos simples pasos se debe poder acceder a las partes más importantes del proceso.
- **Gestión:** se puede trabajar con los datos almacenados, es decir se pueden utilizar organizadores gráficos, tablas para una presentación resumida de los parámetros.
- **Flexibilidad:** un sistema Scada es un software, por lo que la existencia de una modificación no representa un gasto de tiempo ni recursos.
- **Conectividad:** se pueden emplear sistemas de diferentes proveedores al desarrollar un Scada, sin preocuparse de la interconexión de los mismos. (Rodríguez Penin, 2011)

### 2.5.2 Prestaciones de sistemas Scada

La supervisión es una de las características fundamentales que brindan los sistemas Scada. El operador puede monitorear las configuraciones y parámetros que influyen en el proceso. Al ser una herramienta de HMI, garantiza un conjunto de funciones y utilidades enfocadas a establecer una interacción entre el operador y el proceso. (Rodríguez Penin, 2011)

Las prestaciones más sobresalientes de un sistema Scada son:

- La monitorización de los datos en tiempo real, esto quiere decir que el operador puede leer los datos de los instrumentos que forman parte del sistema de control, desde los controladores.
- La adquisición de datos para poder trabajar y crear un sistema de reportes con los datos más relevantes del sistema.
- Posibilidad de conocer el estado actual de la planta, como accionamiento de alarmas, paradas anormales o eventos excepcionales del proceso.
- Los operadores pueden visualizar y modificar datos relevantes del proceso.
- Establecer jerarquía de usuarios, restringiendo el acceso de ciertos operadores a configuraciones críticas del sistema. (Rodríguez Penin, 2011)

### **2.5.3 Estructura de un sistema Scada**

Un sistema Scada es una aplicación de software que proporciona comunicación entre los dispositivos de campo, conocidos como RTU (Remote Terminal Units o Unidades Remotas). El control del proceso se lo realiza desde una pantalla de operador que puede estar en uno o más computadores, conformando el centro de control o Unidad Central, también conocida como MTU (Master Terminal Unit). (Rodríguez Penin, 2011)

La estructura general de un sistema Scada se basa en el principio de la arquitectura Maestro-Eslavo. El maestro es la estación central que se comunica solicitando información a las demás estaciones, convirtiéndose en los esclavos del sistema. (Rodríguez Penin, 2011)

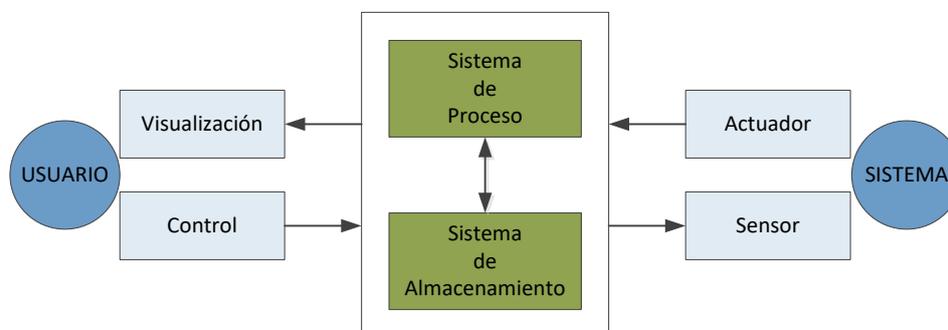
En la Figura 15. se visualiza la estructura básica de un sistema de supervisión y mando. El usuario necesita herramientas de visualización y control para lograr entrar al Sistema de Proceso. Esta comunicación se suele realizar mediante redes de la empresa. El Sistema de Proceso adquiere los datos del sistema mediante los sensores de campo y el usuario puede obtener estos datos mediante la visualización en las pantallas de control. (Rodríguez Penin, 2011)

La comunicación entre el Sistema de Proceso con los sensores y actuadores se la realiza mediante la implementación de buses de campo y redes industriales. Una vez que el Sistema de Proceso capta los datos los envía al Sistema de Almacenamiento, donde se los manipula de tal forma que ayuden a mejorar el desempeño del proceso. Para lograr la comunicación de este sistema, se lo divide en tres bloques principales: (Rodríguez Penin, 2011)

#### **2.5.3.1 Interfaz humano máquina (HMI)**

Una Interfaz Humano Máquina (HMI) es la herramienta para la interacción entre el usuario u operador del sistema de control con el proceso. Una interfaz HMI debe considerar los criterios establecidos en la ergonomía que es una disciplina que

estudia la relación entre el hombre y su campo laboral, es decir si su ambiente laboral es el apto para poder realizar sus actividades. (Roa, 2015)



**Figura 15. Estructura Básica de un Sistema de Supervisión y Mando.**

Fuente: (Rodríguez Penin, 2011)

Un HMI comprende ventanas gráficas que pueden estar montadas en un panel de operador o en un computador. Las pantallas representan de una forma amigable para el usuario el proceso con el que se está trabajando. El sistema debe ser lo más simple posible para que el operador comprenda la situación actual del proceso y que logre tomar decisiones. El sistema debe permitir realizar una acción de una forma sencilla, sin desperdiciar mucho tiempo de operación. (Roa, 2015)

### 2.5.3.2 Unidad central (MTU, Master Terminal Unit)

Es la parte central del sistema. La unidad central emplea varios protocolos abiertos para poder comunicarse con los diferentes elementos del proceso. El objetivo principal es intercambiar información en tiempo real del proceso de producción con el sistema control. En el centro de control se recopila la información y se la almacena, para utilizarla en la mejora del rendimiento del sistema. En la lista los equipos que conforman la unidad central. (Rodríguez Penin, 2011)

### 2.5.3.3 Unidad remota (RTU, Remote Terminal Unit)

Unidad Remota es el conjunto de elementos enfocados en el control y/o supervisión del sistema, con la diferencia que se encuentran a grandes distancias del centro de control y es necesario utilizar protocolos de comunicación para el

intercambio de información con el centro de mando. Los dispositivos que se pueden encontrar en las RTUs son: (Rodríguez Penin, 2011)

- RTU (*Remote Terminal Unit*)
- PLC (*Programmable Logic Controller*)
- IED (*Intelligent Electronic Device*)

**Tabla 4**  
**Actividades de los equipos de la Unidad Central.**

Equipos	Actividades
Database Server (Almacén de datos)	Almacena los datos del proceso para un posterior análisis mediante herramientas estadísticas y de representación gráfica.
File Server (Almacén de archivos)	Almacena los resultados de los datos adquiridos. Datos de eventos del sistema. Datos de configuraciones, alarmas, etc.
Administración	Gestión y mantenimiento del sistema, controla los sistemas de seguridad, etc.
Comunicaciones	Intercambio de los datos en tiempo real con los elementos del sistema.

Fuente: (Rodríguez Penin, 2011)

#### 2.5.3.4 Sistemas de comunicación

La comunicación es un punto fundamental en el funcionamiento del sistema Scada. Buses especiales y redes industriales permiten que el operador interactúe con cualquier punto de la planta en tiempo real. Se emplea un protocolo de comunicaciones para que puedan comunicarse la MTU con las RTUs y un sistema de transporte para mantener el enlace entre los elementos de la red. (Rodríguez Penin, 2011)

## CAPÍTULO III

### 3 DISEÑO

#### 3.1 Diseño conceptual

##### 3.1.1 Descripción y análisis de la situación actual del sistema de dosificación de la planta de producción de balanceado de “Gisis S.A.”

El sistema Scada de dosificación de la planta de producción de balanceado de “Gisis S.A.” está formado por dos partes: hardware y software. El hardware consta de un tablero de control y fuerza. Para el sistema de control y monitoreo, el software empleado es “Factorytalk View” que capta los datos de un PLC CompactLogix y lee información de una base de datos montada en “SQL Server”.

##### 3.1.1.1 Hardware

###### 3.1.1.1.1 Tablero de control

En el tablero que se muestra en la Figura 16. se encuentran los elementos de control de sistema. Se puede visualizar el PLC CompactLogix con los módulos de entradas y salidas necesarios para realizar el control del proceso.



Figura 16. Tablero de Control

### 3.1.1.1.1 Controlador PLC

Un PLC o mejor conocido como Controlador Lógico Programable es un dispositivo empleado para la automatización de procesos industriales a gran escala. Un controlador lógico programable es empleado para realizar la lógica de control de elementos, plantas y procesos industriales. Gracias a su capacidad de procesamiento de señales tanto de digitales como analógicas, es capaz de realizar acciones de control. El PLC disponible en el sistema de dosificación consta de los siguientes módulos: (Bastidas & Proaño, 2010).

- Un módulo 1769-SDN scanner DeviceNet
- Tres módulos 1769-IQ32 de 32 entradas digitales de 24 VDC
- Cuatro módulos 1769-OW16 de 16 salidas a relé.
- Un módulo 1769-IF4 de entradas analógicas.

### 3.1.1.1.2 Procesador 1769 - L32E

El procesador L32E trabaja con el CompactLogix 1769 de Allen Bradley. Estos controladores ofrecen control, comunicación y elementos de entrada y salida avanzados en un paquete distribuido. (Allen Bradley, 2013)



**Figura 17. Controlador CompactLogix 1769 - L32E**

Fuente: (Allen Bradley, 2013)

### 3.1.1.1.3 Fuente 1769-PA4

Es una fuente de expansión Compact I/O que son adecuadas para ser utilizadas en ambientes industriales. Proporcionan alimentación de 120/240 VCA y de 24 VCC

a los módulos. Puede ser instalada a la izquierda o derecha de la fuente. Esta fuente es capaz de alimentar hasta 8 módulos adicionales. (Allen Bradley, 2012)



**Figura 18. Fuente 1769 - PA4**

Fuente: (Allen Bradley, 2012)

En la Tabla 5. se muestran las características más importantes de la fuente de alimentación 1769 – PA4.

**Tabla 5**

**Especificaciones fuente 1769 - PA4.**

Nombre	Especificaciones
Voltajes de Entrada	85-132 VCA o 170-265 VCA.
Frecuencias de entrada	47-63 Hz
Capacidad de corriente a 5 V	4.0 A
Capacidad de corriente a 24 V	2.0 A
Corriente de entrada al momento del arranque, máx	25 A a 132 VCA
Dimensiones	118 x 70 x 87 mm

Fuente: (Allen Bradley, 2012)

#### **3.1.1.1.4 Módulo 1769-SDN Scanner DeviceNet**

Este módulo es un scanner DeviceNet, utilizado para trabajar en ambientes industriales. Este módulo sirve como interfaz entre los dispositivos DeviceNet que se encuentran en la red y el controlador CompactLogix. (Allen Bradley, 2005)

**Tabla 6****Especificaciones módulo 1769-SDN.**

Nombre	Especificaciones
Velocidades de transmisión	125 k bits/seg 250 k bits/seg 500 k bits/seg
Longitud máxima del cable	500 m a 125 k bits/seg 100 m a 500 k bits/seg
Requerimientos para la red DeviceNet	90 mA a 11 VDC 110 mA a 25 VDC

Fuente: (Allen Bradley, 2005)

**Figura 19. Módulo Scanner DeviceNet 1769 – SDN**

Fuente: (Allen Bradley, 2005)

**3.1.1.1.5 Módulo entradas digitales 1769 - IQ32**

El módulo 1769-IQ32 es un módulo de 32 entradas digitales, que es diseñado para trabajar con los controladores de la familia CompactLogix. Se lo instala en el panel mediante dos tornillos de montaje o una riel DIN.

**Figura 20. Módulo Entradas Digitales 1769 - IQ32.**

Fuente: (Bastidas & Proaño, 2010)

**Tabla 7****Especificaciones módulo 1769-IQ32.**

Nombre	Especificaciones
Temperatura de Funcionamiento	0°C – 60 °C
Categoría de Voltaje	24VCC
Rango de Voltaje de Operación	10 a 30 VCC a 30 °C, 10 a 26.4 VCC a 60 °C
Voltaje de Estado Activado	10 VCC
Corriente de Estado Activado	2.0 mA
Corriente de Entrada al momento del Arranque	250 mA
Impedancia Nominal	5.2 kohm a 24 VCC, 6.1 kohm a 30 VCC
Distancia respecto a la fuente de alimentación eléctrica	8 (El módulo no puede estar a más de 8 módulos de la fuente de alimentación eléctrica o del controlador)

Fuente: (Allen Bradley, 2007)

**3.1.1.1.6 Módulo salidas a relé 1769 - OW16**

Es un módulo de salidas a relé con capacidad de hasta 16 señales, siendo estas CA o CC. Se puede controlar CA y CC al mismo tiempo ya que tienen dos grupos aislados de 8 puntos cada uno. (Allen Bradley, 2001)

**Figura 21. Módulo Salidas a Relé 1769 - OW16.**

Fuente: (Bastidas & Proaño, 2010)

**3.1.1.1.7 Módulo entradas analógicas 1769-IF4**

El módulo 1769-IF4 de entradas analógicas transforma y almacena digitalmente los datos para ser procesados por los controladores, de la familia CompactLogix o MicroLogix 1500. Este módulo soporta varias combinaciones de

conexiones, hasta un máximo de cuatro sensores de corriente o de voltaje. (Allen Bradley, 2005)

**Tabla 8**

**Rangos Normales y Límites.**

Rango de Operación normal de entrada	Límite de rango del módulo
10 V dc	10.5 V dc
1 - 5 V dc	0.5 – 5.25 V dc
0 - 5 V dc	-0.5 - 5.25 V dc
0 - 10 V dc	-0.5 – 10.5 V dc
0 - 20 mA	0 - 21 mA
4 - 20 mA	3.2 - 21 mA

Fuente: (Allen Bradley, 2005)



**Figura 22. Módulo Entradas Analógicas 1769 - IF4.**

Fuente: (Bastidas & Proaño, 2010)

### 3.1.1.1.2 Tablero de fuerza

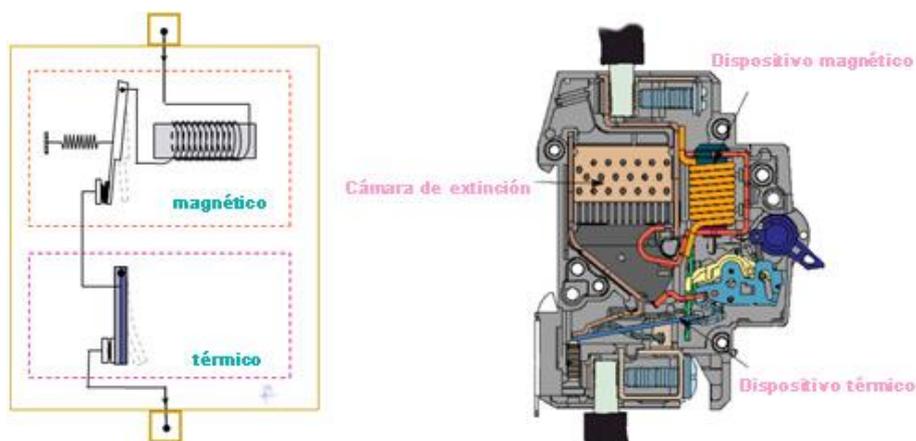
En el tablero que se muestra en la Figura 23. se encuentran los dispositivos que van a realizar las acciones de fuerza del sistema. Entra la acometida del sistema y reparte para los circuitos de control y de fuerza del proceso. El tablero tiene breakers, contactores, arrancadores suaves y variadores.



**Figura 23. Tablero de Fuerza**

### 3.1.1.1.2.1 Guardamotor

Un Guardamotor es un elemento de protección frente a sobrecargas y cortocircuitos. El dispositivo es capaz de interrumpir el paso de corrientes en un tiempo determinado cuando está sometido a condiciones anormales. El Guardamotor es una combinación de un relé térmico con un interruptor. En la Figura 24. se muestra la composición y las partes de un Guardamotor. (Avilés & Tapia, 2015)



**Figura 24. Guardamotor.**

Fuente: (Avilés & Tapia, 2015)

Para la selección del Guardamotor se debe considerar la corriente nominal de arranque y en régimen estacionario de la carga. Para el cálculo de la corriente de sobrecarga se utiliza la (Ec. 3.1) que nos especifica un 25% más de la corriente nominal. (Avilés & Tapia, 2015)

$$I_c = 1,25 * I_n [A] \quad (\text{Ec. 3.1})$$

**Donde:**

$I_c$ : intensidad de corriente

$I_n$ : intensidad nominal

### 3.1.1.1.2 Contactor

Un contactor es un elemento mecánico con operación tipo on-off. Es un elemento de mando eléctrico que puede cerrar o abrir los circuitos, usualmente se lo utiliza para controlar motores. Este elemento está conformado por una bobina y varios contactos, que pueden ser normalmente abiertos o cerrados, y que son los que permiten la apertura y cierre del sistema. (Tecnología, 2011)

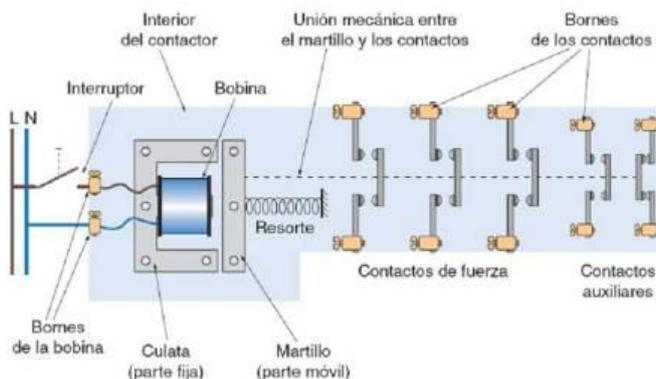
En la Figura 25. se muestran los elementos de un contactor. El funcionamiento del elemento es controlado por un electroimán. Cuando la bobina del electroimán es energizada el contactor se cierra y permite el paso de energía por sus terminales. Se cerrarán los contactos abiertos y se cerrarán los que estaban cerrados. Esta maniobra se la denomina “enclavamiento del contactor”. Por otro lado, cuando la bobina es desenergizada el electroimán se abre gracias a la presencia de un resorte de presión y volverá a la posición inicial. (Tecnología, 2011)

Para una correcta elección de un contactor se deben tomar en cuenta las siguientes especificaciones:

- Tensión y potencia nominales de la carga.
- Tensión y frecuencia de alimentación de la bobina y elementos del circuito auxiliar.
- Tipo de arranque del motor.

- Condiciones de trabajo: ligera, normal, dura o extrema.
- Número de contactos auxiliares que se necesita.

En la Tabla 9. se muestran las categorías de contactores existentes según la IEC 947-4. (Mariscal, 2009)



**Figura 25. Funcionamiento de un Contactor.**

Fuente: (Tecnología, 2011)

**Tabla 9**

**Categoría de Contactores según IEC 947-4.**

Categoría	Aplicaciones y características
CORRIENTE ALTERNA	AC1 Carga no inductivas o poco inductivas, cuyo factor de potencia sea por lo menos 0.95.
	AC2 Arranque, frenado en contra corriente, de motores anillados.
	AC3 Control de motores jaula de ardilla.
	AC4 Arranque, frenado motores jaula de ardilla.
CORRIENTE CONTINUA	DC1 Carga no inductivas o poco inductivas, cuyo factor de potencia sea por lo menos 0.95.
	DC2 Arranque de motores con excitación en derivación, desconexión durante la marcha.
	DC3 Arranque de motores con excitación en derivación, inversión de gira y marcha por pulsos.
	DC4 Arranque de motores con excitación en serie, desconexión durante la marcha.
	DC5 Arranque de motores con excitación en serie, inversión de gira y marcha por pulsos.

Fuente: (Mariscal, 2009)

Para dimensionar y seleccionar el contactor se deben seguir los siguientes pasos:

1. Obtener la corriente de servicio ( $I_e$ ) consumida por la carga. La corriente de servicio se calcula mediante la fórmula de la ecuación (Ec. 3.2).

$$I_e = I_c = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos\phi} \quad (\text{Ec. 3.2})$$

2. A partir de la carga se debe establecer la categoría de servicio, de acuerdo a la Tabla 9.
3. A partir de la categoría de servicio, obtener la corriente cortada ( $I_c$ ) con la que se puede obtener el tipo de contactor a emplear.

En la Tabla 10. se indica los parámetros de cada motor y las protecciones que se encuentran en el panel de fuerza del sistema de dosificación de la planta de producción de balanceado.

**Tabla 10**

**Datos de Motores y Dispositivos de Protección del Panel de Fuerza**

Tag Motor	Potencia		Voltaje	Corriente	Protecciones	
	[kw]	[hp]	[v]	[a]		
Mot101	4	5	440	5.50	Q101	Guardamotor
					KM101	Contactador 3RT2015-1AF01
Mot102	4	5	440	6.00	Q102	Guardamotor
					KM102	Contactador 3RT2015-1AF01
Mot103	2	3	440	3.00	Q103	Guardamotor
					KM103	Contactador 3RT2015-1AF01
Mot104	2	3	440	3.00	Q104	Guardamotor
					KM104	Contactador 3RT2015-1AF01
Mot105	3	4	440	4.00	Q105	Guardamotor
					KM105	Contactador 3RT2015-1AF01
Mot106	3	4	440	4.00	Q106	Guardamotor
					KM106	Contactador 3RT2015-1AF01
Mot107	3	4	440	4.50	Q107	Guardamotor
					KM107	Contactador 3RT2015-1AF01
Mot108	2	3	440	3.00	Q108	Guardamotor

Continua 

Tag Motor	Potencia		Voltaje	Corriente	Protecciones	
	[kw]	[hp]	[v]	[a]		
					KM108	Contactador 3RT2015-1AF01
Mot109	3	4	440	4.00	Q109	Guardamotor
					KM109	Contactador 3RT2015-1AF01
Mot110	3	4	440	3.50	Q110	Guardamotor
					KM110	Contactador 3RT2015-1AF01
Mot111	3	4	440	4.00	Q111	Guardamotor
					KM111	Contactador 3RT2015-1AF01
Mot112	2	3	440	2.50	Q112	Guardamotor
					KM112	Contactador 3RT2015-1AF01
Mot301	9	12	440	13.00	Q301	Guardamotor 3RV2011-4AA10 / 11-16A
					KM301	Contactador 3RT2025-1AG20
Mot302	7	9	440	10.00	Q302	Guardamotor 3RV2011-1KA10 / 9-12A
					KM302	Contactador 3RT2024-1AG20
Mot303	5	7	440	7.00	Q303	Guardamotor 3RV2011-1JA10 / 7-10A
					KM303	Contactador 3RT2016-1AF01
Mot304	5	7	440	7.00	Q304	Guardamotor 3RV2011-1JA10 / 7-10A
					KM304	Contactador 3RT2016-1AF01
Mot305	3	4	440	4.00	Q305	Guardamotor 3RV2011-1EA10 / 2,8-4A
					KM305	Contactador 3RT2015-1AF01
Mot306	9	12	440	13.00	Q306	Guardamotor 3RV2011-4AA10 / 11-16A
					KM306	Contactador 3RT2025-1AG20
Mot307	4	5	440	5.00	Q307	Guardamotor 3RV2011-1GA10 / 4,5-6,3A
					KM307	Contactador 3RT2015-1AF01
Mot308	3	4	440	4.00	Q308	Guardamotor 3RV2011-1EA10 / 2,8-4A
					KM308	Contactador 3RT2015-1AF01
Mot309	3	4	440	4.00	Q309	Guardamotor 3RV2011-1EA10 / 2,8-4A
					KM309	Contactador 3RT2015-1AF01
Mot310	3	4	440	4.00	Q310	Guardamotor 3RV2011-1EA10 / 2,8-4A
					KM310	Contactador 3RT2015-1AF01
Mot401	36	48	440	50.00	Q401	Guardamotor 3RV1031-4HA10 / 36-50A
Mot402	23	31	440	32.00	Q402	Guardamotor 3RV2021-4EA10 / 27-32A

Continua 

Tag Motor	Potencia		Voltaje [v]	Corriente [a]	Protecciones	
	[kw]	[hp]				
Mot403	17	23	440	23.00	Q403	Guardamotor 3RV2021-4NA10 / 23-28A
					KM403	Contactador 3RT2027-1AG20
Mot404	9	12	440	13.00	Q404	Guardamotor 3RV2011-4AA10 / 11-16A
					KM404	Contactador 3RT2025-1AG20
Mot405	2	3	440	2.50	Q405	Guardamotor 3RV2011-1EA10 / 2,8-4A
					KM405	Contactador 3RT2015-1AF01
Mot406	1	1	440	1.10	Q406	Guardamotor 3RV2011-1AA10 / 1,1-1,6A
					KM406	Contactador 3RT2015-1AF01
Mot407	4	5	440	6.00	Q407	Guardamotor 3RV2011-1HA10 / 5,5-8A
					KM407	Contactador 3RT2015-1AF01
Mot406	1	1	440	1.10	Q406	Guardamotor 3RV2011-1AA10 / 1,1-1,6A
					KM406	Contactador 3RT2015-1AF01
Mot408	7	9	440	9.50	Q408	Guardamotor
					KM408	Contactador
Mot409	0	0	440		Q409	Guardamotor
					KM409	Contactador
Mot410	0	0	440		Q410	Guardamotor
					KM410	Contactador
Mot411	0	0	440		Q411	Guardamotor
					KM411	Guardamotor

### 3.1.1.1.2.3 Breaker

El breaker es un dispositivo de protección de sobrecorriente. Es de suma importancia su correcta selección debido a que es el último elemento de protección que se posee en la instalación. Por otro lado, este dispositivo se lo emplea para seccionar los circuitos que se encuentran en el panel, es decir se divide circuito de fuerza y de control.

Para seleccionar el breaker se debe calcular toda la corriente que va abarcar el circuito. Para su cálculo se emplea la (Ec. 3.3). Cabe recalcar que la capacidad de corriente nominal del breaker no debe ser mayor que la del conductor.

$$I_c = 1,25 * I_n [A] \quad (\text{Ec. 3.3})$$

En la Tabla 11. se muestran los estándares de corrientes que tienen estos dispositivos.

**Tabla 11**

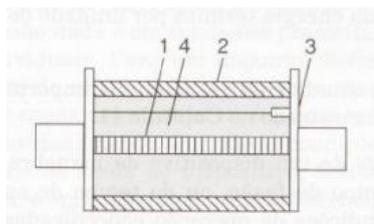
**Estándares de Breaker**

Monopolar [polo x amperios]	Bipolar [polo x amperios]	Tripolar [polo x amperios]
1 x 15	2 x 15	3 x 15
1 x 20	2 x 20	3 x 20
1 x 30	2 x 30	3 x 30
1 x 40	2 x 40	3 x 40
1 x 50	2 x 50	3 x 50
1 x 60	2 x 60	3 x 60
	2 x 70	3 x 70
		3 x 100

**3.1.1.1.2.4 Fusible**

El fusible es un elemento de protección de sobrecorriente. Es el dispositivo más antiguo utilizado en las instalaciones eléctricas. Su funcionamiento se basa en un filamento que al someterse a una corriente más alta de la que soporta se rompe. En la Figura 26. se muestran las partes de un fusible. (Cotrim, 2009)

1. El cuerpo fusible
2. Cuerpo de porcelana.
3. Indicador
4. Medio extintor, arena de cuarzo



**Figura 26. Estructura interna de un fusible.**

Fuente: (Cotrim, 2009)

### 3.1.1.1.2.5 Arrancador suave

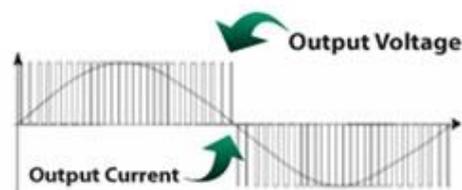
Al momento de arrancar un motor AC utilizado en la industria, se producen indeseados picos de par y de intensidad. Produciendo los siguientes problemas:

- Problemas eléctricos por los transitorios de tensión e intensidad que pueden causar variaciones en la red eléctrica de la empresa interfiriendo con el funcionamiento de otros equipos.
- Problemas mecánicos, provocando un desgaste exagerado de los equipos, incluyendo al propio motor. Es necesario realizar mantenimientos frecuentes para evitar el daño del equipo.

Los problemas descritos anteriormente se solucionan con un arrancador suave ya que reduce el pico de corriente de arranque y el par, es decir se reducen al mínimo los esfuerzos eléctricos y mecánicos del motor.

### 3.1.1.1.2.6 Variador de velocidad

Un variador de frecuencia es un elemento que controla la velocidad de un motor ac a través de la variación de la frecuencia de alimentación que llega al equipo. Al variador llega la alimentación de corriente AC; dentro del elementos se la convierte a corriente directa o DC. A la salida del dispositivo se tienen un tren de pulsos, formando una onda cuadrada a una frecuencia constante y su valor promedio tiene forma de onda senoidal de la frecuencia que se va aplicar al motor como se muestra en la Figura 27. (ABB, 2012)



**Figura 27. Salida de un Variador de Velocidad.**

Fuente: (ABB, 2012)

### 3.1.1.2 Software

#### 3.1.1.2.1 HMI

La interfaz humano máquina está desarrollada en Factorytalk View, un software de Rockwell Automation. El desarrollo de las aplicaciones se las realiza en un computador. Se pueden realizar dos tipos de aplicaciones:

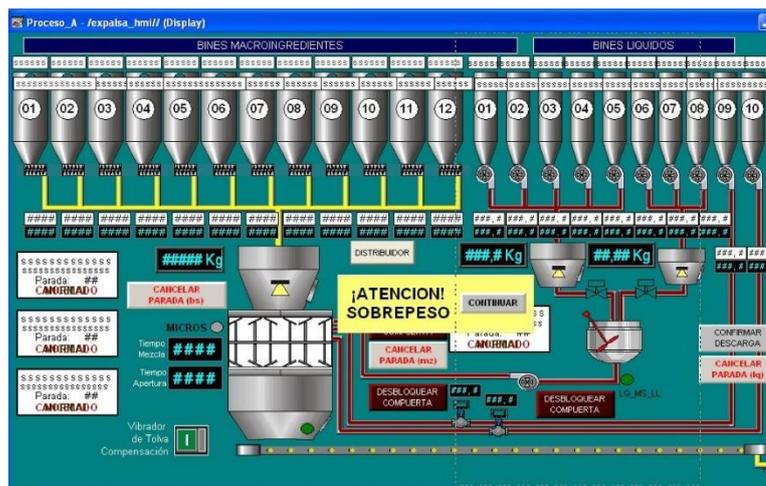
- **Aplicaciones locales:** las licencias y todos los componentes del software se encuentran instalados en una sola computadora.
- **Aplicaciones en red:** los componentes del sistema pueden estar instalados en uno más servidores que se encuentran distribuidos a lo largo de la red.

En la Figura 28. se muestra la ventana del menú principal de la aplicación que actualmente está funcionando. De donde se puede dirigir a la visualización del proceso, al sistema de distribución, comando manual del proceso y a la configuración del sistema.



**Figura 28. Ventana “Menú Principal” de la aplicación a reemplazar**

En la Figura 29. se muestra la ventana de visualización del proceso. Posee los 12 bins de macros, 5 tanque de líquidos, 3 tanques de micro-líquidos y 2 de líquidos pesados.



**Figura 29.** Ventana “Visualización del Proceso” de la aplicación a reemplazar

En la Figura 30. se muestra la ventana del sistema de distribución. Se puede observar los 12 bins de macro ingredientes.

### 3.1.1.2.2 Base datos

“Una base de datos es un conjunto de datos es un conjunto estructurado de datos que representa entidades y sus interrelaciones” (Camps, y otros, 2005). La base de datos está diseñada en SQL Server 2008. Un software creado por Microsoft para la gestión de base de datos (SGBD) basado en el modelo relacional. En Tabla 12. la se muestra las tablas existentes en a base de datos. (Camps, y otros, 2005).

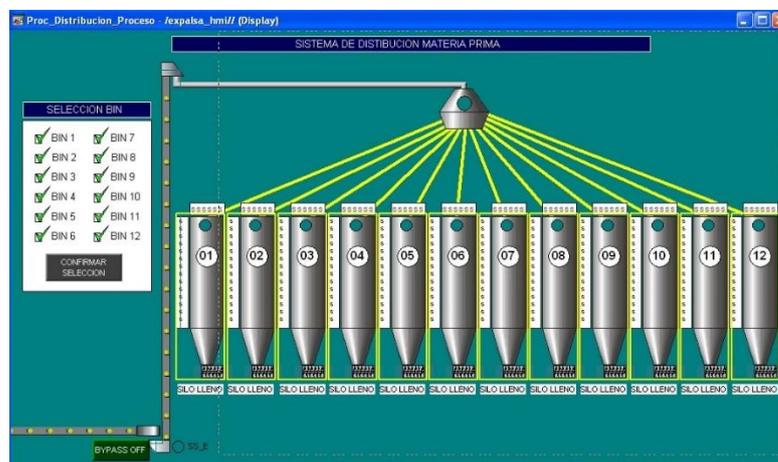
**Tabla 12**

#### Nombre Tablas de Base de Datos anterior

Nombre
bines
ingrediente
liquido
ordenes
produccion
pterminado
receta

La base de datos actual tiene una incorrecta distribución de columnas y falta de relaciones entre tablas, por lo que es necesario aplicar los principios de normalización

de base de datos para mejorar el desempeño al momento de almacenar y leer los datos. Del mismo modo, optimizar el uso de recursos y memoria del sistema. En el ANEXO A. se muestra el esquema de la base de datos anterior.



**Figura 30. Ventana "Sistema de Distribución" de la aplicación a reemplazar**

### 3.1.2 Definiciones de características y requerimientos técnicos del sistema

Para el desarrollo sistema Scada del proceso de dosificación de la planta de balanceado de Gisis S.A, es necesario establecer las características y requerimientos técnicos de funcionamiento para obtener un desempeño adecuado, los cuales se describen a continuación:

#### 3.1.2.1 Sistema de control

- Eficaz al momento de realizar una orden de producción.
- Capacidad de reconocimiento de fallas o estado del sistema en tiempo real.
- Capacidad de toma de decisiones en situaciones críticas del sistema, como es el de parar una bomba si no existe ingrediente para dosificar.
- Almacenamiento de datos del proceso en la base de datos en tiempo real de la producción.

#### 3.1.2.2 Interfaz de usuario

- Interfaz de usuario centrada en el usuario y el personal que va a trabajar.

- Capacidad de supervisión y monitoreo en tiempo real de los datos de producción.
- Capacidad de detección de fallas, generación de alarmas e históricos de eventos.
- Dos modos de operación del sistema: modo manual y modo automático.
- Consulta y edición de órdenes de producción y de ingredientes del sistema.
- Consulta de órdenes de producción de base de datos.
- Arranque de órdenes de producción.

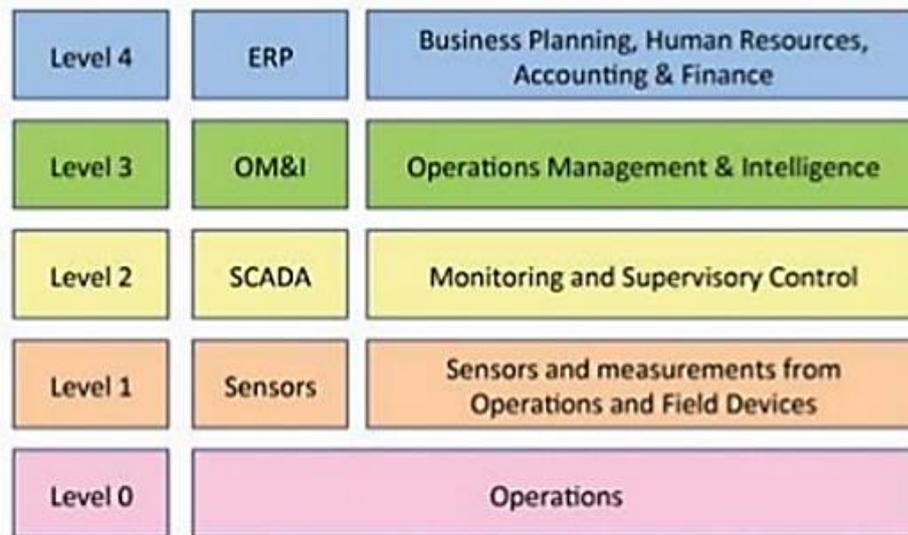
### **3.1.2.3 Base de datos**

- Rápida y fiable al momento de leer y escribir los datos en las tablas.
- Asegurar la escalabilidad de la base de datos, integrando relaciones entre las tablas para evitar la sobre carga de datos innecesarios.
- Optimizar los recursos que va a emplear para realizar las acciones de lectura y escritura de los datos.
- Realizar consultas y ediciones en tiempo real mientras funciona la interfaz HMI.

### **3.1.3 Definición de bases y criterios de diseño**

#### **3.1.3.1 Norma ISA SP-95**

La normal ISA SP-95 fue desarrollada por ISA (International Society of Automation) para facilitar la integración de los sistemas de control con las gestiones empresariales de una empresa de manufactura. Fue desarrollada para disminuir los problemas que se encontraron durante el desarrollo de interfaces automatizadas entre los sistemas. La norma ISA S95 define 5 niveles, que se muestran en la Figura 31. (Villalobos & Figuera, 2014)



**Figura 31. Niveles de las empresas industriales.**

Fuente: (Villalobos & Figuera, 2014)

- Nivel 0: procesos físicos reales.
- Nivel 1: las actividades involucradas en la detección y la manipulación de los procesos físicos.
- Nivel 2: las actividades de seguimiento y control de los procesos físicos.
- Nivel 3: las actividades del flujo de trabajo para producir los productos finales deseados.
- Nivel 4: las actividades relacionadas con la empresa necesaria para gestionar una organización de fabricación.

