



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



DISEÑO EXPERIMENTAL DE AUTOMATIZACIÓN CON
SISTEMAS DE CONTROL DE PROCESOS BRAUMAT Y PLC S7-
416 PARA PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE BEBIDAS EN
PLANTA PILOTO BACKUS-ATE

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. ELYEL SURCO MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

A mi padre el Sr. Pedro B. Surco M. y madre la Sra. Cirila Mamani A. que la única satisfacción que tienen es la de ver a sus hijos triunfar en la vida. A mis hermanos Susan, Ely, Glend y Web por su apoyo incondicional y motivación constante.

Elyel Surco Mamani



AGRADECIMIENTO

A mi Alma Mater la Universidad Nacional del Altiplano Puno, por haberme brindado la oportunidad de forjarme como profesional. Lugar, en donde construí mi proyecto de vida.

A los docentes de la escuela profesional de ingeniería electrónica que me inculcaron, enseñaron y compartieron sus experiencias para afrontar los desafíos de la vida, por sus consejos y sugerencias en mi investigación de tesis y formación profesional.

A mis jefes y compañeros de trabajo por compartir sus experiencias laborales y enseñanzas que contribuyen mi formación profesional.

Finalmente, mi entero agradecimiento a mis queridos padres, tíos, hermanos y amigos que me enseñaron ser perseverante y por su apoyo incondicional que me brindaron en el mejor momento que solicité.

Elyel Surco Mamani



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 12

ABSTRACT..... 13

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 15

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN..... 15

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA..... 15

1.3.1 Justificación social 16

1.3.2 Justificación técnica 16

1.3.3 Justificación económica 17

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... 17

1.4.1 Objetivo general..... 17

1.4.2 Objetivos específicos 17

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES..... 19

2.2 SISTEMA DE CONTROL DE PROCESOS BRAUMAT 24

2.2.1 Parametrización 25

2.2.2 Direccionamiento de argumentos. 26

2.2.3 Bloques del sistema 26

2.2.4 Gestión de recetas 27

2.2.5 Vinculación de las funciones 27

2.2.6 Funciones estándar 27

2.2.7 Alarmas y mensajes 28

2.2.8 Filosofía de funcionamiento 29

2.2.9 Monitorear y controlar 29

2.2.10 Construcción de imágenes 29

2.3 PROCESOS Y LOTES..... 30

2.3.1 Procesos continuos..... 30



2.3.2	Producción de un solo trabajo.....	30
2.3.3	Procesos por lotes	31
2.4	MODELO FÍSICO	33
2.4.1	Nivel de empresa	34
2.4.2	Nivel de sitio	34
2.4.3	Área.....	35
2.4.4	Celda de proceso	35
2.4.5	Unidad.....	35
2.4.6	Equipo técnico	36
2.4.7	Unidad de control única	36
2.5	CLASIFICACIÓN DE PLANTA	37
2.5.1	Producción de una sola línea	37
2.5.2	Producción de múltiples líneas	37
2.5.3	Sistema de red	38
2.6	OPERACIÓN CONTROLADA POR LOTES	40
2.6.1	Control de procedimiento	41
2.7	RECETAS.....	43
2.7.1	Área.....	43
2.7.2	Celda de proceso	43
2.8	ESTRUCTURA DEL SISTEMA.....	45
2.8.1	Estructura de un plc (as)	45
2.8.2	Estructura de un servidor (os).....	46
2.9	RENDIMIENTO DE DATOS.....	47
2.9.1	Programa de cantidad de funciones y clases.....	47
2.9.2	Caracteres especiales en el nombre del objeto.....	52
2.10	CENTRO DE APLICACIONES	52
2.11	FACEPLATES	53
2.11.1	Faceplate de icm	53
2.11.2	Faceplate digital	55
2.11.3	Faceplate analógica.....	56
2.11.4	Faceplate del controlador	57
2.11.5	Faceplate de la entidad.....	58
2.11.6	Faceplate de línea.....	58
2.11.7	Faceplate de control de la unidad	59
2.11.8	Unidad de control grande.....	60
2.12	SISTEMA GRÁFICO.....	64
2.13	SISTEMA DE REGISTRO.....	64



2.14	MATERIAS PRIMAS EN LA ELABORACIÓN DE LA CERVEZA	65
2.14.1	Malta	65
2.14.2	Agua.....	66
2.14.3	Levadura	66
2.14.4	Lúpulo.....	67
2.15	PROCESO DE LA ELABORACIÓN DE LA CERVEZA	68
2.15.1	Molienda	68
2.15.2	Caldera de adjuntos.....	68
2.15.3	Caldera de mezcla.....	69
2.15.4	Cuba de filtración.....	70
2.15.5	Caldera de ebullición	70
2.15.6	Tanque de whirlpool	71
2.15.7	Enfriador	71
2.15.8	CCTs	72
2.15.9	Filtración.....	74
2.15.10	Filtración	74
2.15.11	BBTs	74
2.15.12	Pasteurizador	75
2.15.13	Unidad de agua de proceso	75
2.15.14	CIP.....	75
2.16	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	76
2.16.1	Hipótesis general.....	76
2.16.2	Hipótesis específica	76
2.17	OPERACIÓN DE VARIABLES	77
CAPÍTULO III		
MATERIALES Y MÉTODOS		
3.1	MATERIALES.....	78
3.1.1	Software	78
3.1.2	Hardware.....	78
3.1.3	Materiales de escritorio.....	79
3.1.4	Servicios.....	79
3.2	DISEÑO Y TIPO DE LA INVESTIGACIÓN	79
3.2.1	Diseño de la investigación	80
3.2.2	Tipo de investigación.....	80
3.2.3	Enfoque de la investigación	80
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN	80
3.3.1	Población	80



3.3.2	Muestra	80
3.4	UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	81
3.4.1	Ubicación	81
3.4.2	Descripción	81
3.5	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	82
3.5.1	Técnica.....	83
3.6	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	83
3.6.1	Instalación y configuración de la OS y AS.....	83
3.6.2	Parametrización de los objetos tecnológicos	85
3.6.3	Diseño de las imágenes del proceso	92
3.6.4	Programación primera secuencia de producción de cerveza	99
3.6.5	Programación segunda secuencia de producción de cerveza.....	105
CAPÍTULO IV		
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
4.1	RESULTADOS OBTENIDOS EN EL DISEÑO EXPERIMENTAL.....	111
4.1.1	Resultado Primera Secuencia de Producción de Cerveza.....	111
4.1.2	Resultado Segunda Secuencia de Producción de Cerveza.....	120
4.2	DISCUSIÓN	129
V.	CONCLUSIONES	132
VI.	RECOMENDACIONES	134
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	135
ANEXOS	139

Área : Automatización e Instrumentación

Tema : Sistemas de Control de Procesos Industriales

Fecha de sustentación 11 de febrero 2022



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1:	Ingeniería del sistema BRAUMAT.....	24
Figura 2.2:	Modelo de proceso y ejemplo de producción de Mosto.	31
Figura 2.3:	Modelo físico para procesos y lotes.	34
Figura 2.4:	Estructura de ruta única.....	37
Figura 2.5:	Estructura de ruta múltiple.	38
Figura 2.6:	Estructura de red.	40
Figura 2.7:	Modelo procedimiento de un sistema por lotes.....	41
Figura 2.8:	Descripción general y control básico del ICM.....	54
Figura 2.9:	Faceplate digital.	56
Figura 2.10:	Pestaña general faceplate analógica.	56
Figura 2.11:	Faceplate de control.	57
Figura 2.12:	Pestaña propiedades de la entidad.....	58
Figura 2.13:	Faceplate de línea.	59
Figura 2.14:	Unidad de control grande.	60
Figura 2.15:	Ventana de unidad de control grande.....	62
Figura 3.1:	Íconos de acceso directo a los softwares.....	83
Figura 3.2:	Lectura del hardware del PLC S7-416.....	84
Figura 3.3:	Cargar OBs, FBs, FCs y DBs estandarizados.	84
Figura 3.4:	Configuración del IOS y CPU.....	85
Figura 3.5:	Parametrización de accionamientos (ICM).....	86
Figura 3.6:	Parametrización de entradas analógicas (AIN).	87
Figura 3.7:	Parametrización de salidas analógicas (AOUT).	88
Figura 3.8:	Parametrización de funciones digitales (DFM0).....	88
Figura 3.9:	Parametrización de módulo de funciones (DFM1).	89
Figura 3.10:	Parametrización de controladores (PID).	89
Figura 3.11:	Parametrización poligonal (POLY).....	90
Figura 3.12:	Parametrización de unidades de secuencia.	91
Figura 3.13:	Parametrización de temporizadores en ICM.	91
Figura 3.14:	Diseño de la ventana principal.	92
Figura 3.15:	Diseño y direccionamiento “MOLIENDA”.....	93
Figura 3.16:	Diseño y direccionamiento “ADJUNTOS/MEZCLA”.....	93
Figura 3.17:	Diseño y direccionamiento “CUBA DE FILTRACIÓN”.....	94
Figura 3.18:	Diseño y direccionamiento “EBULLICIÓN/WHIRLPOOL”.	95
Figura 3.19:	Diseño y direccionamiento “ENFRIAMIENTO”.	95
Figura 3.20:	Diseño y direccionamiento “CCTs”.....	96



Figura 3.21:	Diseño y direccionamiento “FILTRACIÓN”.	96
Figura 3.22:	Diseño y direccionamiento “BBTs”.	97
Figura 3.23:	Diseño y direccionamiento “PASTEURIZADOR”.	98
Figura 3.24:	Diseño y direccionamiento “AGUA DE PROCESO”.	98
Figura 3.25:	Diseño y direccionamiento “CIP”.	99
Figura 3.26:	Programación primera secuencia de producción.	100
Figura 3.27:	Programación segunda secuencia de producción.	106
Figura 4.1:	Resultado de la primera secuencia.	112
Figura 4.2:	Valores unidad molienda primera secuencia.	113
Figura 4.3:	Valores unidad caldera de adjuntos primera secuencia.	114
Figura 4.4:	Valores unidad caldera de mezcla primera secuencia.	115
Figura 4.5:	Valores unidad cuba de filtración primera secuencia.	116
Figura 4.6:	Valores unidad caldera/whirlpool primera secuencia.	117
Figura 4.7:	Valores unidad lúpulo primera secuencia.	118
Figura 4.8:	Valores unidad enfriador primera secuencia.	119
Figura 4.9:	Resultado de la segunda secuencia.	121
Figura 4.10:	Valores unidad molienda segunda secuencia.	122
Figura 4.11:	Valores unidad caldera adjuntos segunda secuencia.	123
Figura 4.12:	Valores unidad caldera mezcla segunda secuencia.	124
Figura 4.13:	Valores unidad cuba filtración segunda secuencia.	125
Figura 4.14:	Valores unidad caldera/whirlpool segunda secuencia.	126
Figura 4.15:	Valores unidad lúpulo segunda secuencia.	127
Figura 4.16:	Valores unidad enfriador segunda secuencia.	128
Figura A.1:	Tablero de control Planta Piloto Backus-Ate.	139
Figura A.2:	Tablero del PLC S7-416 Planta Piloto Backus-Ate.	139
Figura A.3:	Tabla de recursos disponibles versión CPU <V7.	140
Figura A.4:	Tabla de especificación de funciones CPU <V7.	140
Figura A.5:	Tabla de enrutamiento de los bloques de datos.	141



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1:	Elementos de procedimientos.....	41
Tabla 2.2:	Datos de encabezado.	45
Tabla 2.3:	Límite de configuración para funciones estándar 1.....	48
Tabla 2.4:	Límite de configuración para funciones estándar 2.....	49
Tabla 2.5:	Límite de configuración para funciones estándar 3.....	50
Tabla 2.6:	Límite de configuración para funciones estándar 4.....	51
Tabla 2.7:	Límite de configuración para etiquetas PA.	51
Tabla 2.8:	Límite de configuración para el registro de datos del proceso.....	51
Tabla 2.9:	Acceso a control y visualización del proceso.....	52
Tabla 2.10:	Significado de los estados del ICM.....	54
Tabla 2.11:	Ilustración de los símbolos y su significado.	55
Tabla 2.12:	Configuración de parámetros de valores de control.....	57
Tabla 2.13:	Funciones de componentes de la unidad de control.....	60
Tabla 2.14:	Componentes del Faceplate de control grande.....	63
Tabla 2.15:	Operación de variable.	77
Tabla 3.1:	Especificación del programa de la primera secuencia.....	101
Tabla 3.2:	Especificación del programa de la segunda secuencia.	107
Tabla A.1:	Variables celda de proceso “Molienda”.	141
Tabla A.2:	Variables celda de proceso “Cocedor Adjuntos/Mezcla”.	142
Tabla A.3:	Variables celda de proceso “Cuba de Filtración”.....	144
Tabla A.4:	Variables celda de proceso “Ebullición/Wirlpool”.	145
Tabla A.5:	Variables celda de proceso “Enfriamiento”.	146
Tabla A.6:	Variables celda de proceso “CCTs”.	147
Tabla A.7:	Variables celda de proceso “Filtración”.	149
Tabla A.8:	Variables celda de proceso “BBTs”.	149
Tabla A.9:	Variables celda de proceso “Pasteurizador”.....	150
Tabla A.10:	Variables celda de proceso “Agua de Proceso”.	151
Tabla A.11:	Variables de unidad de “CIP”.	152



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ICM	: Módulo de Control Individual.
DFM	: Modulo de Funciones Digitales.
BLR	: Resultado de Lógica Binaria.
OP-REQ	: Solicitud del Operador.
ROP	: Operación de Recetas.
EOP	: Operación de Equipo.
RCS	: Sistema de Control de Ruta.
CPU	: Unidad de Control de Procesos.
IOS	: Sistema de Operación e Información.
ABM	: Afectados por el Mantenimiento.
MES	: Sistema de nivel superior.
PLC	: Controlador Lógico Programable.
RP	: Procedimiento de Receta.
RUP	: Procedimiento de Unidad de Receta.
RPH	: Fase de Receta.
AS	: Sistema de Automatización.
OS	: Organización del Sistema.



RESUMEN

En este trabajo de tesis se desarrolla una propuesta de automatización utilizando el Sistema de Control de Procesos BRAUMAT y PLC S7-416 para las plantas de producción de la cerveza. Para ello se ha utilizado las válvulas, motores, bombas, transmisores (temperatura, flujo y nivel) y otros instrumentos propios de las unidades de las celdas de proceso de la planta piloto Backus-Ate. Además, los equipos y la instrumentación de las unidades de las celdas de proceso de la planta piloto Backus-Ate son para procesos de producción de la cerveza. Para ello se ha desarrollado en esta tesis el diseño descriptivo, parametrización de todas las variables de acuerdo al plano de la planta piloto Backus-Ate y además la programación para las secuencias de producción de la cerveza con valores estrictamente descriptivos. Por consiguiente, nuestro objetivo principal fue automatizar las variables de las celdas de proceso de la planta piloto con el sistema de control de procesos BRAUMAT y PLC S7-416, mediante el cual desarrollamos la programación de la secuencia de las unidades de producción de la cerveza con valores descriptivos para nuestras dos secuencias. La metodología aplicada en la tesis es descriptiva, ya que en él se plantea una hipótesis que se puede analizar deductiva o inductivamente y posteriormente comprobar experimentalmente, es decir que se busca que la parte teórica no pierda su sentido. Cabe destacar que los resultados obtenidos son estrictamente descriptivos en las dos secuencias programadas con las variables de proceso de las unidades de las celdas de proceso de molienda, caldera adjunto/mezcla, cuba filtración, caldera ebullición/whirlpool, enfriamiento, CCTs, filtración, BBTs, pasteurizador, agua de proceso y CIP para la producción de la cerveza. Finalmente concluimos que el estudio de sistemas de control de procesos BRAUMAT y la planta piloto Backus-Ate han sido primordiales para lograr el desarrollo de la tesis.

Palabras Clave: Sistema, Automatización, Control, Proceso, Planta.



ABSTRACT

In this thesis work, an automation proposal is developed using the BRAUMAT Process Control System and PLC S7-416 for beer production plants. For this, the valves, motors, pumps, transmitters (temperature, flow and level) and other instruments of the Backus-Ate pilot plant process cell units have been used. In addition, the equipment and instrumentation of the Backus-Ate pilot plant process cell units are for beer production processes. For this, the descriptive design has been developed in this thesis, parameterization of all the variables according to the plan of the Backus-Ate pilot plant and also the programming for the beer production sequences with strictly descriptive values. Therefore, our main objective was to automate the variables of the process cells of the pilot plant with the BRAUMAT process control system and PLC S7-416, through which we developed the programming of the sequence of the beer production units. with descriptive values for our two sequences. The methodology applied in the thesis is descriptive, since it raises a hypothesis that can be analyzed deductively or inductively and subsequently verified experimentally, that is, it is sought that the theoretical part does not lose its meaning. It should be noted that the results obtained are strictly descriptive in the two sequences programmed with the process variables of the units of the milling process cells, adjoining/mixing boiler, lauter tun, boiling/whirlpool boiler, cooling, CCTs, filtration, BBTs, pasteurizer, process water and CIP for beer production. Finally, we conclude that the study of BRAUMAT process control systems and the Backus-Ate pilot plant have been essential to achieve the development of the thesis.

Keywords: System, Automation, Control, Process, Plant.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En el mundo moderno de la oficina y la producción, la tecnología de la información y las comunicaciones juega un papel cada vez más importante, siendo así un motivo que nos lleva a demostrar en esta tesis de investigación la ingeniería y la operación del Sistema de Control de Procesos BRAUMAT predestinado para la automatización de tareas por lotes y fue desarrollado por ese motivo, el sistema también puede manejar procesos continuos como muestra la adaptación exitosa en varias plantas “continuas”. El objetivo general de esta tesis de investigación es automatizar las unidades de las celdas de proceso de la planta piloto Backus-Ate con Sistemas de Control de Procesos BRAUMAT y PLC S7-416 para la elaboración de la cerveza utilizando las variables de proceso de las celdas de proceso molienda (Tabla A.1), caldera de adjunto/mezcla (Tabla A.2), cuba de filtración (Tabla A.3), caldera ebullición/whirlpool (Tabla A.4), enfriamiento (Tabla A.5), CCTs (Tabla A.6), filtración (Tabla A.7), BBTs (Tabla A.8), pasteurizador (Tabla A.9), agua de proceso (Tabla A.10) y CIP (Tabla A.11).

El presente trabajo de investigación consta de IV capítulos, los que se describen a continuación:

En el **Capítulo I** se aborda el planteamiento del problema de investigación, en ella se describe la descripción del problema, la formulación del problema de investigación, justificación del problema y los objetivos de la investigación planteados para dar una solución al problema propuesto.

En el **Capítulo II** están los antecedentes de la investigación, el marco teórico de la investigación que sustenta la presente investigación, las hipótesis de la tesis y la operación de variables.



En el **Capítulo III** se describe los materiales, el diseño y tipo de investigación, la población y muestra de la tesis, ubicación y descripción de la investigación, técnicas e instrumentos de recolección de datos y el desarrollo de la tesis.