### 3.1.3.2 ISA SP 101

En Julio de 2005 se crea el comité ISA-SP101 para crear una norma para las interfaces HMI. Con el fin de normalizar el campo de las interfases HMI, se establecen estándares, especificaciones y características que debe proveer una interfaz. Los objetivos principales de esta norma son: (Rodríguez Penin, 2011)

- Disminuir la tasa de errores mediante las representaciones sencillas e intuitivas de los elementos que intervienen en el sistema.

- Reducir tiempos de aprendizaje de los nuevos operadores. Garantiza el cambio de un sistema a otro con el mínimo entrenamiento, gracias a la normalización de las interfaces.
- Reducir costos de rediseño al estandarizar los procedimientos.

### 3.2 Ingeniería básica

La ingeniería de detalle establece los lineamientos de funcionamiento generales del proyecto. Se deben establecer correctamente los lineamientos y definiciones del sistema, de una forma clara y sencilla, de manera que al momento de desarrollar la ingeniería de detalle no exista ningún inconveniente en su ejecución.

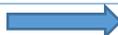
#### 3.2.1 Lista de elementos

En la Tabla 13. se muestra la lista resumida de elementos que forman parte del proceso de dosificación de la planta de producción de balanceado. Cabe mencionar que en total existen 51 elementos que intervienen en el proceso.

**Tabla 13**

#### **Lista de elementos del proceso de Dosificación de la Planta de Producción de Balanceado**

No.	Elemento	Descripción	Bloque Funcional
1	Bines Almacenamiento del 1 al 12	Almacena los ingredientes provenientes de recepción.	Dosificación
2	Tornillo Dosificador del 1 al 12	Dosifica los ingredientes provenientes de bins.	Dosificación
3	Tanque Almacenamiento del 1 al 5	Almacena los líquidos provenientes de recepción.	Dosificación
4	Tanque Almacenamiento del 6 al 8	Almacena los micro líquidos provenientes de recepción.	Dosificación
5	Tanque Almacenamiento 9 y 10	Almacena los líquidos pesados provenientes de recepción.	Dosificación
6	Bomba del 1 al 5	Dosifica los líquidos provenientes de los tanques.	Dosificación

Continua 

No.	Elemento	Descripción	Bloque Funcional
7	Bomba del 6 al 8	Dosifica los micro líquidos provenientes de los tanques.	Dosificación
8	Flujometro Líquido Pesado 1 y 2	Dosifica los líquidos pesados provenientes de los tanques.	Dosificación
9	Balanza de macros	Pesaje de macro ingredientes.	Medición
10	Balanza de líquidos	Pesaje de líquidos.	Medición
11	Balanza de micro líquidos	Pesaje de micro líquidos.	Medición
12	Válvula Balanza de líquidos	Controlar el paso de fluido desde balanza de líquidos hacia el agitador.	Mezcla
13	Válvula Balanza de micro líquidos	Controlar el paso de fluido desde balanza de micro líquidos hacia el agitador.	Mezcla
14	Agitador	Agita los líquidos y micro líquidos que ingresan.	Mezcla
15	Mezcladora	Realiza la mezcla de los ingredientes, primero de los sólidos y posteriormente se ingresan los líquidos.	Mezcla

### 3.2.2 Variables del proceso

En la Tabla 14. se muestra la lista de las variables que intervienen en el proceso de dosificación de la planta de producción de balanceado.

### 3.2.3 Especificación del sistema de control

Un sistema de control es un conjunto de elementos que trabajan juntos para realizar una acción de control. Es decir, comandar, dirigir o regular el sistema u otro con el fin de mejorar su desempeño. (Perez, Perez, & Perez, 2007)

El sistema de control del proceso de dosificación de la planta de producción de balanceado, encargado de realizar el pesaje de los ingredientes para su posterior mezcla. Debe contar con dos modos de operación: modo automático y modo manual,

el cual es seleccionado desde la pantalla de proceso del panel de operador. De esta manera se garantiza el correcto funcionamiento del sistema.

**Tabla 14**

**Variables del Proceso de Dosificación de la Planta de Producción de Balanceado**

Variable	Descripción	Instrumentos de Medición
Peso	Permite controlar el peso de dosificación de los macro ingredientes, líquidos y micro líquidos.	Galgas extensiométricas
Flujo	Permite controlar el flujo de entrada a la mezcladora de los líquidos pesados.	Flujometro
Nivel	Permite controlar nivel alto de los bins, nivel alto y bajo de la mezcladora.	Switch de posición
Verificación	Permite identificar el ingrediente.	Lector de código de barras.

**3.2.3.1 Modo manual**

Cuando el sistema se encuentra en modo manual el operador es capaz de manejar los actuadores del sistema, con el fin de realizar pruebas de funcionamiento o simplemente seguir la secuencia sin necesidad de que se cumplan las condiciones de funcionamiento. El operador puede manipular los tronillos de dosificación, las bombas, válvulas, el agitador y la mezcladora. En la Tabla 15. se muestran los elementos y las acciones que puede realizar el operador.

**Tabla 15**

**Acciones en Modo Manual**

Elemento	Acciones a Realizar
Tornillo Dosificador del 1 al 12	Encender / Apagar
Bomba del 1 al 8	Encender / Apagar
Balanza de macro ingredientes	Encender / Apagar
Balanza de líquidos	Encender / Apagar
Balanza de micro líquidos	Encender / Apagar
Válvula de líquidos	Abrir / Cerrar
Válvula de micro líquidos	Abrir / Cerrar
Agitador de líquidos	Encender / Apagar
Mezcladora	Encender / Apagar

### **3.2.3.2 Modo automático**

El sistema debe responder de acuerdo a las especificaciones que se tomen en cuenta al momento de realizar la programación. Cumpliendo las condiciones y parámetros de funcionamiento que se establezcan. El sistema debe llevar a cabo las órdenes de producción, que el operador arranque, de igual manera, se tendrá el seguimiento del proceso en la interfaz del panel de operador.

El HMI debe permitir la visualización del estado actual del proceso. La Posibilidad de realizar consultas y ediciones de recetas e ingredientes. De la misma manera debe ser capaz de arrancar el sistema dependiendo de la orden de producción que el operador desee enviar, siempre y cuando se encuentre en modo automático. Además, se debe tener un registro de los datos que se produzcan en cada orden de producción, entre ellos están: tiempo de producción, número de batches ejecutados, número de paradas, pesos deseados y pesos reales de la receta.

Se deben agregar ciertas condiciones de manejo de los actuadores del sistema, para proteger el equipo. Es decir, se incluirá tanto para modo manual como automático una señal permisiva que deje arrancar/parar, abrir/cerrar los instrumentos, ya que si no tomamos en cuenta las condiciones del sistema actual, los instrumentos pueden sufrir daños irreparables.

### **3.2.4 Filosofía de control y operatividad**

El sistema de dosificación de la planta de balanceado va a funcionar mediante órdenes de producción, de las diferentes alternativas que se encuentran en la base de datos. Cuando el sistema se encuentra en modo automático, se encenderán y apagarán los diferentes actuadores presentes en el sistema, siendo suficiente un control on-off en los mismos.

Un control on-off también conocido como todo o nada, es el control más básico y fácil de implementar. Proporciona una salida que varía entre dos estados, encendido

o apagado. En los procesos industriales este control es el más empleado y comúnmente utilizado en procesos de temperatura y peso.

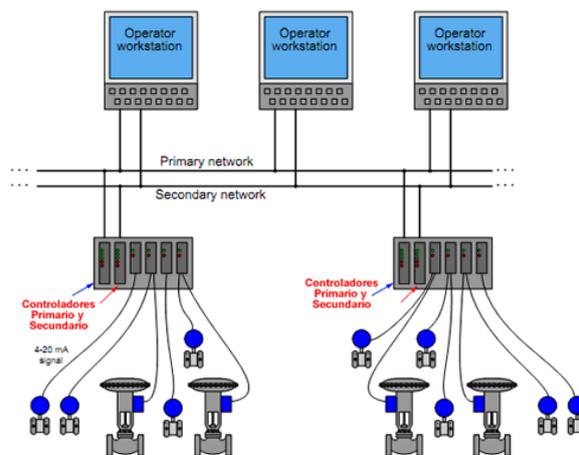
Uno de los problemas del sistema es la dosificación de los ingredientes tanto sólidos como líquidos. Es necesario establecer un peso de cambio y un peso de corte con la finalidad de disminuir la velocidad del motor conforme la aproximación al peso deseado en la receta. Con unos adecuados parámetros se garantiza la exactitud y la precisión del peso del ingrediente.

Se emplea un sistema de control con arquitectura distribuida junto con un HMI para el control y monitoreo en tiempo real del proceso. La interfaz permite al usuario realizar consultas en cualquier instante del proceso sobre la producción que se haya realizado. Del mismo modo realizar consultas y ediciones del ingrediente o receta que se desee.

### **3.2.5 Arquitectura del sistema de control**

El proceso de producción de balanceado contempla varias áreas y etapas. En el presente trabajo se realiza la automatización de la dosificación del sistema. En el sistema existen controladores distribuidos a lo largo de la planta como se muestra en la Figura 32. que trabajan independientemente en cada etapa del mismo, mejorando el desempeño de la planta. Todos estos controladores trabajan en una misma red, por lo que se puede decir que no se tiene un sistema centralizado, más bien un sistema distribuido.

Un control distribuido posee una plataforma de programación multiusuario, es decir que los usuarios pueden trabajar a la par sobre el sistema sin generar conflictos. Todos los elementos e instrumentos del sistema llegan a un servidor central el cual se encarga de almacenar los datos, para su posterior uso con distintos fines productivos. El estándar IEC 61499 hace referencia al control Distribuido. (Querol, 2014)



**Figura 32. Diagrama de un Sistema de Control Distribuido**

Fuente: (Querol, 2014)

### 3.3 Ingeniería de detalle

#### 3.3.1 Diseño de la red

Se requiere de un sistema de comunicaciones con un alto grado de desempeño para controlar un volumen de tráfico de datos, deberá evitarse en lo posible colisiones internas de la información dentro de la red. Se debe tomar en cuenta que las redes también comunicaran de forma vertical todos los niveles de la pirámide de automatización, desde el nivel de control hasta el nivel de gestión.

En el diseño de una red industrial se debe considerar diferentes factores incidentes, como son la arquitectura, topología, selección de componentes, instalación, verificación y software. La red industrial debe ser lo suficientemente robusta, debe contar con diferentes alternativas de control, en caso de que un componente de la red falle.

##### 3.3.1.1 Requerimientos operativos de la red

Se va a implementar una red LAN para las comunicaciones dentro del sistema. Se tiene que garantizar que el controlador tenga conexión con todos los elementos del

sistema. Para la comunicación del controlador con los diferentes sensores y actuadores, se empleará la red DeviceNet.

La integración de la estación de operación a la red LAN para la supervisión y control del proceso en tiempo real. Se implementará una base de datos para el almacenamiento de todos los datos del proceso de dosificación de la producción de balanceado. Es necesario garantizar la comunicación entre el servidor de base de datos, el servidor de HMI y el controlador del proceso. Si existe alguna pérdida de información se la debe indicar al operador de manera oportuna.

- Integrar el controlador a la red LAN para la comunicación con el servidor HMI y base de datos.
- Integrar el controlador a la red DeviceNet para la comunicación con los sensores y actuadores.
- Integración de las estaciones de operación a la red LAN.
- Integración de la interfaz gráfica para la supervisión y visualización del proceso.
- Implementación de la base de datos del sistema.
- Flexibilidad para la integración de nuevos equipos y etapas del proceso.

### 3.3.1.2 Requerimientos técnicos de la red

Se debe garantizar que las comunicaciones entre las diferentes partes del sistema no se pierdan. Por lo que es necesario definir los aspectos que se deben considerar al momento de implementar una red industrial.

- **Compatibilidad:** garantizar la integración y comunicación entre los diferentes módulos y equipos para el control y monitoreo del sistema.
- **Determinismo:** garantizar que toda la información que se envíe a la red llegue y sea recibido en un período de tiempo determinado.
- **Escalabilidad:** integración de nuevos equipos y módulos a la red sin perder las características de la red.
- **Estructura:** establecer las conexiones estructurales de la red.

### **3.3.1.3 Red Ethernet LAN**

Una red LAN es una red de área local que permite la comunicación entre equipos en un radio determinado. Para el proceso de dosificación del sistema de producción de balanceado se empleará la red LAN para la transmisión de datos entre el servidor de HMI, la base de datos y el controlador del sistema.

#### **3.3.1.3.1 Elementos de la red**

En la red del sistema se encuentran dos servidores: el servidor de HMI y el servidor de base de datos.

#### **3.3.1.3.2 Medio de transmisión de la red**

La comunicación se la va a realizar mediante medios de comunicación guiados. Se empleará cable UTP de 8 pines categoría 5 para garantizar la transmisión y velocidad de entrega de la información.

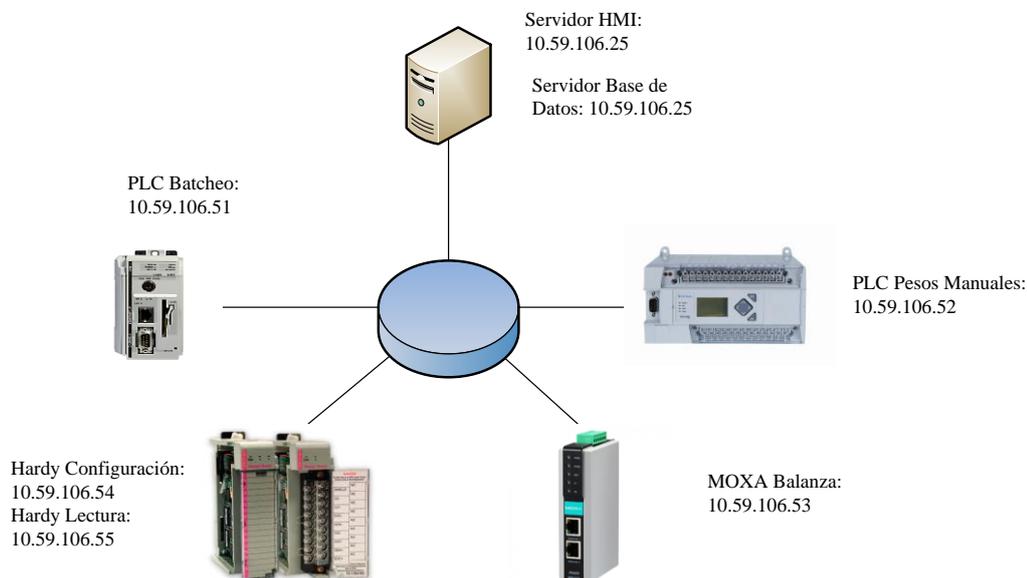
#### **3.3.1.3.3 Topología de la red**

La estructura lógica de la red LAN es en estrella, bajo este esquema es necesario asignar direcciones IP a los diferentes elementos. La topología física hace referencia a la disposición física de las máquinas, los dispositivos de red y cableado. En la Figura 33. se muestra la topología de la red que se va a implementar.

#### **3.3.1.4 Direccionamiento IP**

Para el direccionamiento se empleará una red clase A, se solicitó al área de sistemas de la empresa Gisis S.A. una dirección para el servidor HMI, servidor de base de datos, para el controlado del sistema de dosificación, controlador de pesos manuales, moxa de la balanza y para el módulo Hardy que se compone de dos

direcciones IP: una para configuración y la otra para lectura de datos. En la Tabla 16. se muestra el direccionamiento de la red.



**Figura 33. Topología de la Red a implementar**

### 3.3.1.5 Red DeviceNet

La red DeviceNet es una red de tipo industrial que proporciona conexión en red de control e información a nivel de dispositivos industriales. Permite la comunicación entre sensores, actuadores, controladores lógicos programables y computadoras. Una red DeviceNet ofrece las siguientes características: (SMAR, 2017)

- Topología basada en un bus principal del cual salen las derivaciones a los diferentes sensores y actuadores.
- Soporta hasta 64 nodos, incluyendo el maestro.
- Permite el uso de repetidores para extender el tamaño de la red.
- Se tienen dos cables uno de alimentación de 24V y el otro para comunicación.
- Diferentes velocidades de comunicación: 125, 250 y 500 kbps.
- Modelo de comunicación basado en pregunta y respuesta.

**Tabla 16****Direccionamiento IP de los equipos de la red**

Dispositivo	Dirección IP	Máscara de subred
Servidor HMI.	10.59.106.25	255.0.0.0
Servidor Base de Datos.	10.59.106.26	255.0.0.0
PLC sistema de dosificación.	10.59.106.51	255.0.0.0
PLC pesos manuales.	10.59.106.52	255.0.0.0
Moxa Balanza.	10.59.106.53	255.0.0.0
Hardy Configuración.	10.59.106.54	255.0.0.0
Hardy lectura datos.	10.59.106.55	255.0.0.0

**3.3.1.5.1 Medio de transmisión de la red DeviceNet**

El medio de transmisión de una red DeviceNet es un medio guiado. Existen tres tipos de cables: el grueso, delgado y plano. (SMAR, 2017)

En la Figura 34. se muestra el medio físico plano DeviceNet que ofrece un método de cableado modular conformado por un cable plano que en su interior tiene cuatro conductores. Este cable se lo utiliza únicamente como cable troncal. Se pueden agregar nodos a la red sin interrumpir la línea troncal, mediante el sistema KwikLink. (SMAR, 2017)

**Figura 34. Cable Plano DeviceNet.**

Fuente: (SMAR, 2017)

En la Figura 35. se muestran los medios físicos redondos DeviceNet. Existe el cable redondo grueso que funciona como cable troncal y el delgado que se lo utiliza generalmente para las derivaciones. (WEG, 2008)



**Figura 35. Cable Redondo Grueso y Delgado DeviceNet.**

Fuente: (WEG, 2008)

### 3.3.2 Diseño de la base de datos

El diseño de la base de datos se lo ha dividido en tres partes: análisis de requerimientos, diseño conceptual y el diseño físico.

#### 3.3.2.1 Análisis de requerimientos

El sistema de dosificación de la planta de producción de balanceado necesita una base de datos para almacenar la información más importante del proceso. La base de datos debe permitir el almacenaje y manipulación de los datos de una forma rápida y eficiente, que tenga un alto rendimiento, que sea confiable y que no exista la posibilidad de pérdida de información. Los datos que se deben almacenar son:

- Órdenes de producción.
- Recetas para la producción.
- Pesos reales de los ingredientes de las recetas.
- Pesos dosificados de receta de cada uno de los ingredientes que intervienen en la misma.
- Fecha de producción de cada uno de los batches.
- Número de batches ejecutados y faltantes de las órdenes de producción.

### 3.3.2.2 Diseño conceptual

En esta sección se indicarán las tablas que se van a utilizar para la creación de la base de datos, describiendo los campos, tipos de datos y las relaciones existentes entre las distintas tablas del sistema. Para la creación de la base de datos se emplearon los fundamentos de normalización de tablas.

La normalización es un proceso para poder organizar la información en una base de datos. Se deben establecer las tablas que se van a crear, los datos de cada una de ellas y las relaciones existentes entre tablas, para proteger los datos y obtener una flexibilidad al eliminar la redundancia de información y las independencias innecesarias. Existen tres formas normales: (Microsoft, 2013)

#### **Primera forma normal**

- Evitar los grupos repetidos en las tablas individuales.
- Al existir un grupo de tres o más datos relacionados es necesario crear una nueva tabla para los mismos.
- Agregar un identificador a cada grupo de datos relacionados.

De esta manera se evita almacenar datos similares en una sola tabla, en su lugar si existen tres o más datos de la misma clase es necesario crear una nueva tabla para almacenar esta información, con un identificador único para cada uno de los elementos. (Microsoft, 2013)

#### **Segunda forma normal**

- Crear tablas independientes para conjuntos de valores que se apliquen a varios registros.
- Relacionar las tablas creadas con el identificador creado anteriormente. (Microsoft, 2013)

### Tercera forma normal

- Eliminar los datos independientes del identificador. (Microsoft, 2013)

#### 3.3.2.2.1 Identificación de las tablas de la base de datos

**Tabla 17**

#### Especificaciones de elementos de las Tablas de Base de Datos

Nombre Tabla	Campos de la Tabla	Nombre Tabla	Campos de la Tabla
g65Ingredientes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• código</li> <li>• nombre</li> <li>• tipo</li> <li>• cambio</li> <li>• corte</li> <li>• tolerancia</li> <li>• estado</li> <li>• clase</li> </ul>	g65Bines	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tipoBin</li> <li>• numBin</li> <li>• códigoIng</li> <li>• pesoActual</li> </ul>
g65Recetas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• códigoRec</li> <li>• nombreRec</li> <li>• códigoIng</li> <li>• pesoDeseado</li> <li>• bin</li> <li>• tipoProd</li> <li>• estado</li> <li>• secDsf</li> <li>• estAct</li> </ul>	g65PesoBines	<ul style="list-style-type: none"> <li>• id</li> <li>• bin</li> <li>• códigoIng</li> <li>• pesoLote</li> <li>• lote</li> </ul>
g65Ordenes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ordenProd</li> <li>• ordenNivSig</li> <li>• lote</li> <li>• parada</li> <li>• tOrden</li> <li>• código</li> <li>• fechaCreacion</li> <li>• fechaEjec</li> <li>• tipoProd</li> <li>• codProdFinal</li> <li>• cantidad</li> <li>• unidad</li> <li>• nroProg</li> <li>• paradaE</li> <li>• aditivo</li> </ul>	g65ProdGeneral	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lote</li> <li>• parada</li> <li>• paradasTotal</li> <li>• códigoRec</li> <li>• nombreRec</li> <li>• usuario</li> <li>• fecha</li> <li>• bin</li> <li>• códigoIng</li> <li>• nombreIng</li> <li>• pesoReceta</li> <li>• pesoReal</li> <li>• estado</li> <li>• loteIn</li> </ul>

### 3.3.2.2 Identificación de relaciones entre tablas de base de datos

Es necesario establecer relaciones entre las distintas tablas existentes en la base de datos, para evitar el sobredimensionamiento de cada una de ellas. Es decir, para relacionar la tabla de recetas con la de ingredientes, únicamente basta con que en la tabla de recetas tenga el código del ingrediente y este pasa a ser el campo de relación entre las dos tablas. En la Tabla 18. se muestran las relaciones existentes dentro de la base de datos.

**Tabla 18**

#### Relaciones de campos de Tablas

Tabla	Tablas relacionadas	Campo Relacionado	Descripción
g65Ingredientes	g65PesoBines	códigoIng	Indica el código del ingrediente.
	g65Bines	códigoIng	
	g65Recetas	códigoIng	
	g65ProdGeneral	códigoIng	
g65Recetas	g65Ordenes	códigoRec	Indica el código de la receta.
g65ProdGeneral	g65Ordenes	lote	Indica el número de lote de la orden de producción.

### 3.3.2.3 Diseño físico

En este punto se especificarán las tablas, el tipo de dato de cada uno de los campos y una pequeña descripción de los mismos.

**Tabla 19**

#### Campos de tabla g65Ingredientes de la Base de Datos.

g65Ingredientes		
Campos	Tipo de dato	Descripción
código	varchar (50)	Código único identificador del ingrediente.
nombre	varchar (50)	Nombre del ingrediente.
tipo	char (1)	Tipo de ingrediente. Líquido = 'L' o Macro = 'M'.
cambio	real	Peso de cambio del ingrediente.
corte	real	Peso de corte del ingrediente.
tolerancia	real	Tolerancia en porcentaje de peso del ingrediente.
estado	int	Ingrediente activo.

Tabla 20

## Campos de tabla g65Recetas de la Base de Datos.

g65Recetas		
Campos	Tipo de dato	Descripción
códigoRec	varchar (20)	Código único identificador de receta.
nombreRec	varchar (50)	Nombre de la receta.
códigoIng	varchar (10)	Código del ingrediente que interviene en la receta.
pesoDeseado	numeric(18,3)	Peso deseado en receta del ingrediente.
bin	int	Número de bin de dosificación de ingrediente.
estado	int	Estado de la receta.
secDsf	int	Número de secuencia de dosificación.
estAct	int	Estado de activo, si la receta se encuentra activa.

Tabla 21

## Campos de tabla g65Ordenes de la Base de Datos.

g65Ordenes		
Campos	Tipo de dato	Descripción
ordenProd	varchar (50)	Orden de producción.
ordenNivSig	varchar (50)	Orden de producción para siguiente proceso.
lote	varchar (10)	Número de lote de producción.
parada	int	Número de parada ejecutada.
tOrden	char (1)	Tipo de orden.
código	varchar (50)	Código de la receta.
fechaCreacion	datetime	Fecha de creación de la orden de producción.
fechaEjec	datetime	Fecha de ejecución de la orden de producción.
tipoProd	char (1)	Tipo de producción.
codProdFinal	varchar (50)	Código de producto final.
cantidad	real	Cantidad de producto final.
unidad	char (10)	Unidad del producto final.
nroProg	varchar (20)	Número de paradas programadas.
paradaE	int	Número de paradas ejecutadas.
estAct	int	Estado activo, si la orden se encuentra activa.

Tabla 22

## Campos de tabla g65Bines de la Base de Datos.

g65Bines		
Campos	Tipo de dato	Descripción
tipoBin	char (1)	Tipo de ingrediente de bin. Líquido = 'L' o Macro = 'M'.
numBin	int	Número de bin. Macros 1– 12 y líquidos del 1–10.
códigoIng	varchar (10)	Código de ingrediente del bin.
pesoActual	real	Peso contenido en el bin.

**Tabla 23****Campos de tabla g65PesoBines de la Base de Datos.**

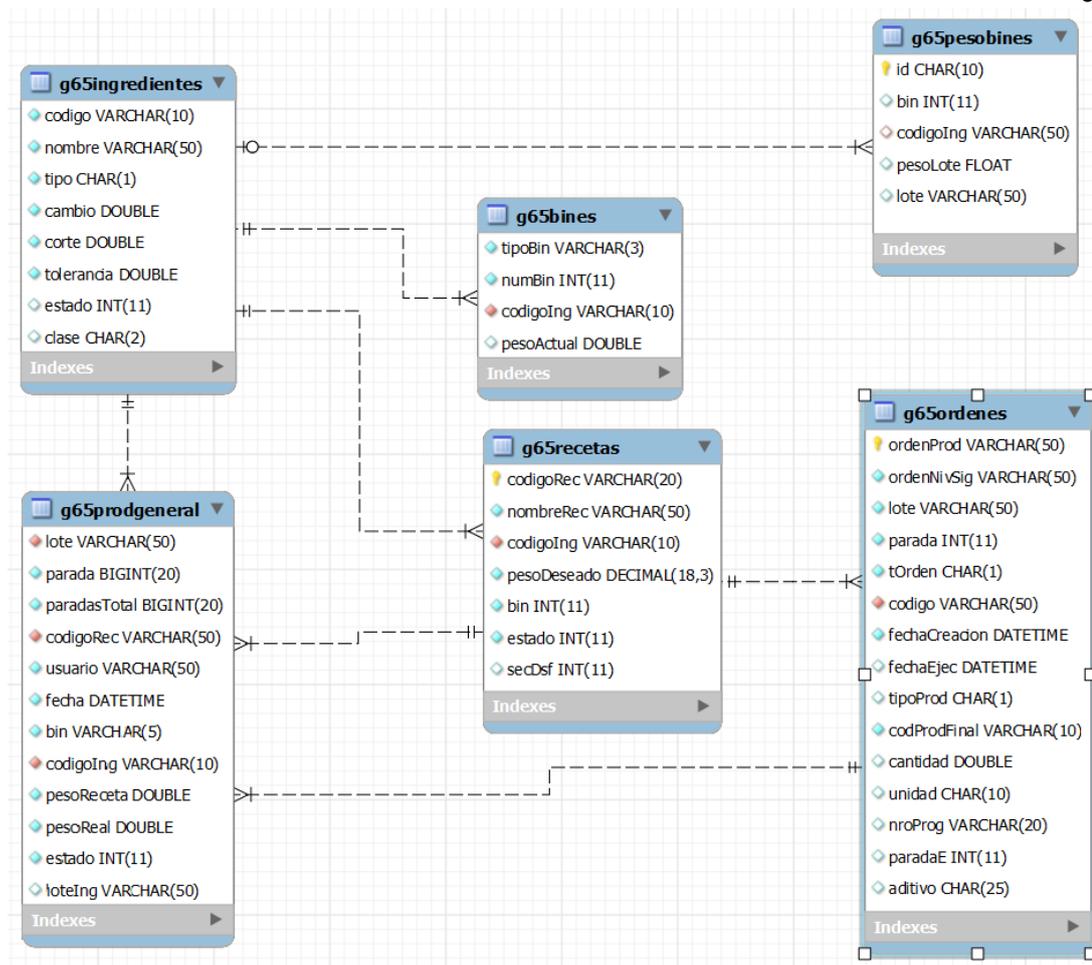
<b>g65PesoBines</b>		
<b>Campos</b>	<b>Tipo de dato</b>	<b>Descripción</b>
id	char (10)	
bin	int	Número de bin. Macros 1 – 12 y líquidos del 1 – 10.
códigoIng	varchar (50)	Código de ingrediente del bin.
pesoLote	real	Peso de ingrediente del lote.
lote	varchar (50)	Código de lote de recepción de ingrediente.

**Tabla 24****Campos de tabla g65ProdGeneral de la Base de Datos.**

<b>g65ProdGeneral</b>		
<b>Campos</b>	<b>Tipo de dato</b>	<b>Descripción</b>
lote	varchar (50)	Lote de producción.
parada	int	Número de parada.
paradasTotal	int	Número total de paradas ejecutadas.
códigoRec	varchar (50)	Código de receta.
usuario	varchar (50)	Usuario que envió la orden de producción.
fecha	datetime	Fecha de finalización de la orden de producción.
bin	char (1)	Número de bin.
códigoIng	varchar (50)	Código de ingrediente.
pesoReceta	real	Peso de ingrediente en la receta.
pesoReal	real	Peso real de ingrediente en la receta.
estado	int	Estado de la receta.
loteIng	varchar (50)	Lote de ingrediente consumido.

### 3.3.2.4 Modelo entidad relación

En la base de datos se crearon seis tablas, distribuyendo los datos de manera que la lectura y escritura de información sea de una manera eficiente. En la Figura 36. se muestra el modelo entidad relación de la base de datos que se diseñó, haciendo énfasis en las tablas relacionadas existentes en el sistema.



**Figura 36. Modelo Entidad Relación**

### 3.3.2.5 Gestor de la base de datos

La empresa Gisis S.A. tiene comprada la licencia de SQL Server 2008, software propietario de Microsoft. Es un gestor de base de datos de modelo relacional, desarrollado para un ambiente empresarial. Las características que presenta este software son las siguientes: (Varga & Cherry, 2016)

- Dispone de una interfaz gráfica para realizar la creación y administración de las bases de datos.
- Trabaja bajo la modalidad cliente – servidor. Donde el servidor almacena los datos y cada uno de los clientes únicamente accede a estos datos para lectura y escritura.

- Soporta transacciones de lectura y escritura, optimizando la utilización de recursos. (Varga & Cherry, 2016)



**Figura 37. SQL Server.**

Fuente: (Varga & Cherry, 2016)

### **3.3.3 Diseño de la interfaz HMI**

Existen varios criterios y normas para el desarrollo del diseño de una interfaz HMI. En el presente proyecto para realizar el diseño de la interfaz HMI se tomarán en cuenta varios parámetros de la norma ISA SP101, para la definición de las estrategias funcionales.

La aplicación contará con el interfaz humano máquina que permitirá al usuario el control y supervisión del proceso, mediante la interacción con indicadores visuales que permitan determinar el estado actual del proceso, así como de posibles fallas y eventos anormales al proceso de dosificación. Se desea mejorar el desempeño del funcionamiento del sistema, realizando un seguimiento de la producción y de las fallas que se han presentado en el mismo.

#### **3.3.3.1 Criterios para el diseño del HMI**

Para el diseño de una interfaz HMI es de suma importancia tomar en cuenta parámetros estéticos que proporcionarán una armonía entre el usuario y las pantallas del proceso. Si se obtiene un equilibrio entre los parámetros estéticos se obtiene una interfaz amigable e intuitiva para el usuario, facilitando la navegación y la interpretación de la información del proceso. Los criterios a tomar en cuenta en el desarrollo de la interfaz son:

- **Visibilidad:** se debe utilizar elementos gráficos y fuentes de letras adecuadas para que el operador no confunda la información del proceso.
- **Perceptibilidad:** indicar el estado actual del proceso de una manera intuitiva para que el operador tome acciones en el menor tiempo posible.
- **Información:** junto con la perceptibilidad, la información debe ser la justa y necesaria para reconocer el estado actual del sistema.
- **Interactividad:** la interfaz permite al operario la toma de decisiones y realizar acciones de control, sobre el sistema.
- **Color:** los colores deben ser representativos contribuyendo al significado y la relevancia del estado actual de los equipos.

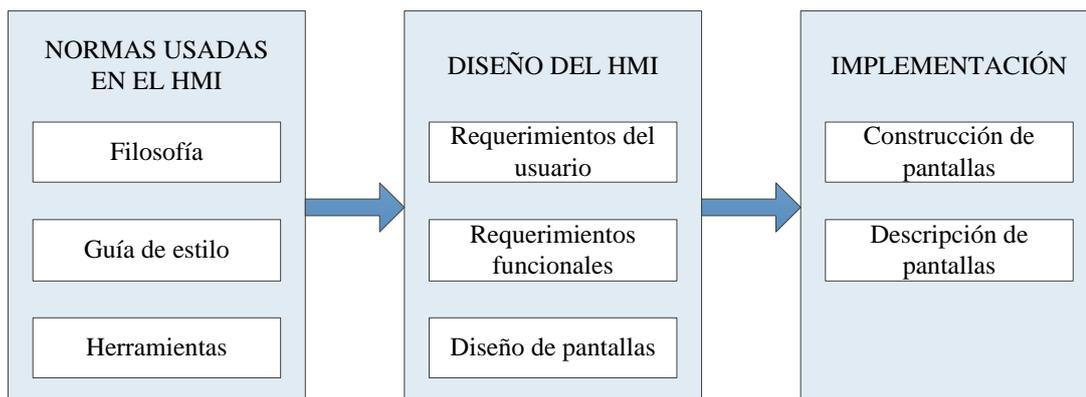
### 3.3.3.2 Estrategias para el diseño del HMI

Para el diseño adecuado del interfaz humano máquina es necesario tomar en cuenta parámetros de diseño tomando en cuenta los pasos que se van a seguir para su desarrollo. Para lo cual se propone las siguientes estrategias:

- Dividir el proceso en etapas, con el fin de simplificar la información en cada una de las ventanas, mediante el empleo de la menor cantidad de recursos por pantalla.
- Esquematizar una navegación intuitiva y sencilla, para que el operador llegue a la pantalla deseada en el menor tiempo posible.
- Realizar un patrón de pantallas, con el fin de estandarizar los pasos a seguir para realizar las acciones de control.
- Realizar una interfaz a prueba de fallas, contribuyendo a la correcta monitorización del proceso.
- Realizar una interfaz amigable con el usuario, proporcionando la información más determinante del proceso en cada una de las pantallas, así como alertas en el caso de que existiera alguna anomalía en el proceso.
- Realizar una interfaz que facilite al operador el manejo de la información, permitiendo un seguimiento del estado actual del proceso en tiempo real.

### 3.3.3.3 Norma SP 101

En la norma ISA S101 se puede apreciar el ciclo de vida de un HMI. En la Figura 38. se muestran los aspectos que se van a tomar en cuenta para el desarrollo de la interfaz del sistema de dosificación de la planta de producción de balanceado.



**Figura 38. Estructura de HMI**

### 3.3.3.3.1 Normas usadas en el HMI

#### 3.3.3.3.1.1 Filosofía

En la creación de una interfaz HMI intervienen varias ciencias, como la filosofía, psicología, lingüística, etc. Que aportan de gran forma al desempeño de cada uno de los componentes de la interfaz. Con los visualizadores se pueden representar las características principales del sistema como son valores medidos, variables de control, mensajes de ayuda para el operador e incluso alamas del sistema.

El operador debe ser capaz de obtener la mayor cantidad de información en el menor tiempo posible, por medio de las herramientas visuales que la interfaz le proporciona. El operador va a estar manejando la interface alrededor de 8 horas diarias, por lo que es necesario tomar en cuenta los factores humanos, ya que dependiendo del uso que le dé el usuario a la interfaz depende el éxito del sistema. Los factores más importantes que se deben tomar en cuenta son:

- Percepción visual.
- Formas de pensamiento del usuario.
- Comportamiento y desempeño del usuario.

Para cumplir con los factores que se establecieron, el HMI deberá cumplir con las siguientes características:

- Visualizadores de texto y gráficos, para mejorar el desempeño y la gestión de la información del operador.
- Sistema basado en las pantallas de Windows, para una simple y sencilla interacción con la aplicación. Debido a que la mayoría de las personas estamos familiarizados al uso de las pantallas de aplicaciones en este sistema operativo.

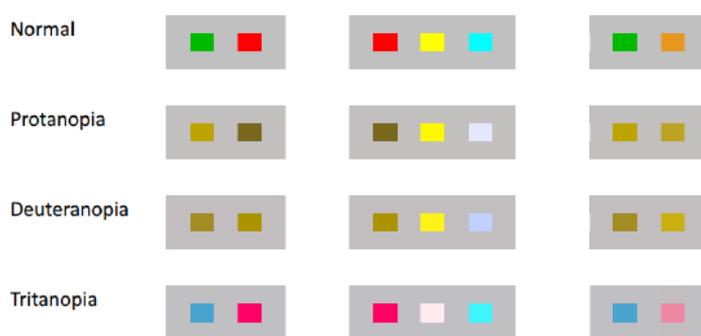
#### **3.3.3.3.1.2 Guía de estilo**

Existen diferentes formas y criterios para crear una interfaz HMI. La guía de estilo se refiere a una parte estética y a la parte de arquitectura del software. La interfaz desarrollada muestra el estado actual del proceso de dosificación de la planta de balanceado de una manera intuitiva y sencilla para el operador. Muestra la información relevante del sistema para que el usuario pueda realizar las acciones pertinentes en el sistema.