En el **Capítulo IV** se presenta los resultados de las secuencias de fabricación de cerveza en el diseño de la automatización, la discusión con los antecedentes de la tesis, para finalizar se presentan las conclusiones y recomendaciones de la tesis de investigación.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La planta piloto Backus-Ate esta implementado en sus celdas de proceso con unidades de última generación, dichos unidades son para el proceso de elaboración de la cerveza. Sin embargo, dichos unidades necesitan un sistema de control para el proceso de elaboración de la cerveza.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

¿Es posible automatizar con Sistemas de Control de Procesos BRAUMAT y PLC S7-416 las unidades de las celdas de proceso de la planta piloto Backus-Ate para la fabricación de la cerveza?

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El presente trabajo de tesis “DISEÑO EXPERIMENTAL DE AUTOMATIZACIÓN CON SISTEMAS DE CONTROL DE PROCESOS BRAUMAT Y PLC S7-416 PARA PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE BEBIDAS EN PLANTA PILOTO BACKUS-ATE” da una propuesta de conocimientos con el desarrollo del programa para la automatización del proceso de producción de la cerveza, tomando las



variables de proceso de las unidades de producción de la cerveza en la planta piloto Backus-Ate. Para ello se ha utilizado las válvulas, motores, bombas, transmisores (temperatura, flujo y nivel) y otros instrumentos propios de las unidades de las celdas de proceso de la planta piloto Backus-Ate. La tesis también toma como referencia a los cientos de malterías y cervecías que actualmente usan sistemas de control de procesos BRAUMAT.

En la tesis se usarán los componentes y módulos estandarizados de BRAUMAT tales como sistemas de visualización independiente, configuración de los objetos del sistema, sistema de recetas gráficas, gestión de trabajo y el marco del programa de SIMATIC. Por tal razón en el proyecto se logrará visualizar el proceso en tiempo real, agregar o modificar recetas del proceso, visualizar el histórico de las señales (presión, flujo, temperatura y otros) y como las otras aplicaciones propias del proceso de producción de cerveza.

1.3.1 Justificación social

La tesis permite dar a conocer tecnología estandarizada en nuestro país que pueda ser utilizado como base para futuros proyectos con sistemas de control de procesos en la fabricación de la cerveza, permitiendo un mayor desarrollo en ámbito social en nuestro país.

1.3.2 Justificación técnica

El desarrollo de la tesis con el uso de nuevas tecnologías con direccionamiento estandarizado para el proceso de producción de la cerveza nos brinda software y equipos de instrumentación más robustos a nivel industrial y con una mejor precisión en el control y tiempos de respuesta.



1.3.3 Justificación económica

En la actualidad las mayores pérdidas que presenta el sector industrial son por el factor humano, en la instalación e implementación de nuevas tecnologías por lo que es importante contar con un sistema de control de procesos de todos los instrumentos utilizados en la automatización de las unidades de las celdas de proceso de la planta piloto Backus-Ate para la elaboración de la cerveza.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo general

Automatizar las unidades de las celdas de proceso de la planta piloto Backus-Ate con Sistemas de Control de Procesos BRAUMAT y PLC S7-416 para la elaboración de la cerveza.

1.4.2 Objetivos específicos

- Estudiar el manual de ingeniería y la operación de Sistemas de Control de Procesos BRAUMAT y PLC S7-416.
- Clasificar la planta piloto Backus-Ate según producto producido y estructura física.
- Parametrizar con direccionamiento estandarizado las unidades, unidades de equipo y unidades individuales de las celdas de proceso de la planta piloto Backus-Ate.
- Diseñar los gráficos según las unidades de las celdas de proceso de la planta piloto Backus-Ate.



- Elaborar las secuencias de producción según al proceso de fabricación de la cerveza con valores estrictamente experimentales con las unidades individuales de las celdas de proceso de la planta piloto Backus -Ate.
- Programar las secuencias de los bloques de funciones y funciones que controlan las etapas de la secuencia de las unidades de producción de la cerveza en la planta piloto Backus-Ate.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

Se encontraron investigaciones de referencia a sistemas de control estandarizado, estos antecedentes ayudarán a tener opciones al desarrollar el proyecto y estos serán mencionadas a continuación:

En el trabajo de (Villalba Cabrera, 2019) Desarrollo y análisis de un sistema DCS y protocolos industriales (Tesis de Maestría) Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú. Concluye que:

El presente trabajo de desarrollo y análisis de la automatización industrial, ayudará a comprender los controladores como DCS's y protocolos de comunicación que integran los equipos de campo, estos permiten intercambiar datos de lectura y escritura usando buses de campo, sabemos que la nueva tendencia de la tecnología ha sido precisamente centralizar toda la información posible en un solo punto, esto gracias a la ayuda de software que permiten acceder de forma rápida y en tiempo real a la planta de producción, esta planta puede ser por ejemplo industria de alimentos, papelera, textil, agro, energía, pesquera, gas o minería, haciendo uso precisamente de instrumentos industriales y actuadores que son gobernados remotamente de forma local o global, esto hace que los protocolos industriales toman una importancia que se debe ser configurados de forma sencilla y amigable para poder integrarlos en una planta usando un DCS, por tal motivo mi investigación e análisis ayudara a los estudiantes de pregrado, post grado y profesionales en general que hoy en están involucrados las diferentes ramas de la



ingeniería electrónica, mecatrónica, etc., que puedan resolver de forma sencilla el tema del uso de DCS y protocolos industriales.

En la investigación de (Severino y Oblitas, 2018) Diseño e Implementación de un Sistema de Control Distribuido para las Mini Plantas de Control de Velocidad del Laboratorio de Ingeniería Electrónica – Unprg (Tesis de Grado) Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú. Concluye que:

El presente trabajo de diseño e implementación se ha desarrollado en el Laboratorio N° 2 de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. El objetivo de este proyecto es enlazar las Mini Plantas dando la posibilidad a todos los alumnos de poder realizar sus prácticas accediendo desde cualquiera de ellas. Para el diseño del proyecto, desarrollado en el Capítulo III, se utilizó una red Modbus TCP/IP implementada en el PLC Modicon M340. La red Modbus TCP/IP se configuró a través del software Unity Pro, además se utilizará el servicio de exploración de E/S (I/O Scanning) para que el módulo de comunicación Ethernet NOE pueda leer y escribir sobre los registros de control del variador de frecuencia ATV 32. La configuración de los variadores de frecuencia se realizó con el software Unity Pro, el cual permite retornar a los valores de fábrica para que podamos configurar el equipo nuevamente y así podamos establecer el tipo de comunicación que realizó el variador.

En la investigación de (Zhangsong, Yang y Xing, 2018) Construcción de plataforma de hardware del sistema de control de temperatura de fermentación de cerveza basado en plc s7-400 (Tesis de Maestría) Escuela Técnica y Profesional de Mecatrónica de Mongolia Interior, Hohhot, Mongolia Interior, China. Concluye que:



En el proceso de producción de cerveza, el control de temperatura en la etapa de fermentación es un factor importante que afecta el sabor, aroma y color de la cerveza. Basado en el hardware del controlador PLC S7-400 y la plataforma BRAUMAT, el sistema de control de temperatura de fermentación de la cerveza se desarrolla para realizar la interacción persona-computadora. La plataforma del hardware se ha puesto en producción y los resultados operativos muestran que el sistema es estable y confiable, y puede lograr un control de temperatura estable.

En el proyecto de (Manrique, Cusihuaman y Guzmán, 2017) Diseño y simulación con Siemens Simatic PCS7 del proceso productivo de la micro-cervecería, ingeniería y servicios S.A.C. 2016 (Tesis de Grado) Universidad Andina del Cusco, Cusco, Perú. Concluye que:

En el presente informe se analiza y desarrolla el sistema de control de procesos y simulación para el área de producción de cerveza artesanal. Los objetivos del estudio y las variables de este. El segundo capítulo plantea el marco teórico utilizado para el trabajo de investigación, en el cual los estudios antecedentes, y las bases-teórico científicas están enfocados a la implementación de sistemas de automatización utilizando Siemens PCs7, simulación de líneas de producción y diseño de procesos de una cervecería artesanal. También se describen las técnicas de encuesta y observación utilizadas. En el cuarto capítulo se plantea la propuesta de la investigación, previo diagnóstico del proceso de producción de la Micro-cervecería ingeniería y servicios S.A.C. se plantea la plataforma para la programación y configuración de las estaciones de automatización, la elaboración de la interfaz gráfica de operación del sistema SCADA, así como la configuración de redes industriales aplicado en el Software Simatic PCs7 V8.1. Para el desarrollo del área de producción se emplean librerías estandarizadas a procesos de elaboración de Cerveza Artesanal, que incluyen la instrumentación, equipos, arquitectura de control y procesos



estandarizados en procesos similares, con funciones predefinidas para el control aplicado de equipos típicos de una planta cervecera. Así mismo el PCS7 facilita la elaboración de la interfaz gráfica mediante el enlace automático de las variables de proceso a sus respectivas direcciones en el sistema SCADA. El quinto capítulo muestra los resultados y la comparación de los indicadores de producción del proceso. La solución desarrollada mediante el sistema PCS7 asegura la integración de los sistemas de control de las diversas etapas del proceso bajo una misma plataforma. Así mismo como la operación por lotes del proceso resulta beneficiada debido a la mayor información con la que dispone el operador desde la estación de operación. También como la herramienta de simulación para la inducción de condiciones simuladas dentro del proceso de producción, que es generada algoritmos pre definidos, que emulan fluctuaciones (variaciones) de temperaturas, presiones, volúmenes, y otras variables, la cual nos permitirá obtener reportes de eficiencia y ratios de producción con los que podemos hacer una comparación respecto al proceso actual de la empresa y la propuesta alcanza.