La aplicación consta de dos modos de funcionamiento manual y el automático que son configurados por el sistema. El modo manual muestra controles individuales de cada uno de los actuadores, permitiendo al usuario encender y apagar los motores y las válvulas que forman parte del sistema. Por otro lado, el automático permite enviar a arrancar las órdenes de producción que el operador desee. En la barra superior de la pantalla se muestra el estado y el modo de funcionamiento en tiempo real de cada una de las partes involucradas en el sistema. Si existe alguna anomalía dentro del sistema, se alertará al usuario de manera oportuna, para que pueda tomar decisiones acerca del funcionamiento del sistema.

Según la norma ISA 101 los colores empleados en el desarrollo de la interfaz HMI deben ser perfectamente diferenciados y que los colores fuertes únicamente deben ser utilizados para las alertas de alguna falla del sistema.

- **Detección:** existen varios problemas de detección de colores como se muestra en la Figura 39. El desarrollo de la aplicación va enfocado a las personas que no sufren trastornos visuales por lo que se emplearán los colores que se muestran en la Figura 39.



**Figura 39. Problemas de distinción de color**

Por otro lado, con respecto al texto tanto para las pantallas de navegación como las de alarmas se debe justificar todo el texto a la izquierda y emplear un texto combinado mayúsculas y minúsculas, tipo oración.

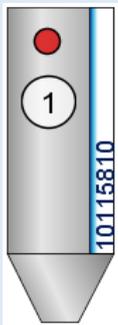
- **Diagnóstico:** la norma ISA 101 recomienda que la navegación para llegar de una pantalla a otra, no se deben dar más de tres clics y para el caso de existir una alarma no debe superar a dos clics.
- **Respuesta:** las pantallas de resumen de alarmas e históricos de alarmas deberán mostrar el tag de la alarma, la descripción, el estado actual y el tiempo en el que se dio la alarma. De la misma manera debe existir un botón para poder reconocer las alarmas cuando el usuario haya identificado y solucionado el error.

### 3.3.3.3.1.3 Representación de símbolos y equipos del HMI

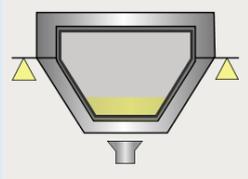
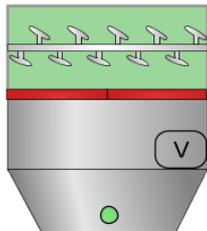
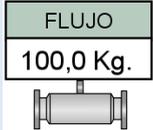
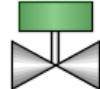
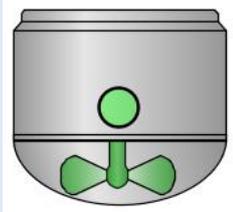
Cada uno de los símbolos empleados en el desarrollo de la interfaz han sido diseñados en el software de Ignition, cumpliendo con las necesidades de la aplicación. En la Tabla 25. se muestran los símbolos empleados en el desarrollo de la aplicación de dosificación de la planta de producción de balanceado de Gisis S.A.

**Tabla 25**

#### Símbolos y representación de los equipos de interfaz HMI

Elemento	Descripción	Retroalimentación
	Bin de dosificación de producto.	Muestra el código del ingrediente existente en el bin. Muestra el nivel alto del bin. Rojo: nivel alto.
	Tornillo de dosificación.	Estado actual del tornillo dosificador. Gris: apagado Verde: encendido. Rojo: falla.
	Tanque dosificación de líquidos.	Muestra el código del ingrediente existente en el tanque.
	Bomba de dosificación de líquidos.	Estado actual de bomba dosificadora. Gris: apagado Verde: encendido. Rojo: falla.

Continua 

Elemento	Descripción	Retroalimentación
	Balanza.	Peso dosificado de macros o líquidos. Estado actual de la compuerta.
	Mezcladora.	Estado actual de bomba dosificadora. Estado actual de la compuerta. Gris: apagado Verde: encendido. Rojo: falla.
	Sensor de flujo, líquidos pesados.	Flujo actual de líquido pesado.
	Válvula dosificadora.	Estado actual de válvula dosificadora. Gris: apagado Verde: encendido. Rojo: falla.
	Mezcladora de líquidos.	Muestra presencia de líquidos. Verde: existencia de líquido. Rojo: inexistencia de líquido. Estado actual de agitador. Gris: apagado Verde: encendido. Rojo: falla.
	Transportador de mezcla.	Muestra estado transportador mezcla. Gris: apagado Verde: encendido. Rojo: falla.
	Elevador de mezcla.	Muestra estado elevador mezcla. Gris: apagado Verde: encendido. Rojo: falla.

#### 3.3.3.3.1.4 Herramientas

Para el desarrollo de la aplicación del sistema de dosificación de la planta de producción de balanceado de Gisis S.A., se ha considerado el software de Ignition, que es una plataforma con gran potencial enfocada al desarrollo de aplicaciones SCADA, MES a nivel industrial. Las características más sobresalientes del software son: (Inductive Automation, 2017)



**Figura 40. Software de Ignition.**

Fuente: (Inductive Automation, 2017)

- **Control y análisis en tiempo real:** control sencillo, visualización y análisis de la información en tiempo real.
- **Desarrollo rápido:** se puede diseñar aplicaciones con un gran potencial empleando el diseñador de Ignition.
- **Adición de módulos:** Ignition trabaja con una arquitectura modular, que se adapta a las necesidades de cada una de las aplicaciones. Es decir, se agregarán los módulos necesarios para el desarrollo de la aplicación.

#### 3.3.3.3.2 Diseño del HMI

##### 3.3.3.3.2.1 Requerimientos del usuario

Es necesario establecer las características que debe tener la persona que va a manipular la aplicación. El usuario que va a manejar la interfaz debe tener un total conocimiento del proceso y cumplir con las características establecidas de acuerdo a las estrategias planteadas:

- Total, conocimiento del sistema de dosificación del proceso de producción de balanceado.

- Requerimientos funcionales, para un manejo sencillo de la aplicación.
- Conocimiento de procesos industriales y de la elaboración de productos balanceados.

### **3.3.3.3.2.2 Requerimientos funcionales**

- Capacidad de expansión, es decir si en algún momento se desea agregar otro sistema del proceso de producción de balanceado al sistema, la aplicación debe ser capaz de adaptarse al requerimiento.
- Funcionar bajo el concepto de una arquitectura abierta.
- La comunicación del sistema debe realizarse de una forma sencilla y fiable, sin pérdida de información al momento para que el usuario pueda conocer el estado actual del sistema en tiempo real.
- La interfaz debe ser orientada al uso del operador, de una forma sencilla e intuitiva.

### **3.3.3.3.2.3 Diseño de pantallas**

#### **3.3.3.3.2.3.1 Arquitectura**

De acuerdo con las etapas del proceso se establecerán las diferentes pantallas que el operador va a emplear para poder interactuar con el Scada. En la Figura 41. se visualiza la arquitectura y las pantallas con las que se contará en la aplicación.

En la Tabla 26. se muestran las pantallas que se crearán en el desarrollo de la interfaz HMI, con la descripción para dar conocimiento de la actividad principal de cada una de ellas.

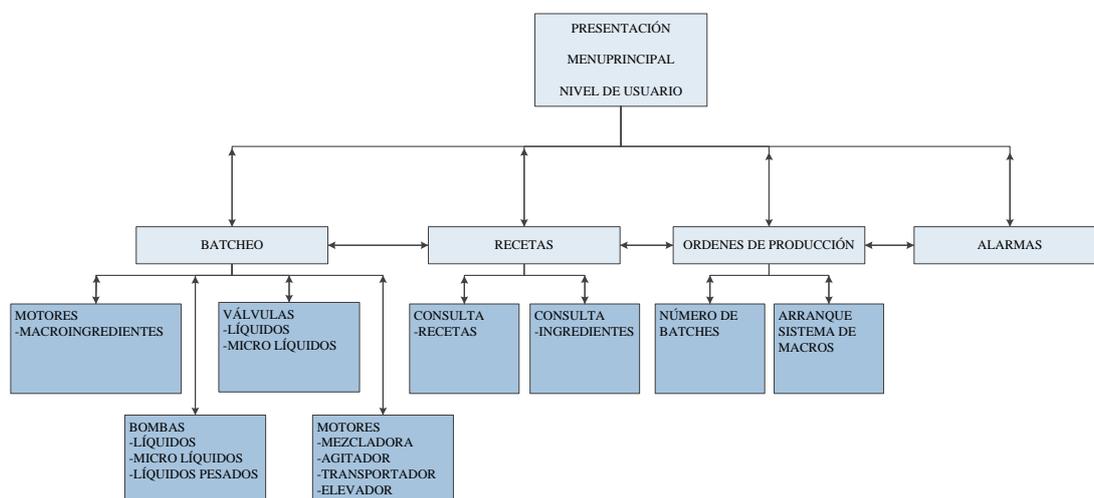
Tabla 26

## Detalle y descripción de la arquitectura de la Interfaz HMI

Pantalla	Descripción
Presentación Menú Principal Nivel de Usuario	Permite el acceso a las pantallas de batcheo, recetas, ordenes de producción y alarmas. Permite el acceso al control de acceso y se mostraran el nivel de usuario que el operador, el cual puede ser: Administrador, Supervisor u Operador.
Batcheo	Permitirá una visualización en tiempo real del proceso de batcheo. Se podrá visualizar el estado actual de los tornillos, bombas y válvulas dosificadoras, pesos de las balanzas, estado de la mezcladora y agitador. Permitirá el acceso a pantallas de control de motores, bombas y válvulas.
Recetas	Permite la visualización de los detalles de la receta que sea seleccionada. Dentro de esta pantalla se podrá: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Consultar receta.</li> <li>• Editar receta.</li> <li>• Consultar ingrediente.</li> <li>• Editar ingrediente.</li> </ul>
Ordenes de Producción	Permitirá la visualización de todas las órdenes de producción que se encuentran almacenadas en la base de datos.
Alarmas	Se muestran las alarmas que están activas y no han sido reconocidas del proceso. Una vez que una alarma sea reconocida se eliminarán de esta lista de alarmas y aparecerán en la Pantalla de Histórico de Alarmas. Se muestra las alarmas, la descripción y el estado actual de las alarmas.
Motores Macroingredientes	Permitirá la visualización del número de motor, el tipo de ingrediente, el número de bin al que pertenece, el estado (encendido, apagado o en falla), el peso deseado, el peso de cambio y corte del ingrediente y en el caso de estar en modo manual la posibilidad de encender o apagar el motor. Se muestran las fallas del contactor y guardamotor.
Bombas -Líquidos -Microlíquidos -Líquidos pesados	Permitirá la visualización del número de bomba, el tipo de ingrediente, el número de bin al que pertenece, el estado (encendido, apagado o en falla), el peso deseado, el peso de cambio y corte del ingrediente y en el caso de estar en modo manual la posibilidad de encender o apagar la bomba. Se muestran las fallas del contactor y guardamotor.

Continua 

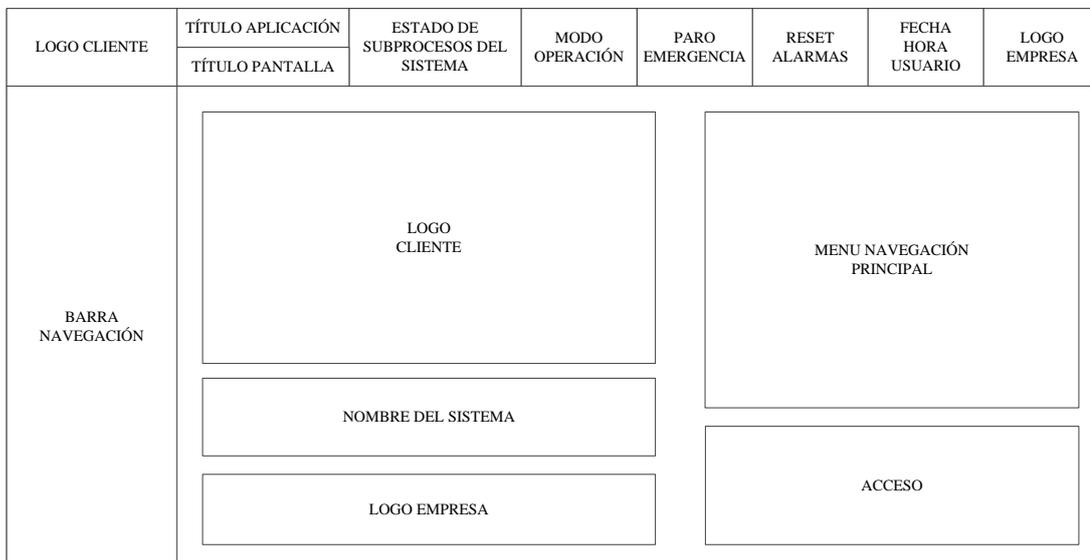
Pantalla	Descripción
Válvulas -Líquidos -Microlíquidos	Permitirá visualización del número de válvula, el tipo de ingrediente, el estado (abierta, cerrada o en falla), y en el caso de estar en modo manual la posibilidad de abrir o cerrar la válvula. Se muestran las fallas de apertura y cierre de la válvula.
Motor -Mezcladora -Agitadores -Transportador -Elevador	Permitirá la visualización del número de motor, el motor asociado al tag, el estado (encendido, apagado o en falla), el peso deseado, el peso de cambio y corte del ingrediente y en el caso de estar en modo manual la posibilidad de encender o apagar el motor. Se muestran las fallas del contactor y guardamotor.
Consultar receta	Permitirá consultar las recetas del sistema almacenadas en la base de datos.
Editar receta	Permitirá la edición de las recetas del sistema almacenadas en la base de datos.
Consultar ingrediente	Permitirá consultar los ingredientes del sistema almacenadas en la base de datos.
Editar ingrediente	Permitirá la edición del peso de cambio, peso corte y tolerancia de ingredientes del sistema almacenadas en la base de datos.
Número de batch	Permitirá ingresar el número de batch a ejecutarse.
Confirmación arranque sistema de macros	Permitirá arrancar el sistema de dosificación, mostrando una pantalla de resumen de la orden de producción para su confirmación.



**Figura 41. Arquitectura de Interfaz HMI**

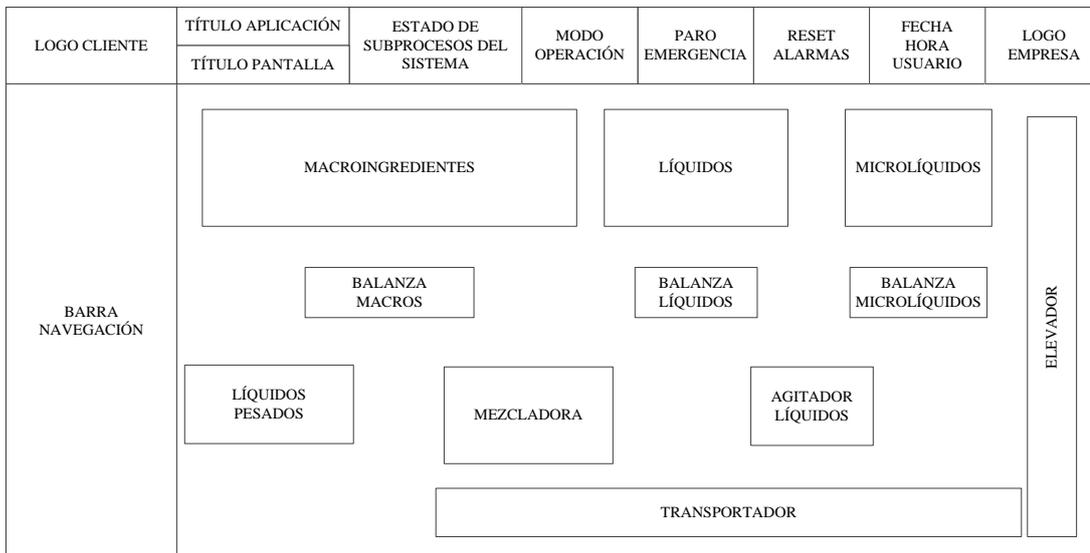
**3.3.3.2.3.2 Distribución de pantallas**

- Presentación, Menú Principal y Nivel de usuario.



**Figura 42. Distribución pantalla Presentación y Menú Principal**

- Batcheo



**Figura 43. Distribución pantalla Batcheo**

- Recetas

LOGO CLIENTE	TÍTULO APLICACIÓN	ESTADO DE SUBPROCESOS DEL SISTEMA	MODO OPERACIÓN	PARO EMERGENCIA	RESET ALARMAS	FECHA HORA USUARIO	LOGO EMPRESA
	TÍTULO PANTALLA						
BARRA NAVEGACIÓN	CÓDIGO RECETA		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;"> <p style="text-align: center;">DESCRIPCIÓN RECETA</p> <hr/> <p style="text-align: center;">INGREDIENTES SÓLIDOS DE RECETA</p> <hr/> <p style="text-align: center;">INGREDIENTES LÍQUIDOS DE RECETA</p> </div> <div style="width: 35%;"> <p style="text-align: center;">MENU RECETAS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- CONSULTA RECETAS</li> <li>- EDICIÓN RECETAS</li> </ul> <hr/> <p style="text-align: center;">MENU INGREDIENTES</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- CONSULTA INGREDIENTES</li> <li>- EDICIÓN INGREDIENTES</li> </ul> </div> </div>				
	DESCRIPCIÓN RECETA						
	INGREDIENTES SÓLIDOS DE RECETA						
	INGREDIENTES LÍQUIDOS DE RECETA						

**Figura 44. Pantalla Recetas**

- Órdenes de producción

LOGO CLIENTE	TÍTULO APLICACIÓN	ESTADO DE SUBPROCESOS DEL SISTEMA	MODO OPERACIÓN	PARO EMERGENCIA	RESET ALARMAS	FECHA HORA USUARIO	LOGO EMPRESA
	TÍTULO PANTALLA						
BARRA NAVEGACIÓN	<p>ÓRDENES DE PRODUCCION ALMACENADAS EN BASE DE DATOS</p>						
	<p>DETALLE DE ORDEN DE PRODUCCIÓN SELECCIONADA</p>					<p>CANCELAR</p>	

**Figura 45. Distribución pantalla Órdenes de Producción**

- Alarmas

LOGO CLIENTE	TÍTULO APLICACIÓN	ESTADO DE SUBPROCESOS DEL SISTEMA	MODO OPERACIÓN	PARO EMERGENCIA	RESET ALARMAS	FECHA HORA USUARIO	LOGO EMPRESA
	TÍTULO PANTALLA						
BARRA NAVEGACIÓN	RECONOCIMIENTO DE ALARMAS	RESUMEN DE ALARMAS					

**Figura 46. Distribución pantalla Alarmas**

- Histórico de alarmas:

LOGO CLIENTE	TÍTULO APLICACIÓN	ESTADO DE SUBPROCESOS DEL SISTEMA	MODO OPERACIÓN	PARO EMERGENCIA	RESET ALARMAS	FECHA HORA USUARIO	LOGO EMPRESA
	TÍTULO PANTALLA						
BARRA NAVEGACIÓN	RANGO FECHAS CONSULTA ALARMAS	HISTÓRICO DE ALARMAS					

**Figura 47. Distribución pantalla Históricos Alarmas**

- **Motores dosificadores:** motores tornillos de dosificación y bombas de dosificación.

TAG MOTOR	
TIPO INGREDIENTE - NÚMERO BIN	
ESTADO MOTOR	
ESTADO Q	ESTADO KM
PARAMETROS PESO -PESO DESEADO -PESO CAMBIO -PESO CORTE	
ENCENDER	
APAGAR	

**Figura 48. Distribución pantalla Motores Dosificadores**

- **Motores generales:** mezcladora, agitador, transportador y elevador.

TAG MOTOR	
DESCRIPCIÓN MOTOR	
ESTADO MOTOR	
ESTADO Q	ESTADO KM
ENCENDER	
APAGAR	

**Figura 49. Distribución pantalla Motores General**

- Válvulas

TAG VÁLVULA	
DESCRIPCIÓN VÁLVULA	
ESTADO VÁLVULA	
ESTADO ABIERTA	ESTADO CERRADA
ABRIR	
CERRAR	

**Figura 50. Distribución pantalla Válvula**

- **Consulta:** consulta de ingredientes y de recetas.

CONSULTAR	
CÓDIGO RECETA / INGREDIENTE	CONSULTAR
NOMBRE RECETA / INGREDIENTE	
TABLA DE RECETAS / INGREDIENTES	
SELECCIONAR	

**Figura 51. Distribución pantalla Consultas**

- Arranque sistema macros

CONFIRMACIÓN ARRANQUE SISTEMA MACROS	
RESUMEN DE ÓRDEN DE PRODUCCIÓN	
DATOS EJECUCIÓN DE BATCHES	
CONFIGURACIÓN BINES DESTINO	
CANCELAR	ARRANCAR

**Figura 52. Distribución pantalla Arranque Sistema Macros**

### 3.3.3.2.3.3 Navegación

La navegación debe ser sencilla e intuitiva, es decir, el operador debe tener la posibilidad de acceder a una pantalla o realizar una acción en el menor número de pasos posible. Para realizar una correcta navegación en la aplicación se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

- La navegación debe ser sencilla, evitando ser una dificultad ante situaciones de emergencia.
- Los botones deben tener un tamaño adecuado para poder acceder a ellos sin dificultad.
- Utilizar zonas predefinidas de la pantalla para ubicar barras de menús, íconos, botones de atrás, hacia delante, etc.
- El orden de los menús debe ser determinado por el nivel de importancia de la acción o de la ventana que se va a acceder.

#### **3.3.3.3.2.3.4 Uso del color**

Para el diseño de la interfaz HMI es de suma importancia la selección de los colores, debido a que los operadores van a estar alrededor de ocho horas diarias al frente del computador monitoreando el proceso de dosificación. Es necesario establecer colores no tan fuertes para las partes del proceso y colores más fuertes para las situaciones anormales del sistema. Para lo cual se establecieron los siguientes grupos:

- Color de estatus de los equipos, marcha paro, fallas.
- Color de los ingredientes y fluidos del sistema.
- Color de los tipos de alarmas del sistema.
- Color del texto de los títulos y texto general de la interfaz.
- Color del fondo de pantalla y de bordes de los títulos.
- Colores de los indicadores de valores del proceso. (Pere Ponsa, 2012)

Tomando en cuenta los puntos anteriormente mencionados se establecieron los colores que se muestran en la Tabla 27.

#### **3.3.3.3.2.3.5 Uso del texto**

El texto es una de las herramientas más importantes en el desarrollo de la interfaz HMI, debido a que la mayoría de información se la muestra mediante texto. Por lo que es necesario estandarizar las características del uso de texto. Las características del

texto que se deben definir son: fuentes, tamaño, alineación, espaciamiento, acrónimos y abreviaturas. En la Tabla 28. se muestra un resumen de las cualidades del texto de la aplicación.

**Tabla 27**

**Definición de colores de Interfaz HMI**

Grupo	Descripción	Código Color (RGB)	Color
Fondo	Fondo de pantalla de proceso.	190/190/190	
Estado dispositivo	Encendido / Abierto	0/133/0	
	Apagado / Cerrado	213/213/213	
	Falla	255/0/0 – 213/213/213	
Flujo de materiales	Tuberías de ingredientes.	253/249/99	
	Tuberías en general.	253/249/99	
Alarmas	Indicadores de fallas, de subproceso y elementos.	255/0/0 – 255/255/0	
Fondo de texto	Fondo del texto en títulos.	5/30/90	
Modo de operación	Manual	128/0/128	
	Automático	0/113/0	

**Tabla 28**

**Definición de características del texto de Interfaz HMI**

Item	Detalle
Tipo de fuente	Títulos: Arial, Bold
	Texto general: Arial, Plain
Tamaño de fuente	Títulos: 16
	Subtítulos: 14
	Texto general: 12
Color Fuente	Títulos: blanco
	Texto general: negro

**3.3.3.3.2.3.6 Usuarios**

Para el desarrollo de la interfaz HMI se debe restringir el acceso de usuarios a ciertas configuraciones críticas para el sistema. Se definieron tres niveles de usuario: operador, supervisor e ingeniería. En la Tabla 29. se muestran los detalles de acceso de los tres niveles de usuario de la aplicación.

**Tabla 29****Definición de Niveles de Usuario**

<b>USUARIO</b>	<b>ACCESO</b>
Operador	Navegación entre pantallas. Verificación y reconocimiento de alarmas e histórico de alarmas. Arranque de órdenes de producción.
Supervisor	Acciones realizadas por el operador. Modificaciones en recetas. Creación de órdenes de producción Visualización de datos de órdenes de producción.
Ingeniería	Acciones realizadas por el supervisor. Inhibir alarmas del proceso. Los usuarios de este grupo serán responsables de dar soporte, mantenimiento y actualización a la aplicación.

**3.3.4 Diseño y estructura del programa del sistema de control**

Para poder realizar el diseño y la estructura del programa del sistema de control es necesario, realizar una descripción clara y sencilla de lo que se desea que haga el sistema, para ellos se puede visualizar el P&ID del proceso en ANEXO B. La programación se la realizará en Grafcet, definiendo las acciones y condiciones que necesita el sistema para funcionar y se lo implementará en el PLC en ladder.

**3.3.4.1 Modos de operación**

Existen dos modos de operación del presente proyecto: modo manual y modo automático. Dependiendo de las necesidades del sistema, el usuario dependiendo del nivel de acceso que tenga será capaz de cambiar de un modo de trabajo a otro.

**3.3.4.1.1 Manual**

El funcionamiento en modo manual por lo general es un estado de mantenimiento. Va enfocado para cuando la empresa necesita hacer verificaciones o cambios de elementos en el sistema. Desde el HMI, cada uno de los actuadores pueden ser activados y desactivados. Cabe recalcar que para que se puedan encender

manualmente los elementos no debe existir ninguna falla sobre el elemento, ya que, si existe alguna falla, el sistema se bloqueará y no será posible trabajar sobre dicho elemento.

#### **3.3.4.1.2 Automático**

El modo automático funciona mediante ordenes de producción que serán lanzadas por los operadores del sistema. Una vez que el operador selecciona la orden de producción y realiza la configuración necesaria, envía arrancar el sistema y la dosificación se la realizará de forma secuencial:

- Dosificación de macro ingredientes, de líquidos y microlíquidos.
- Mezcla de ingredientes sólidos con los pesos manuales.
- Cumplido tiempo de mezcla seca se agregan los líquidos y microlíquidos previamente procesados por el agitador, así como los líquidos pesados.
- Termina el tiempo de mezcla total y se descarga sobre el transportador.

##### **3.3.4.1.2.1 Secuencia de dosificación**

Existen 12 bins de ingredientes sólidos (macroingredientes), 3 tanques de líquidos, 2 de micro líquidos y 2 de líquidos pesados. Cuando se lanza una orden de producción se empiezan a dosificar de los bins de Macroingredientes, tanque de líquidos y de microlíquidos. Paralelamente es necesario que se realice el pesaje de los “pesos manuales”, para agregarlos a la mezcla cuando la interfaz se lo solicite. Únicamente el peso y el cogido de los “pesos manuales” serán almacenados en la base de datos.

La dosificación de sólidos se la realiza con un único variador que controla los 12 bins de Macroingredientes, es decir se dosifica un ingrediente a la vez. En la Figura 53. se visualiza un bin y tornillo de la planta de producción de balanceado. Para conseguir el peso deseado, cada ingrediente tiene dos parámetros: peso de cambio y peso de corte. El tornillo empieza a dosificar a velocidad alta hasta llegar al peso de cambio, esta etapa también es llamada dosificación gruesa. Una vez pasado el peso de

cambio, se disminuye la velocidad y nos encontramos en la etapa de dosificación fina, hasta llegar al peso de corte donde el variador debe apagar el motor para terminar la dosificación.



**Figura 53. Bin y tornillo de Macroingredientes**

Para realizar una correcta dosificación y un correcto pesaje es necesario iniciar el proceso tomando el peso de tara y conociendo el peso de la receta, el peso de corte y el de cambio del ingrediente. En la Figura 54. se muestra el diagrama de flujo para la dosificación de macroingredientes.

$$W_{DESEADO} = W_T + P_{RECETA} - P_{CORTE} \quad (\text{Ec. 3.4})$$

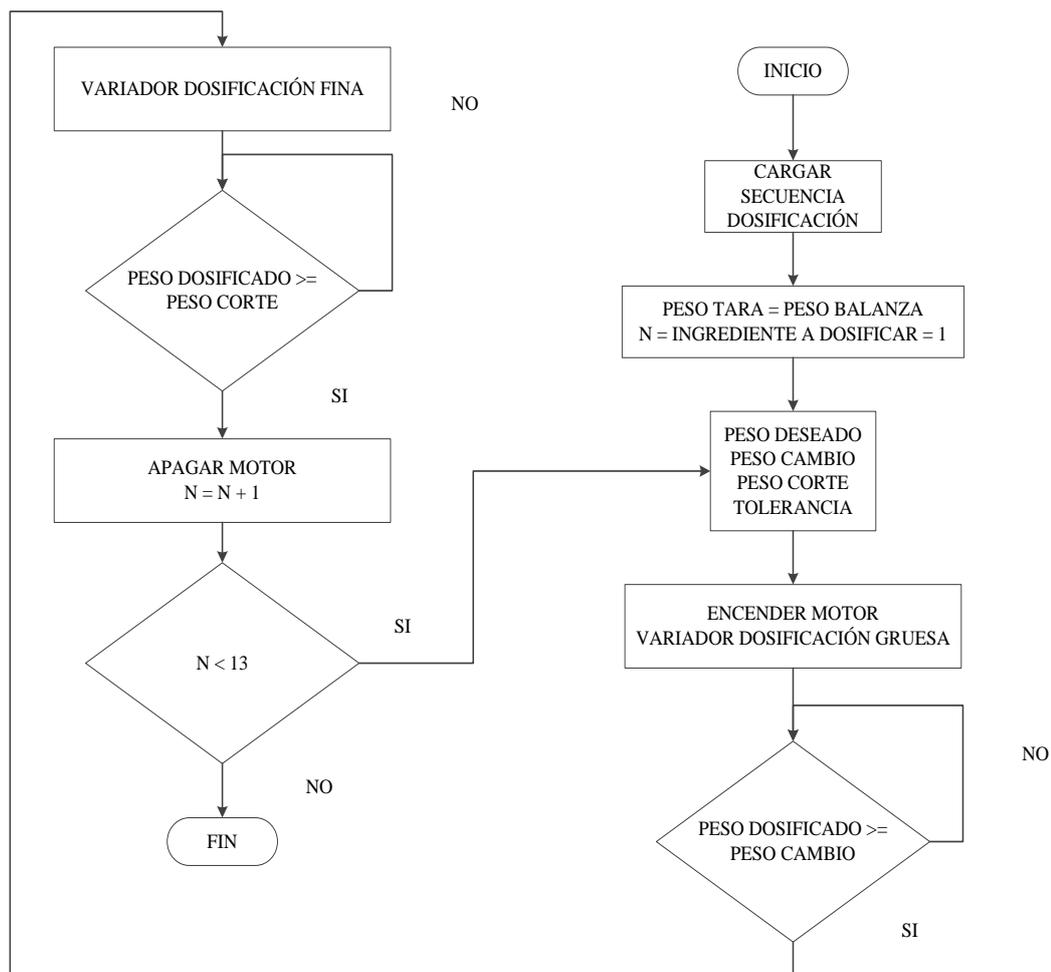
$$W_{CAMBIO} = W_T + P_{RECETA} - P_{CAMBIO} \quad (\text{Ec. 3.5})$$

Siendo:

P: peso real almacenado en la base de datos.

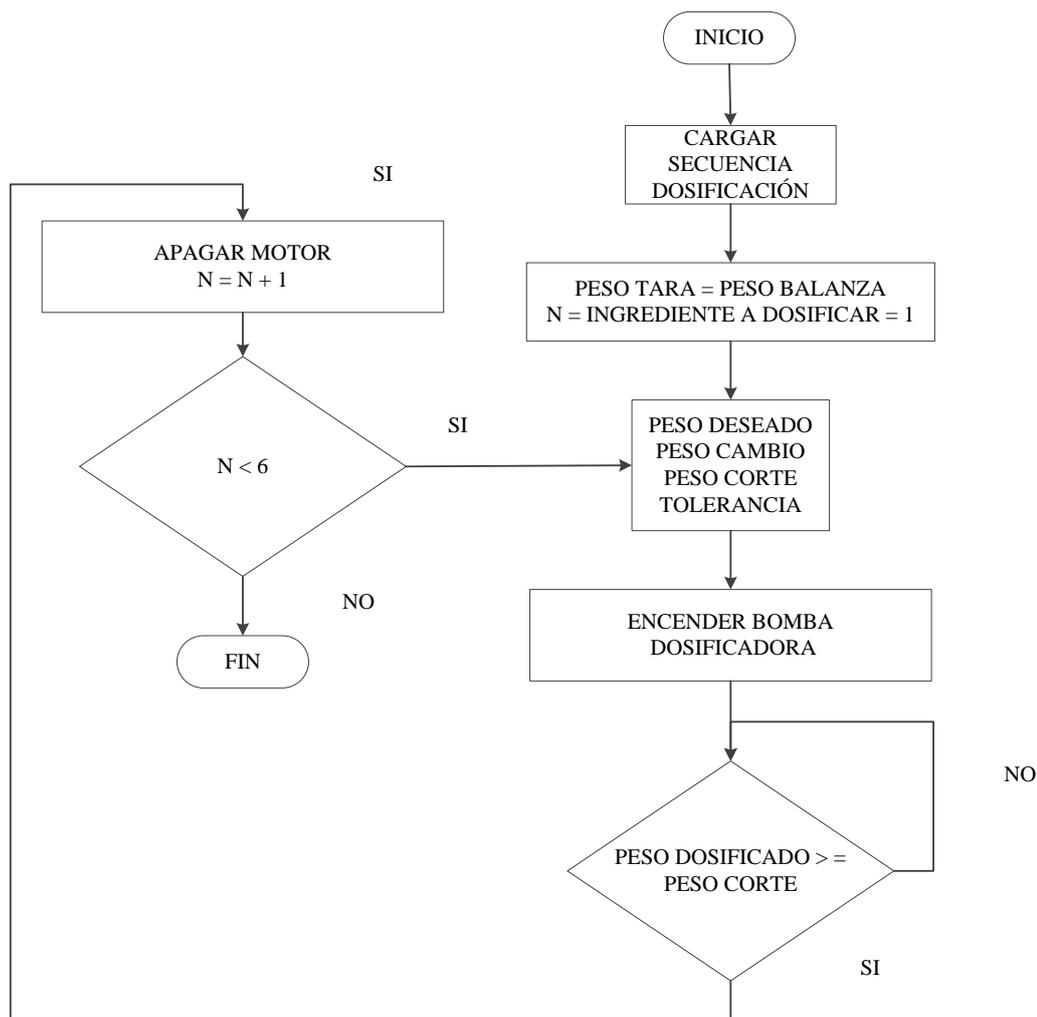
W: peso detectado por la balanza.

La dosificación de los líquidos y microlíquidos es similar a la de los ingredientes sólidos, la diferencia es que no se toma en cuenta el peso de cambio del ingrediente. Es decir, cuando ya falta por dosificar el peso de corte, se envía la señal para apagar la bomba de dosificación.



**Figura 54. Diagrama de Flujo Dosificación Macroingredientes**

La dosificación de líquidos se la realiza desde 5 tanques por medio de una bomba dosificadora cada uno. Se carga la secuencia que es el orden de dosificación y se empieza a dosificar. Es decir, no siempre se va a dosificar en el mismo orden, depende de la secuencia cargada en la receta. Una vez terminada la dosificación de líquidos y microlíquidos, se activa el agitador donde van a esperar los líquidos hasta que la mezcladora cumpla con el tiempo de mezcla seca. En la Figura 55. y Figura 56. se visualiza el diagrama de flujo de la dosificación de líquidos y microlíquidos respectivamente.



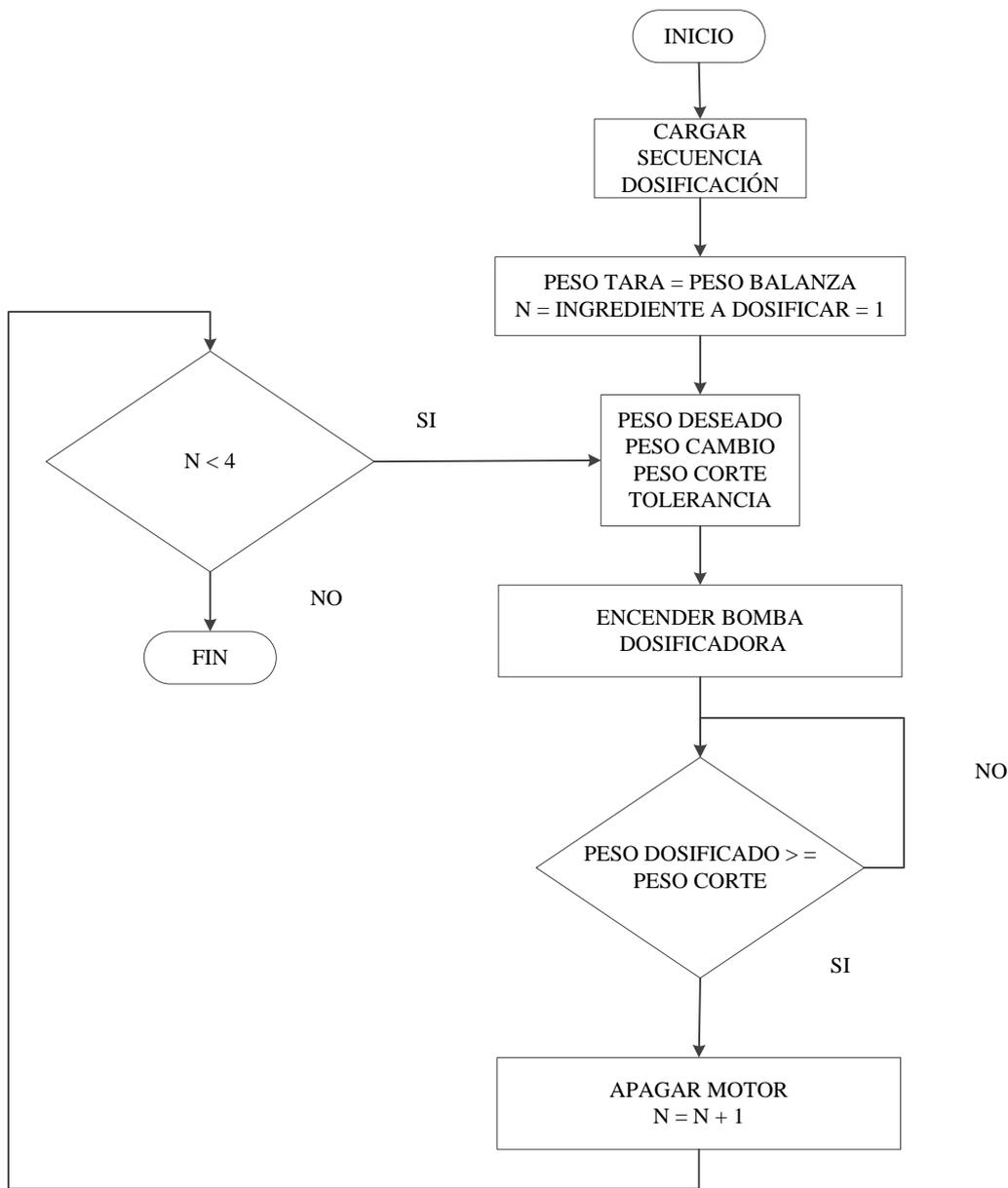
**Figura 55. Diagrama de flujo Dosificación Líquidos**

### 3.3.4.1.2.2 Secuencia de mezcla

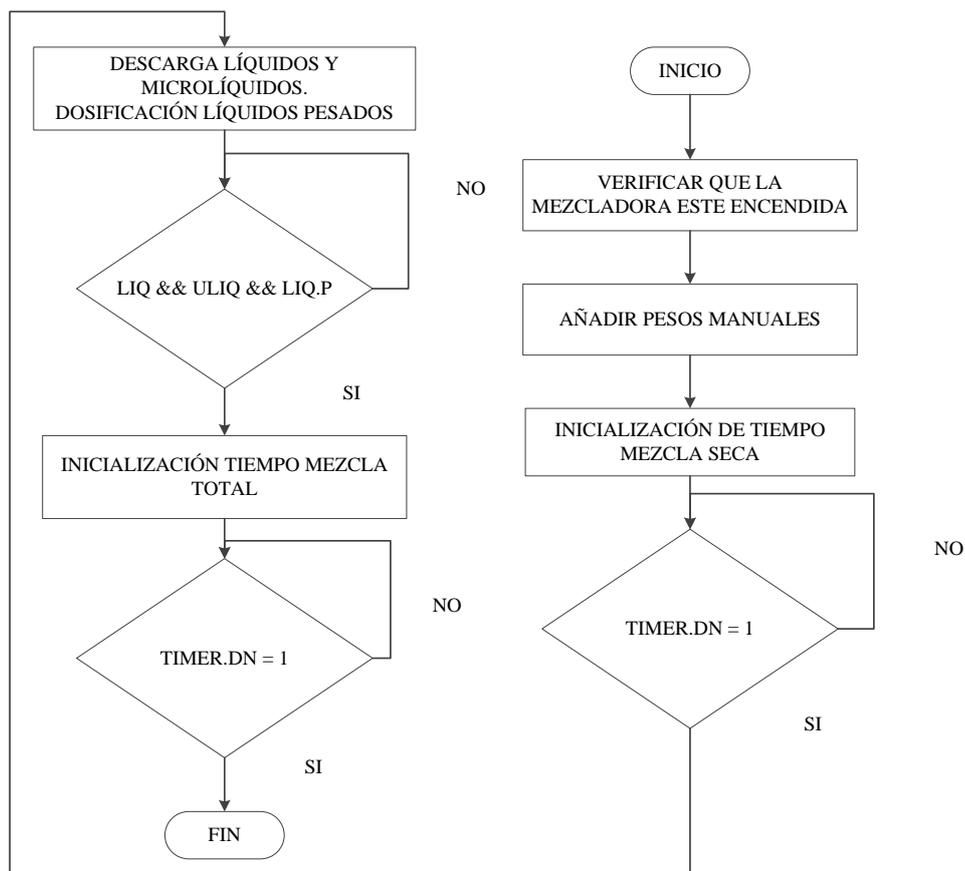
Los primeros ingredientes que ingresan a la mezcladora son los sólidos. Es decir, una vez que han sido correctamente pesados todos los macroingredientes del batch que está siendo procesado, la compuerta de la balanza se abre para permitir ingresarlos a la mezcladora, donde junto con los pesos manuales realizan un tiempo de mezcla denominada “Mezcla Seca”. Terminada la mezcla seca se permite el ingreso de los líquidos y líquidos pesados que previamente fueron pesados y pasaron por el proceso de agitación.

Los líquidos pesados son procesados en este punto, pasan por medidores de flujo, uno para cada uno e ingresan a la mezcla. El tiempo de mezcla total siempre

debe ser mayor que el tiempo de mezcla seca. Una vez terminada la mezcla total, la compuerta de la mezcladora se abre y permite descargar el producto al transportador para dirigirse a los bins de destino. En la Figura 57. se muestra el diagrama de flujo de la secuencia de mezclado que se va a implementar.



**Figura 56. Diagrama de flujo Dosificación Microlíquidos**



**Figura 57. Diagrama de Flujo Secuencia de Mezclado**

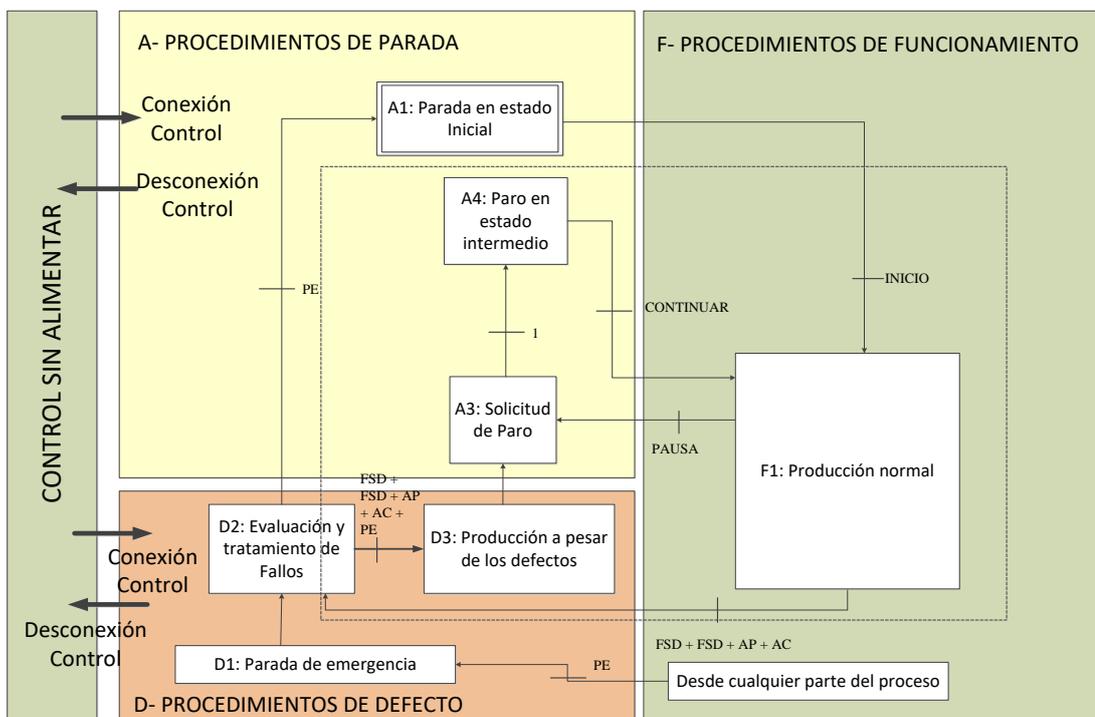
### 3.3.4.2 Desarrollo guía Gemma

La automatización de un proceso tiene tres partes fundamentales: procedimientos de parada, proceso en funcionamiento y proceso en defecto. Cada una de las etapas se dividen en diferentes estados. Existen 17 estados dentro de la presente guía. En la Figura 58. se muestra el resultado de la guía para el presente programa. Junto con el desarrollo de los graficets que se explicarán a continuación.

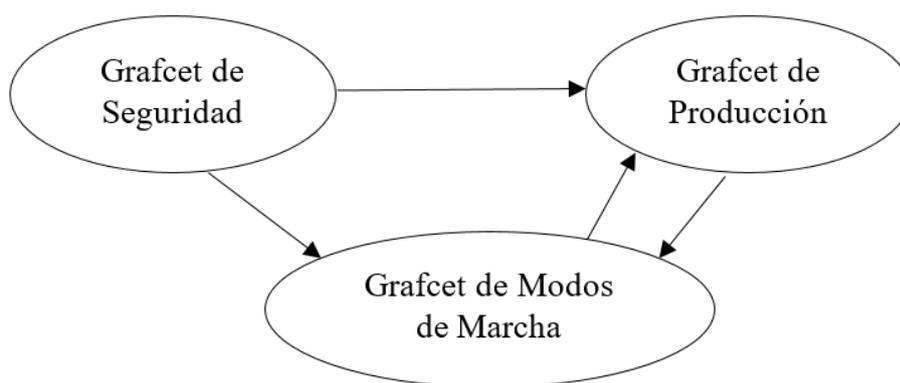
### 3.3.4.3 Graficet del sistema de control

El desarrollo de la programación del PLC se la llevará a cabo con la ayuda de los graficets de cada una de las secuencias explicadas anteriormente. Un graficet es un diagrama de estados, que se basa en el uso de condiciones y como su nombre lo dice estados. Para pasar de un estado a otro es necesario que se cumplan ciertas condiciones.

Para el desarrollo del programa se hará empleo del diseño del grafcet estructurado que consta de tres partes como se muestra en la Figura 59.: grafcet de seguridad, grafcet de producción y grafcet de modos de marcha.

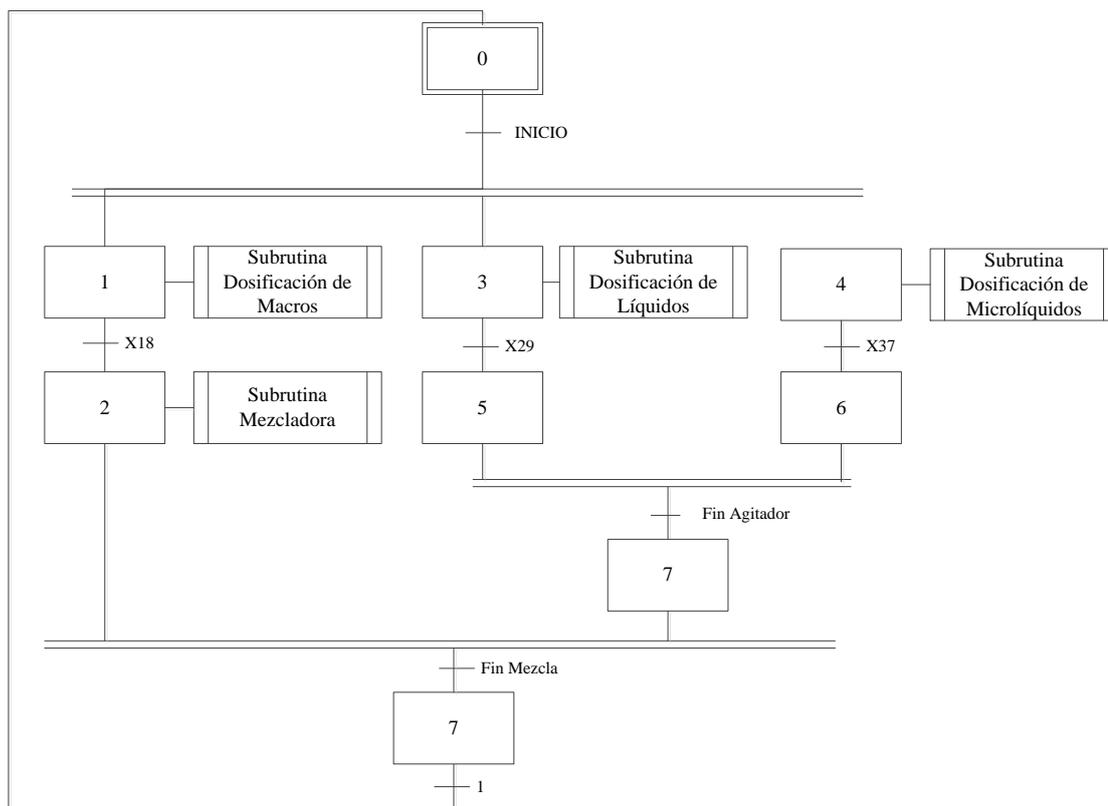


**Figura 58. Guia Gemma**



**Figura 59. Grafcet Estructurado.**

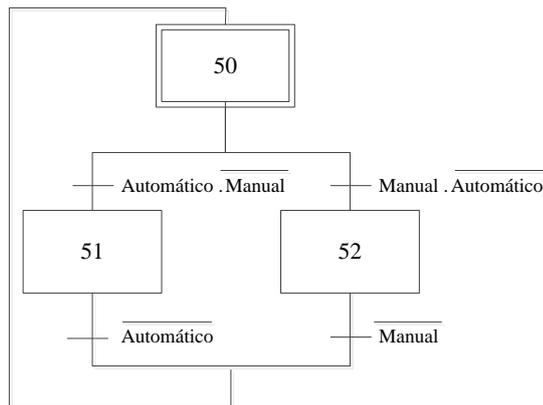
El programa se lo va a desarrollar empleando subrutinas por lo que es necesario realizar un grafcet principal el cual va a controlar todo el sistema como se muestra en la Figura 60.



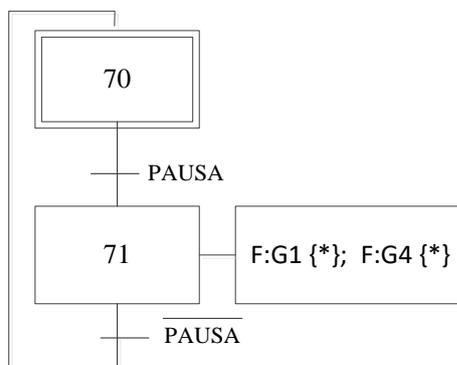
**Figura 60. Grafcet Principal**

En la Figura 61. se muestra el grafcet de modos de marcha. Se definieron dos modos de funcionamiento: manual y automático. Dependiendo del selector que se encuentra en el HMI se entrará a los diferentes modos de marcha. El sistema puede ser pausado y abortado. En el caso que sea pausado el sistema se congela justo en donde se quedó, cuando sale de la pausa regresa al estado en el que se encontraba, se lo puede visualizar en el grafcet 2 que se encuentra en la Figura 62. Al momento de abortar el proceso se detiene todo y se pierde el batch que actualmente se está ejecutando, es el grafcet número 3 que se muestra en la Figura 63.

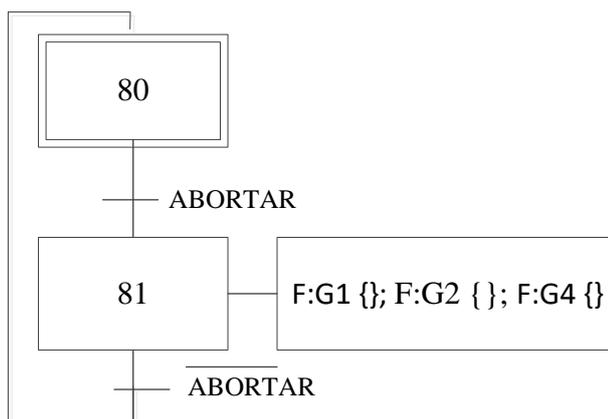
En la Figura 64. se muestra el grafcet de seguridad que corresponde a todos los estados a los que puede entrar el sistema dependiendo de las situaciones que se den a lo largo de su funcionamiento.



**Figura 61. Graficet de Modos de Marcha**



**Figura 62. Graficet de Pausa de Proceso**



**Figura 63. Graficet de Abortar Proceso**

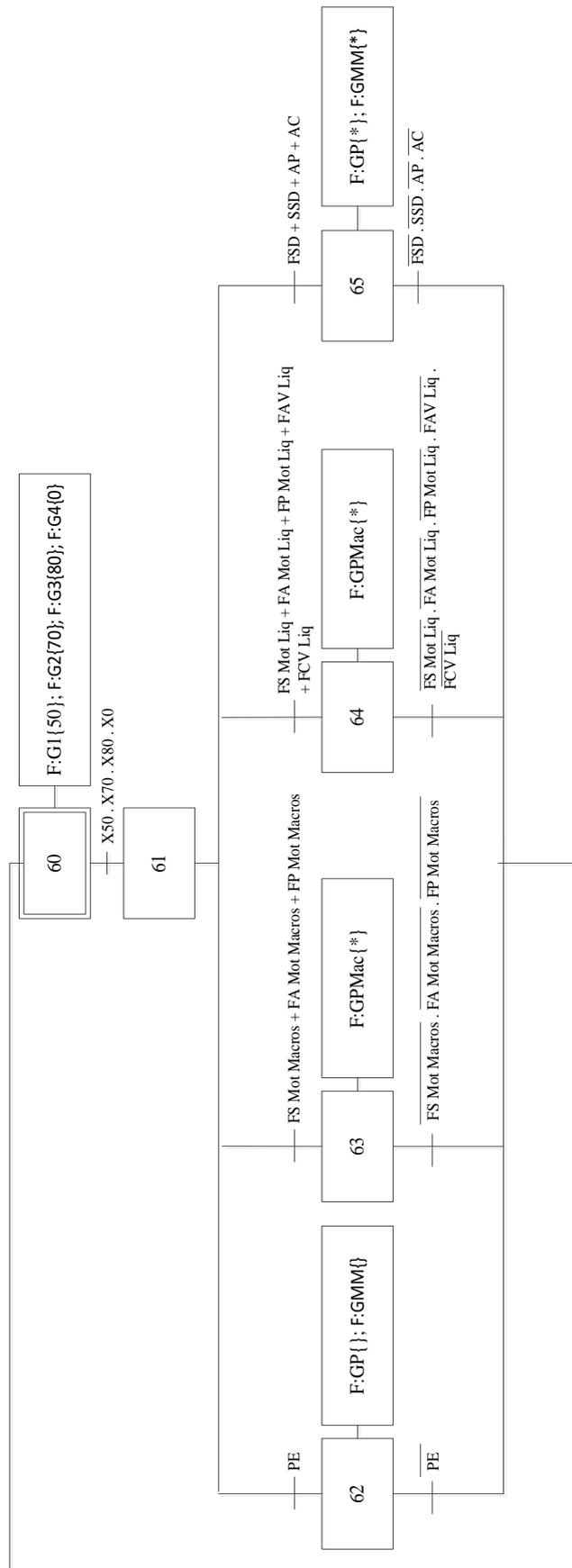


Figura 64. Grafcet de Seguridad

### 3.3.4.3.1 Graficet dosificación de macroingredientes

En la Figura 65. se muestra el graphicet de la dosificación de macroingredientes, que se basó en el diagrama de flujo explicado en el anterior punto del presente trabajo. El diagrama consta de seis estados que son los encargados de realizar la correcta dosificación de los ingredientes sólidos que se encuentren en la receta actual para su dosificación.

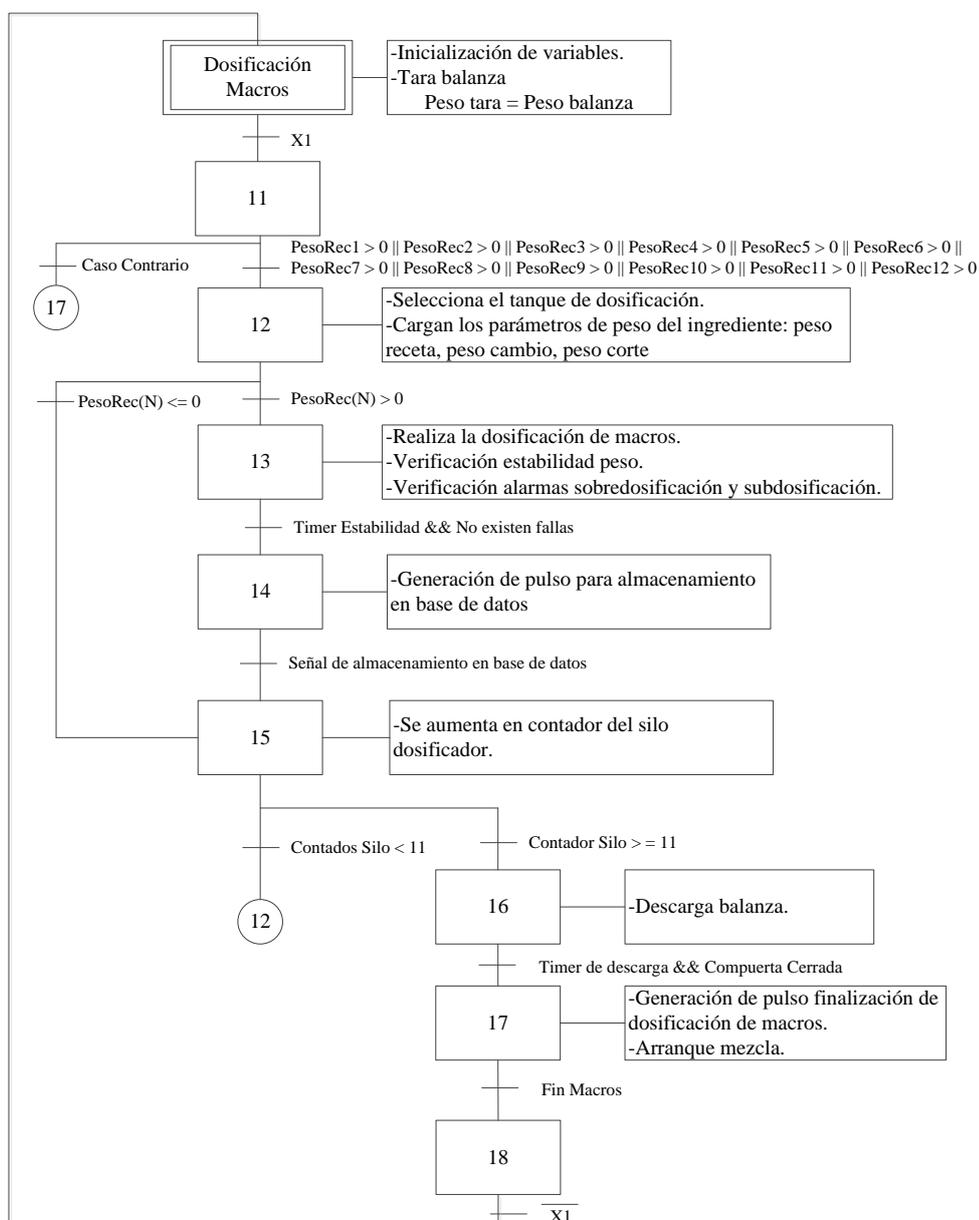


Figura 65. Graphicet Dosificación Macroingredientes

### 3.3.4.3.2 Grafcet dosificación de líquidos

En la Figura 66. se muestra el grafcet de la dosificación de líquidos. El diagrama consta de siete estados que son los encargados de realizar la correcta dosificación de los ingredientes líquidos que se encuentren en la receta actual para su dosificación.

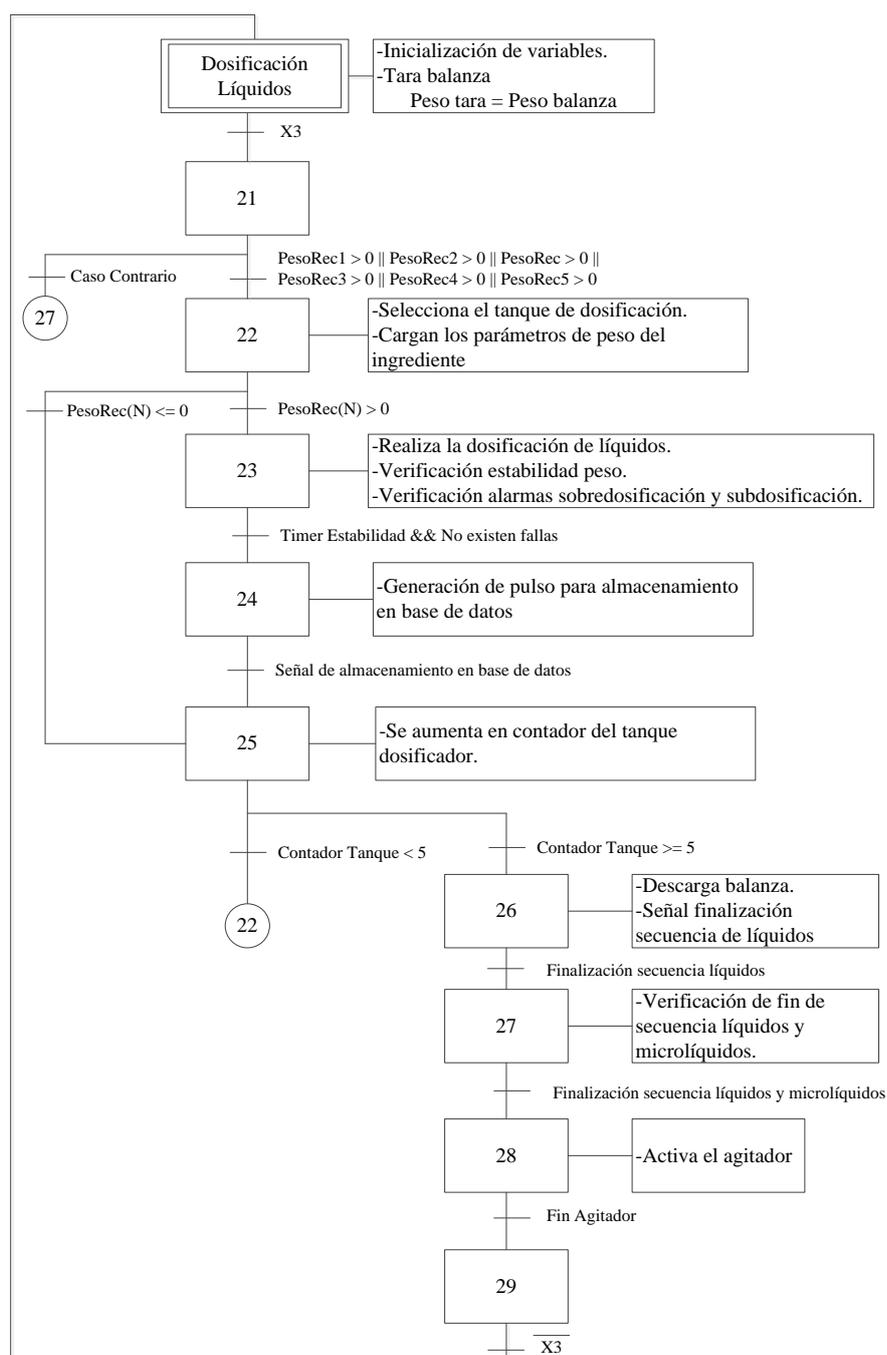
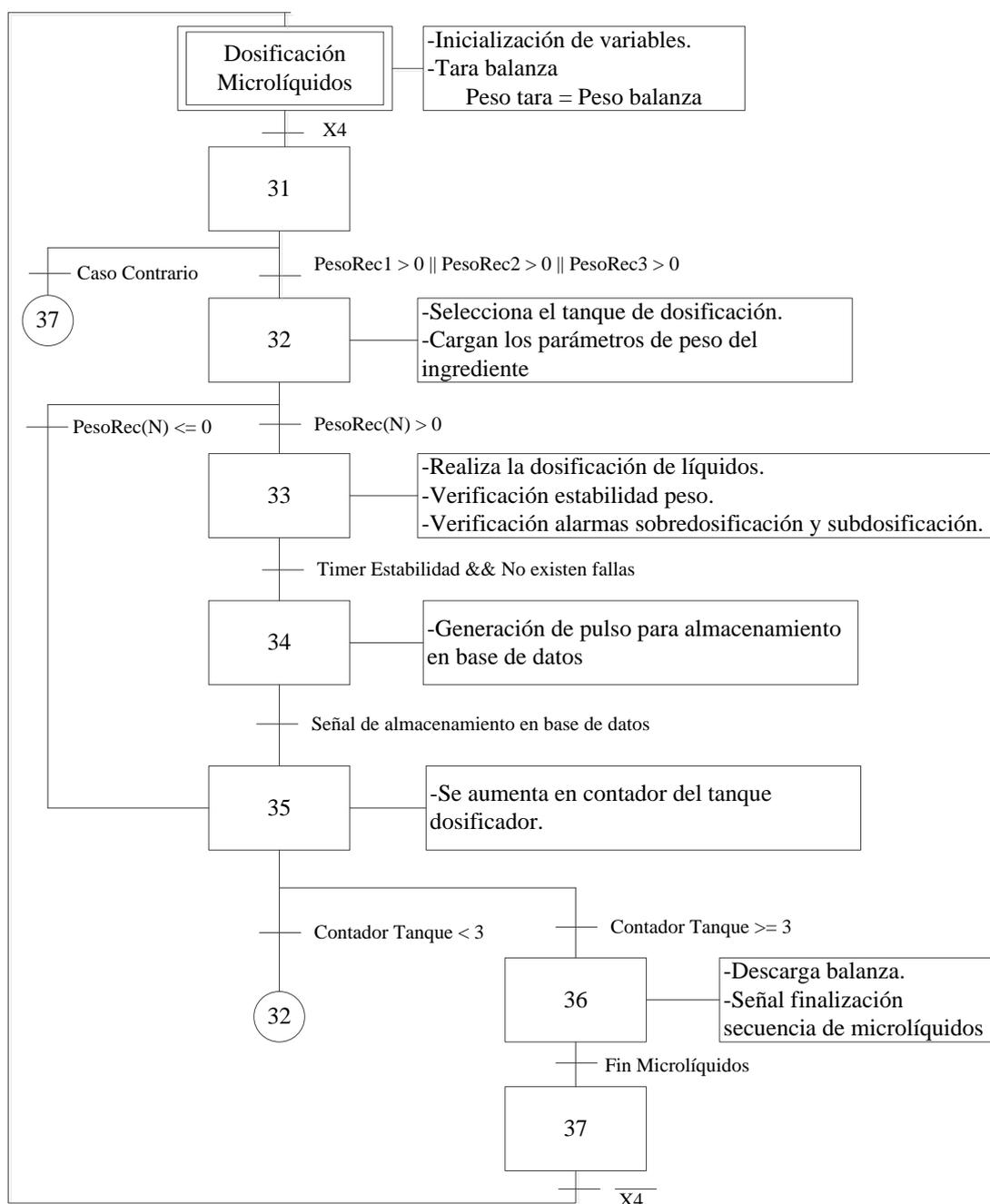


Figura 66. Grafcet Dosificación Líquidos

### 3.3.4.3.3 Graficet dosificación de microlíquidos

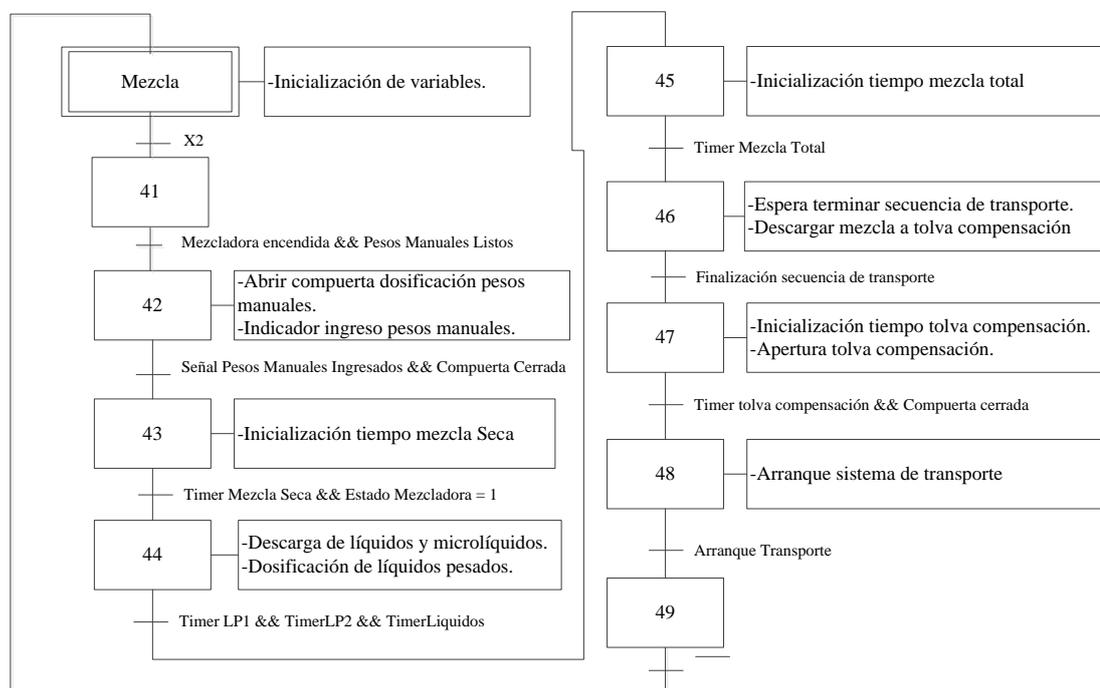
En la Figura 67. se muestra el graficet de la dosificación de microlíquidos. El diagrama consta de cinco estados que son los encargados de realizar la correcta dosificación de los microlíquidos que se encuentren en la receta actual para su dosificación.



**Figura 67. Graficet Dosificación Microlíquidos**

### 3.3.4.4 Graficet sistema de mezcla

En la Figura 68. se muestra el graphicet del sistema de mezcla. El diagrama consta de siete estados que son los encargados de realizar la mezcla de los ingredientes. En la primera parte se realizará una mezcla seca, únicamente con los ingredientes sólidos de la receta y posteriormente se completará el tiempo de la mezcla total con la adición de los ingredientes líquidos previamente procesados.



**Figura 68. Graphicet Sistema de Mezcla**

### 3.3.4.4 Seguridad del sistema de control

En el diseño del sistema de control se encontraron varios problemas que se pueden dar a lo largo del funcionamiento de la planta. Se encontraron varias fallas que se han dividido en cuatro grandes grupos que se los puede ver a detalle en la Tabla 30., Tabla 31., Tabla 32. y Tabla 33 respectivamente:

- Fallas de equipos: son todas las fallas que pueden existir en los equipos que forman parte del sistema de dosificación.

### 3.3.4.4.1 Fallas en equipos

**Tabla 30**

**Posibles fallas en equipos**

<b>FALLA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>POSIBLES CAUSAS</b>
Falla de sobrecarga.	Esta falla se presenta cuando no se tiene la realimentación de estado del guardamotor. Se apaga el motor en el que se presentó la falla.	-El Guardamotor asociado al equipo se encuentra en falla o apagado. -Fusible quemado o breaker en falla.
Falla de arranque / paro	Esta falla se presenta cuando se envía el comando de arranque y el motor no enciende, o, cuando se envía el comando de paro y el motor no se apaga. Se apaga el equipo en el que se presentó la falla.	-Los fusibles / breakers de las señales de activación o realimentación de los equipos están con problemas. -El contactor de activación, arrancador suave o variador (dependiendo del motor) están con falla.
Falla de apertura	Esta falla se presenta cuando se envía el comando de apertura, pero no se tiene la realimentación de válvula abierta. Se deshabilita la señal de activación de apertura.	-Los fusibles / breakers / relés de las señales de activación o realimentación de los equipos están con problemas. -Falta de presión de aire en las válvulas.
Falla de Cierre	Esta falla se presenta cuando se envía el comando de cierre, pero no se tiene la realimentación de válvula cerrada. Se deshabilita la señal de activación de la válvula.	-Los fusibles / breakers / relés de las señales de activación o realimentación de los equipos están con problemas. -Falta de presión de aire en las válvulas.
Falla de posición	Esta falla se presenta cuando no se tiene realimentación de estado abierto o cerrado de la válvula. Se deshabilita la señal de activación de válvula.	-Los fusibles / breakers / relés de las señales de activación o realimentación de los equipos están con problemas. -Falta de presión de aire en las válvulas.