En la investigación de (Rojas Herrera, 2015) Implementación de un sistema de control distribuido PCS7 en una línea de transporte, almacenamiento y despacho de cal (Tesis de Grado) Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. Concluye que:

En el presente informe se analiza y desarrolla el sistema de control del área de transporte, almacenamiento y despacho de una línea de producción (1) de cal de 1500 toneladas métricas por día. La plataforma para la programación y configuración de las estaciones de automatización (AS), elaboración de la interfaz gráfica de operación del sistema SCADA, así como la configuración de las redes industriales es el SIMATIC PCS7 (Process Control System 7) versión 8. Para el desarrollo de las secuencias de arranque se emplean librerías especializadas, con funciones predefinidas para el control de equipos típicos de una planta de cementos que también son aplicables a una planta de cal debido



a la similitud del proceso. Asimismo, el PCS7 facilita la elaboración de la interfaz gráfica ya que las variables de proceso de cada equipo se generan y enlazan automáticamente a su respectivo símbolo en el sistema SCADA. La solución desarrollada mediante el sistema PCS7, asegura la integración de los sistemas de control de las diversas áreas de la nueva línea de producción bajo una misma plataforma; así como la operación continua del proceso debido a la configuración de redundancia entre servidores y de cambios en hardware durante operación. Asimismo, la operación del proceso resulta beneficiada debido a la mayor información con la que dispone el operador desde la estación de operación.

En el trabajo de (De la Cruz Menacho, 2007) Automatización de una planta de molienda de carbón mediante el sistema de control de procesos PCS7 y visualización scada wincc de Siemens (Tesis de Grado) Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. Concluye que:

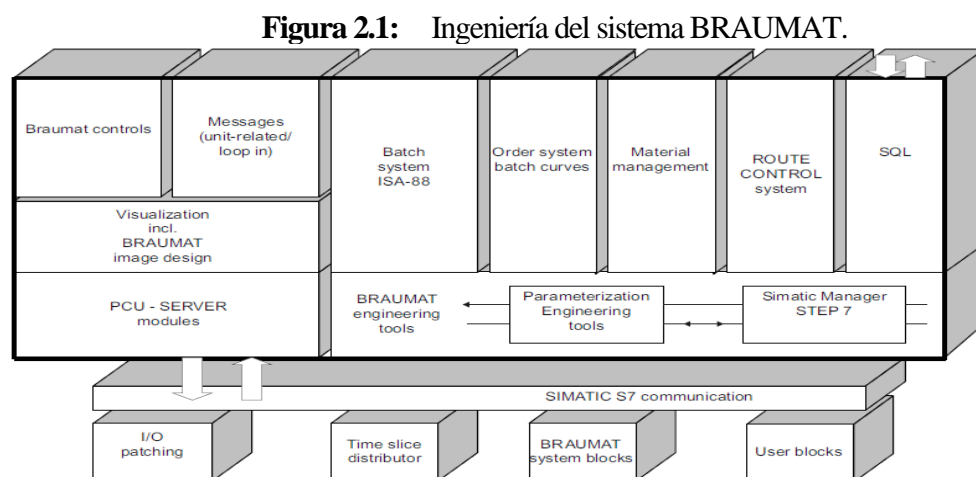
El sistema de control de procesos y supervisión usado para la automatización de la cual está incluida en el concepto de "Automatización Totalmente Integrada". Esta plataforma permite la integración de todas las herramientas, soluciones y tecnologías para la automatización de procesos industriales, compartiendo la información de todo el sistema en una sola base de datos, permitiendo mantener una consistencia de datos a lo largo del tiempo. El diseño del control se realizó con una arquitectura distribuida, mediante el uso de estaciones remotas, ubicadas de forma estratégica por la planta recolectando las señales de las distintas zonas de operación y llevándolas hacia la estación de procesamiento por medio de un bus de comunicación de alta velocidad. Se hace uso de dos niveles de comunicación industrial, basados en tecnologías estandarizadas. Para el bus de control se usa Profibus, mientras que para el bus de datos se. Usa Industrial Ethernet Las. interfaces gráficas fueron desarrolladas basadas en el software scada

WinCC, que es parte de la Plataforma PCS7, basando su arquitectura en un sistema cliente-servidor. El sistema de manejo de datos está basado en SQL, permitiendo el acceso de los datos desde otras aplicaciones para su posterior gestión, llevando de esta manera los datos de planta hacia el nivel superior de automatización, es decir a la red de datos administrativos involucrando directamente la misma en el planeamiento productivo y de mantenimiento.

2.2 SISTEMA DE CONTROL DE PROCESOS BRAUMAT

Es el sistema de automatización de procesos de Siemens para plantas de bebidas o alimentos (Enrique, 2005). El sistema de control de procesos está predestinado para la automatización de tareas por lotes y fue desarrollado por ese motivo, el sistema también puede manejar procesos continuos como muestra la adaptación exitosa en varias plantas. Siemens AG (2019)

Concretamente la Figura 2.1 muestra la ingeniería del sistema de control de procesos BRAUMAT.



Fuente: El gráfico resume los módulos y los componentes de la ingeniería del sistema de control de procesos BRAUMAT. Tomado de *Function Manual* (p.35), por SIEMENS AG, 2019, Process Control System V8.0.



Además, los objetivos de la automatización para Sistemas de Control de Procesos

BRAUMAT son:

- Una calidad de producto constante.
- Aumento de la seguridad de funcionamiento.
- Mejora de la transparencia de las acciones operativas.
- Reproducibilidad de recetas bien probadas.
- Mejor uso de las materias primas.
- Reducción del trabajo repetitivo del personal.
- Ingeniería según las normas ISA-88 (IEC 61512-1).
- Control de ruta.

De la misma forma el software del sistema se ajusta a los requisitos tecnológicos y contiene funciones estándar para módulos de control, supervisión y control, gestión de recetas, alarmas y registro, comunicación, prueba y diagnóstico. El sistema está construido de tal manera que se puede adaptar al sistema de manera óptima con un gasto de planificación del proyecto comparativamente pequeño en los requisitos. Siemens AG (2019)

2.2.1 Parametrización

Los parámetros específicos del objeto se modifican en tablas para cada clase e instancia de objeto; estos incluyen: nombres de módulos y tipos de control individuales, valores / rangos límite, parámetros de control, activaciones, etc. Como en la configuración las listas no solo se crean, sino que también están preestablecidas con valores predeterminados, normalmente el usuario solo debe reeditar una parte de los parámetros. Siemens AG (2019)



2.2.2 Direccionamiento de argumentos.

En el sistema, cada elemento tiene su propio nombre (propiedad o atributo) y se agrupa junto con otros elementos en un conjunto de parámetros (objeto o instancia de una clase). Varios conjuntos de parámetros se ensamblan en una lista de parámetros (archivados como archivos *. CPU en el sistema). El conjunto de parámetros del componente MESS (medición) contiene, por ejemplo, argumentos para lo siguiente:

- Valor de proceso (XIST).
- Valor de escala inferior y superior (XANF, XEND).
- bits de estado.

Además, se le asigna un nombre específico del sistema. Los conjuntos de parámetros de la misma estructura (clase) se numeran comenzando por 1. Por lo tanto, MESS, 25, XIST es el objeto de medición número 25.

Por otra parte, la dirección física de un parámetro en el que se encuentra el dispositivo de automatización de los argumentos no es importante para el usuario y normalmente no requiere saber la dirección. Quiere seleccionar "un objeto" en lugar de una dirección física. De esta manera, tiene la ventaja de que con nombres específicos de proceso se puede trabajar más fácilmente y el sistema realiza el cálculo de la dirección (número de bloque de datos DB, número de palabra de datos DW = dirección).

2.2.3 Bloques del sistema

El sistema tiene muchos bloques parametrizables. Cada bloque está relacionado con una función de proceso (por ejemplo, salida analógica, secuenciador de unidades, control PID). Se debe configurar el número de instancias por bloque que se pueden realizar en tiempo de ejecución.

2.2.4 Gestión de recetas

Las recetas contienen las especificaciones necesarias para la tarea, procesadas por el secuenciador de una unidad. La receta de control ejecutable se descarga en el PLC. Además, se divide en procedimientos de receta para cada unidad.

Además, las funciones de operación y edición contienen mecanismos de entrada, corrección, copia y registro de recetas, tanto para trabajar fuera de línea como en línea. Corregir significa modificar los valores de los puntos de ajuste, eliminar e insertar partes enteras de recetas.

2.2.5 Vinculación de las funciones

Para la vinculación de módulos de función entre sí, por ejemplo, medición, verificación del valor medido, módulo de control, salida analógica, sistema de control, etc., se utiliza un modelo convencional como módulos conectados entre sí. Los módulos de función proporcionan parámetros de salida que sirven como fuentes para los parámetros de entrada de otros módulos. Siemens AG (2019)

2.2.6 Funciones estándar

Un concepto básico del sistema es ofrecer una gran cantidad de funciones estándar, para que el usuario no tenga que realizar tantas tareas complejas y repetitivas. Para ser flexible para la automatización, el sistema proporciona atributos predeterminados que el usuario puede modificar mediante la parametrización.

Además, el software del sistema contiene componentes para:

- Supervisión de módulos de control individuales.
- Módulos secuenciadores.
- Procesamiento de valores analógicos.



- Registros de producción (por ejemplo., Registros de preparación o limpieza).
- Archivos de registro de eventos.
- Gestión de recetas.
- Sistema de gestión de pedidos.
- Rutinas de control.
- Visualización de procesos.
- Intercambio de datos y comunicación.
- Prueba y diagnóstico.