### 3.3.4.4.2 Falla en procesos

**Tabla 31**

**Posibles fallas en procesos**

<b>FALLA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>POSIBLES CAUSAS</b>
Falla por sobredosificación de producto	Esta falla se presenta cuando la dosificación de un producto ha excedido la tolerancia permitida. Se genera una falla en el sub-sistema al que corresponde el equipo (Macros, Medios, Líquidos, Microlíquidos) y se detiene el proceso.	Sobredosificación de producto.
Falla por subdosificación de producto	Esta falla se presenta cuando la dosificación de un producto está por debajo de la tolerancia permitida. Se genera una falla en el sub-sistema al que corresponde el equipo (Macros, Medios, Líquidos, Microlíquidos) y se detiene el proceso.	Subdosificación de producto.
Aviso de falta de producto en una tolva	Esta falla se presenta cuando se detecta que no está cayendo producto desde un bin o tanque hacia la balanza. NO se detiene el proceso. Se visualiza un mensaje de error en la pantalla, que indica el bin o tanque que no contiene producto.	La tolva de la cual se está dosificando no contiene producto.
Aviso de contaminación del sensor de nivel bajo de la tolva	Esta falla se presenta cuando ha pasado más de dos minutos desde que cayó a la mezcladora una parada y, el sensor sigue indicando presencia de producto. NO se detiene el proceso. Se visualiza un mensaje de aviso en la pantalla, que indica el sensor puede estar contaminado.	Sensor de nivel bajo de la tolva contaminado.

### 3.3.4.4.3 Falla arranque órdenes de producción

**Tabla 32**

**Posibles fallas en arranque órdenes de producción**

<b>FALLA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>POSIBLES CAUSAS</b>
Error de secuencia	Esta falla se presenta cuando se tiene una secuencia repetida, en alguno de los sub-sistemas (Macros, Medios, Líquidos, Microlíquidos) de la RECETA. No se puede arrancar la orden de producción. Se presenta un mensaje con información del error.	La secuencia registrada en la base de datos contiene errores.
Error de receta inexistente	Esta falla se presenta cuando no se encuentra la receta asociada a la orden de producción en la base de datos. No se puede arrancar la orden de producción. Se presenta un mensaje con información del error.	La receta seleccionada no se encuentra registrada en la base de datos del sistema.
Error de producto en bin	Esta falla se presenta cuando no se encuentra un producto en el bin que se indica en la receta. No se puede arrancar la orden de producción. Se presenta un mensaje con información del error.	Mala distribución de ingredientes en bins.
Error de producto inexistente	Esta falla se presenta cuando un ingrediente de la receta, no se encuentra en ninguno de los bins. No se puede arrancar la orden de producción. Se presenta un mensaje con información del error.	El ingrediente de la receta seleccionada no se encuentra registrado en la base de datos del sistema.
Aviso de número de batches a ejecutar excedido	Este aviso se presenta cuando el número de batches (paradas) seleccionado es mayor al número de batches (paradas) faltantes, o es menor o igual a cero.	El número de batches a ejecutar es mayor que el número de batches faltantes.

#### 3.3.4.4.4 Fallas de comunicación

**Tabla 33**

**Posibles fallas de comunicación**

<b>FALLA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>POSIBLES CAUSAS</b>
Falla comunicación entre PLC y servidor	Esta falla se presenta cuando no se puede comunicar el PLC con el servidor de Ignition.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Pérdida de conectividad entre el PLC y los equipos de enlace.</li> <li>-Falla en el PLC.</li> <li>-Falla en alguno de los equipos de enlace.</li> <li>-Corte de energía, falla en cableado del sistema.</li> </ul>
Falla comunicación entre consola y servidor	Esta falla se presenta cuando no se puede comunicar la Consola con el servidor de Ignition. Se presenta un mensaje indicado que se perdió comunicación con el servidor.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Pérdida de conectividad entre el PLC y los equipos de enlace.</li> <li>-Falla en el computador.</li> <li>-Falla en alguno de los equipos de enlace.</li> <li>-Corte de energía, falla en cableado del sistema.</li> </ul>

- Fallas en procesos: las fallas que se puede dar a lo largo del proceso de dosificación.
- Fallas en arranque órdenes de producción: son las fallas y los mensajes de error que se pueden dar al momento de lanzar una orden de producción.
- Fallas de comunicación: las fallas que se dan por una mala comunicación entre los diferentes elementos de la red de comunicación.

## CAPÍTULO IV

### 4 IMPLEMENTACIÓN

En el presente capítulo se explicará la implementación de la base de datos, la interfaz HMI y el programa del sistema de control de dosificación de la planta de balanceado de la empresa GISIS S.A. De la misma manera, se detallarán los pasos a seguir para la instalación de los diferentes softwares empleados para el desarrollo de las diferentes actividades.

#### 4.1 Implementación de la base de datos

##### 4.1.1 Instalación de SQL Server 2008

Para emplear el paquete SQL Server 2008 es necesario tener los instaladores necesarios. Se debe saber el tipo de procesador en el que se está trabajando, es decir si trabaja a 32 o 64 bits. En este caso se instaló en un computador Windows Server 2012, de 64 bits. Para la instalación del software referirse al ANEXO C.

##### 4.1.2 Creación de una base de datos

SQL Server permite la creación y configuración de base de datos mediante dos formas: mediante comandos y mediante interfaz gráfica. Existen dos formas de crear una base de datos: por línea de comando y por interfaz gráfica. En el ANEXO D. se muestra en detalle el procedimiento.

##### 4.1.3 Comandos SQL para bases de datos

En la Tabla 34. se muestran los comandos básicos SQL que serán empleados en el desarrollo de la aplicación.

Tabla 34

## Comando SQL para Bases de Datos

Comando	Descripción
Creación base de datos y tablas	
CREATE DATABASE nombre_baseDatos	Se crea la base de datos con el respectivo nombre.
USE nombre_baseDatos	Se especifica la base de datos con las que se va a trabajar para ejecutar los siguientes comandos.
CREATE TABLE nombre_tabla (columnas_tabla)	Se crea una tabla dentro de la base de datos creada y se especifican todas las columnas y los tipos de datos de cada una de ellas.
Adición de información en la Base de Datos	
INSERT INTO nombre_tabla ( campo1, campo2, ...) VALUES ( valor1, valor 2, ... )	Inserta datos a una tabla específica.
Búsqueda y edición de datos	
UPDATE nombre_tabla SET campo1 = valor1, campo2 = valor2, ... WHERE condicion	Actualización de campos de la tabla específica, de acuerdo a una condición dada.
SELECT campo1, campo2, ... FROM nombre_tabla	Realiza una búsqueda y retorna los datos que cumplen con la condición especificada.
DELETE FROM nombre_tabla WHERE condicion	Eliminará las filas que cumplan con la condición especificada de la tabla requerida.

Para trabajar con las tablas relacionadas dentro de la base de datos se emplea el comando “*Inner Join*”, que permite trabajar con las tablas relacionadas, especificando los campos relacionados entre ellos. En la Figura 69. se muestra la estructura para emplear en comando “*Inner Join*”.

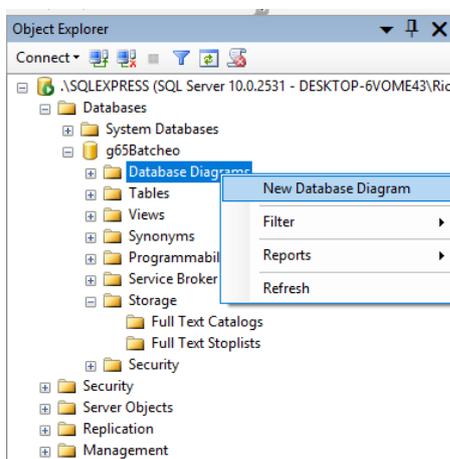
```
SELECT tabla1.campo(s), tabla2.campo(s)
FROM tabla1
INNER JOIN tabla2 ON tabla1.campo = tabla2.campo
```

Figura 69. Comandos para seleccionar datos de tablas relacionadas

#### 4.1.4 Relaciones entre tablas de base de datos

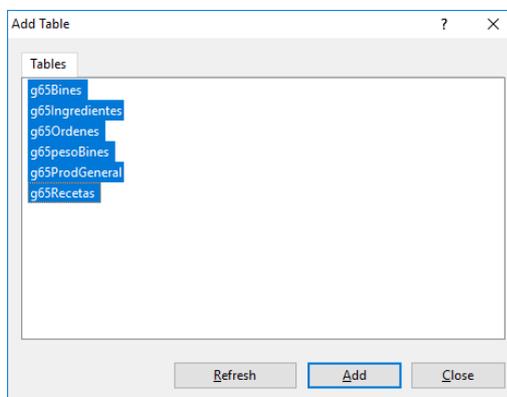
Mediante el software SQL Server se puede realizar diagramas de bases de datos y establecer las relaciones existentes entre las tablas del sistema. Para especificar las relaciones se deben seguir los siguientes pasos:

- Dirigirse al menú “*Object Explorer*”, “*Databases*”, “*baseDatos*”, damos clic secundario sobre “*Database Diagram*” y clic primario sobre “*New Database Diagram*”



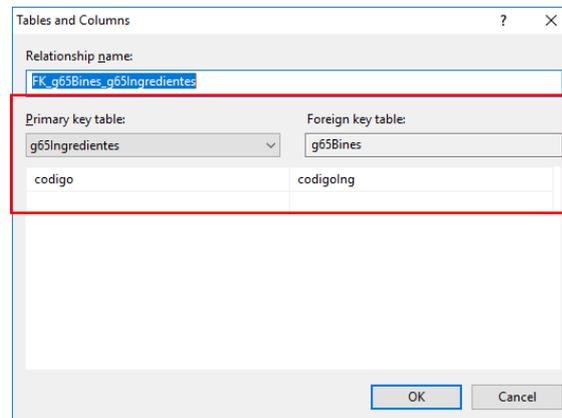
**Figura 70. Creación de un nuevo Diagrama de Base de Datos**

- Seleccionar todas las tablas con las que se desea trabajar y se añade a la hoja de trabajo.



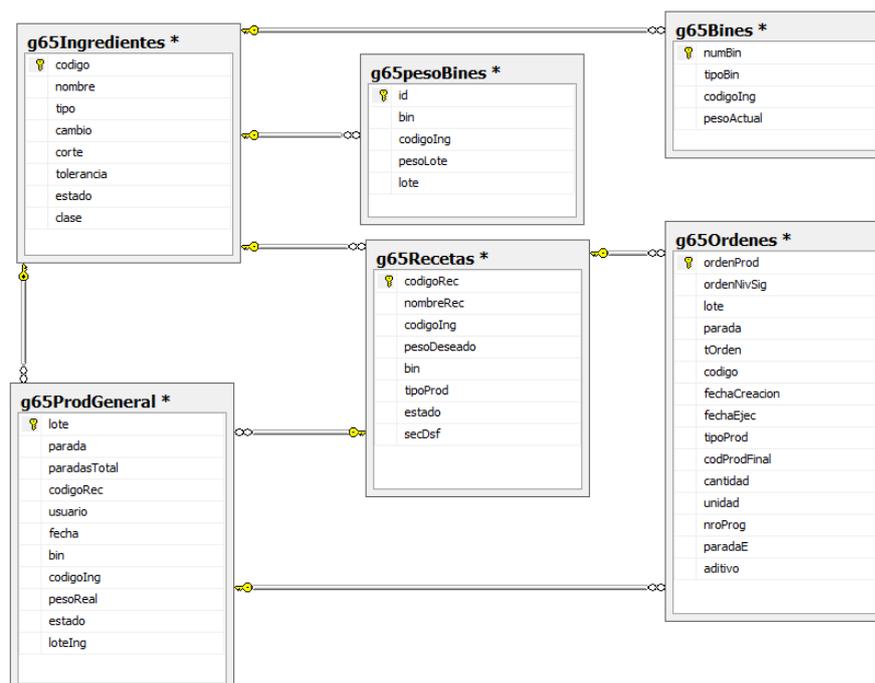
**Figura 71. Selección de Tablas de Base de Datos**

- Para establecer la relación entre las distintas tablas, únicamente se arrastra el campo de la primera tabla hasta el campo relacionado en la segunda tabla y se desplegará un menú indicando, las columnas relacionadas. Cabe recalcar que deben tener los mismos tipos de datos.



**Figura 72. Configuración de campos relacionados entre tablas**

En la Figura 73. se muestra el diagrama de base de datos implementado para el almacenamiento de la información del sistema de dosificación de la planta de producción de balanceado de Gisis S.A.



**Figura 73. Diagrama Base de Datos g65Batcheo**

## 4.2 Implementación de la interfaz HMI

### 4.2.1 Introducción al software Ignition

Ignition utiliza tecnología basada en la web, es lo que le hace superior a los demás diseñadores de sistemas HMI Scada. Su instalación es sencilla, está basado en un servidor central y se puede acceder a él mediante cualquier navegador. Ignition corre en la plataforma de Java, por lo que únicamente es necesario tener instalado este software para poder ejecutarlo, por lo que puede ser utilizado en cualquier sistema operativo. (Inductive Automation, 2017)

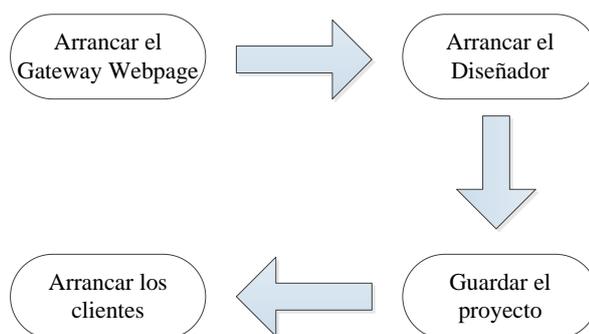
Ignition es una aplicación creada para el desarrollo de HMI y de sistemas SCADA. Ignition tiene una arquitectura modular, es decir, simplemente se instalan los paquetes que cumplan con las funciones necesarias para el desarrollo de la aplicación objetivo. No es necesario realizar una instalación completa. (Inductive Automation, 2017)

- **Arquitectura Cliente Servidor:** Ignition está basado en un servidor, que es el que controla todas las herramientas. Es decir, se debe instalar las licencias y los módulos en una computadora y los clientes accederán a él por medio de la red. Se pueden tener varios clientes y diseñadores conectados al mismo tiempo. (Inductive Automation, 2017)
- **Licencia Ilimitada:** el costo de las licencias en Ignition depende de los módulos que se van a emplear. Una sola licencia permite un acceso ilimitado, clientes, diseñadores, tags ilimitados. (Inductive Automation, 2017)
- **Desarrollo basado en la web:** en su totalidad el software de Ignition está basado en la web. Se accede mediante cualquier navegador al servidor, para conectarse al servidor, cambiar configuraciones, iniciar el diseñador, arrancar aplicaciones, etc. (Inductive Automation, 2017)

- **Arrancar diseñador y clientes desde la web:** para arrancar una aplicación y ejecutar el diseñador se utiliza el navegador. Si se realiza algún cambio en la aplicación se verá reflejado automáticamente en todos los clientes que se encuentren activos. (Inductive Automation, 2017)
- **Arquitectura modular y escalable:** al momento de añadir funcionalidades y herramientas a Ignition únicamente se instalan los módulos correspondientes. Los proyectos pueden ser pequeños e ir escalando de acuerdo con las necesidades y el desarrollo de la empresa. (Inductive Automation, 2017)

#### 4.2.1.1 Flujo del software Ignition

En la Figura 74. se muestra el flujo que se debe seguir para crear y correr una aplicación en Ignition. Se debe acceder al Gateway Webpage desde cualquier navegador, donde se descarga el diseñador de la aplicación. Una vez terminado el diseño de la aplicación se guarda el proyecto y se lo arranca. Cabe recalcar que si se desea realizar cambios únicamente se los guarda y se verán reflejados en todos los clientes que estén actualmente activos. (Inductive Automation, 2017)



**Figura 74. Flujo Aplicación Ignition.**

Fuente: (Inductive Automation, 2017)

#### 4.2.1.2 Gateway Webpage

Gateway Webpage concentra todas las características, configuraciones y funcionalidades de la plataforma. Desde esta página se puede realizar todas las

conexiones a los dispositivos, bases de datos, se realiza la configuración del software, activación de licencia, instalación de módulos, administración de alarmas, gestión de usuarios, entre otras funciones que brinda Ignition. (Inductive Automation, 2017)

Se puede acceder a la página del Gateway desde cualquier computador que se encuentre en la red del servidor. Se accede desde cualquier navegador, ingresando a la dirección: [http://ip\\_host:8088](http://ip_host:8088) y se desplegará la ventana de inicio de la plataforma. (Inductive Automation, 2017)

#### **4.2.1.3 Módulos de Ignition**

Ignition concentra todo su potencial en la variedad de módulos que posee. Los módulos son archivos adicionales que agregan características y funcionalidades al Gateway. La utilización de los diferentes módulos es lo que hace diferente a este software, se puede configurar un Gateway dependiendo de las necesidades del cliente. (Inductive Automation, 2017)

##### **4.2.1.3.1 SQL Bridge Module**

Este módulo permite la comunicación con las bases de datos. Añade características del lenguaje de consulta estructurado (SQL) a las aplicaciones. Además, de permitir la lectura y escritura de información entre la base de datos y los dispositivos que se encuentran conectados en la red. (Inductive Automation, 2017)

##### **4.2.1.3.2 Vision Module**

Este módulo permite el manejo de las características y propiedades de cada uno de los elementos existentes en el diseñador. Permite crear gráficos con datos en tiempo real, identificar el status de los indicadores y varios tipos de tablas, por lo que se puede almacenar esta información para poder procesarla. Existe la posibilidad de crear alarmas, realizar análisis en tiempo real y una sencilla construcción de objetos. Al igual que todos los módulos el número de clientes es ilimitado, por lo que un cambio realizado en el diseñador se verá reflejado en todos ellos.

#### 4.2.1.3.3 Simbol Factory Module

Este módulo integra “*Symbol Factory 2.5*”, que no es más que un “*Toolbox*” que posee un sin número de gráficos y objetos que ayudan al momento de crear las pantallas de la aplicación. Se debe buscar el símbolo del elemento necesario y se lo arrastra y agrega a una pantalla en específico. Para agregar animaciones al símbolo se hace doble clic sobre el mismo y se despliegan todas las opciones que tiene. (Inductive Automation, 2017)

#### 4.2.1.3.4 Reporting Module

Permite la creación y diseño de reportes dinámicos, estos se los puede crear de una forma sencilla y completa. Brinda una solución profesional para la creación de reportes, se los puede configurar para que se generen automáticamente y sean entregados a la persona encargada mediante correo electrónico o se generan en algún sitio específico del computador. Los reportes pueden ser creados en varios formatos como: PDF, HTML, CSV y RTF. (Inductive Automation, 2017)

#### 4.2.1.3.5 OPC - UA Module

El módulo OPC de Ignition permite la comunicación de la plataforma con varios tipos de dispositivos. Por medio de este módulo Ignition es capaz de conectarse con cualquier cliente de OPC-UA. Dentro de este módulo se encuentran los drivers necesarios para poder conectarse con las diferentes familias de controladores, entre los drivers se tienen: Allen-Bradley Ethernet, Modbus, Siemens, UDP and TCP, DNP3 y Omron. (Inductive Automation, 2017)

- **OPC**

Un servidor OPC es un driver que permite la comunicación y acceso a la información entre dispositivos externos, normalmente controladores con clientes OPC, por lo general interfaces de usuario. Un servidor OPC cumple con las normas

establecidas por OPC Foundation. Utiliza una arquitectura Servidor OPC – Cliente OPC, en donde el cliente es el maestro, mientras que el esclavo es el servidor. Debido a que el cliente solicita la información de los datos y el servidor tiene que entregar dichos datos. La comunicación entre el servidor y cliente OPC es bidireccional, es decir se puede leer y escribir los datos por medio del servidor. (Matrikon, 2012)

- **OPC – UA**

Es una plataforma independiente que trabaja bajo una arquitectura orientada a servicios. Es la versión más actual de servidores OPC, que reúne las características más relevantes de sus antecesores. A diferencia de los anteriores OPCs no emplea la interfaz DCOM ni OLE para su conexión, lo que significa que se puede trabajar en diferentes sistemas operativos y ya no solo en Windows. Por otro lado, con esta interfaz existe la posibilidad de agrupar los puntos de lectura y escritura de información, lo que brinda un mejor manejo de los mismos. (Patiño & Solano, 2016)

#### **4.2.1.3.6 Alarm Notification Module**

Permite la configuración de acuerdo con las necesidades de la empresa de cómo, dónde y por qué se generaron las alarmas, mediante el envío de correo electrónico hacia un específico grupo de usuarios. Se pueden configurar las alarmas que se desean visualizar únicamente en pantalla o las que se requiere almacenarlas en una base de datos, para su procesamiento. (Inductive Automation, 2017)

#### **4.2.1.3.7 Tag Historian Module**

El módulo de historización trabaja en conjunto con el SQL Bridge. Se almacenan ciertos datos o tags previamente configurados en una base de datos específica. Este módulo brinda la posibilidad de generar gráficos en tiempo real para tener una mejor abstracción de la información. Para el almacenamiento de estos datos se puede emplear la misma base de datos que la que se usa para el proceso general, pero lo recomendable es dividir las bases de datos y crear una específicamente para alarmas. (Inductive Automation, 2017)

#### 4.2.1.3.8 Serial Module

Permite la comunicación con cualquier dispositivo que tenga puerto serial, es decir con esta herramienta se puede abrir el puerto serial, leer, escribir y cerrarlo. Además, añade las características del *serial com* y del comando “*system.serial*” para scripting. (Inductive Automation, 2017)

#### 4.2.1.3.9 Arquitecturas del sistema

Ignition se acopla a las necesidades de la infraestructura de la empresa. Por lo que existen varios tipos de arquitecturas y conexiones que se pueden formar con los servidores de la plataforma. Se puede anclar el servidor en un solo campo, en múltiples campos o simplemente en alguna dirección de red en la nube, para poder acceder remotamente desde cualquier parte del mundo. En la Tabla 35. se muestran los ejemplos más relevantes de las arquitecturas en las que se puede implementar Ignition. Cabe recalcar que no son las únicas arquitecturas con las que se puede trabajar. (Inductive Automation, 2017)

**Tabla 35**

#### **Arquitecturas Ignition.**

Arquitecturas	Descripción
Arquitectura Standar	Se puede tener un sin número de conexiones a PLCs, bases de datos y clientes. Se puede seleccionar los módulos necesarios. Se instala Ignition en un servidor (una única licencia) principal que tenga comunicación con toda la red.
Arquitectura Estándar – Múltiples Sitios	Características de Arquitectura Estándar. Mediante una red corporativa se puede conectar más de dos sitios con el campo central.
Redundancia de Gateway	Existen dos servidores (dos licencias una por servidor), cuando el uno cae o pierde comunicación con la red el servidor secundario empieza a trabajar. Todos los dispositivos son conectados al servidor secundario.
Servidor Ignition alojado con redundancia	El servidor de Ignition está alojado en la nube. Se tienen dos servidores (dos licencias una por servidor) para poder crear la redundancia.

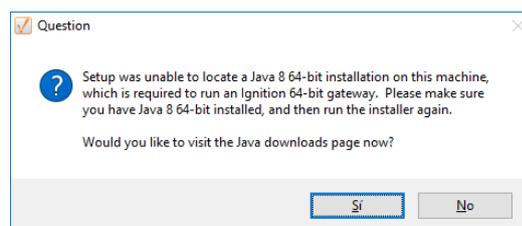
Continua 

Arquitecturas	Descripción
Puente entre red corporativa y de control	El Gateway de Ignition puede ser empleado como puente para la conexión de dos redes. Los clientes pueden arrancarse desde cualquier red, tanto la corporativa como la de control. La configuración de seguridad restringe el uso de la aplicación a cada uno de los usuarios.
OPC – UA Stand Alone	El servidor hace de interfaz entre los controladores y las máquinas de operador. Si existe pérdida de comunicación la información no va a estar disponible. Se puede almacenar la información en una base de datos para su procesamiento.

Fuente: (Inductive Automation, 2017)

#### 4.2.2 Instalación de software de Ignition

Ignition es un software que trabaja juntamente con la plataforma de Java, por lo que es necesario tener la versión más reciente de dicho software. Si el ordenador no dispone de java, al iniciar la instalación de Ignition, se va a requerir que actualice o que instale la versión más reciente para su sistema operativo, como se muestra en la Figura 75. Para instalar Java y de Ignition referirse al ANEXO E.



**Figura 75. Mensaje de Instalación de Java**

#### 4.2.3 Gateway Webpage

El Gateway Webpage, es la página de inicio y de configuración de la plataforma de Ignition. Se puede ingresar de manera local y de manera remota. Desde esta página se puede verificar el estado actual del Gateway, de las conexiones creadas, la posibilidad de administrar los proyectos, los usuarios y todas las configuraciones de

la plataforma. Desde la barra superior que se muestra en la Figura 80. se accede a las cuatro partes principales: Inicio, Estado, Configuración y el Diseñador.



**Figura 76. Barra superior Gateway Webpage**

**Tabla 36**

**Descripción de las partes del Gateway Webpage**

Pestaña	Descripción
Inicio	Permite visualizar y correr las diferentes aplicaciones creadas en el Gateway.
Estado	Permite verificar los estados de las conexiones creadas en el Gateway, además del estado de los tags de lectura y escritura.
Configuración	Permite crear todas las conexiones necesarias para el Gateway, creación de tags providers, manejo de usuarios, alarmar, historicos, etc.
Iniciar Diseñador	Descarga el archivo para poder ejecutar el diseñador.

#### 4.2.4 Conexión con PLC

Ignition permite la conexión con diferentes dispositivos del mercado, los drivers de conexión los incluye en la instalación. Es decir, no es necesario un software de terceros para poder realizar la comunicación con el PLC.

- Para realizar la conexión con un dispositivo se dirige a “*OPC-UA SERVER*”, y seleccionamos “*Devices*”.
- Seleccionar el tipo de driver con el que se va a realizar la conexión con el PLC. En este caso, es “*Legacy Allen-Bradley CompactLogix*”.

Tabla 37

## Parámetros de configuración Conexión con PLC

Parámetros	Descripción	Configuración
Name	Nombre de la conexión con el PLC.	g65Batcheo
Description	Descripción de la conexión creada.	Conexión PLC Batcheo – Planta Gisis 6 1/2
Enable Device	Se puede habilitar o deshabilitar la conexión cuando se la necesite.	Enabled
Hostname	Dirección IP del dispositivo con el que se desea conectar.	10.59.106.51
Timeout	Comunicación entre el dispositivo y el servidor OPC-UA.	2000
Connection Path	Definición de la ruta para conectar con el procesador.	default
Concurrent Requests	Número de peticiones que Ignition es capaz de enviar al PLC al mismo tiempo.	default

## Add Device Step 1: Choose Type

**Allen-Bradley Logix Driver**  
 Connect to Allen-Bradley Logix family devices, including devices with firmware v21+.

**Allen-Bradley MicroLogix**  
 Connect to MicroLogix 1100 and 1400 series PLCs.

**Allen-Bradley PLC5**  
 Connect to PLC5s via Ethernet.

**Allen-Bradley SLC**  
 Connect to SLC 5/05s via Ethernet.

**DNP3 Driver**  
 Connect to a DNP3 outstation.

**Legacy Allen-Bradley CompactLogix**  
 Connect to CompactLogix firmware v20 and prior processors.

Figura 77. Selección del tipo de dispositivo a conectar

## Devices

Name	Type	Description	Enabled	Status
g65Batcheo	Legacy Allen-Bradley CompactLogix		true	Connected: Protocol: EIP - Run Mode

Figura 78. Estado Conexión con PLC Batcheo

#### 4.2.5 Conexión con base de datos

Ignition es un software que soporta gran cantidad de conexiones con bases de datos. En la Tabla 38. se muestran los softwares compatibles con esta plataforma.

- Para realizar la conexión a la base de datos se dirige a la sección de “*DATABASES*”, y seleccionamos “*Connections*”.
- Seleccionar el tipo de driver con el que se va a trabajar en este caso es “*Microsoft SQLServer JDBC Driver*”.

**Tabla 38**

#### Bases de Datos Soportadas por Ignition.

Base de Datos	Versiones
MySQL	Desde 5.0 en adelante.
Microsoft SQL Server	2005, 2008, 2012, 2014, 2016
Oracle	10g, 11g, 12c
PostgreSQL	Desde 8.0 en adelante.
Firebird	Todas las versiones
IBM DB2	Desde 9.5 en adelante.
Microsoft Acces	Se puede acceder a esta base de datos, pero las características son limitadas.

Fuente: (Inductive Automation, 2017)

#### Add Connection Step 1: Choose Driver

Select the correct JDBC Driver for the type of database you wish to connect to. If no driver corresponds to your database, go to the Driver Configuration page to add a new driver.

- Firebird JDBC Driver  
The Jaybird JDBC driver for Firebird
- IBM DB2  
The official IBM DB2 JDBC Driver.
- Microsoft SQLServer JDBC Driver  
The Microsoft SQL Server JDBC Driver is a Java Database Connectivity (JDBC) 4.0 compliant driver.
- MySQL Connector/J  
The official MySQL JDBC Driver, Connector/J.
- Oracle JDBC Driver  
The Oracle Database JDBC driver.
- PostgreSQL JDBC Driver  
The official PostgreSQL JDBC Driver.

**Figura 79. Selección del driver para conexión con base de datos**

- Completar la configuración de la base de datos a la que se requiere conectar. En la Tabla 39. se muestran los parámetros de configuración y la descripción de cada uno de ellos.

Una vez realizada la configuración de la conexión con la base de datos. Si no existen errores aparecerá la nueva conexión con el estatus correspondiente, como se muestra en la Figura 80.

**Tabla 39**

**Parámetros de configuración para conexión con Base de Datos**

Parámetros	Descripción	Configuración
Name	Nombre de la conexión a la base de datos. Todas las conexiones necesitan un nombre diferente.	g65Batcheo
Description	Descripción de la conexión creada	Conexión base de datos Batcheo – Planta Gisis 6 1/2
JDBC Driver	El tipo de driver que se emplea para establecer la conexión con la base de datos.	Microsoft SQLServer JDBC Driver
Connect URL	La dirección donde se encuentra la base de datos. Puede incluir el puerto, el nombre de la base de datos.	//10.59.106.26\ MSSQLSERVER //localhost\MSSQLSERVER
Username	El usuario para la conexión con la base de datos.	sa
Password	La contraseña para la conexión con la base de datos.	contraseña
Password	Repetir la contraseña	contraseña
Extra Connections Properties	Selección del nombre de la base de datos con la que se va a trabajar.	databaseName=g65Batcheo
Enabled	Se puede habilitar o deshabilitar la conexión cuando se la necesite.	Enabled
Validation Timeout	Especificación del tiempo (milisegundos) para la validación de la conexión. Por defecto es 10000.	10000
Failover Datasource	Base de datos que reemplazaría en caso de que exista un error con la conexión primaria.	none

Database Connections

Name	Description	JDBC Driver	Translator	Status		
g65AlmHist	Gisis Planta 6.5 Base de Datos Alarmas	Microsoft SQLServer JDBC Driver	MSSQL	Faulted	delete	edit
g65Audit	Gisis Planta 6.5 Base de Datos Auditoria	Microsoft SQLServer JDBC Driver	MSSQL	Reconnecting	delete	edit
g65Batheo	Base da datos Plant Km. 6 1/2	Microsoft SQLServer JDBC Driver	MSSQL	Valid	delete	edit
g65MuyPul	Base de Datos Aplicación Pulverizadores - Planta km. 6.5	Microsoft SQLServer JDBC Driver	MSSQL	Reconnecting	delete	edit

**Figura 80. Conexión a Base de Datos**

#### 4.2.6 Creación de un proyecto

Para crear un proyecto es necesario descargar el “Diseñador” desde el Gateway, que se descarga con el nombre de “*Designer.jnlp*”. El diseñador se lo puede abrir desde el computador local o un ordenador remoto, para ello se debe acceder al Gateway del ordenador donde se va a trabajar y se descarga el diseñador.

Se ejecuta el diseñador y se ingresan las credenciales de acceso. Posteriormente, se llenan los campos que se especifican en la Figura 81.

**Figura 81. Creación de un nuevo proyecto en Ignition.**

#### 4.2.7 Creación de ventanas

Una vez creado un proyecto se puede empezar a crear las pantallas de las misma. En Ignition existen tres tipos de ventanas: main window, popup window y docked window.

Para la creación desde la pantalla de inicio del diseñador se puede seleccionar el tipo de ventana con el que se desea trabajar como se muestra en la Figura 82. Por

otro lado, como se muestra en la Figura 83. se puede crear una ventana accediendo desde la pestaña: File > New > Tipo Ventana.

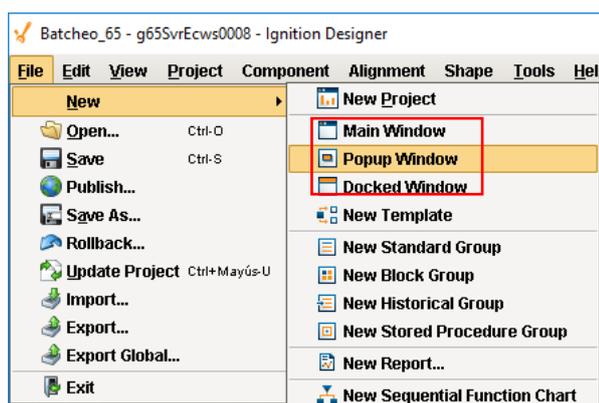
**Tabla 40**

**Descripción de tipos de ventanas de Ignition**

Ventana	Descripción
Main Window	Ventana principal de visualización del proceso.
Popup window	Ventanas emergentes y de ayuda para realizar acciones específicas en la aplicación.
Docked Window	Ventanas que se ubican en cierta posición de la pantalla: norte, sur, este, oeste. Se las utiliza generalmente para navegación y para información relevante que se quiere visualizar en todas las ventanas.



**Figura 82. Creación de ventanas**

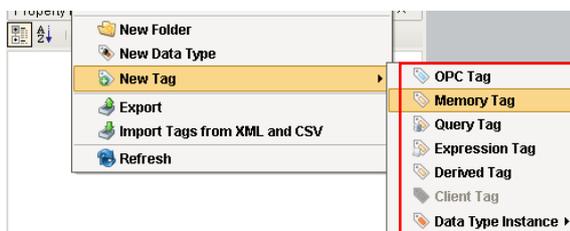


**Figura 83. Creación de ventanas**

#### 4.2.8 Creación de tags

Los tags son espacios de memoria creados en el programa que pueden ser valores estáticos o dinámicos, provenientes de un OPC, internos del programa o de

una base de datos. Existen 7 tipos de tags que se pueden crear en Ignition: OPC Tag, Memory Tag, Query Tag, Expression Tag, Derived Tag, Client Tag y Data Type. Para crear uno de ellos dirigirse a la sección de *Tag Browser > Tags > New Tag > Tipo de tag a crear*.

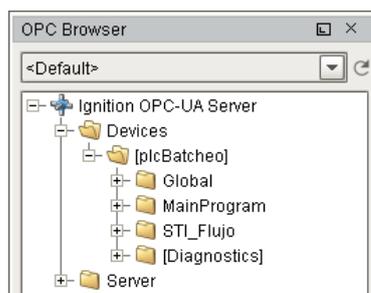


**Figura 84. Creación de tags**

Ignition da la opción de seleccionar directamente los tags del dispositivo al que vamos a conectar y arrastrarlos al proyecto. Para acceder al “*OPC Browser*” dirigimos al ícono “OPC” que se muestra en la Figura 86.



**Figura 85. Asistente de Creación de OPC Tags**



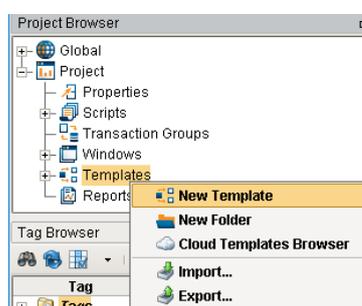
**Figura 86. Creación de OPC Tags**

#### 4.2.9 Creación de templates

Un template es un objeto creado por el usuario, al que se le pueden agregar propiedades necesarias con las que va a trabajar. Una vez creado un template se lo puede emplear en cualquier parte de la aplicación. Si se necesita hacer un cambio

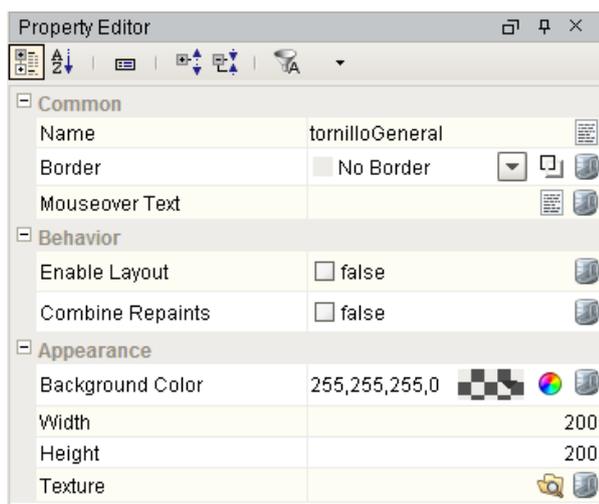
únicamente se lo realiza en el template y se verá reflejado en todas las instancias del mismo.

Para crear un template dirigirse a: *Project Browser* > *Templates* > *New Template*. Se puede crear un template nuevo, importar y exportarlos de un proyecto existente. Cabe recalcar que si se crea un template dentro del proyecto únicamente se lo podrá emplear en la aplicación que se está diseñando. Para compartir templates basta con crearlo en la pestaña “Global” del “*Tag Browser*”.