2.2.7 Alarmas y mensajes

Los eventos durante las operaciones, tanto las perturbaciones como las interacciones manuales del proceso automático, el comienzo y el final de la producción se muestran en la pantalla en una ventana de mensajes y se archivan en el disco duro. Lo que se registra depende de los criterios configurados. Con el fin de reducir el tiempo de ingeniería, las funciones estándar adecuadas se proporcionan con una interfaz a un búfer y escriben mensajes en este búfer cuando se producen, se agregan indicadores de tiempo y mensajes adicionales. En el sistema operativo, un programa recibe cada mensaje del búfer, convierte el mensaje y la información adicional en una línea y muestra el mensaje en la pantalla. Los textos de los mensajes contienen los nombres de los elementos de control, unidades, módulos de medida o control ampliados con los textos "INTERRUPCIÓN", "AUTOMÁTICO", "MANUAL", "ERROR". Los textos deben ser parametrizados por el usuario de modo que también sean posibles versiones en idiomas extranjeros basadas en código ASCII. Siemens AG (2019)

También para mensajes específicos del usuario, se encuentra disponible un bloque de alarma propio que se puede vincular con señales de usuario. Por mensaje, hay un texto de mensaje disponible para mensajes entrantes y salientes.

2.2.8 Filosofía de funcionamiento

Los elementos del operador son pantalla, teclado con teclas de función y mouse. Las teclas de función están numeradas; su significado respectivo se explica en los menús.

2.2.9 Monitorear y controlar

El sistema admite de uno a varios clientes IOS, dependiendo de la configuración del sistema, ya sea basado en área o como multi cliente, en el que se pueden operar de uno a varios sistemas AS (CPU Braumat). Cada lugar de trabajo comprende una o más pantallas a color, un teclado y un mouse.

2.2.10 Construcción de imágenes

La construcción de pantalla de la aplicación permite definir la visualización del sistema mediante la creación de diagramas de proceso ejecutables. Las partes del diagrama de proceso dinámico se facilitan mediante la colocación y activación libres de las variables estándar y los elementos de control (controles) disponibles en el sistema. Siemens AG (2019)

Además, se pueden agregar gráficos estáticos existentes (iconos, imágenes de piezas) en formato "bmp", "emf", "jpg" y "png".

Después la imagen de fondo se crea con una herramienta estándar externa en formato "bmp" o "jpg". La construcción de la pantalla lee esta pantalla y coloca los elementos gráficos estáticos configurados o los elementos de imagen dinámica en la parte superior.



2.3 PROCESOS Y LOTES

Un proceso es una secuencia de actividades químicas, físicas o biológicas que transforman, transportan o almacenan material o energía. Los procesos de producción industrial se pueden subdividir en procesos continuos, en procesos con producción de un solo trabajo o en procesos por lotes. Siemens AG (2019)

Además, la clasificación de un proceso, en cuanto a la salida del proceso es:

- Con un flujo de producto continuo (continuo).
- con números específicos de trabajos individuales de producto (producción de trabajos).
- O con cantidad específica de producto (proceso por lotes).

Incluso si los temas individuales de esta descripción son válidos para procesos con producción de trabajo o procesos continuos.

2.3.1 Procesos continuos

En un proceso continuo, el material fluye continuamente a través del equipo de procesamiento. Si se alcanza un estado operativo estacionario, el proceso de producción es independiente de la duración de la operación. Los pasos de inicio, transitorios y apagado generalmente no son importantes. Siemens AG (2019)

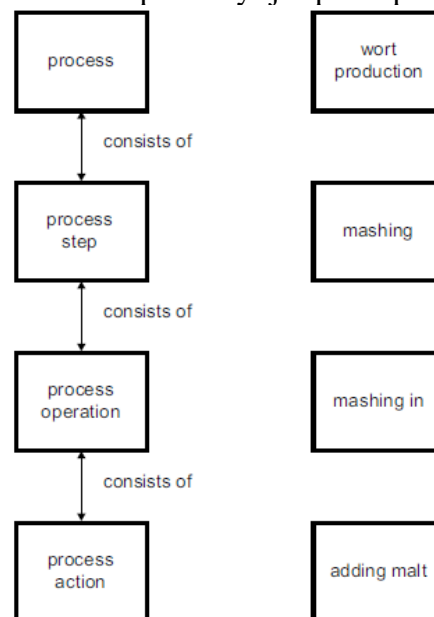
2.3.2 Producción de un solo trabajo

Un proceso con producción de trabajos divide los productos en varios lotes de producción, que se basan en materias primas comunes, requisitos de producción e historiales de producción. Los procesos con producción de trabajos transportan una cantidad específica de un producto de una unidad a otra, mientras que se conservan las propiedades específicas. Siemens AG (2019)

2.3.3 Procesos por lotes

Un proceso por lotes proporciona una cantidad de producto como resultado del paso anterior. que se llama lote. Dentro de un proceso por lotes, cantidades específicas se transforman en diferentes unidades. Un proceso por lotes no es continuo ni discreto, pero tiene, sin embargo, tales características. Concretamente la Figura 2.2 ejemplifica un proceso por lotes:

Figura 2.2: Modelo de proceso y ejemplo de producción de Mosto.



Fuente: El gráfico muestra el modelo de proceso y ejemplo de producción de mosto. Tomado de *Function Manual* (p.50), por SIEMENS AG, 2019, Process Control System V8.0.

2.3.3.1 Paso de Proceso

Un proceso consta de uno o varios pasos. Estos pasos del proceso se procesan juntos y pueden ejecutarse de forma secuencial o simultánea. Un paso del proceso es parte de un proceso que se ejecuta independientemente de otros pasos del proceso y crea un orden planificado de transformaciones químicas o físicas de los materiales tratados. Siemens AG (2019)

Para el ejemplo de la producción de mosto, estos son:



- Fresado / Rectificado.
- Triturar.
- Alabando.
- Calefacción.
- Mosto de colada.
- Refrigeración.

2.3.3.2 Operación del Proceso

Cada paso del proceso consta de operaciones de proceso, que describen secuencias de producción más amplias. Una función de proceso transforma el material químicamente o físicamente. Siemens AG (2019)

Para el ejemplo de la producción / maceración de mosto, estos son:

- Proporcionar agua.
- Combinando.
- Calefacción.
- Sacarificando.
- Machacando.

2.3.3.3 Acción de Proceso

Cada función de proceso consta de acciones de proceso. Las acciones del proceso son necesarias para la ejecución del procesamiento. Estas partes más pequeñas del procesamiento construyen una operación de proceso. Siemens AG (2019)

Para el ejemplo de la producción de mosto / maceración / maceración en estos son:

- Proporcionar agua.

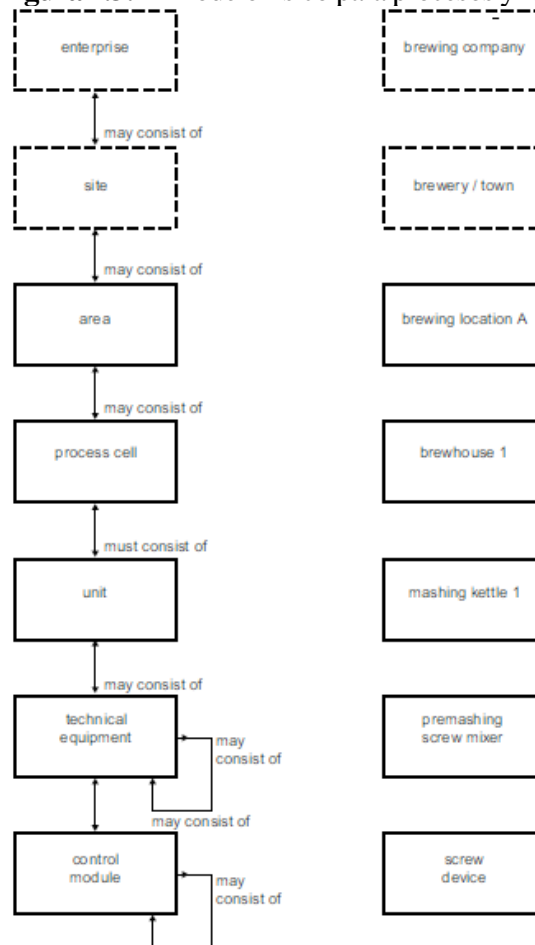


- Agitación <A [Agitador | Hélice]> activa.
- Pre maceración.
- Drenaje de rutina <A [fuselaje | casco]>.

2.4 MODELO FÍSICO

El modelo de un sistema por lotes consta de siete niveles. En la parte superior comienza con una empresa, un área y un sitio. Se utiliza para mostrar la relación de los niveles inferiores con la empresa productora. Los cuatro niveles inferiores de este modelo se refieren a tipos concretos de equipos. Concretamente la Figura 2.3 muestra una combinación de controles técnicos y de procedimiento para formar un grupo. Estos cuatro niveles (celda de proceso, unidades, unidades de equipo y unidades de control individuales) se determinan mediante ingeniería. Las unidades de control individuales se agrupan en un nivel inferior para obtener un elemento en un nivel superior. Este manejo simplifica el funcionamiento de este equipo.

Figura 2.3: Modelo físico para procesos y lotes.



Fuente: El gráfico del modelo físico y la ejemplificación para procesos y lotes. Tomado de *Function Manual* (p.52), por SIEMENS AG, 2019, Process Control System V8.0.

2.4.1 Nivel de empresa

Una empresa consta de una o más áreas. Incluye sitios, celdas de proceso, unidades, equipos técnicos y unidades de control individuales. La empresa planifica dónde, cuáles y qué productos se producen. Además de la producción basada en cargos de una empresa, todavía hay muchos otros hechos que afectan la limitación de la empresa.

2.4.2 Nivel de sitio

Un sitio es una clasificación estructural, geográfica o lógica de una empresa. Puede contener áreas, celdas de proceso, unidades, equipos técnicos y unidades de control



individuales. La clasificación de una fábrica está relacionada con criterios organizativos y empresariales.

2.4.3 Área

Un área es un grupo físico, geográfico o lógico descrito por una empresa. El Área puede constar de celdas de proceso, unidades, equipos técnicos y unidades de control individuales.