**Figura 87. Creación de un Template**

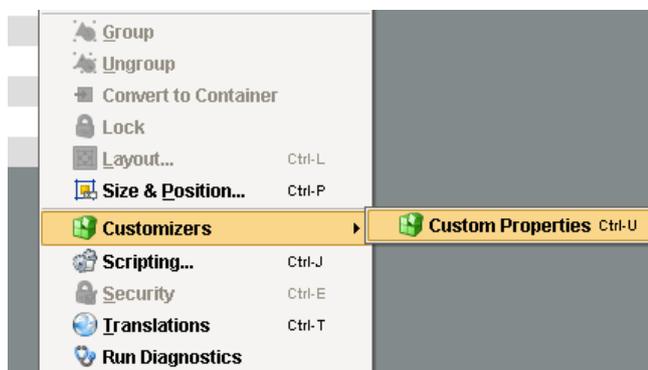
Una vez creado un template se despliega la hoja de trabajo donde se puede agregar y crear los objetos que necesitamos. Para configurar las propiedades del template dirigirse a la barra de la parte de la derecha en “*Property Editor*”.



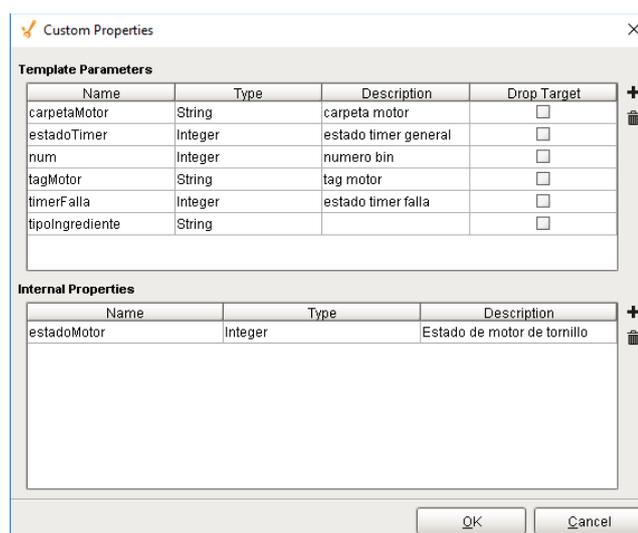
**Figura 88. Property Editor de un Template**

Los Templates pueden ser personalizados de acuerdo con las necesidades del usuario. Para ello existen propiedades personalizadas que se le pueden crear a nuestro

objeto. Existen dos tipos de propiedades: parámetros del template que son configurados cuando se emplea el objeto en la aplicación y las propiedades internas del template que ayudan en la animación del mismo.



**Figura 89. Creación de Propiedades de un Template**



**Figura 90. Custom Properties de un Template**

#### 4.2.10 Scripting en Ignition

Cada componente que forma parte de la aplicación de Ignition tiene propiedades que pueden contener expresiones para realizar ciertas acciones. En el caso de que se quiera realizar alguna acción que no se especifique dentro de estas propiedades se puede emplear los *scripts*. Ignition utiliza en lenguaje de programación de *Python* que es un lenguaje de programación de propósito general. (Inductive Automation, 2017)

*Python* es el lenguaje de programación y *jython* es la implementación del lenguaje al trabajar en el entorno de *java*. Esto es lo que hace a Ignition competitivo con los diferentes softwares de desarrollo de sistemas Scada. Debido a que se puede emplear las funciones que *java* utiliza en su programación. (Inductive Automation, 2017)

Por otro lado, se puede emplear el lenguaje *SQL* para trabajar con bases de datos, es decir desde cualquier lugar de Ignition se puede realizar una búsqueda o una actualización en una tabla de una base de datos. (Inductive Automation, 2017)

Se pueden realizar *scripts* que serán ejecutados a nivel de gateway o a nivel de cliente. Cuando se elige un *script* a nivel de gateway, este se ejecutará en el gateway de la aplicación, es decir en el servidor. Por otro lado, si se selecciona la opción de *Client Script*, el mismo se ejecutará en cada uno de los clientes que estén corriendo la aplicación. (Inductive Automation, 2017)

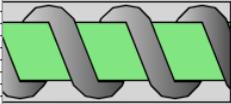
#### **4.2.11 Interfaz HMI**

Ignition tiene un gran potencial para el desarrollo de interfaces gráficas. Por otro lado, la interacción con la base de datos es la herramienta principal para la gestión de los datos de esta aplicación. En esta sección se mostrará el resultado obtenido al emplear esta herramienta. Se describirán los templates creados para la aplicación, las ventanas de proceso creadas, las ventanas de confirmación de acción y de alertas.

### 4.2.11.1 Templates creados

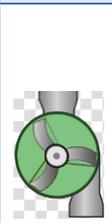
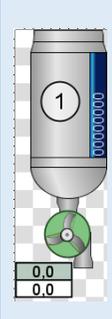
**Tabla 41**

**Templates Creados en la Interfaz**

Template	Nombre	Descripción	Propiedades	Tipo Dato
	Tornillo General	Simula el estado actual del tornillo dosificador. Se compone de tres estados: -Encendido: color verde y simulación de movimiento. -Apagado: color gris y detenido. -Falla: blink rojo y gris.	carpetaMotor: dirección de carpeta de tag de motor, del tornillo dosificador.	String
			estadotimer: estado actual del timer control animación.	Integer
			Num: número de bin.	Integer
			tagMotor: tag motor dosificador.	String
			timerFalla: estado actual del timer de falla.	Integer
tipoIngrediente: especificación tipo ingrediente.	String			
	Bin Macros General	Simula el estado actual del tornillo dosificador e indica las siguientes características: -Alerta nivel alto del bin de producto. -Código de ingrediente actual del bin.	carpetaMotor: dirección de carpeta de tag de motor, del tornillo dosificador.	Integer
			estadotimer: estado actual del timer control animación.	Integer
			nivelAlto: estado del switch de nivel alto de la tolva.	Boolean
			num: número de bin actual.	Integer
			tagMotor: tag motor dosificador.	String

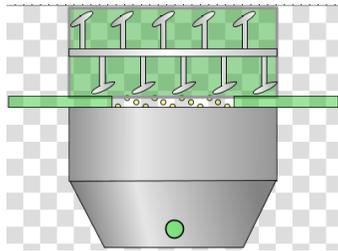
Continua



		<p>-Peso actual del ingrediente del bin. -Peso dosificado del bin.</p>	<p>timerFalla: estado actual del timer de falla. Integer</p> <p>tipoIngrediente: especificación tipo ingrediente. String</p>
	<p>Bomba General</p>	<p>Simula el estado actual de la bomba dosificadora. Se compone de tres estados: -Encendido: color verde y simulación de movimiento. -Apagado: color gris y detenido. -Falla: blink rojo y gris.</p>	<p>carpetaMotor: dirección de carpeta de tag de motor, de la bomba. String</p> <p>elemento: descripción del elemento actual. String</p> <p>estadotimer: estado actual del timer control animación. Integer</p> <p>tagMotor: tag motor dosificador. String</p> <p>timerFalla: estado actual del timer de falla. Integer</p>
	<p>Tanque Líquidos General</p>	<p>Simula el estado actual de la bomba dosificadora e indica las siguientes características: -Código de ingrediente actual del tanque. -Peso actual del ingrediente del tanque. -Peso dosificado del tanque.</p>	<p>carpetaMotor: dirección de carpeta de tag de motor, de bomba dosificadora. String</p> <p>num: número de tanque actual. Integer</p> <p>tagMotorBomba: tag motor bomba. String</p> <p>timerBomba: estado actual del timer control animación. Integer</p> <p>timerFalla: estado actual del timer de falla. Integer</p>

Continúa 

	<p>Flujometro</p>	<p>Indica el valor de la medida actual del flujo dosificado que pasa por la tubería de los líquidos pesados.</p>	<p>flujo: valor actual de flujo proveniente del PLC. Float</p>
	<p>Balanza Macros</p>	<p>Simula el estado del peso del ingrediente que se encuentra en la balanza y el estado de la compuerta de descarga de la balanza.</p>	<p>unidad: unidad de la medida del flujo actual. String</p> <p>carpeta: dirección de carpeta de tag de datos de la balanza. String</p> <p>estadotimer: estado actual del timer control animación. Integer</p> <p>ingrediente: especificación tipo ingrediente. String</p> <p>max: capacidad máxima de la balanza. Float</p> <p>peso: peso actual de la balanza. Float</p> <p>tagComp: tag compuerta de la balanza. String</p> <p>timerFalla: estado actual del timer de falla. Integer</p> <p>unidad: unidad de la medida del peso. String</p>
	<p>Válvula General</p>	<p>Indica el estado actual de la válvula. Se compone de tres estados:                  -Abierta: color verde.                  -Apagado: color gris.                  -Falla: blink rojo y gris.</p>	<p>carpeta: carpeta de válvula. String</p> <p>elemento: descripción del elemento actual. String</p> <p>tagValvula: nombre tag válvula String</p> <p>timerFalla: estado actual del timer de falla. Integer</p>



Mezcladora  
Macros

Simula el estado actual de la mezcladora e indica las siguientes características:

- Existencia de producto en tolva de descarga.
- Estado de compuerta de la mezcladora. Abierta, cerrada o en falla.
- Estado del motor de la mezcladora. Encendido, apagado o en falla.

carpeta: dirección de carpeta de tag de datos de la mezcladora.

String

estadotimer: estado actual del timer control animación.

Integer

sinProducto: estado del sensor de presencia de producto en la tolva.

Boolean

tagCompMezcl: tag compuerta mezcladora.

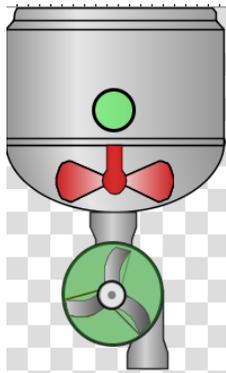
String

tagMezcl: tag motor mezcladora.

String

timerFalla: estado actual del timer de falla.

Integer



Agitador

Simula el estado actual del agitador e indica las siguientes características:

- Existencia de producto dentro del agitador.
- Estado del motor del agitador. Encendido, apagado o en falla.
- Estado del motor de la bomba. Encendido, apagado o en falla.

carpeta: dirección de carpeta de tag de datos del agitador.

String

sinProducto: estado del sensor de presencia de producto en el agitador.

Boolean

tagMotorAgitador: tag motor del agitador.

String

tagMotorBomba: tag motor de bomba.

String

timerAgitador: estado actual del timer control animación de agitador.

Integer

timerBomba: estado actual del timer control animación de bomba.

Integer

timerFalla: estado actual del timer de falla.

Integer

## 4.2.11.2 Ventanas de la aplicación

### 4.2.11.2.1 Ventana principal

En la Figura 91 se muestra la ventana de menú general del HMI. Desde esta ventana se puede realizar la navegación a las diferentes partes de la interfaz. La ventana se compone de cuatro partes: barra de estado, barra de navegación, ventanas del proceso e información del operador.



**Figura 91. Vista menú principal de la Interfaz HMI**

**a. Barra de estado:** es una pantalla de tipo “Docked” con posición al norte de la pantalla. Es decir, se la puede visualizar en todas las pantallas de la interfaz. Es una barra que permite la visualización general del estado actual del sistema. Se puede apreciar lo siguiente:

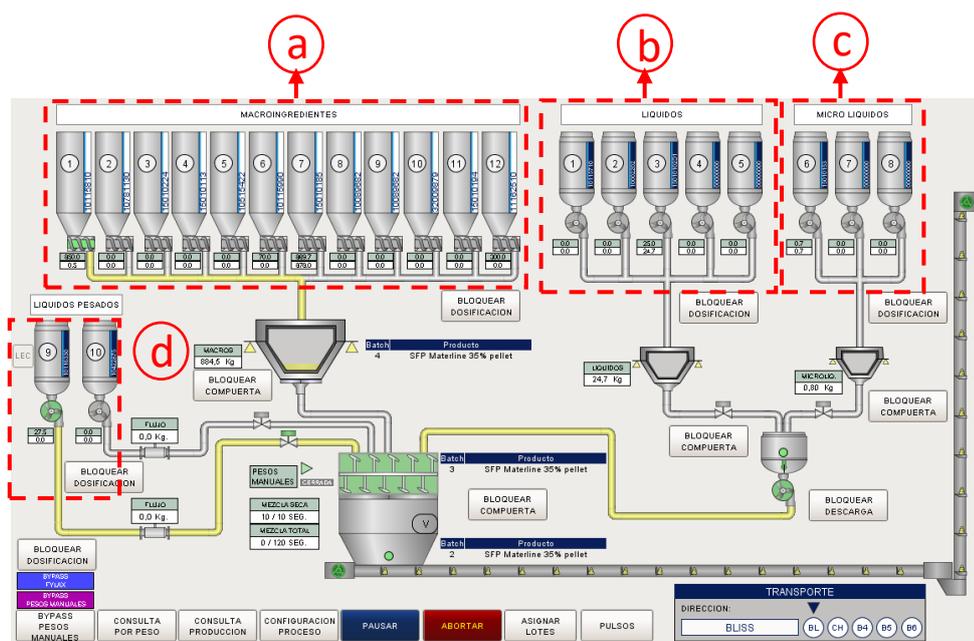
- Logotipo de la empresa GISIS S.A.
- Indicador del título de la interfaz y de la ventana actual.
- Indicadores visuales del estado actual de los sub procesos del sistema.

- Resumen de la orden de producción actual. Lote, número de batch en proceso y el número de batch total de la orden.
- Modo de operación del sistema.
- Botones de parada de emergencia.
- Información del sistema. Fecha, hora y usuario actual de la interfaz.

- b. Barra de navegación:** es una ventana de tipo “Docked” con posición al oeste. Desde esta barra se puede dirigir a las diferentes ventanas de la interfaz.
- c. Ventanas del proceso:** acceso a las diferentes ventanas del proceso, recetas, ordenes de producción, manejo de usuarios, alarmas e histórico de alarmas.
- d. Información del operador:** inicio y cierre de sesión. Información del usuario que está conectado a la aplicación y los diferentes niveles de acceso que posee.

#### 4.2.11.2.2 Ventana de batcheo

En la ventana de Batcheo se puede apreciar el estado de la secuencia de dosificación de la orden de producción actual. Se visualizan los 12 bins de macros (a), 5 tanques de líquidos (b), 3 tanques de micro líquidos (c) y 2 tanque de líquidos pesados (d).



**Figura 92. Vista Ventana Batcheo de la Interfaz HMI**

En la parte de pesaje se muestran las tres balanzas junto con su peso actual: Macroingredientes, líquidos y microlíquidos. En el caso de los líquidos pesados se puede visualizar el peso mediante los flujómetros. El estado actual de la mezcladora, el agitador, del transportador y el elevador.

La información que se puede apreciar y las acciones que se pueden realizar desde esta pantalla son las siguientes:

- Verificar y modificar el ingrediente que se encuentra en cada uno de los 12 bins de Macroingredientes y en los 10 tanques de líquidos.
- En caso de tener el sistema en modos manual se puede encender / apagar los 12 motores de dosificación de Macroingredientes. En caso de modo automático no permite realizar ninguna de las acciones de mantenimiento. (La mezcladora es un caso especial siempre se la enciende de modo manual).
- En caso de tener el sistema en modos manual se puede encender / apagar las 5 bombas de dosificación de líquidos: 3 de microlíquidos y 2 de líquidos pesados. En caso de modo automático no permite realizar ninguna de las acciones de mantenimiento.
- En la Figura 93. se muestra el popup de control de motores dosificadores. Se aprecia el nombre del motor, el nombre del bin o tanque al que se encuentra asociado, el estado actual del motor, el estado del retorno del contactor y el estado del guardamotor. En modo manual se habilitan las opciones de peso deseado, peso cambio y peso de corte. Además de encender / apagar el motor.
- Para encender y apagar la mezcladora es necesario tener habilitado el permisivo, debido a que esta acción se la realiza siempre de modo manual. En la Figura 94. se muestra el pop-up de control de la mezcladora donde se puede apreciar: el estado actual de la mezcladora, el retorno del contactor, el estado del guardamotor, el permisivo y la capacidad de encender / apagar el motor.



**Figura 93. Pop-up Control de Motores Dosificadores**



**Figura 94. Pop-up Control Mezcladora**

- Verificar la dirección a la que se va a transportar la mezcla que se está procesando. En caso de que la tolva de destino se encuentre llena, está empezará a parpadear en rojo como se muestra en la Figura 95. El destino puede ser: Bliss, Champion, Bin 4, Bin 5 y Bin 6.



**Figura 95. Pantalla Batcheo - Línea Destino**

En la parte inferior de la pantalla se encuentran botones de acceso a configuraciones del proceso de dosificación: Bypass pesos manuales, consulta por peso, configuración proceso, abortar, pausar, asignar lotes y pulsos.



**Figura 96. Pantalla Batcheo - Botones de configuración del sistema**

- **Bypass pesos manuales:** desde este pop-up se puede realizar dos tipos de bypass: de pesos manuales y de inclusión de fylax a la receta. El bypass de pesos manuales se lo puede realizar por código, por receta o por ingredientes.

**Figura 97. Pop-up Bypass Pesos Manuales**

-Habilitar / Deshabilitar Bypass pesos manuales: se aplica un bypass al Sistema de Pesos Manuales mientras esté activo. Es decir, no se requiere completar una receta con el sistema para avanzar en la secuencia de dosificación.

-Bypass Receta: se aplica bypass al Sistema de Pesos Manuales de la parada en curso. Para habilitar este bypass se solicitará al supervisor que ingrese el código asignado.

-Bypass Código: se aplica un bypass a la lectura de código de barras del ingrediente en curso de la parada actual. Se utiliza en caso de no disponer del

código del ingrediente y el lote asignado se llenará con un “000000000000”. Para habilitar este bypass se solicitará al supervisor que ingrese el código asignado.

-Bypass Ingrediente: se tiene una tabla con ingredientes que pueden tener un bypass para leer únicamente el código de barras, pero sin necesidad de pesarlos para avanzar en la receta. A través de este botón se presenta una pantalla adicional para agregar, quitar ingredientes de esta lista.

-Habilitar / Deshabilitar Fylax: se aplica un bypass al sistema del Fylax, es decir no es necesaria la señal de confirmación del Fylax para seguir con el proceso normal.

id	codigo	ingrediente
1	10087492	Sal
3	10115990	Harina De Sangre...
5	10115910	Harina De Krill
6	15010103	Hidrolizado de Ca...
7	10006430	Gluten De Trigo
9	15010258	CaCO3 Type B1 P...

codigo	ingrediente
00000000	Sin producto
00000000	Sin producto
10000150	Astaxantina
10000590	Carbonato Calcio Tipo B1
10000880	Acido Citrico
10001050	Sulfato De Cobre
10001372	Deo-Odorase
10001480	Metionina 98%
10002202	Acete Palma
10002202D1	Acete Palma D1

**Figura 98. Pop-up Ingredientes**

- **Consulta por peso:** desde este pop-up se puede realizar se puede visualizar una tabla de resumen que indica el número de lote, junto con el peso real y el peso de receta de cada uno de los ingredientes que se encuentren en la receta de la orden de producción. Se puede seleccionar las fechas para realizar la búsqueda, además del tipo de filtro que se quiere realizar: ordenar por fecha u ordenar por lote. Adicional, se puede exportar el reporte en formato Excel.

CONSULTA PRODUCCION							
FECHA INICIO:	06/17/2017 11:17 PM	RECETA:		TOTAL DATOS:	ORDENAR FECHA		
FECHA FIN:	06/18/2017 11:17 AM	LOTE:		537	ORDENAR LOTE		
Lote	Parada	Bin	Fecha	Nombre Ingrediente	Peso Receta	Peso Real	lot...
5006408-002	3	6	jun 18, 2017 11:12 AM	Harina De Sangre ( Hemop...	70,00	65,50 0000...	
5006408-002	2	9	jun 18, 2017 11:12 AM	Lectina 60% Liquida	27,50	27,55 0000...	
5006408-002	3	12	jun 18, 2017 11:12 AM	Harina Residuo De Atun Pa...	300,00	300,00 1003...	
5006408-002	3	1	jun 18, 2017 11:11 AM	Trigo A	850,00	848,50 0000...	
5006408-002	3	3	jun 18, 2017 11:11 AM	Hidrolizado De Pescado Liq...	25,00	25,10 0000...	
5006408-002	3	7	jun 18, 2017 11:11 AM	Soya importado	869,67	883,00 0000...	
5006408-002	3	6	jun 18, 2017 11:10 AM	Colina al 75% Liquida	0,70	0,76 0000...	
5006408-002	1	9	jun 18, 2017 11:08 AM	Lectina 60% Liquida	27,50	27,52 0000...	
5006408-002	2	6	jun 18, 2017 11:06 AM	Harina De Sangre ( Hemop...	70,00	59,50 0000...	
5006408-002	2	12	jun 18, 2017 11:06 AM	Harina Residuo De Atun Pa...	300,00	299,50 1003...	
5006408-002	2	1	jun 18, 2017 11:06 AM	Trigo A	850,00	856,50 0000...	
5006408-002	2	3	jun 18, 2017 11:05 AM	Hidrolizado De Pescado Liq...	25,00	25,00 0000...	
5006408-002	2	7	jun 18, 2017 11:05 AM	Soya importado	869,67	887,00 0000...	
5006408-002	2	6	jun 18, 2017 11:05 AM	Colina al 75% Liquida	0,70	0,84 0000...	
5006408-002	1	6	jun 18, 2017 11:05 AM	Colina al 75% Liquida	0,70	0,93 0000...	
5006408-002	1	6	jun 18, 2017 10:49 AM	Harina De Sangre ( Hemop...	70,00	48,50 0000...	
5006408-002	1	12	jun 18, 2017 10:49 AM	Harina Residuo De Atun Pa...	300,00	299,50 1003...	
5006408-002	1	1	jun 18, 2017 10:48 AM	Trigo A	850,00	852,00 0000...	
5006408-002	1	7	jun 18, 2017 10:48 AM	Soya importado	869,67	895,50 0000...	
5006408-002	1	3	jun 18, 2017 10:45 AM	Hidrolizado De Pescado Liq...	25,00	25,00 0000...	
MANUAL	0	9	jun 18, 2017 9:49 AM	Lectina 60% Liquida	0,00	28,00 0000...	

EXPORTAR EXCEL

**Figura 99. Pop-up Consulta por Peso**

- **Consulta Producción:** desde este pop-up se puede realizar se puede consultar la cantidad de paradas realizadas en el rango de fechas seleccionado. Se puede realizar restricciones en relación con una receta o un lote de producción.

CONSULTA PRODUCCION			
FECHA INICIO:	04/12/2017 10:28 PM	RECETA:	
FECHA FIN:	04/13/2017 10:28 AM	LOTE:	
		TOTAL PARADAS:	70
lote	codigoRec	parada	
5000637-001	3200887520161214	1	
5000637-001	3200887520161214	2	
5000637-001	3200887520161214	3	
5000637-001	3200887520161214	4	
5000637-001	3200887520161214	5	
5000637-001	3200887520161214	6	
5000637-001	3200887520161214	7	
5000637-001	3200887520161214	8	
5000637-001	3200887520161214	9	
5000637-001	3200887520161214	10	
5000877-001	3200790520161223	1	
5000877-001	3200790520161223	2	
5000877-001	3200790520161223	3	
5000877-001	3200790520161223	4	
5000877-001	3200790520161223	5	
5000877-001	3200790520161223	6	
5000877-001	3200790520161223	7	

CONSULTAR

**Figura 100. Pop-up Consulta Producción**

- **Configuración Proceso:** desde este pop-up se puede realizar se puede realizar la configuración del proceso de dosificación: configuración de tiempos del sistema y selección de modo de trabajo del mismo.
  
- **Configuración de tiempos del sistema:**
  - Tiempo de desalojo de líquidos: es el tiempo de encendido de la bomba que va a tomar para desalojar los líquidos que se encuentren en el agitador para que lleguen hasta la mezcladora.
  
  - Tiempo de mezcla total: tiempo de mezcla final, es decir, la mezcla de los ingredientes sólidos incluidos los líquidos.
  
  - Tiempo de mezcla seca: tiempo de mezcla de los ingredientes sólidos, fylax y los pesos manuales. Antes de incluir los líquidos a la mezcladora.
  
  - Tiempo apertura compuerta: tiempo establecido para desalojar toda la mezcla desde el agitador a la tolva de compensación.
  
  - Tiempo apagado alimentación de macros: tiempo establecido para apagar el transportador de recepción, para desalojar todo el producto. Al momento de cambiar el bin de destino de la recepción del producto.
  
  - Tiempo descarga Bin 4: tiempo establecido para mantener encendido el transportador de la línea cuatro y desalojar todo el producto.
  
  - Tiempo cambio producto mezcla: tiempo establecido para realizar un cambio de producto de mezcla y evitar contaminación del producto.
  
- **Modo de trabajo:**
  - Establecer el modo de trabajo: Automático / Manual.

CONFIGURACION DE TIEMPOS DEL SISTEMA		
TIEMPO DE DESLOJO DE LIQUIDOS:	20	SEGUNDOS
TIEMPO DE MEZCLA TOTAL:	15	SEGUNDOS
TIEMPO DE MEZCLA SECA:	10	SEGUNDOS
TIEMPO APERTURA COMPUERTA:	20	SEGUNDOS
TIEMPO APAGADO ALIMENTACION MACROS:	1	MINUTOS
TIEMPO DESCARGA BIN 4:	20	SEGUNDOS
TIEMPO CAMBIO PRODUCTO MEZCLA:	15	SEGUNDOS

MODO DE TRABAJO		
MANUAL		
CAMBIO A MODO MANUAL		CAMBIO A MODO AUTOMATICO

**Figura 101. Pop-up Configuración de Proceso**

- **Pausar:** permite la parada del proceso en el estado que se encuentre el sistema. Este botón está habilitado para los usuarios con el nivel de “Operador”.
- **Abortar:** permite abortar el proceso actual. Es decir, se detiene la producción el lote actual y se inicializa todo el sistema. Este botón está habilitado para los usuarios con el nivel de “Operador”.
- **Asignar lotes:** desde este pop-up se puede visualizar los lotes de materia prima de los que se va a descargar el producto el proceso de mezcla.
- **Pulsos:** es una pantalla de control del sistema. En caso de que el sistema se detiene en alguna etapa se puede acudir a esta ventana y revisar la información.

LOTES DE PRODUCTO			
MACROINGREDIENTES		LIQUIDOS	
TOLVA 1:	100276601001	TANQUE 1:	100317701008
TOLVA 2:	100294001001	TANQUE 2:	100297801006
TOLVA 3:	100197501001	TANQUE 3:	1703010013
TOLVA 4:	001611240010	TANQUE 4:	000000000000
TOLVA 5:	100297301001	TANQUE 5:	000000000000
TOLVA 6:	100269401004	MICROLIQUIDOS	
TOLVA 7:	100333801023	TANQUE 6:	100246401001
TOLVA 8:	100264701001	TANQUE 7:	100246401001
TOLVA 9:	100291901001	TANQUE 8:	100223401001
TOLVA 10:	100181701001	LIQUIDOS PESADOS	
TOLVA 11:	100325801001	TANQUE 9:	100223401001
TOLVA 12:	100226101002	TANQUE 10:	100223401001

**Figura 102. Pop-up Asignar Lotes**

PULSOS			
MACROS	Off	MACROS	Off
LIQUIDOS	Off	LIQUIDOS	Off
MICROLIQUIDOS	Off	MICROLIQUIDOS	Off
LIQ PESADO 1	Off	LIQ PESADO 1	Off
LIQ PESADO 2	Off	LIQ PESADO 2	Off
ARRANQUE	Off	ARRANQUE	Off
MEZCLADORA	Off	MEZCLADORA	Off
TRANSPORTE	Off	TRANSPORTE	Off
PESAJE MANUAL	Off	PESAJE MANUAL	Off

**Figura 103. Pop-up Pulsos**

#### 4.2.11.2.3 Ventana de recetas

La ventana de recetas es donde se visualizan, los detalles de las recetas existentes dentro de la base de datos. Los ingredientes sólidos, sólidos los bins de los que se va a dosificar y la secuencia de dosificación. Además, se puede editar los bins y secuencia de recetas y editar los parámetros de cada uno de los ingredientes.

CODIGO RECETA:		3200884520161201					
DESCRIPCION:		SFP t-380					

a

INGREDIENTES BINES SOLIDOS							
CODIGO	DESCRIPCION	PESO [Kg]	CAMBIO [Kg]	CORTE [Kg]	TOLERANCIA [%]	No. BIN	SEC
10116810	Trigo A	630.85	60	15	5	1	0
15010186	Soya local	600	40	20	2	1	0
10515422	Harina Pescado 84% (63 - 67)	600	30	10	5	1	0
15010190	Harina de cabeza de camarón	40	15	10	3	1	0
32006315	Nucleo T-380	36.1	0	0	0	1	0
15010171	Nucleotido E	4	0	0	5	1	0

b

INGREDIENTES TANQUES LIQUIDOS							
CODIGO	DESCRIPCION	PESO [Kg]	CAMBIO [Kg]	CORTE [Kg]	TOLERANCIA [%]	No. BIN	SEC
32008912	Mix 5 (Soy Oil+Fish Oil)	40	30	30	3	1	0
10116330	Lecitina 60% Liquida	26	5	2	2	1	0
15010207	Soluble de camaron de baja proteina	20.95	5	2	5	1	0
15010153	Colina al 75% Liquida	2.1	0.5	0	5	1	0

MENU RECETAS	
CONSULTAR RECETA	
EDITAR RECETA	
GUARDAR RECETA	
CANCELAR EDICION	
MENU INGREDIENTES	
CODIGO:	10002202D2
NOMBRE:	Acete Palma D2
PESO CAMBIO [Kg]:	20
PESO CORTE [Kg]:	20
TOLERANCIA [%]:	1
CONSULTAR INGREDIENTE	
EDITAR INGREDIENTE	
GUARDAR CAMBIOS	
CANCELAR	

**Figura 104. Vista Ventana de Recetas de la Interfaz HMI**

- **Recetas**

Para seleccionar una receta se accede al menú que se encuentra en la parte superior derecha (a) de la Figura 104. que permite: consultar receta, editar receta, guardar receta y cancelar edición.

- Consultar receta: se muestra el pop-up de “Consulta Receta” donde se puede buscar por código o nombre. Se selecciona la fórmula y se mostrarán los detalles en la pantalla principal.

- Editar Receta: una vez seleccionada la receta con la que se va a trabajar se pulsa el botón de “Editar Receta” y las columnas “No. Bin” y “Sec” de la tabla se habilitan. Es decir, el operador puede modificar los bins en los que se encuentran los ingredientes y el orden de la secuencia de dosificación. (Siendo 1 el primer ingrediente a ser dosificado).

Se encuentra un botón de “Leer Bines” que realiza una consulta automática de los ingredientes que están configurados en cada bin y completa los parámetros en la receta.

- Guardar Receta: guarda los cambios realizados en la base de datos del sistema.
- Cancelar Edición: descartar los cambios realizados y la receta vuelve a los parámetros iniciales.

CODIGO	NOMBRE
3200755620161208	SFP Loricá 42%
3200757520161208	SFP extruido I-420 Nature Wellness 42%
3200757520161223	SFP extruido I-420 Nature Wellness 42%
3200757620161212	SFP extruido I-420 Nature Wellness 42% NT
3200789520161201	SFP extruido I-380 Nature Wellness 38%
3200790520161201	SFP I-380 AV Extr Loricá 38%
3200790520161223	SFP I-380 AV Extr Loricá 38%
3200795520161201	SFP I-350 extruido Nature Wellness 35%
3200795520161223	SFP I-350 extruido Nature Wellness 35%
3200795620161212	SFP I-350 extruido Nature Wellness 35% NT
3200796520161201	SFP I-350 AV Extr Nature Wellness
3200796520161201	SFP Nature Wellness 35% AD
3200797520161207	SFP Optiline 35% AD extruido
3200798520161208	SFP CI-350 AV Extr Loricá 35% Optiline

**Figura 105. Pop-up Consultar Receta**

- **Ingredientes**

Para visualizar los detalles de un ingrediente en específico se accede al menú que se encuentra en la parte inferior derecha (b) de la Figura 104. que permite: consultar ingrediente, editar ingrediente, guardar ingrediente y cancelar edición.

- Consultar Ingrediente: se muestra el pop-up de “Consulta Ingrediente” donde se puede buscar por código o nombre. Se selecciona el ingrediente y se mostrarán los detalles en la pantalla principal.

- Editar Ingrediente: se habilitan los campos de Peso Cambio, Peso corte y Tolerancia que pueden ser modificados por el operador. Existe la posibilidad de seleccionar un ingrediente de una receta desplegada. Se da doble clic en las tablas de ingredientes líquidos o sólidos y se cargan sus datos en el menú ingredientes.

- Guardar Ingrediente: guarda los cambios realizados en la base de datos del sistema.

- Cancelar Edición: descartar los cambios realizados y la receta vuelve a los parámetros iniciales.



Figura 106. Pop-up Consulta Ingredientes

#### 4.2.11.2.4 Ventana de ordenes de producción

NOMBRE RECETA	ORDEN PRODUCCION	LOTE ENVASADO	PARADAS TOTALES	PARADAS EJECUTADAS	CODIGO RECETA	PRODUCTO FINAL	CANTIDAD	UNIDAD	FECHA EJECUCION	CERRAR ORDEN
SFP Cerdo cec 3 medicado	5006521	5006520	26	0	3200944520170602	32009445	52.500	KG	ene 1, 1900 12:00 AM	
SFP Cerdo engorde normal pg	5006689	5006678	13	0	3200951520170602	32009515	25.000	KG	ene 1, 1900 12:00 AM	
SFP Cerdo engorde normal pg	5006690	5006682	14	0	3200951520170602	32009515	27.500	KG	ene 1, 1900 12:00 AM	
SFP Cerdo finalizador normal 105 fc	5006688	5006675	18	0	3200950520170602	32009505	35.000	KG	ene 1, 1900 12:00 AM	
SFP Cerdo finalizador normal 105 pg	5006691	5006679	15	0	3200952520170602	32009525	30.000	KG	ene 1, 1900 12:00 AM	
SFP Cerdo finalizador normal 105 pg	5006692	5006683	20	0	3200952520170602	32009525	40.000	KG	ene 1, 1900 12:00 AM	
SFP Cerdo levante med 29-50 pg	5006531	5006530	25	0	3200959520170602	32009595	50.000	KG	ene 1, 1900 12:00 AM	
SFP Cerdo levante med 29-50 pg	5006694	5006676	13	0	3200959520170602	32009595	25.000	KG	ene 1, 1900 12:00 AM	
SFP Cerdo levante nor 51-74 pg	5006695	5006677	13	0	3200960520170602	32009605	25.000	KG	ene 1, 1900 12:00 AM	
SFP Cerdo levante nor 51-74 pg	5006696	5006681	14	0	3200960520170602	32009605	27.500	KG	ene 1, 1900 12:00 AM	
SFP Cerdo levante normal 51-74 fc	5006528	5006527	26	0	3200948520170602	32009485	52.500	KG	ene 1, 1900 12:00 AM	
SFP Cerdo levante normal 51-74 fc	5006698	5006674	13	0	3200948520170602	32009485	25.000	KG	ene 1, 1900 12:00 AM	
SFP Cerdos finalizador magro	5006524	5006523	40	0	3200948520170602	32009485	80.000	KG	ene 1, 1900 12:00 AM	
SFP Cerdos finalizador magro	5006695	5006673	28	0	3200948520170602	32009485	52.500	KG	ene 1, 1900 12:00 AM	
SFP Chanchillas	5006687	5006684	6	0	3200948620170602	32009486	12.500	KG	ene 1, 1900 12:00 AM	
SFP Mateline 35% pellet	5006408	5006407	56	0	3200850520170602	32008505	140.000	KG	ene 1, 1900 12:00 AM	
SFP Pavo crecimiento	5004219	5004218	31	0	3200933520170401	32009335	92.000	KG	ene 1, 1900 12:00 AM	
SFP pellet FR-350 Setline 35%	5006396	5006395	44	0	3200859520170602	32008595	110.000	KG	ene 1, 1900 12:00 AM	
SFP pellet FR-350 Setline 35%	5006389	5006387	68	0	3200859520170602	32008595	170.000	KG	ene 1, 1900 12:00 AM	
SFP pellet FR-350 Setline 35%	5006390	5006388	44	0	3200859520170602	32008595	110.000	KG	ene 1, 1900 12:00 AM	
SFP pellet FR-350 Setline 35%	5006394	5006391	302	0	3200859520170602	32008595	755.000	KG	ene 1, 1900 12:00 AM	
SFP pellet FR-350 Setline 35%	5006395	5006392	44	0	3200859520170602	32008595	110.000	KG	ene 1, 1900 12:00 AM	
SFP pellet FR-350 Setline 35%	5006396	5006393	44	0	3200859520170602	32008595	110.000	KG	ene 1, 1900 12:00 AM	
SFP pellet FI-350 Optiline 35%	5006417	5006415	145	0	3200844520170608	32008445	362.500	KG	ene 1, 1900 12:00 AM	
SFP pellet FI-350 Optiline 35%	5006419	5006413	100	0	3200844520170608	32008445	250.000	KG	ene 1, 1900 12:00 AM	
SFP pellet FI-350 Optiline 35%	5006420	5006414	100	0	3200844520170608	32008445	250.000	KG	ene 1, 1900 12:00 AM	
SFP pellet FI-350 Optiline 35%	5006537	5006536	100	0	3200844520170608	32008445	250.000	KG	ene 1, 1900 12:00 AM	
SFP pellet FI-350 Optiline 35%	5006538	5006535	100	0	3200844520170608	32008445	250.000	KG	ene 1, 1900 12:00 AM	
SFP pellet FI-350 Optiline 35%	5006585	5006583	110	0	3200844520170608	32008445	275.000	KG	ene 1, 1900 12:00 AM	
SFP pellet FI-350 Optiline 35%	5006586	5006582	100	0	3200844520170608	32008445	250.000	KG	ene 1, 1900 12:00 AM	
SFP pellet FI-350 Optiline 35%	5006631	5006630	8	0	3200844520170608	32008445	20.000	KG	ene 1, 1900 12:00 AM	
SFP pellet FI-350 Optiline 35%	5006633	5006632	6	0	3200844520170608	32008445	15.000	KG	ene 1, 1900 12:00 AM	

DETALLE DE ORDEN SELECCIONADA			
ORDEN:	5006633	LOTE ENVASADO:	5006632
CODIGO RECETA:	3200844520170608	PARADAS PROGRAMADAS:	6
NOMBRE RECETA:	SFP pellet FI-350 Optiline 35%	PARADAS EJECUTADAS:	0
		PARADAS FALTANTES:	6

Figura 107. Vista Ventana de Órdenes de Producción de la Interfaz HMI

Para establecer una orden de producción, se debe acceder a esta pantalla. Se puede visualizar la tabla de órdenes de producciones disponibles para el sistema, se

selecciona una y se arranca el sistema. Para arrancar una orden se deben seguir los siguientes pasos:

1. En la tabla que se encuentra en la pantalla se debe buscar y seleccionar (doble clic) en la orden con la que se desea trabajar.
2. Completar el campo “Batches a Ejecutar” del pop-up que se desplegará.



**Figura 108. Pop-up Número Batches**

3. Los detalles de la orden de producción se cargarán en la parte de detalle de la orden seleccionada de la pantalla de órdenes de producción. Se cargarán los siguientes datos: orden, código receta, nombre receta, lote envasado, paradas programadas, paradas ejecutadas, paradas faltantes y paradas a ejecutar.

DETALLE DE ORDEN SELECCIONADA					
ORDEN:	5006633	LOTE ENVASADO:	5006632	PARADAS FALTANTES:	0
CODIGO RECETA:	3200844520170608	PARADAS PROGRAMADAS:	0	INGRESAR BATCHES A EJECUTAR	
NOMBRE RECETA:	SFP pellet FI-350 Optiline 35%	PARADAS EJECUTADAS:	0	50	

**Figura 109. Pantalla Órdenes Producción - Detalles de orden seleccionada**

4. Verificar los datos de la orden de producción seleccionada. Una vez comprobado todos los datos se pulsa el botón “arranque de Macros”, se realizan ciertas validaciones para poder encender el sistema, se desplegará el pop-up de resumen de la orden de producción a enviar. Los errores que pueden presentarse al momento de arrancar la orden de producción son:

- Batches a ejecutar es mayor al número de batches restantes. Este mensaje es de aviso debido a que el sistema tiene la posibilidad de arrancar si el número de batches a ejecutar el mayor al de faltantes.
  - Batches a ejecutar no puede ser negativo ni cero. El sistema no puede arrancar si se ingresa un número de batches a ejecutar menor que uno. Se cambia automáticamente a la unidad y se regresa a la pantalla principal.
  - Falla en el código de receta: este error se da en el caso de que se seleccione una receta que no exista en la base de datos de recetas.
5. Se abre el pop-up de “Arranque de Macros”. Desde esta pantalla se arranca la orden de producción seleccionada y se puede visualizar resumen de los parámetros más importantes del sistema.
  6. Verificar los datos de la orden que se especifican en el pop-up “Arranque de Macros”

CONFIRMACION ARRANQUE SISTEMA MACROS			
<b>ORDEN DE PRODUCCION</b>			
ORDEN PRODUCCION:	5004144	LOTE:	5004144
CODIGO RECETA:	3200886520170401	DESCRIPCION:	SFP T-320
<b>PARADAS</b>			
PARADAS PROGRAMADAS:	6	PARADAS EJECUTADAS:	0
PARADAS FALTANTES:	6	BATCHES A EJECUTAR:	6
<b>BINES DESTINO</b>			
BIN PRIMARIO:	BIN 1	BIN SECUNDARIO:	BIN 2
<b>CANCELAR</b>		<b>ARRANCAR MACROS</b>	

**Figura 110. Pop-up Arranque Sistema de Macros**

7. Seleccionar el Bin Primario y el Bin Secundario. En caso de que el bin primario este lleno se redireccionará al bin secundario. Se puede seleccionar entre: Bliss, Champion, Bin 4, Bin 5 y Bin 6.

8. Seleccionar el botón de “Arrancar Macros”. Si existen errores no es posible arrancar el sistema. Los errores que se pueden dar en el arranque son los siguientes:
  - Incorrecta distribución de bins. Los ingredientes de los bins no coinciden con la distribución actual.
  - Inexistencia de ingredientes de la receta en los bins actuales. Existen ingredientes que actualmente no se encuentran en los bins o tanques del sistema.
  - Error en la secuencia de Macros. Existencia un número de secuencia de bins de Macroingredientes repetido en la receta.
  - Error en la secuencia de líquidos. Existencia un número de secuencia de bins de líquidos repetido en la receta.
  - Conflicto en Bin Primario y Bin Secundario de destino. Verificar el bin primario y bin secundario no pueden ser los mismos.
  
9. El sistema arranca la orden de producción enviada.

#### **4.2.11.2.5 Ventana de alarmas**

En la Figura 111. se muestra un resumen de las alarmas activas y no han sido reconocidas que se presentan en el sistema. Al momento de reconocer una alarma automáticamente se eliminarán de esta pantalla y se las podrá visualizar en la ventana de histórico de alarmas. Para reconocer las alarmas se da clic en los botones existentes en la parte superior de la ventana: Reset Recepción, Reset Batcheo – Transporte.

#### **4.2.11.2.6 Ventana históricos de alarmas**

Se muestran todas las alarmas que se han generado en el sistema. Las alarmas que han sido reconocidas, no reconocidas, procesadas y solucionadas. Se puede seleccionar la fecha de inicio y fin de la que se quiere realizar la consulta. Los tipos de alarmas se identifican respecto al color de la fila de la misma. Los colores se pueden apreciar en la Figura 113.

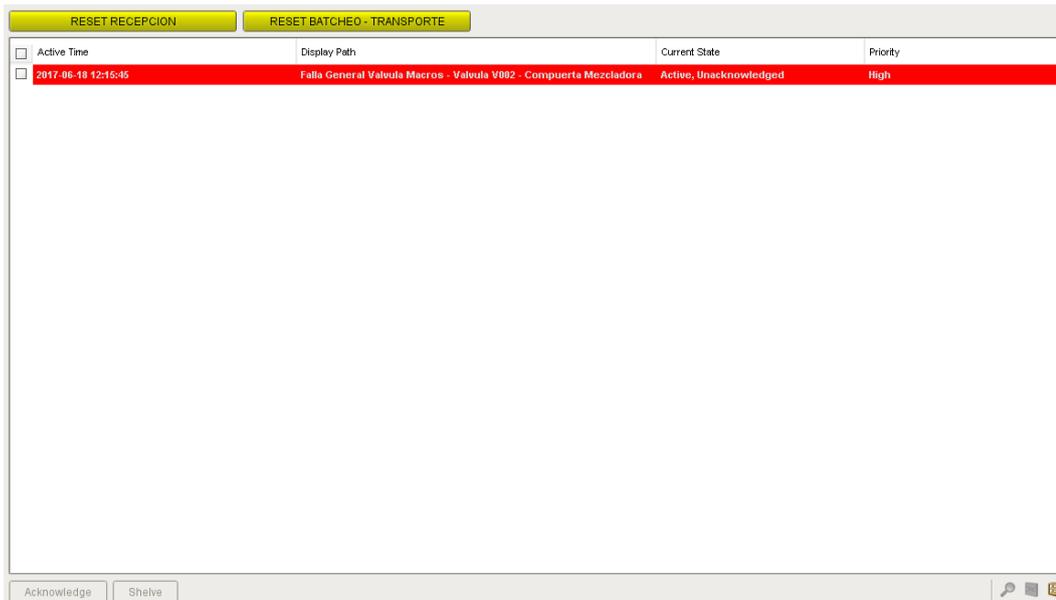


Figura 111. Ventana de Alarmas

Seleccionar Fechas		Event Time	Display Path	Eve...	Prior...	Ack'd By	Event ...	Current State
Fecha Inicial:	04/12/2017 12:00 AM	2017-04-12 14:48:48	Falla General Recepcion - Valvula V007 - Compuerta Descarga Tolva Lad...	Clear	High		0	Cleared, Unacknowledged
Fecha Final:	04/12/2017 11:59 PM	2017-04-12 14:48:48	Falla a la Oportura Recepcion - Valvula V007 - Compuerta Descarga Tolv...	Clear	High		0	Cleared, Unacknowledged
		2017-04-12 14:48:37	Falla General Recepcion - Valvula V007 - Compuerta Descarga Tolva Lad...	Active	High		1	Active, Unacknowledged
		2017-04-12 14:48:37	Falla a la Oportura Recepcion - Valvula V007 - Compuerta Descarga Tolv...	Ack	High	Live Event Limit		Active, Acknowledged
		2017-04-12 14:48:37	Falla a la Oportura Recepcion - Valvula V007 - Compuerta Descarga Tolv...	Active	High		1	Active, Unacknowledged
		2017-04-12 14:48:37	Falla a la Oportura Recepcion - Valvula V007 - Compuerta Descarga Tolv...	Ack	High	Live Event Limit		Active, Acknowledged
		2017-04-12 11:55:24	RESET ALARMAS AREA RECEPCION	Clear	Low		0	Cleared, Unacknowledged
		2017-04-12 11:55:22	RESET ALARMAS AREA RECEPCION	Active	Low		1	Active, Unacknowledged
		2017-04-12 11:55:22	RESET ALARMAS AREA RECEPCION	Ack	Low	Live Event Limit		Active, Acknowledged
		2017-04-12 11:55:21	RESET ALARMAS AREA BATCHEO	Clear	Low		0	Cleared, Unacknowledged
		2017-04-12 11:55:21	Falla Subdosificacion Macros - Motor M001- Dosificador Bin 1	Clear	High		0	Cleared, Unacknowledged
		2017-04-12 11:55:20	RESET ALARMAS AREA BATCHEO	Active	Low		1	Active, Unacknowledged
		2017-04-12 11:55:20	RESET ALARMAS AREA BATCHEO	Ack	Low	Live Event Limit		Active, Acknowledged
		2017-04-12 11:55:14	Falla Subdosificacion Macros - Motor M001- Dosificador Bin 1	Active	High		1	Active, Unacknowledged
		2017-04-12 11:55:14	Falla Subdosificacion Macros - Motor M001- Dosificador Bin 1	Ack	High	Live Event Limit		Active, Acknowledged
		2017-04-12 11:55:09	Falla Subdosificacion Macros - Motor M001- Dosificador Bin 1	Clear	High		0	Cleared, Unacknowledged
		2017-04-12 11:55:08	Falla Subdosificacion Macros - Motor M001- Dosificador Bin 1	Active	High		1	Active, Unacknowledged
		2017-04-12 11:55:08	Falla Subdosificacion Macros - Motor M001- Dosificador Bin 1	Ack	High	Live Event Limit		Active, Acknowledged
		2017-04-12 08:00:20	RESET ALARMAS AREA RECEPCION	Clear	Low		0	Cleared, Unacknowledged
		2017-04-12 08:00:20	Falla General Recepcion - Valvula V007 - Compuerta Descarga Tolva Lad...	Clear	High		0	Cleared, Unacknowledged
		2017-04-12 08:00:20	Falla al Cierre Recepcion - Valvula V007 - Compuerta Descarga Tolva La...	Clear	High		0	Cleared, Unacknowledged
		2017-04-12 08:00:20	Falla a la Oportura Recepcion - Valvula V007 - Compuerta Descarga Tolv...	Clear	High		0	Cleared, Unacknowledged
		2017-04-12 08:00:18	RESET ALARMAS AREA RECEPCION	Active	Low		1	Active, Unacknowledged
		2017-04-12 08:00:18	RESET ALARMAS AREA RECEPCION	Ack	Low	Live Event Limit		Active, Acknowledged
		2017-04-12 07:57:39	Falla al Cierre Recepcion - Valvula V007 - Compuerta Descarga Tolva La...	Active	High		1	Active, Unacknowledged
		2017-04-12 07:57:39	Falla al Cierre Recepcion - Valvula V007 - Compuerta Descarga Tolva La...	Ack	High	Live Event Limit		Active, Acknowledged
		2017-04-12 07:56:18	Falla General Recepcion - Valvula V007 - Compuerta Descarga Tolva Lad...	Active	High		1	Active, Unacknowledged

Figura 112. Ventana Histórico de Alarmas

Color Alarmas

- Alarma Activa y No Reconocida
- Alarma Reconocida y Activa
- Alarma Desactivada y No Reconocida

Figura 113. Colores de Alarmas

### 4.3 Implementación del sistema de control

#### 4.3.1 Instalación de RSLogix5000

Se ejecuta el CD de instalación o el disco de instalación según sea el caso. Seguir los pasos que se muestran en el ANEXO E.

#### 4.3.2 Desarrollo del programa del PLC

##### 4.3.2.1 Creación de data type

Un *Data Type* es un conjunto de tags que se define dentro de un programa para agrupar dos o más tipos de datos dependiendo de la necesidad del programador. Es decir, es un tag compuesto por dos o más tags. Para crear un *Data Type* seguir los siguientes pasos: *Controller Organizer* > *Data Types* > *User-Defined* > *New Data Type*.

Name: fbMotor

Description: tipo de dato  
estandar para motor  
food&beverage  
automation solutions  
ecuador

Members: Data Type Size: ?? byte(s)

	Name	Data Type	Style	Description
100 010				

**Figura 114. Creación de un Data Type**

En la Tabla 42. se muestra el nombre y la descripción de los *Data Types* creados en el desarrollo de la aplicación del sistema de dosificación.

Tabla 42

## Data Types Creados para el programa

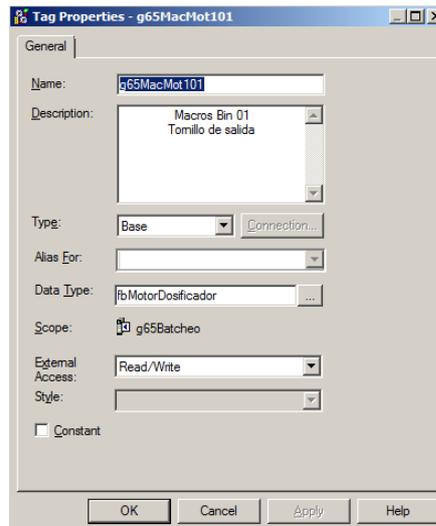
Nombre	Descripción
fbAlmacenBatch	Almacena toda la información de dosificación. Posee la información relevante de los 12 bins de macroingredientes, 10 tanques: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Código.</li> <li>• Peso Receta.</li> <li>• Peso Corte.</li> <li>• Peso Cambio.</li> <li>• Tolerancia.</li> <li>• Peso Real.</li> </ul>
fbArrancadorSuave	Posee los tags para poder determinar las fallas que se presentan en un arrancador suave.
fbBomba	Posee tags de control y monitoreo de motores de bombas. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comandos de Encendido / Apagado</li> <li>• Estatus de la bomba.</li> <li>• Fallas de dosificación.</li> <li>• Fallas de operación.</li> <li>• Datos de dosificación.</li> <li>• Modo de trabajo Automático / Manual.</li> </ul>
fbDataBin	Tipo de dato para información de los bins y tanques de almacenamiento. Posee los datos relevantes de cada uno de los bins y tanques del proceso. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Código.</li> <li>• Peso Receta.</li> <li>• Peso Corte.</li> <li>• Peso Cambio.</li> <li>• Tolerancia.</li> <li>• Peso Real.</li> </ul>
fbDigitalElement	Tipo de dato para las entradas digitales del sistema.
fbDistribuidor	Tipo de dato para distribuidores. Posee tags de control y monitoreo del distribuidor. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Posición deseada.</li> <li>• Posición actual.</li> <li>• Estado de los sensores de posición.</li> <li>• Modo de trabajo Automático / Manual.</li> </ul>
fbMotor	Tipo de dato para motores generales. Posee tags de control y monitoreo de motores. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comandos de Encendido / Apagado.</li> <li>• Estatus del motor.</li> <li>• Fallas de operación.</li> <li>• Modo de trabajo Automático / Manual.</li> </ul>
fbMotorDosificador	Tipo de dato para motores dosificadores. Posee tags de control y monitoreo de los mismos. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comandos de Encendido / Apagado</li> <li>• Estatus del motor.</li> <li>• Fallas de dosificación.</li> <li>• Fallas de operación.</li> </ul>

Continúa 

Nombre	Descripción
fbMotorElev	Tipo de dato para motores elevadores. Posee tags de control y monitoreo de los mismos. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comandos de Encendido / Apagado.</li> <li>• Estatus del motor.</li> <li>• Fallas de operación.</li> <li>• Modo de trabajo Automático / Manual.</li> </ul>
fbMotorInvGiro	Tipo de dato para motores inversores de giro. Posee tags de control y monitoreo de los mismos. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comandos de Encendido / Apagado forward.</li> <li>• Comandos de Encendido / Apagado reverse.</li> <li>• Estatus del motor.</li> <li>• Fallas de operación forward.</li> <li>• Fallas de operación reverse.</li> <li>• Modo de trabajo Automático / Manual.</li> </ul>
fbPulsoDb	Tipo de dato para la señal de almacenamiento de información en la base de datos.
fbSensorAnalogo	Tipo de dato para lectura de sensores analógicos. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lectura del sensor.</li> <li>• Valor escalado del proceso.</li> <li>• Unidades de ingeniería para escalamiento.</li> </ul>
fbSensorDigital	Tipo de dato para lectura de sensores digitales.
fbValvula	Tipo de dato para válvula. Posee tags de control y monitoreo de las válvulas. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comandos de Apertura / Cierre.</li> <li>• Estatus de válvula.</li> <li>• Fallas de dosificación.</li> <li>• Fallas de operación.</li> <li>• Datos de dosificación.</li> <li>• Modo de trabajo Automático / Manual.</li> </ul>
fbVariador	Tipo de dato para variadores. Posee tags de control y monitoreo de los mismos. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Set de velocidad alta o baja.</li> <li>• Estatus del variador.</li> <li>• Fallas del variador.</li> </ul>

#### 4.3.2.2 Creación de un tag

Para crear un *Tag* seguir los siguientes pasos: *Controller Nombre\_Controlador* > *Controller Tags* > *New Tag*. Se desplegará una pantalla similar a la de la Figura 115. donde se debe asignar un nombre, agregar una descripción (opcional) y seleccionar el tipo de dato que va a tener el *Tag*. Aquí se pueden seleccionar los UDT (*User Data Types*) creados anteriormente.

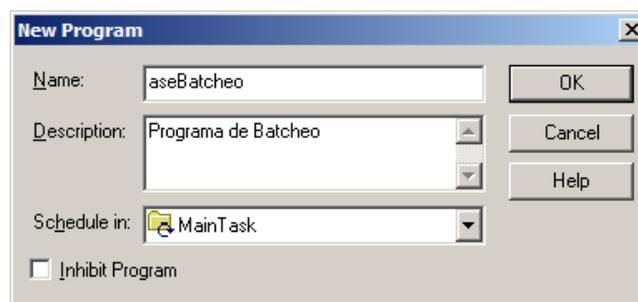


**Figura 115. Creación de un Tag**

La lista de entradas y salidas del PLC se detallan en el ANEXO F.

#### 4.3.2.3 Creación de un programa

Para crear un programa seguir los siguientes pasos: *Tasks > MainTask > New Program*. Se desplegará una pantalla similar a la de la Figura 116. donde se debe asignar un nombre, agregar una descripción (opcional) y seleccionar la frecuencia con la que se requiere que funcione el programa.

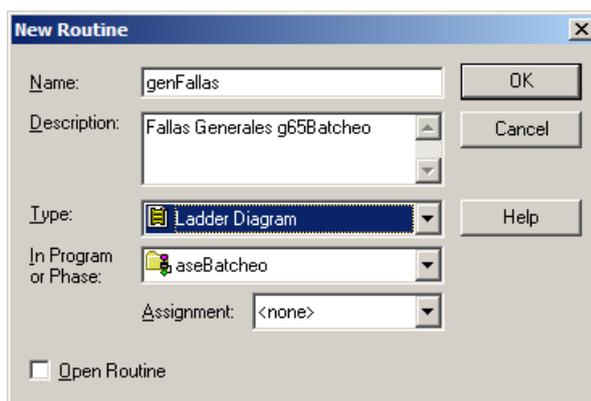


**Figura 116. Creación de un programa**

#### 4.3.2.4 Creación de una rutina de programa

Para crear una rutina se debe tener previamente creada la carpeta del programa. Nos dirigimos a la siguiente dirección: *Tasks > MainTask > aseBatcheo*

(*Nombre\_Rutina*) > *New Rutine*. Se desplegará una pantalla similar a la de la Figura 117. donde se le debe asignar un nombre, agregar una descripción (opcional) y el tipo de programación con la que se va a trabajar. Existen cuatro formas de programación: *Ladder Diagram*, *Sequential Function Chart*, *Function Block Diagram*, *Structured Text*.



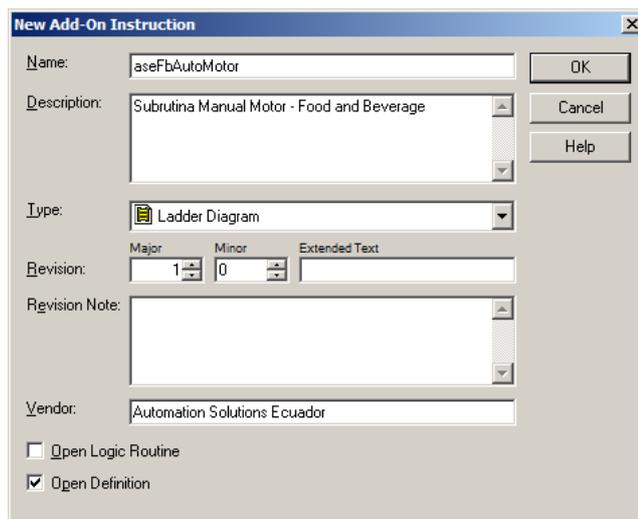
**Figura 117. Creación de una nueva rutina**

#### 4.3.2.5 Creación de un Add-On Instruction

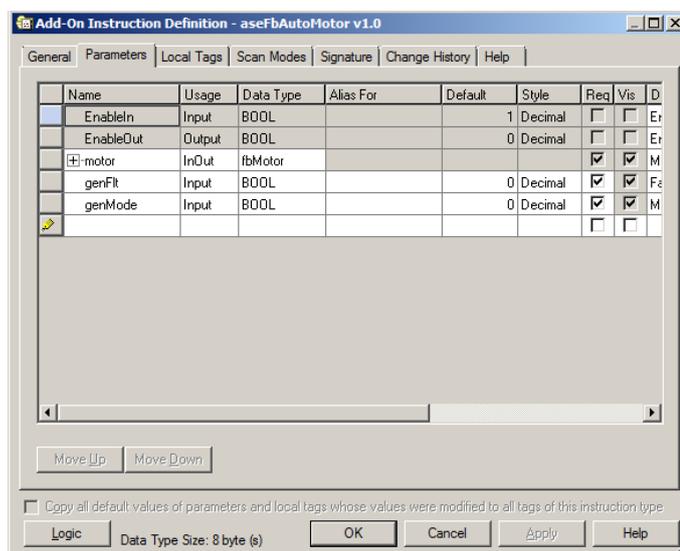
En el desarrollo de un programa existen secuencias repetitivas. Una forma de optimizar el código de programa es crear *Add-On Instructions*, que son secuencias predefinidas que se las puede emplear en cualquier parte del programa. Para crear un *Add-On* dirigirse a la siguiente dirección: *Controller Organizer* > *Add-On Instructions* > *New Add-On Instruction*.

Se desplegará una pantalla similar a la de la Figura 118. donde se le debe asignar el nombre, descripción (opcional) y el tipo de programación que se va a emplear. Una vez creado permite ingresar los parámetros con los que se va a trabajar dentro de la nueva rutina como se muestra en la Figura 119.

En la Tabla 43. se muestra el nombre y la descripción de los *Add-On Instructions* creados para el desarrollo de la aplicación del sistema de dosificación.



**Figura 118. Creación de un Add-On Instruction**



**Figura 119. Adición de parámetros a un Add-On Instruction**

**Tabla 43**

**Add-On Instructions creados para el programa**

Nombre	Descripción
fbAutoMotor	Enciende / Apaga el motor cuando se encuentre en modo automático y no se presenten ningún tipo de fallas con el mismo.
fbAutoMotorPerm	Enciende / Apaga el motor que posee permisible, cuando se encuentre en modo automático, no se presenten ningún tipo de fallas y el permisible este activado.
fbDistribuidor	Determina la posición actual del distribuidor. En caso de no ser la posición deseada envía a arrancar o continuar en movimiento al motor. El motor se mueve en una sola dirección.

Continua

Nombre	Descripción
fbDistribuidorInvGiro	<p>Determina la posición actual del distribuidor. En caso de no ser la posición deseada envía a arrancar o continuar en movimiento al motor.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si la posición deseada es menor que la actual se activa el motor en dirección <i>Reverse</i>.</li> <li>• Si la posición deseada es mayor que la actual se activa el motor en dirección <i>Forward</i>.</li> </ul>
fbFallabomba	Determina si existe alguna falla de contactor o guardamotor en la bomba actual.
fbFallaDosificador	Determina si existe alguna falla de contactor o guardamotor en el motor dosificador actual.
fbFallaMotor	Determina si existe alguna falla de contactor, de guardamotor o en el sensor de rotación en el motor actual.
fbFallaMotorAs	Determina si existe alguna falla de contactor, de guardamotor o en el arrancador suave en el motor actual.
fbFallaMotorElev	Determina si existe alguna falla de contactor, de guardamotor o en el sensor de rotación en el motor actual.
fbFallaMotorInvGiro	Determina si existe alguna falla de contactor <i>reverse</i> , contactor <i>forward</i> o guardamotor en el motor actual.
fbFallaValvula	Determina si existe alguna falla de posición, falla a la apertura o al cierre de la válvula especificada.
fbFallaVariador	Determina si existe una falla en el variador.
fbManualBomba	Enciende / Apaga la bomba cuando se encuentre en modo manual, no se presenten ningún tipo de fallas y se detecte el pulso desde el HMI.
fbManualBombaDsf	<p>Enciende / Apaga la bomba dosificadora cuando se encuentre en modo manual, no se presenten ningún tipo de fallas y se detecte el pulso desde el HMI.</p> <p>La bomba se mantendrá encendida hasta cumplir con los parámetros de dosificación que se cargaron en el pop-up de la bomba.</p>
fbManualDosificador	<p>Enciende / Apaga el motor dosificador cuando se encuentre en modo manual, no se presenten ningún tipo de fallas con el mismo y se detecte el pulso respectivo desde el HMI.</p> <p>El motor se mantendrá encendido hasta cumplir con los parámetros de dosificación que se cargaron en el pop-up del motor.</p>
fbManualMotor	Enciende / Apaga el motor cuando se encuentre en modo manual, no se presenten ningún tipo de fallas y se detecte el pulso respectivo desde el HMI.
fbManualMotorElev	Enciende / Apaga el motor elevador cuando se encuentre en modo manual, no se presenten ningún tipo de fallas y se detecte el pulso respectivo desde el HMI.
fbManualMotorInvGiro	<p>Enciende / Apaga el motor elevador cuando se encuentre en modo manual, no se presenten ningún tipo de fallas y se detecte el pulso desde el HMI.</p> <p>La dirección depende del pulso que se envía desde el HMI, puede ser <i>forward</i> o <i>reverse</i>.</p>
fbManualMotorPerm	Enciende / Apaga el motor que posee permisivo cuando se encuentre en modo manual, no se presenten ningún tipo de fallas, se detecte el pulso respectivo desde el HMI .

Continua 

Nombre	Descripción
fbManualValvula	Abre /Cierra la válvula cuando se encuentre en modo manual, no se presenten ningún tipo de fallas y se detecte el pulso respectivo desde el HMI.
fbOutBomba	Activa / Desactiva la señal de Encendido / Apagado, tanto desde el modo automático como manual de la bomba siempre y cuando se cumpla lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> <li>• No existan fallas en la bomba.</li> <li>• El permisivo esté activo.</li> </ul>
fbOutDosificador	Activa / Desactiva la señal de Encendido / Apagado, tanto desde el modo automático como manual de la bomba siempre y cuando se cumpla lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> <li>• No existan fallas en la bomba.</li> <li>• El permisivo esté activo.</li> </ul>
fbOurMotor	Activa / Desactiva la señal de Encendido / Apagado, tanto desde el modo automático como manual del motor siempre y cuando se cumpla lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> <li>• No existan fallas en el motor.</li> <li>• El permisivo esté activo.</li> </ul>
fbOutMotorAs	Activa / Desactiva la señal de Encendido / Apagado, tanto desde el modo automático como manual del motor siempre y cuando se cumpla lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> <li>• No existan fallas en el motor con arrancador suave.</li> <li>• El permisivo esté activo.</li> </ul>
fbOutMotorElev	Activa / Desactiva la señal de Encendido / Apagado, tanto desde el modo automático como manual del motor siempre y cuando se cumpla lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> <li>• No existan fallas en el motor elevador.</li> <li>• El permisivo esté activo.</li> </ul>
fbOutMotorInvGiro	Activa / Desactiva la señal de Encendido / Apagado, tanto desde el modo automático como manual del motor siempre y cuando se cumpla lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> <li>• No existan fallas en el motor inversor de giro.</li> <li>• El permisivo esté activo.</li> </ul>
fbOutValvula	Activa / Desactiva la señal de Apertura / Cierre, tanto desde el modo automático como manual de la válvula siempre y cuando se cumpla lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> <li>• No existan fallas en la válvula.</li> <li>• El permisivo esté activo.</li> </ul>

#### 4.3.2.6 Rutinas creadas dentro del programa

Las rutinas creadas para el desarrollo de la aplicación responden a los diagramas de flujo y Graficets desarrollados en la sección 3.3.4 Diseño y estructura del programa del sistema de control del Capítulo III del presente documento.

#### **4.3.2.6.1 Principal (Main Routine)**

Es una rutina de inicialización de variables, generación del reset general del sistema. Determina el modo de trabajo del sistema, detiene el sistema en el estado actual y se encarga de llamar a todas las subrutinas existentes en el proyecto.

#### **4.3.2.6.2 Reconocimiento de fallas generales (GenFallas)**

Realiza el paro de emergencia del sistema, reconocimiento de fallas generales que se presenten en el sistema.

#### **4.3.2.6.3 Copia de entradas (InputImg)**

Un aspecto importante al realizar el programa de control son las rutinas de copias de entradas y salidas. Es decir, a una entrada física del PLC se le asigna un *Tag* de memoria que depende de la entrada. Esto se lo realiza con el fin de que si existe un cambio de las entradas no signifique un cambio tan importante en el programa, simplemente se lo realiza en esta rutina.

#### **4.3.2.6.4 Dosificación de líquidos (LiqDosificacion)**

Realiza toda la secuencia de dosificación de ingredientes líquidos. Inicializa las variables para que no exista ningún tipo de fallas al momento de arrancar la orden de producción. Realiza la dosificación bomba por bomba de las que se encuentren en la secuencia de dosificación de la presente orden de producción.

#### **4.3.2.6.5 Fallas de líquidos (LiqFallas)**

Se evalúan todas las posibles fallas que están presentes en la parte de dosificación de ingredientes líquidos del sistema.

#### **4.3.2.6.6 Líquidos modos manual (LiqManual)**

Se llama a los *Add-On Instructions* encargados del encendido / apagado de las bombas dosificadoras y de las válvulas que intervienen en el sistema de dosificación de ingredientes líquidos.

#### **4.3.2.6.7 Salida líquidos (LiqOutput)**

Se llama a los *Add-On Instructions* de activación de salidas de cada uno de los elementos que intervienen en la parte de dosificación de ingredientes líquidos.

#### **4.3.2.6.8 Dosificación macros (MacDosificacion)**

Realiza toda la secuencia de dosificación de ingredientes sólidos. Inicializa las variables para que no exista ningún tipo de fallas al momento de arrancar la orden de producción. Realiza la dosificación de cada uno de los tornillos que se encuentren en la secuencia de dosificación de la presente orden de producción.

#### **4.3.2.6.9 Fallas de macros (MacFallas)**

Se evalúan todas las posibles fallas que están presentes en la parte de dosificación de ingredientes sólidos del sistema.

#### **4.3.2.6.10 Macros modos manual (MacManual)**

Se llama a los *Add-On Instructions* encargados del encendido / apagado de los tornillos dosificadores y elementos que intervienen en el sistema de dosificación de ingredientes sólidos.

#### **4.3.2.6.11 Etapa de mezcla (MacMezcla)**

Se determinan los ingredientes que deben ingresar a la mezcla. Primeramente, los ingredientes sólidos, pesos manuales. Termina el tiempo de mezcla de sólidos y

envía a ingresar los líquidos de la receta. Una vez terminada la dosificación se mezcla durante el tiempo especificado en las configuraciones del sistema y se traslada la mezcla a la tolva de compensación.

#### **4.3.2.6.12 Salida macros (MacOutput)**

Se llama a los *Add-On Instructions* de activación de salidas de cada uno de los elementos que intervienen en la parte de dosificación de ingredientes sólidos.

#### **4.3.2.6.13 Dosificación microlíquidos (MlqDosificacion)**

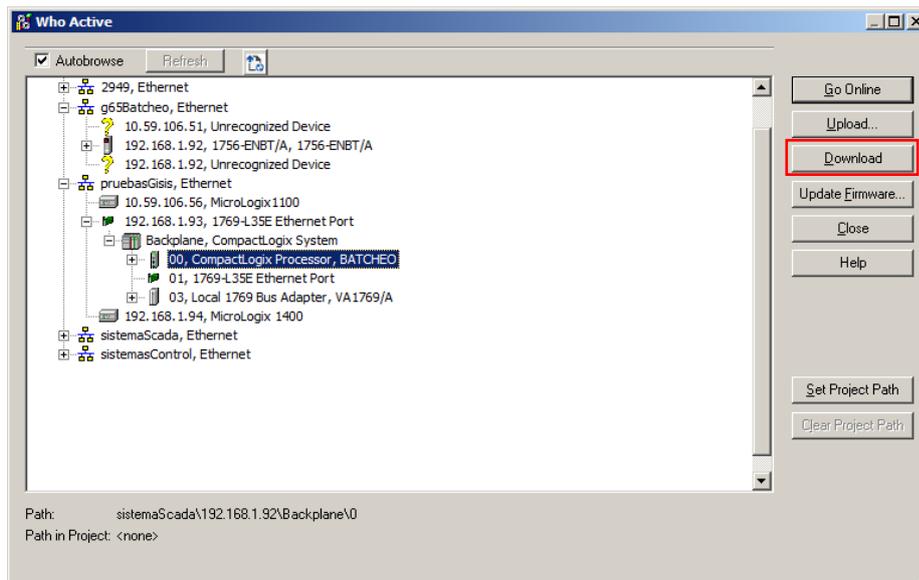
Realiza toda la secuencia de dosificación de microlíquidos. Inicializa las variables para que no exista ningún tipo de fallas al momento de arrancar la orden de producción. Realiza la dosificación bomba por bomba de las que se encuentren en la secuencia de dosificación de la presente orden de producción.

#### **4.3.2.6.14 Copia de salida (OutImg)**

Un aspecto importante al realizar el programa de control son las rutinas de copias de entradas y salidas. Es decir, a lo largo del programa se trabaja con *Tags* independientes de las salidas a las que pertenezca y en esta rutina se las referencia con cada una de ellas. Esto se lo realiza con el fin de que si existe un cambio de las salidas no signifique un cambio tan importante en el programa, simplemente se lo realiza en esta rutina.

#### **4.3.2.7 Descarga de programa al PLC**

Una vez terminado el programa se procede a descargar el mismo al PLC. Para ello primero se tienen que verificar que no existan errores. Terminada la verificación dirigirse a la siguiente dirección: *Communications > Who Active*. Se desplegará la pantalla que se muestra en la Figura 120., se busca el PLC al que se desea descargar el programa y se pulsa en el botón *Download*.



**Figura 120. Selección del Path del PLC a descargar**

## CAPÍTULO V

### 5 PRUEBAS Y RESULTADOS

En el presente capítulo se explicará el procedimiento de las pruebas efectuadas en la empresa tanto para el almacenamiento de la información en la base de datos, el control y supervisión en el sistema Scada y el correcto funcionamiento del programa del PLC. Una vez realizadas las pruebas de funcionamiento, se demostrarán los resultados de producción obtenidos con el nuevo sistema de control y monitoreo del proceso de dosificación de la planta de balanceado.

#### 5.1 Pruebas

##### 5.1.1 Pruebas SAT

La prueba de Aceptación en Sitio (SAT), verificará la integridad física y operativa del equipo. Las pruebas se dividen en dos partes: pruebas de hardware y pruebas de software.

###### 5.1.1.1 Pruebas de hardware

**Integridad física:** verificación visual de todos los elementos internos y externos que forman parte del tablero que se encuentra en las instalaciones de la empresa.