2.4.4 Celda de proceso

Una celda de proceso contiene todas las unidades, equipos técnicos y unidades de control individuales para producir un lote. Las actividades para el sistema de control de procesos coinciden con los requisitos, donde se necesitan muchos métodos y tecnologías diferentes. Las acciones físicas relacionadas con el control se fijan a través de circunstancias específicas del proceso o requisitos administrativos. Una línea es una parte de la celda de proceso que consta de todas las unidades y otros equipos que dependen del lote a producir. Pero un lote no necesariamente usa todas las unidades dentro de una línea, mientras que varios lotes y productos pueden usar una línea simultáneamente. El orden en el que el lote pasa las unidades se denomina ruta. Siemens AG (2019)

Todas las unidades que se utilizan durante la producción por lotes se agrupan lógicamente dentro de un sistema. Aquí se determina qué opciones de control lógico para las unidades dentro de una celda de proceso están disponibles. Una celda de proceso ofrece la posibilidad de una disposición a nivel de celda de proceso y la planificación de estrategias de control adicionales.

2.4.5 Unidad

Una unidad consta de equipos técnicos y unidades de control individuales. Partes de la unidad se pueden asignar a la propia unidad o formar parte de un grupo de recursos



y usarse durante un tiempo específico para realizar tareas. Una unidad es capaz de ejecutar actividades de procesamiento más grandes y conecta los procedimientos de control y procedimientos necesarios para ejecutarla como un grupo de equipos independiente. Una unidad está relacionada con un equipo de procesamiento más grande, por ejemplo, una caldera mezcladora. Contiene los enunciados lógicos del equipo para mayores actividades de procesamiento con el fin de ocupar estos o correr por completo. Las unidades individuales funcionan en su mayor parte independientemente unas de otras. Un lote o cantidad de un lote se incluye en una unidad individual o se procesa aquí en un momento específico. Se espera que la unidad solo ejecute un lote a la vez. Siemens AG (2019)

2.4.6 Equipo técnico

El equipo técnico consta de unidades de control individuales y equipos técnicos relacionados. Puede ser parte de una unidad o un grupo independiente de elementos de un sistema. Como elemento de recurso independiente, se puede utilizar de forma exclusiva o en paralelo. El equipo técnico ejecuta actividades de procesamiento específicas y más pequeñas, por ejemplo, escalado o dosificación. Contiene el equipo de control y procedimiento necesario para la ejecución. Se encuentra principalmente alrededor de una parte del equipo de procesamiento, por ejemplo, un filtro. El marco del equipo técnico establece el número de pasos que se pueden ejecutar en el equipo.

2.4.7 Unidad de control única

Una sola unidad de control es un grupo que consta de sensores, elementos de control, módulos de control y el equipo relacionado. Se pueden combinar varias unidades de control individuales en otra unidad de control única, por ejemplo, varios módulos de control individuales (ICM) se agrupan en una unidad de dosificación. Siemens AG (2019)

2.5 CLASIFICACIÓN DE PLANTA

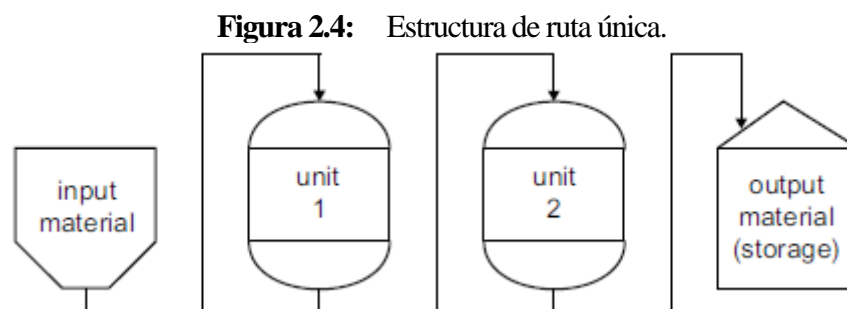
Los sistemas por lotes se pueden clasificar con respecto a dos criterios:

- Los productos producidos en ellos (solo se puede producir 1 producto en el sistema o se pueden producir diferentes productos en el sistema).
- La estructura física.

2.5.1 Producción de una sola línea

Un lote utiliza un conjunto de unidades. A partir de un conjunto de materiales de entrada, se produce un producto final en múltiples etapas del proceso (unidades). Se pueden ejecutar varios lotes simultáneamente en el sistema. Los lotes pasan por las unidades de forma secuencial. El mapeo se realiza mediante procedimientos de recetas. El mapeo del procedimiento y las unidades de la receta es fijo.

Una cervecería simple representa una estructura de ruta única. Concretamente la Figura 2.4 muestra una estructura de ruta única que se puede mapear directamente con el sistema de recetas.



Fuente: El gráfico muestra la estructura de la ruta única según la clasificación de plantas para procesos y lotes. Tomado de *Function Manual* (p.55), por SIEMENS AG, 2019, Process Control System V8.0.

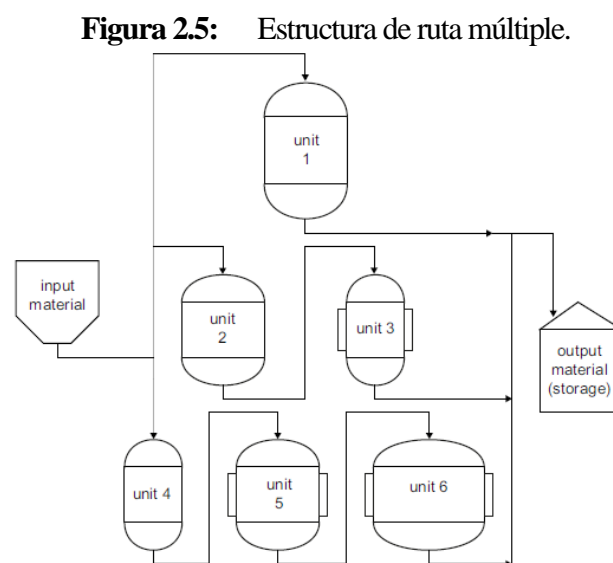
2.5.2 Producción de múltiples líneas

Una estructura de ruta múltiple consta de varias estructuras de ruta única. Las estructuras de ruta única comparten materias primas y contenedores de destino. Se pueden

ejecutar varios lotes en paralelo en la estructura. Las unidades de los caminos pueden ser físicamente idénticas o similares. Sin embargo, también pueden ser completamente diferentes. Un lote solo puede pasar por una ruta durante el proceso. SIEMENS AG (2019)

Mapeo en el sistema de control de procesos. Estas estructuras se mapean utilizando la función de receta de línea.

La bodega de fermentación y también la bodega de almacenamiento de una cervecería son ejemplos de estructuras de múltiples rutas. También las cervecerías con varias líneas de elaboración son estructuras de múltiples rutas. Concretamente la Figura 2.5 ayuda a ilustrar la estructura para producción de múltiples líneas.



Fuente: El gráfico muestra la estructura de múltiples rutas según la clasificación de plantas para procesos y lotes. Tomado de *Function Manual* (p.55), por SIEMENS AG, 2019, Process Control System V8.0.

2.5.3 Sistema de red

Los caminos a través de la estructura pueden ser fijos o variables. Antes de la transición del lote a la siguiente etapa del proceso, aún se puede cambiar la unidad



utilizada para él. Concretamente la Figura 2.6 grafica una estructura de red y se puede mapear usando tres mecanismos.

1. Realización de línea:

- Todas las combinaciones posibles de unidades deben diseñarse en el sistema de recetas.
- No es posible cambiar la unidad en tiempo de ejecución.

2. Líneas dinámicas:

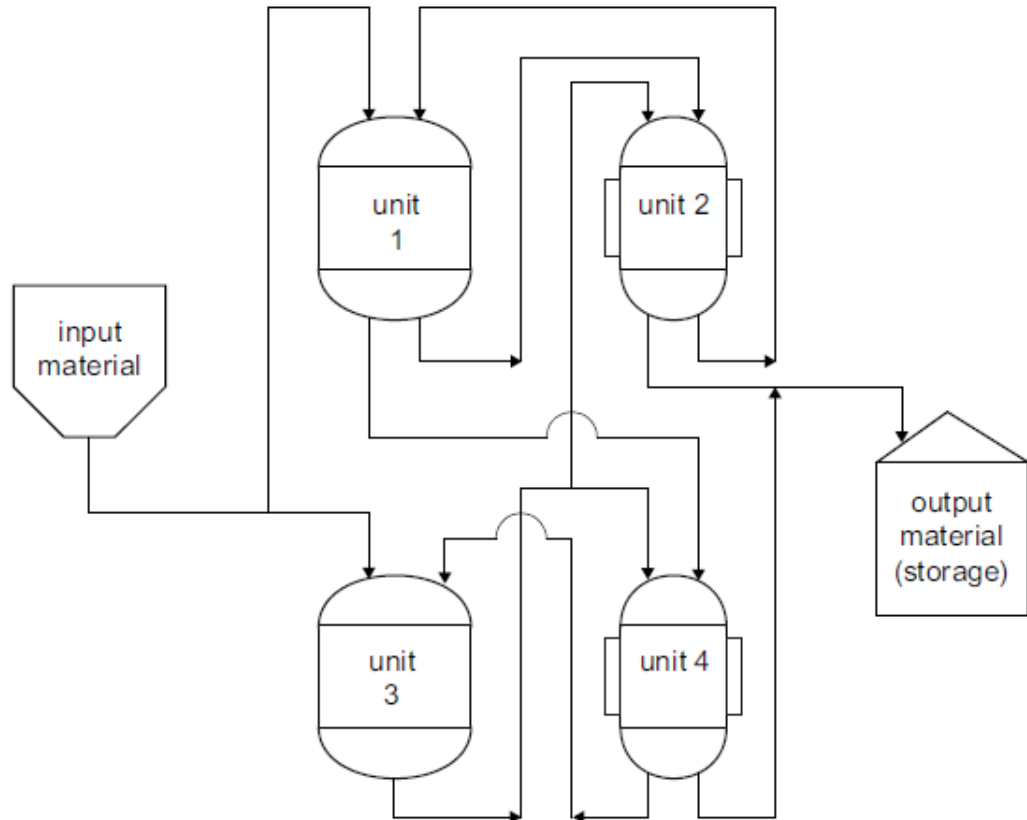
- Se crean posibles combinaciones de unidades.
- Donde en tiempo de ejecución el usuario puede y debe decidir si cambiar una unidad o no.
- El sistema comprueba si se permite la conmutación.
- El operador debe realizar activamente la conmutación.