**Conexionado:** verificar que todas las conexiones se encuentren correctamente sujetados, que los cables se encuentren en buen estado y etiquetados.

**Comprobación de conectividad:** verificar que todos los elementos tienen conexión con los diferentes puntos de comunicación.

**Prueba de voltajes:** verificar que el voltaje de alimentación de cada uno de los elementos del tablero sea el adecuado.

**Prueba de UPS:** verificar que en la ausencia de energía de alimentación el UPS entre en funcionamiento y los elementos no pierdan alimentación.

#### 5.1.1.2 Pruebas de software

**Prueba de lógica del programa:** verificar que el programa cumpla con las características que se especificaron en el capítulo 3 del presente documento.

#### 5.1.1.3 Herramientas y equipos de soporte

**Tabla 44**

#### **Herramientas y Equipos de Soporte.**

Herramientas y Equipos	Detalle
Herramientas básicas	Destornilladores, cables, etc.
Multímetro	Comprobación de continuidad, voltajes, corrientes en el desarrollo de las pruebas.
Computadora	Conexiones de software
Cámara fotográfica	Registro de las evidencias

#### 5.1.1.4 Procedimiento de pruebas SAT de hardware

##### 5.1.1.4.1 Integridad física

Mediante esta prueba se pretende determinar el estado del tablero. Se pretende detectar cualquier tipo de defectos que se puedan presentar en el tablero como: golpes, roturas, fallas de montaje y soporte de los componentes del tablero.

##### 5.1.1.4.2 Conexionado

Esta prueba verifica el correcto conexionado de los elementos. Verificar el estado de los cables de conexión y las etiquetas respectivas de los mismos.

**Tabla 45****Verificación Integridad Física Pruebas SAT**

Descripción	OK	
	SI	NO
Verificar externamente el estado del tablero. Visualizar golpes, roturas, ralladuras o elementos flojos dentro del tablero.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verificar internamente el estado del tablero. Visualizar golpes, roturas, ralladuras o elementos flojos dentro del tablero.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Determinar el correcto montaje de los componentes que forman parte del tablero.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Tabla 46****Verificación Conexión Pruebas SAT**

Descripción	OK	
	SI	NO
Verificar el estado actual de todos los cables que forman parte del tablero.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verificar que los cables lleven las etiquetas. Las etiquetas deben estar en buen estado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verificar las conexiones a tierra del gabinete, con la envoltura de las puertas y el doble fondo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verificar la fijación segura de cada uno de los terminales, la integridad de las borneras y su fijación a las rieles DIN.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**5.1.1.4.3 Prueba de voltajes**

Esta prueba verifica la correcta alimentación de los diferentes puntos del sistema.

**5.1.1.4.4 Prueba de UPS**

Esta prueba verifica el correcto funcionamiento del UPS garantizando la alimentación a los componentes relevantes del tablero.

**Tabla 47****Verificación Voltajes Pruebas SAT**

Descripción	OK		Comentario
	SI	NO	
Verificar el voltaje de alimentación al braker principal y cerrar el mismo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Voltaje esperado:120V; mínimo:85 V; máximo: 150V
Verificar el voltaje de salida del braker principal para la alimentación de las borneras.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Voltaje esperado:120V; mínimo:85 V; máximo: 150V
Verificar el voltaje de entrada al UPS del sistema y encenderlo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Voltaje esperado:120V; mínimo:85 V; máximo: 150V
Verificar el voltaje de salida del UPS para alimentación de los componentes de control	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Voltaje esperado:120V; mínimo:85 V; máximo: 150V

**Tabla 48****Verificación UPS Pruebas SAT**

Descripción	OK		Comentario
	SI	NO	
Verificar el voltaje de entrada al UPS del sistema y encenderlo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Voltaje esperado:120V; mínimo:85 V; máximo: 150V
Verificar el voltaje de salida del UPS para alimentación de los componentes de control	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Voltaje esperado:120V; mínimo:85 V; máximo: 150V
Abrir el braker principal del tablero y entrada al UPS y determinar si los componentes siguen encendidos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

**5.1.1.4.5 Prueba de señales de entrada y salida al controlador**

Esta prueba verifica la correcta conexión de entradas y salidas del controlador. Por otro lado, se garantiza el correcto funcionamiento de los módulos conectados al PLC. Para las señales de entrada digitales se conectarán las borneras de entrada a 24

VDC y las entradas digitales con la ayuda del multímetro se generará señales de corriente y se verificará la variación en el PLC.

Para las salidas digitales se forzarán las señales desde el PLC se verificará en voltaje de salida del módulo. Por otro lado, para las salidas analógicas de la misma forma se forzarán las salidas y se procederá a medir la salida del módulo.

**Tabla 49**

**Verificación Entradas y Salidas PLC Pruebas SAT**

Descripción	OK	
	SI	NO
Entradas Digitales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Salidas Digitales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Entradas Análogas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Salidas Análogas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**5.1.1.5 Procedimiento de pruebas SAT de software**

**5.1.1.5.1 Configuración de direcciones IP**

Se debe configurar las direcciones IP con respecto a la tabla Tabla 16.

**Tabla 50**

**Configuración Direcciones IP Pruebas SAT**

Descripción	OK	
	SI	NO
Servidor HMI IP Address: 10.59.106.25 Máscara: 255.255.255.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Servidor Base Datos IP Address: 10.59.106.26 Máscara: 255.255.255.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PLC Sistema de Dosificación IP Address: 10.59.106.51 Máscara: 255.255.255.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Continua 

PLC Pesos Manuales IP Address: 10.59.106.52 Máscara: 255.255.255.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Moxa Balanza IP Address: 10.59.106.53 Máscara: 255.255.255.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hardy Configuración IP Address: 10.59.106.54 Máscara: 255.255.255.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hardy lectura datos IP Address: 10.59.106.55 Máscara: 255.255.255.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### 5.1.1.5.2 Conectividad

Mediante esta prueba se confirmará la conectividad que el servidor HMI y el de Base de datos tenga conexión con todos los puntos de la red.

**Tabla 51**

#### Verificación de Conectividad Pruebas SAT

Descripción	OK	
	SI	NO
Verificar conexión entre servidor HMI con servidor base de datos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verificar conexión entre servidor HMI con PLC sistema de dosificación.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verificar conexión entre servidor HMI con PLC pesos manuales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verificar conexión entre servidor HMI con Moxa Balanza.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verificar conexión entre servidor HMI con Hardy Configuración.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verificar conexión entre servidor HMI con Hardy lectura de datos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verificar conexión entre servidor Base de datos con servidor HMI.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verificar conexión entre servidor Base de datos con PLC sistema de dosificación.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verificar conexión entre servidor Base de datos con PLC pesos manuales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verificar conexión entre servidor Base de datos con Moxa Balanza.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verificar conexión entre servidor Base de datos con Hardy Configuración.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verificar conexión entre servidor Base de datos con Hardy lectura de datos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### 5.1.1.6 Prueba de la aplicación HMI

**Tabla 52**

#### Verificación de aplicación HMI Pruebas SAT

Descripción	OK	
	SI	NO
Colores de fondo, colores de texto, colores de elementos de las pantallas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Símbolos de elementos de las pantallas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tamaños y fuentes de textos de aplicación.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Distribución de pantallas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### 5.1.2 Evaluación de la Interfaz mediante la guía Gedis

La evaluación de la guía Gedis se realizará en dos grupos, un grupo por turno de la jornada laboral. Cada grupo debe estar conformado por 3 operadores de campo y el jefe operativo. A cada grupo de trabajo se le entregará una hoja con la evaluación y procedieron a llenarla. Las evaluaciones se las realizará junto con el evaluador. En la Tabla 62. se muestra el formato de la evaluación.

**Tabla 53**

#### Evaluación de la Guía Gedis.

Indicador	Parámetros
Arquitectura	Concordancia con el proceso existente
	Accesibilidad a las diferentes áreas del proceso
Distribución de pantallas	Tiempo de respuesta para toma decisiones
	Secuencia de Proceso
	Relevancia de información
	Identificación de etapas del proceso
Navegación	Concordancia con la arquitectura
	Accesibilidad
	Intuitivo
Uso de color	Visibilidad
	Contraste con el fondo
	Número de colores empleados
	Estandarización de colores
	Consistencias

Continua 

Indicador	Parámetros
Uso de fuentes e información textual	Uso de fuentes
	Variación de tamaños
	Visibilidad del texto
	Distribución del texto
Estatus de los equipos y eventos	Alineación del texto
	Interpretación de estatus de equipos
	Estandarización de estados de equipos
Información y valores del proceso	Interpretación de eventos y alarmas
	Visibilidad
	Distribución
	Agrupación de información
Gráficos y tablas	Operabilidad
	Estandarización formato de tablas
	Visibilidad
	Agrupación de información
	Flexibilidad de configuración
Comandos y entrada de datos	Contenido
	Visibilidad
	Operabilidad
Alarmas	Consistencia
	Visibilidad de alarmas
	Accesibilidad a históricos de alarmas
	Detalle de alarmas
	Interpretación de alarmas
	Tiempo de respuesta antes un evento

Fuente: (Filali, 2014)

Para realizar la evaluación de cada indicador se emplea la (Ec. 4.1). (Filali, 2014).

$$Indicador = \frac{\sum_{j=1}^J w_j SubInd_j}{\sum_{j=1}^J w_j} \quad (\text{Ec. 5.1})$$

Una vez determinado el valor por cada indicador se realiza la evaluación total. Para realizar la evaluación final se emplea la (Ec. 4.2). (Filali, 2014).

$$Eval = \frac{\sum_{i=1}^{10} p_i Ind_i}{\sum_{i=1}^{10} p_i} \quad (\text{Ec. 5.2})$$

### 5.1.3 Pruebas de producción

Las pruebas de funcionamiento y de producción se las realizará por medio de la interfaz HMI. Se deben crear reportes de producción durante los tres primeros días de operación del sistema. Se van a tomar 15 muestras de dosificación. Se registra el peso real y el peso de receta de ingredientes en los siguientes grupos:

- Ingredientes dosificados mayores de 1000 kg.
- Ingredientes dosificados menores de 100 kg.
- Ingredientes dosificados mayores de 100 kg.
- Peso total dosificado.

## 5.2 Resultados Obtenidos

### 5.2.1 Pruebas SAT

La prueba SAT, se la llevó a cabo en las instalaciones de Gisis S.A. en la ciudad de Guayaquil, de manera que se compruebe el funcionamiento y cumplimiento de las especificaciones operativas del tablero de control y de la red del sistema.

#### 5.2.1.1 Pruebas SAT de software

##### 5.2.1.1.1 Integridad física

**Tabla 54**

#### Resultados de la Verificación Integridad Física Pruebas SAT

Descripción	OK	
	SI	NO
Verificar externamente el estado del tablero. Visualizar golpes, roturas, ralladuras o elementos flojos dentro del tablero.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verificar internamente el estado del tablero. Visualizar golpes, roturas, ralladuras o elementos flojos dentro del tablero.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Determinar el correcto montaje de los componentes que forman parte del tablero.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### 5.2.1.1.2 Conexionado

**Tabla 55**

#### Resultados de la Verificación Conexionado Pruebas SAT

Descripción	OK	
	SI	NO
Verificar el estado actual de todos los cables que forman parte del tablero.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verificar que los cables lleven las etiquetas. Las etiquetas deben estar en buen estado	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verificar las conexiones a tierra del gabinete, con la envoltura de las puertas y el doble fondo.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verificar la fijación segura de cada uno de los terminales, la integridad de las borneras y su fijación a las rieles DIN.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### 5.2.1.1.3 Prueba de voltajes

**Tabla 56**

#### Resultados de la Verificación Voltajes Pruebas SAT

Descripción	OK		Comentario
	SI	NO	
Verificar el voltaje de alimentación al braker principal y cerrar el mismo.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Voltaje esperado:120V; mínimo:85 V; máximo: 150V 112.1V
Verificar el voltaje de salida del braker principal para la alimentación de las borneras.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Voltaje esperado:120V; mínimo:85 V; máximo: 150V 110.1V
Verificar el voltaje de entrada al UPS del sistema y encenderlo.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Voltaje esperado:120V; mínimo:85 V; máximo: 150V 111.5V
Verificar el voltaje de salida del UPS para alimentación de los componentes de control	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Voltaje esperado:120V; mínimo:85 V; máximo: 150V 111.8V

#### 5.2.1.1.4 Prueba de UPS

**Tabla 57**

#### Resultados de la Verificación UPS Pruebas SAT

Descripción	OK		Comentario
	SI	NO	
Verificar el voltaje de entrada al UPS del sistema y encenderlo.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Voltaje esperado:120V; mínimo:85 V; máximo: 150V 111.5V
Verificar el voltaje de salida del UPS para alimentación de los componentes de control	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Voltaje esperado:120V; mínimo:85 V; máximo: 150V 111.8V
Abrir el braker principal del tablero y entrada al UPS y determinar si los componentes siguen encendidos.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

#### 5.2.1.1.5 Prueba de señales de entrada y salida al controlador

**Tabla 58**

#### Resultados de la Verificación Entradas y Salidas PLC Pruebas SAT

Descripción	OK	
	SI	NO
Entradas Digitales	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Salidas Digitales	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Entradas Análogas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Salidas Análogas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

#### 5.2.1.2 Pruebas SAT de Software

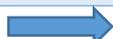
##### 5.2.1.2.1 Configuración de direcciones IP

**Tabla 59****Resultados de la Configuración Direcciones IP Pruebas SAT**

Descripción	OK	
	SI	NO
Servidor HMI IP Address: 10.59.106.25 Máscara: 255.255.255.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Servidor Base Datos IP Address: 10.59.106.26 Máscara: 255.255.255.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PLC Sistema de Dosificación IP Address: 10.59.106.51 Máscara: 255.255.255.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PLC Pesos Manuales IP Address: 10.59.106.52 Máscara: 255.255.255.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Moxa Balanza IP Address: 10.59.106.53 Máscara: 255.255.255.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hardy Configuración IP Address: 10.59.106.54 Máscara: 255.255.255.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hardy lectura datos IP Address: 10.59.106.55 Máscara: 255.255.255.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**5.2.1.2.2 Conectividad****Tabla 60****Resultados de la Verificación de Conectividad Pruebas SAT**

Descripción	OK	
	SI	NO
Verificar conexión entre servidor HMI con servidor base de datos.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verificar conexión entre servidor HMI con PLC sistema de dosificación.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verificar conexión entre servidor HMI con PLC pesos manuales	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verificar conexión entre servidor HMI con Moxa Balanza.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verificar conexión entre servidor HMI con Hardy Configuración.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verificar conexión entre servidor HMI con Hardy lectura de datos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verificar conexión entre servidor Base de datos con servidor HMI.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Continua 

Verificar conexión entre servidor Base de datos con PLC sistema de dosificación.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verificar conexión entre servidor Base de datos con PLC pesos manuales	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verificar conexión entre servidor Base de datos con Moxa Balanza.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verificar conexión entre servidor Base de datos con Hardy Configuración.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verificar conexión entre servidor Base de datos con Hardy lectura de datos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### 5.2.1.3 Prueba de la aplicación HMI

**Tabla 61**

#### Resultados de la Verificación de aplicación HMI Pruebas SAT

Descripción	OK	
	SI	NO
Colores de fondo, colores de texto, colores de elementos de las pantallas.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Símbolos de elementos de las pantallas.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tamaños y fuentes de textos de aplicación.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Distribución de pantallas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### 5.2.2 Evaluación de la Interfaz mediante la guía Gedis

En la Tabla 62. se muestra el resultado de las evaluaciones realizadas a los dos grupos de trabajo de la empresa.

**Tabla 62**

#### Resultados de la Evaluación de la Guía Gedis.

Indicador	Parámetros	Evaluación Grupo #1 ( 1 - 5 )	Evaluación Grupo #2 ( 1 - 5 )
Arquitectura	Concordancia con el proceso existente	5	4
	Accesibilidad a las diferentes áreas del proceso	4	3

Continua 

<b>Indicador</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Evaluación Grupo #1 ( 1 - 5 )</b>	<b>Evaluación Grupo #2 ( 1 - 5 )</b>
Distribución de pantallas	Tiempo de respuesta para toma decisiones	4	4
	Secuencia de Proceso	3	3
	Relevancia de información	4	5
	Identificación de etapas del proceso	3	3.5
Navegación	Concordancia con la arquitectura	4	4
	Accesibilidad	4	4
	Intuitivo	4	4.5
Uso de color	Visibilidad	3	4
	Contraste con el fondo	5	5
	Número de colores empleados	4	4.5
	Estandarización de colores	4	5
	Consistencias	5	5
Uso de fuentes e información textual	Uso de fuentes	3	2
	Variación de tamaños	4.5	4
	Visibilidad del texto	3	2.5
	Distribución del texto	4.5	4.3
	Alineación del texto	5	4.5
Estatus de los equipos y eventos	Interpretación de estatus de equipos	4	4.8
	Estandarización de estados de equipos	4.5	5
	Interpretación de eventos y alarmas	5	4.8
Información y valores del proceso	Visibilidad	3	4
	Distribución	4	4
	Agrupación de información	3.5	4
	Operabilidad	3.5	3.2
Gráficos y tablas	Estandarización formato de tablas	4	5
	Visibilidad	4	3
	Agrupación de información	5	4.3
	Flexibilidad de configuración	4	4.5
	Contenido	4.8	4.6
Comandos y entrada de datos	Visibilidad	4.5	5
	Operabilidad	4	3.5
	Consistencia	4	4
Alarmas	Visibilidad de alarmas	4.8	4.5
	Accesibilidad a históricos de alarmas	4	4.5
	Detalle de alarmas	4	4
	Interpretación de alarmas	5	4
	Tiempo de respuesta antes un evento	5	5

Fuente: (Filali, 2014)

En la Tabla 63. se visualizan los resultados por indicador y resultado final de los dos grupos. En ambos grupos se tienen una evaluación mayor a 4 puntos. Lo que quiere decir que la interfaz tiene un alto nivel de aceptación, pero existen puntos muy importantes que se deben mejorar para el desempeño de la aplicación.

**Tabla 63**

**Resultados de la Evaluación Indicadores Guía Gedis.**

<b>Indicador</b>	<b>Evaluación Grupo #1 ( 1 – 5 )</b>	<b>Evaluación Grupo #2 ( 1 – 5 )</b>
Arquitectura	4.5	3.5
Distribución de pantallas	3.5	3.875
Navegación	4	4.16
Uso de color	4.2	4.7
Uso de fuentes e información textual	4	3.46
Estatus de los equipos y eventos del proceso	4.5	4.86
Información y valores del proceso	3.5	3.8
Gráficos de tendencias y tablas	4.36	4.28
Comandos y entrada de datos	4.16	4.16
Alarmas	4.56	4.4
Evaluación Final	4.03	4.12

Fuente: (Filali, 2014)

### 5.2.3 Resultados obtenidos en la producción

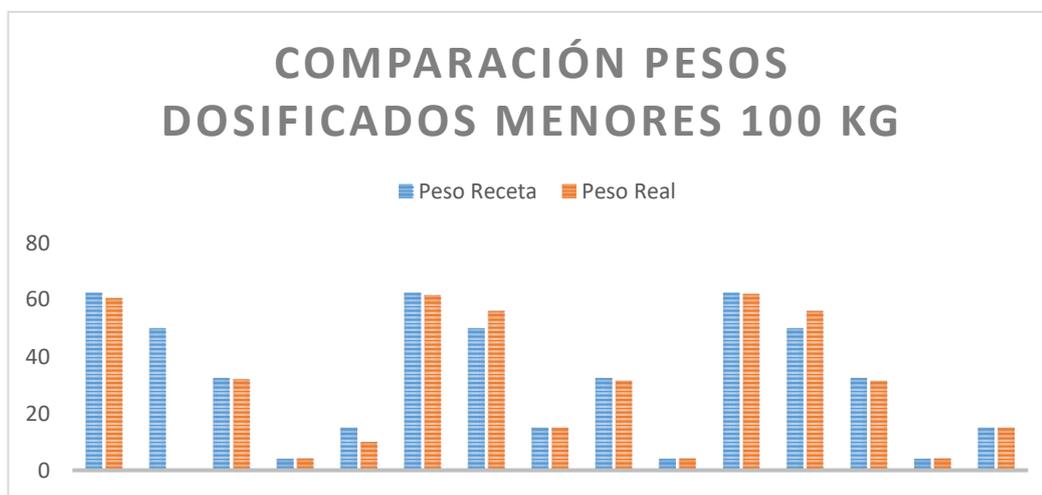
Una vez puesto en funcionamiento el nuevo sistema de dosificación, se tomaron los tres primeros días de operación para realizar pruebas. Con la ayuda de la generación de reportes se tomaron los datos de producción que se almacenan en la base de datos.

En la Figura 121. se muestran los resultados de 15 muestras tomadas en el proceso de dosificación. Se muestra el peso real y el peso de receta de ingredientes mayores de 1000 kg. Se visualiza una sobre dosificación, en la mayor parte de los pesos almacenados en la base de datos.



**Figura 121. Comparación pesos dosificados mayores 1000 KG**

En la Figura 122. se muestran los resultados de 15 muestras tomadas en el proceso de dosificación. Se muestra el peso real y el peso de receta de ingredientes menores de 100 kg. Se visualiza una sub dosificación, en la mayor parte de los pesos almacenados en la base de datos.



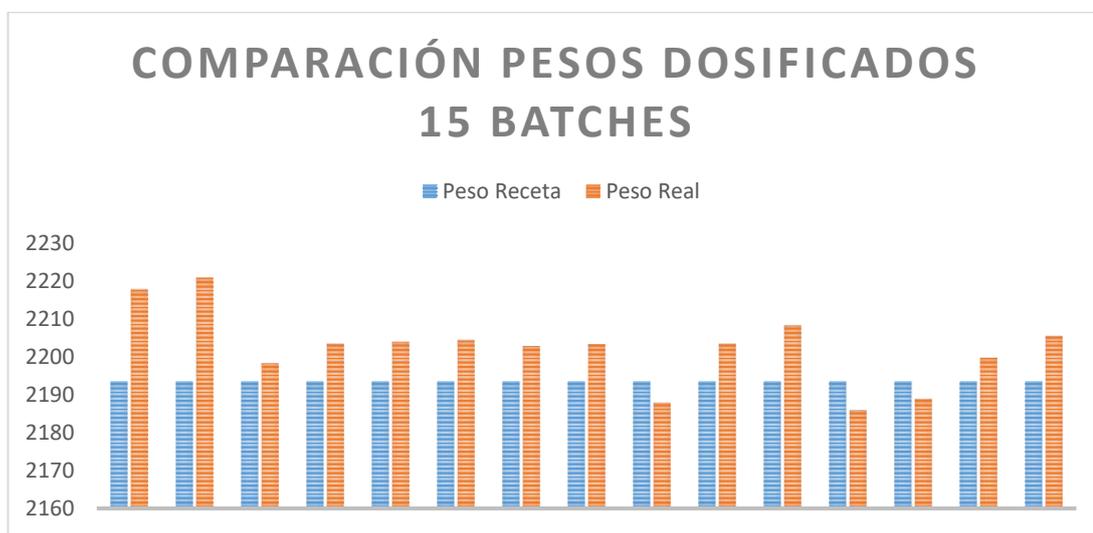
**Figura 122. Comparación pesos dosificados menores 100 KG**

En la Figura 123. se muestran los resultados de 15 muestras tomadas en el proceso de dosificación. Se muestra el peso real y el peso de receta de ingredientes mayores de 100 kg. Los pesos que están dentro del rango de 100 kg a 500 kg son los que mejores resultados obtuvieron, el peso dosificado es casi similar al de la receta.



**Figura 123. Comparación pesos dosificados mayores 100 KG**

En la Figura 124. se muestran los resultados de 15 muestras tomadas en el proceso de dosificación. Se muestra el peso total real y el peso total de receta. El peso real de la receta fue 2193.58 kg y las variaciones se encuentran entre el límite inferior 2185.95 kg y superior de 2220.89 kg.



**Figura 124. Comparación Pesos Dosificados 15 Batches**

## CAPÍTULO VI

### 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

La modernización del sistema SCADA de la planta de producción de balanceado de la empresa Gisis S.A., contribuyó a la disminución de tiempos de producción y detección de fallas en cualquier parte del proceso evitando pérdidas de materia prima y de información.

Una manera óptima para alertar al operador acerca de eventos anormales dentro del proceso es la inclusión de indicadores visuales. Por lo que se incluyó mensajes de sobredosificación, subdosificación del sistema para evitar pérdidas de tiempo y materia prima del sistema.

El almacenamiento en la base de datos del código de barras y el peso del producto que se ingresa manualmente, contribuyó a la supervisión y monitoreo de las cantidades exactas de ingrediente que ha sido empleado en el procesamiento de la mezcla, evitando un 95% de pérdidas de información y gasto excesivo del producto.

El uso del software de Ignition para la implementación del sistema SCADA contribuyó con la optimización de tiempo y evitar pérdidas de información al momento de almacenarla en la base de datos del sistema, el sistema disminuyó en un 40% el tiempo de producción y cumplió con los principales objetivos de SCADA.

Las bases de datos son herramientas que mejoran significativamente el almacenamiento y el orden de los datos. La base de datos que estaba siendo utilizada por la empresa, no cumplía con los fundamentos de normalización llegando a ser poco eficiente. Se diseñó una base de datos que cumpla con los requerimientos del cliente ayudando a la eficiencia y disminuyendo en un 20% el tiempo de producción, permitiendo un mejor control y monitoreo de los datos de producción de la planta.

La evaluación de la guía Gedis es un indicador que contribuye con el mejoramiento de la interfaz HMI. La interfaz desarrollada obtuvo un promedio de 4.1 de un máximo de 5 puntos, lo que indica que existen mejoras que se deben aplicar en el uso de fuentes e información textual para conseguir una mejor interacción e interpretación por parte del operador, que es el parámetro de menor puntuación.

El diseño y desarrollo de las pruebas SAT ayudaron a la implementación del sistema de producción de balanceado, eliminando los errores que se pueden producir al momento de levantar las conexiones y puesto en funcionamiento del nuevo programa implementado en un 90%.

El modo de funcionamiento automático del sistema permite que el proceso se lleve a cabo con el monitoreo de un operador en el cuarto de control, sin embargo, siempre es necesario un modo manual, también llamado modo de mantenimiento con el fin de revisar el estado de los actuadores del sistema y limpieza de los tornillos dosificadores.

La generación de reportes aporta el control y monitoreo del correcto funcionamiento del proceso de dosificación, permitiendo llevar un registro de los consumos de materias primas y pesos de productos procesados para su posterior análisis por parte del departamento de control de calidad de la empresa.

## **6.2 Recomendaciones**

Realizar un mantenimiento preventivo para evitar que los sensores que se encuentran en los distintos puntos del proceso sufran daños y alargar la vida útil de los mismos. Además, de un mantenimiento correctivo con los sensores que actualmente tienen fallas en su funcionamiento.

Realizar un mantenimiento preventivo de las balanzas de macroingredientes, líquidos y microlíquidos del sistema, debido a que a lo largo de las pruebas de funcionamiento dieron problemas porque no estaban calibradas por lo que fue necesario solicitar soporte de los encargados de las mismas.

Incorporar en el SCADA los procesos que se encuentran automatizados, preliminares y posteriores a la etapa de dosificación de la planta de balanceado para poseer un sistema que controle y supervise todo el sistema de la planta, evitando pérdidas de información y fallos en el proceso de producción de alimentos procesados.

El ambiente en el que se encuentran los elementos que forman partes del sistema posee mucho polvo por lo que es necesario realizar un mantenimiento preventivo del lector de código de barras para asegurar un correcto funcionamiento y alargar la vida útil del mismo.

Se debe proveer de un backup de energía en caso de que exista una falla en la alimentación principal del tablero. Es decir, se debe respaldar el PLC para no quedar desenergizado ante un mal funcionamiento en las líneas de alimentación de la empresa.

Realizar una capacitación del manejo de la interfaz a cada uno de los equipos de trabajo de la empresa, para que no existan mayores problemas en el manejo de la misma. Además, de proveer un manual de usuario al supervisor de la planta con el fin de responder las dudas e inquietudes sin necesidad de solicitar soporte a ASEcuador.

Con los resultados de la evaluación de la guía Gedis junto con las opiniones y sugerencias de los jefes operativos determinar los puntos que obtuvieron menor calificación en la prueba para realizar mejoras en la interfaz HMI del sistema y llevar a cabo una prueba de la nueva interfaz.

## BIBLIOGRAFÍA

- ABB. (2012). *Arrancadores Suaves. Tipos PSR, PSS, PSE, PST y PSTB*. Barcelona.
- AFABA. (2014). *Entorno a nivel Nacional*. Obtenido de <http://www.afaba.org/portal/index.php/2015-04-07-00-52-41/estadisticas/2014-entorno-nacional2#>
- Allen Bradley. (2001). *Compact 16-Point AC/DC Relay Output Module*.
- Allen Bradley. (2005). *Compact I/O 1769-SDN DeviceNet Scanner Module*.
- Allen Bradley. (2005). *Compact I/O Analog Modules*.
- Allen Bradley. (2007). *1769 Compact I/O Modules Specifications*.
- Allen Bradley. (2012). *Fuentes de alimentación de expansión Compact I/O*.
- Allen Bradley. (2013). *Manual del usuario de los controladores CompactLogix 1769*.
- Avilés , D. F., & Tapia, E. F. (2015). *REPONTENCIACION DE UNA SOPLADORA DE POLIETILENO MARCA MAGIC MP EN LA EMPRESA INPLASTICO CON UNA POTENCIA APROXIMADA DE 40 HP, MEDIANTE LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO CON LA UTILIZACION DE PLC'S E INTERFACES HMI, EN EL PERIODO 2013-2014*. Latacunga.
- Bastidas, R., & Proaño, L. (2010). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MÓDULOS DIDÁCTICOS PARA EL LABORATORIO DE CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES PARA LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO SEDE LATACUNGA*. Latacunga.
- Bortone, E. (2001). *DISEÑO DE PLANTAS DE ALIMENTOS BALANCEADOS ESPECIALIZADAS PARA PECES Y CRUSTÁCEOS*. Monterrey Nuevo León.
- Camps, R., Casillas, L. A., Costal, D., Gonestá, M. G., Escofet, C. M., & Pérez, O. (2005). *Bases de Datos*. Cataluña.
- Chachapoya, D. (2014). *Producción de alimentos balanceados en una planta procesadora en el cantón Cevallos*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Chapman, S. (2012). *Máquinas Eléctricas*. México: McGraw-Hill.
- COMES S.A. (2010). *EMPRESA ESPECIALISTA EN SINFINES Y TRANSPORTE DE PRODUCTOS A GRANEL*. Obtenido de <http://www.nutecom.es/silos-y-tolvas-de-almacenamiento/>
- Cotrim, A. (2009). *Instalaciones Eléctricas*. Sao Paulo: PEARSON Prentice Hall.
- Creus, A. (2010). *Instrumentación Industrial*. Barcelona: Alfaomega.
- Cruz, J. A. (2013). *Diseño de un Elevador de Cangilones para un Sistema de Recirculación de Arena de Moldeo con Capacidad de 50ton/Día*.

- Daneri, P. A. (2008). *PLC Automtaización y Control Industrial*. Buenos Aires: HASA.
- Filali, S. (2014). *Evaluación de estándares HMI/SCADA. Aplicación de la guía GEDIS a los Sistemas SCADA del NAP (Network Access Point) de Canarias*. La Laguna.
- Flores, J. E., & Cuenca, B. F. (2009). *Repotenciación, Construcción, Montaje y Pruebas de una Planta de Balanceado de la Comunidad Valle del Anzú provincia de Pastaza*. Riobamba.
- Flores, M., & Guerra, O. (2005). *Montaje de la planta de producción de balanceado e implementación de un sistema HMI para su control y monitoreo en el laboratorio de procesos industriales*. Quito.
- Garcia, E. (2001). *Autolatización de procesos industriales*. México: Alfaomega.
- GISIS S.A. (2015). *GISIS S.A.* Obtenido de <http://www.gisis.com.ec/>
- Granda Chuquin, E. (2012). *REDISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA PELETIZADORA PARA LA PLANTA DE BALANCEADOS ESPEJO*. Ibarra.
- Grijalva, P. R. (2013). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE DOSIFICACIÓN DE MICRO NUTRIENTES PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA AVIPAZ CÍA. LTDA*. Latacunga.
- Hernández, M., & Ledesma, D. (2010). *DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA LA MEDICIÓN DE VOLTAJES CON SISTEMAS EMBEBIDOS PARA EL LABORATORIO DE MECATRÓNICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA*. Riobamba.
- Hughes, A. (2006). *Electric Motors and Drives Fundamentals, Types and Applications*. Gran Bretaña: Newnes.
- Inductive Automation. (2017). *Ignition User's Manual 7.9*.
- Ingemecánica. (2013). *Ingemecánica Ingeniería, Consultoría y Formación*. Obtenido de <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn143.html>
- Interactúa. (2016). *Interactúa Club de Negocios*. Obtenido de <http://www.interactuaclub.com/Blog/Post/oportunidades-para-el-sector-agroindustrial-para-2016-74>
- KMX Industrial Equipment. (2017). *KMX*. Obtenido de <http://www.kmx.cl/product/transportador-neumatico/>
- Kozak, A. (1968). *Contribución de la industria de alimentos balanceados para animales ala solución del déficit alimentario mundial*,. Buenos Aires.
- López, M. (2015). *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA PARA EL CONTROL DEL PROCESO*

*DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA “ALIMENTOS BALANCEADOS DEL ECUADOR (ABE)” UBICADA EN EL CANTÓN CEVALLOS.* Ambato.

- Maloney, T. (2006). *Electrónica industrial moderna*. México: Pearson Educación.
- Mariscal, R. (10 de Marzo de 2009). *issu*. Obtenido de [https://issuu.com/mariscalchuscano/docs/03\\_funcionamiento\\_y\\_clasificacion\\_contactores](https://issuu.com/mariscalchuscano/docs/03_funcionamiento_y_clasificacion_contactores)
- Matrikon. (2012). *Matrikon*. Obtenido de <http://matrikonopc.es/opc-servidor/index.aspx>
- Microsoft. (12 de Julio de 2013). *Microsoft*. Obtenido de <https://support.microsoft.com/es-ec/help/283878/description-of-the-database-normalization-basics>
- OPC Foundation. (s.f.). *OPC Foundation*. Obtenido de <https://opcfoundation.org>
- Pacheco, J. (2010). *Medición y control de procesos industriales*. México: Editorial Trillas.
- Palacio, O. (2012). *Procesos Industriales. Teoría y guía de prácticas*. Colombia: Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.
- Parrales, V., & Tamayo, J. C. (2012). *DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN ESTRATÉGICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD APLICADO A UNA PLANTA PROCESADORA DE ALIMENTOS BALANCEADOS*. Guayaquil.
- Patiño, E., & Solano, J. (2016). *Diseño e implementación de un prototipo de supervisión de un sistema de control industrial utilizando plataformas empotradas de bajo costo y controladores lógicos programables PLCs*. Cuenca.
- Pere Ponsa, A. (2012). *DISEÑO DE PANTALLAS*. Cataluña.
- Perez, M. A., Perez, A., & Perez, E. (2007). *INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE CONTROL Y MODELO MATEMÁTICO PARA SISTEMAS LINEALES INVARIANTES EN EL TIEMPO*. San Juan.
- PRO ECUADOR. (2016). *Perfil Sectorial de Alimento Para Animales*. Obtenido de [http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2016/07/proec\\_psi2016\\_alimentoparaanimales.pdf](http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2016/07/proec_psi2016_alimentoparaanimales.pdf)
- Querol, E. (2014). *NORMA IEC-61499 PARA EL CONTROL DISTRIBUIDO. APLICACIÓN AL CNC*. Valencia.
- Ravindran, V. (2010). *Aditivos en Alimentación Animal: Presente y Futuro*. Madrid.
- Roa, J. C. (2015). *Interfaz Hombre Máquina*.
- Rodríguez Penin, A. (2011). *Sistemas SCADA Guía Práctica* (Tercera ed.). Barcelona: Marcombo.

- SMAR. (2017). *Tutorial DeviceNet*. Obtenido de <http://www.smar.com/espanol/devicenet>
- Sossa, J. Z. (2013). *TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS BALANCEADOS*. Bogota: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Tecnología. (2011). *Tecnología*. Obtenido de <http://www.areatecnologia.com/electricidad/contactor.html>
- TYMSA. (2011). *Trituración y Molienda S.A. de C.V.* Obtenido de <http://www.trituracionymolienda.com/Molinos.html#specification>
- Varela, M. (Febrero de 2012). *Boletín Mensual de Análisis Sectorial de MIPYMES No. 24: Elaboración de balanceados para exportación*. Quito.
- Varga, S., & Cherry, D. (2016). *Introducing Microsoft SQL Server 2016*. Washington: Microsoft Press.
- Villalobos, V., & Figuera, J. (2014). *NORMA ISA SP95 Seminario: Estrategias de Automatización Industrial*. Maturín.
- WEG. (Marzo de 2008). *Manual de Comunicación DeviceNet*. Obtenido de <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-ssw08-manual-de-comunicacion-devicenet-10000046974-manual-espanol.pdf>

## ANEXOS

- ANEXO A: Diagrama P&ID del proceso.
- ANEXO B: Tablas y campos de base de datos anterior.
- ANEXO C: Instalación SQL Server 2008.
- ANEXO D: Instalación Ignition.
- ANEXO E: Instalación RsLogix 5000.
- ANEXO F: Lista I/Os.
- ANEXO G: Registro fotográfico.
- ANEXO H: Reportes de producción.
- ANEXO I: Video de producción.