3. Selección de ruta libre:

- Para los procedimientos de unidad de receta (RUP) del procedimiento de receta se puede proporcionar más de una unidad, se denominan "candidatos".
- Al RUP se le asigna automáticamente un candidato.
- Mientras que se puede asignar una ruta predeterminada.
- La conmutación puede realizarla el operador o mediante la función "Enlace tardío".

Una sala de cocción compleja con conexiones entre las líneas de elaboración es un ejemplo de estructura de red.

Figura 2.6: Estructura de red.



Fuente: El gráfico muestra la estructura del sistema de red según la clasificación de plantas para procesos y lotes. Tomado de *Function Manual* (p.56), por SIEMENS AG, 2019, Process Control System V8.0.

2.6 OPERACIÓN CONTROLADA POR LOTES

De acuerdo al manual de ingeniería de sistema de control de procesos la automatización de un sistema se realiza en varios niveles. El nivel inferior representa la automatización base. Concretamente eso incluye:

- Módulos de control.
- Mecanismos de enclavamiento.
- Programas de seguimiento.
- Manejo de excepciones.
- Control manual o automático.

La automatización básica de un sistema por lotes no es diferente a un sistema de producción continuo.

2.6.1 Control de procedimiento

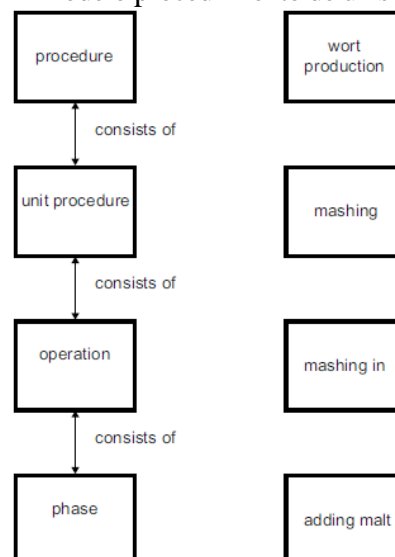
Las funciones de procedimiento que utilizan elementos de nivel básico proporcionan un control automatizado de un área. Concretamente Tabla 2.1 y la Figura 2.7 muestran los elementos de procedimiento que se dividen en los siguientes grupos según la complejidad:

Tabla 2.1: Elementos de procedimientos.

Designación DE	Designación EN	Abreviatura
Procedimiento de receta	Procedimiento de receta	RP
Procedimiento unitario	Procedimiento de unidad de receta	RUP
Operación de receta	Operación de recetas	ROP
Fase de receta * 1)	Fase de receta	RPH

Fuente: La tabla muestra el control de procedimiento según la operación controlada por lotes. Tomado de *Function Manual* (p.58), por SIEMENS AG, 2019, Process Control System V8.0.

Figura 2.7: Modelo procedimiento de un sistema por lotes.



Fuente: La gráfica muestra el modelo procedimental de un sistema por lotes según la operación controlada por lotes. Tomado de *Function Manual* (p.59), por SIEMENS AG, 2019, Process Control System V8.0.



2.6.1.1 Procedimiento

El procedimiento es un patrón para que el sistema se ejecute y cree un lote. Un procedimiento consta de varios procedimientos de unidad de receta. "Mosto" es un ejemplo de un procedimiento de un producto, pero también hay unidades de producción para limpieza (CIP) y otras secuencias en la unidad. Siemens AG (2019)

2.6.1.2 Procedimiento de Unidad de Recetas

El procedimiento de la unidad de receta consiste en un orden secuencial de fases (operaciones), donde a la vez solo una fase está activa. Todas las operaciones de un procedimiento de unidad de receta se ejecutan en la misma unidad. El procedimiento de la unidad de receta también puede contener los siguientes elementos:

- Líneas de sincronización.
- Etiquetas.
- Saltos.
- Alternativas.

2.6.1.3 Operaciones

Los transitorios de las operaciones representan principalmente un estado seguro dentro de un procedimiento en el que son posibles retrasos o interrupciones sin efectos. Concretamente el principio básico para modificar un cargo en un:

- Químico (sacarificación).
- Biológico (fermentación).
- Forma física (llenar un contenedor, transporte).



2.6.1.4 Representación de fases

Los elementos de procedimiento más pequeños en un sistema controlado por lotes son las fases. Una fase puede ejecutar una serie de acciones individuales. Concretamente una fase puede:

- Bloquear y desbloquear módulos de control.
- Controlar y verificar límites.
- Proporcionar puntos de ajuste.
- Leer valores de proceso y calcularlos.

2.7 RECETAS

Los modelos para la implementación en las recetas se describen de la siguiente manera:

2.7.1 Área

El área proporciona funciones para varias celdas de proceso. Los lotes se introducen y se inician en la gestión de lotes. Aquí se pueden crear lotes de diferentes recetas y sistemas. El inicio de un lote puede activarse por tiempo, un evento o carga del sistema. SIEMENS AG (2019)

2.7.2 Celda de proceso

La celda de proceso controla todas las funciones necesarias para uno o varios lotes. Las órdenes de control se transfieren a los objetos subyacentes. Se trata de unidades, elementos de equipamiento técnico y unidades de control individuales. Según la complejidad del sistema, el lote se puede ejecutar en una o más unidades en paralelo. La asignación de unidades se realiza mediante la receta de control. Según el tipo de sistema



(línea única, línea múltiple o estructura de red), la asignación de unidades puede variar dinámicamente. Siemens AG (2019)

La automatización básica del sistema en las unidades está interconectada entre sí en la automatización básica del sistema. Cada unidad proporciona interfaces en las que se pueden incorporar enclavamientos del sistema.

El control de procedimiento del sistema en el servidor de recetas asume el procesamiento de un procedimiento. El servidor de recetas inicia y coordina la secuencia de los procedimientos de las unidades de recetas individuales. El inicio de un procedimiento se realiza iniciando un procedimiento de unidad de receta, todos los demás procedimientos de unidad de receta se inician mediante sincronizaciones. Siemens AG (2019)

En la coordinación de las unidades hay varios mecanismos disponibles para coordinar los procedimientos de las unidades de recetas individuales:

- La sincronización en los procedimientos de la unidad se mantiene hasta que otros procedimientos de la unidad hayan alcanzado un estado específico (línea de sincronización).
- Las alternativas dentro de un procedimiento unitario, se puede iniciar uno de n procedimientos según las condiciones.
- Iniciar llamada dentro de un componente (bloque de funciones en SIMATIC) realice una llamada para iniciar otros procedimientos de la unidad.

Las unidades coordinan las funciones de los elementos en los niveles inferiores, por ejemplo, equipos técnicos y unidades de control individuales. El objetivo principal del control del equipo dentro de una unidad es controlar la ejecución de un lote que se ejecuta en esta unidad en este momento.

2.8 ESTRUCTURA DEL SISTEMA

2.8.1 Estructura de un plc (as)

Los sistemas CPU (unidades de control programables) se utilizan para el nivel de control del proceso. Se componen de dispositivos de automatización de tipo SIMATIC S7-400 o S7-1500 y sus módulos de programa tecnológico asociados. Realizan tareas de control, seguimiento de la ejecución del proceso, así como medición y procesamiento. Las referencias a datos técnicos y programas de cantidades. Siemens AG (2019)

2.8.1.1 Estructura Estándar de Bloque de Datos

Los bloques de datos de la mayoría de las funciones tecnológicas tienen una estructura estandarizada (ver la Tabla 2.2):

- Datos de encabezado (descripción estructural de la base de datos).
- Rellenar área.
- Copia en tiempo de ejecución del conjunto de datos que se está procesando actualmente.
- Rellenar área.
- Campo de conjuntos de datos.

Tabla 2.2: Datos de encabezado.

Data word	Function
DBW2	Offset to the start of the field for the datasets
DBW4	dataset length
DBW6	maximum number of datasets
DBW8	Used number of datasets
DBW10	offset to the runtime copy
DBW12	Current dataset number (used by the Scheduler)

Fuente: La tabla muestra la estructura estándar del bloque de datos. Tomado de *Function Manual* (p.64), por SIEMENS AG, 2019, Process Control System V8.0.



La clase "SCHEDULE" proporciona un marco de trabajo especial para bloques de función tecnológicos que utilizan el tipo de ejecución "Tec FB, u-copy". La secuencia es la siguiente:

- El conjunto de datos actual se copia en el área de datos de tiempo de ejecución.
- El bloque de función adecuado se llama.
- Los datos en tiempo de ejecución se vuelven a copiar al conjunto de datos actual.

La ventaja es la programación en STL que simplifica considerablemente porque el bloque de función tecnológica solo necesita trabajar con los datos de tiempo de ejecución. Por lo tanto, se puede evitar el complicado acceso indirecto a la memoria o al registro en el campo de registros de datos junto con los errores asociados que causa. Siemens AG (2019)

La desventaja es la copia cíclica de los conjuntos de datos de ida y vuelta que consume tiempo de la CPU.

2.8.1.2 Descripción de Estructuras de Bloque en Archivos *.CPU

La estructura de los bloques de datos es utilizada internamente por el sistema principalmente y preconfigurada en archivos de descripción. Durante el inicio del sistema, el administrador de objetos (OM) lee estos archivos y los proporciona a todos los clientes. Siemens AG (2019)

2.8.2 Estructura de un servidor (os)

Los sistemas IOS se utilizan para la visualización y el archivo de datos para el nivel de control de procesos. Los sistemas se basan en componentes de sistema estándar,



como hardware de PC y sistemas operativos de Windows, ampliados para incluir el software PCS.

2.9 RENDIMIENTO DE DATOS

2.9.1 Programa de cantidad de funciones y clases

Lo esencial de las especificaciones para los límites de configuración se aplican si se utilizan los siguientes componentes de hardware estándar:

- Tipo AS: S7-400: CPU estándar = CPU 416-3 (memoria de trabajo 2x8 MB).
- Tipo AS: S7-1500: CPU estándar = CPU 1518-4 PN / DP (memoria de trabajo 5 MB / 20 MB).
- Tipo de PC (PC básico): SIMATIC IPC 547G / 647E / 647D / 847E / 847D.

Lo siguiente se aplica cuando se utilizan tipos de CPU más pequeños: Cualquier restricción depende de los requisitos de ingeniería del proyecto; en otras palabras, el ingeniero del proyecto debe calcular y evaluar si el uso de la CPU correspondiente es posible para la aplicación BRAUMAT requerida y asegurarse de que los recursos disponibles sean adecuados (el ingeniero debe guiarse concretamente con la Tabla 2.3, Tabla 2.4, Tabla 2.5, Tabla 2.6, Tabla 2.7 y Tabla 2.8).

Tabla 2.3: Límite de configuración para funciones estándar 1.

Object class/Function	PCU Version < V7	PCU Version V7	S7-1500 PCU V8
Actuators (ICM1-4)	4 x 255	4 x 256	4 x 256
Sequences (SEQUENCES)	64	128	128
Measured value recording (AIN)	256	512	512
Measured value check (MVC)	128	128	128
PID controller (PID)	64	64	128
Three-point controller (THRE-STEP)	96	128	128
Analog value outputs (AOUT)	256	256	256
Incremental encoder (INCO)	16	16	16
User messages (MSG)	1024	2048	2048
Analog constants (ANA)	256	256	256
Start block sequence (SEQS)	96	96	96
Multifunctions (MULT)	128	128	128
Polygon adaptation (POLY)	32	32	128
Special values (SPEVAL)	511	511	511
Batch job - Start (SEQSTART)	64	128	128
Digital function modules DINT (DFM0-3/4)	4 x 255	5 x 255	5 x 255

Fuente: La tabla muestra los límites de configuración para cantidad de funciones y clases estándar. Tomado de *Function Manual* (p.67), por SIEMENS AG, 2019, Process Control System V8.0.

Tabla 2.4: Límite de configuración para funciones estándar 2.

Object class/Function	PCU Version < V7	PCU Version V7	S7-1500 PCU V8
Digital function modules REAL (DFM5-8)	(not available)	4 x 255	4 x 255
Trend setpoints (CURVESCAN)	64	64	64
Maintenance data ICM (MAINT_ICM)	1023	1023	1023
Maintenance data user (MAINT_USR)	1023	S7-400: 1023 S7-1500: -/-	-/-
Delay modules (TIMER1-2)	2 x 512	2 x 512	2 x 512
Values monitoring (VMON)	256	256	256
Binary connection objects (BLR)	(not available)	9 x 256	9 x 256
Control state (LINE)	(not available)	256	256
Tank state (TANK)	(not available)	128	128
Threshold switch (THS)	(not available)	(not available)	256
Speed-controlled drive (SCB)	(not available)	(not available)	128
Seat lifting (SLB)	(not available)	S7-400: 436 S7-1500: 342	342
Pulse generation (PULSE)	(not available)	S7-400: 96 S7-1500: 84	84
Weigher	(project-specific)	(project-specific)	16
Storage location groups (SLG_01 ... SLG_32)	(project-specific)	(project-specific)	32 (64 per storage location)
Recipe system			
Technical operations	999 per AS	1999 per AS	
Recipe categories	255		
Master recipes per category	10000		
Process / job parameters per category	220		
Recipe procedures	32767		
Recipe unit procedures per recipe procedure	256		
Recipe operations per recipe unit procedure *)	255 guaranteed; more ROPs available, Max. number depends on number of setpoint values per operation and on the type of operation		
Set points per recipe operation	20 for PCUs with recipe system V5 13 for PCUs with recipe system V3	24 (recipe system V7)	
Setpoints per sequence	24		
Total number of batches of all jobs	10000		
Process pictures			
Process pictures (OS)	Any		
Tags per process diagram	3700		

Fuente: La tabla muestra los límites de configuración para cantidad de funciones y clases estándar. Tomado de *Function Manual* (p.68), por SIEMENS AG, 2019, Process Control System V8.0.

Tabla 2.5: Límite de configuración para funciones estándar 3.

Object class/Function	PCU Version < V7	PCU Version V7	S7-1500 PCU V8
Number of controls + standard tags without tags (static texts/pictures, picture change, ExecPc, ExecFc) per picture	1024		
Number of standard tags with tags (Int, Hex, Bit, ICM, etc.) per picture	1200		
Measured value curves			
Measured values per PCU	1200	S7-400: 1200 S7-1500: 2400	2400
Analog measured values per curve server	5000		
Digital measured values per curve server	19998		
Number of curves per image	8 analog or 32 digital or 8 analog + 16 digital		
Number of curve groups:	240 (triggering of start/end of recording)		
System configuration			
Cross coupling AS-AS	31 connections (32 AS possible) 512 QK jobs		
OS-OS communication	Any number of connections Terminal bus/standard Ethernet LAN (TCP/IP)		
Total number of PCUs/PCU number range	A process cell can consist of a maximum of 64 PCUs. The PCU numbers may range from 1 to 239 and are unique throughout the process cell.		
Number of PCUs per server/ area	16		
Number of clients per server	Sensible upper limit = 32		
Number of servers per area	1 server or 1 redundant server pair		
Number of areas per site	Max. 16 areas per process cell (site)		
"Route Control system" (RCS) option			
Number of PCUs per area	16		
Number of simultaneous material transport operations (routes)	300		
Number of elements per calculated route	450 per PCU		
Number of partial routes per calculated route	100 per PCU		
Control elements (CE)	1024 per PCU		
Sensor elements (SE)	1024 per PCU		
Parameter elements (PE)	1024 per PCU		

Fuente: La tabla muestra los límites de configuración para cantidad de funciones y clases estándar. Tomado de *Function Manual* (p.69), por SIEMENS AG, 2019, Process Control System V8.0.

Tabla 2.6: Límite de configuración para funciones estándar 4.

Object class/Function	PCU Version < V7	PCU Version V7	S7-1500 PCU V8
Link elements (LE)	1024 per PCU		
Locations/partial routes/process cells	Any		

Fuente: La tabla muestra los límites de configuración para cantidad de funciones y clases estándar. Tomado de *Function Manual* (p.70), por SIEMENS AG, 2019, Process Control System V8.0.

Las recetas de control de la unidad se guardan en la CPU en bloques de datos TA. Estos están estructurados dinámicamente. Su tamaño depende del número de operaciones, del tipo de operación utilizada y del valor de referencia para cada operación. Es por eso que no hay un máximo fijo especificado para las operaciones. La longitud de las recetas se verifica automáticamente cuando se guarda el procedimiento de receta y cuando se agregan nuevas operaciones.

Tabla 2.7: Límite de configuración para etiquetas PA.

Function	PCU type S7-400	PCU type S7-1500
Number of S7 connections per PCU	1	1
Number of data points	3700	5000
Number of data points per IOS server	16320	

Fuente: La tabla muestra los límites de configuración para etiquetas PA (control y supervisión del operador). Tomado de *Function Manual* (p.70), por SIEMENS AG, 2019, Process Control System V8.0.

Tabla 2.8: Límite de configuración para el registro de datos del proceso.

Function	PCU type S7-400	PCU type S7-1500
Number of S7 connections per PCU	1 ... 4	1 ... 4
Number of data points per connection	3700 RT + 3700 ENG	5000 RT + 5000 ENG
Sum of data points per PCU	4 x 3700 RT + 4 x 3700 ENG = 29600	4 x 5000 RT + 4 x 5000 ENG = 40000
Number of data points per IOS server	255000	

Fuente: La tabla muestra los límites de configuración para el registro de datos del proceso. Tomado de *Function Manual* (p.70), por SIEMENS AG, 2019, Process Control System V8.0.

2.9.2 Caracteres especiales en el nombre del objeto







Según Process Control System V8.0 (SIEMENS AG, 2019), Deben evitarse los siguientes caracteres al asignar nombres de instancia en el sistema:

Caracteres especiales no permitidos: , ; / ? * ~ # | @ > <






2.10 CENTRO DE APLICACIONES

El Centro de aplicaciones se utiliza para la descripción general y la selección de todas las aplicaciones seleccionables del sistema (ver la Tabla 2.9). Para las operaciones de la planta se utilizan las pestañas Producción y Archivos.

Tabla 2.9: Acceso a control y visualización del proceso.

Solicitud (Producción)	Símbolo	Función
Diagramas de proceso	 Imágenes de Proceso	Utilizado como Runtime System para visualizar, operar y controlar toda la planta de producción.
Control de Secuencia	 Sinóptico de la Planta	Se utiliza para la representación del estado actual de las células de proceso. Además, es posible seleccionar y operar las unidades individuales. Con esto, el usuario puede intervenir en el proceso actual e influir en los diferentes procesos.
Gestión de Encargos	 Gestión de Encargos	Se utiliza para crear, procesar, rastrear y monitorear pedidos y lotes.
Control de Rutas - Online	 Control de Rutas - Online	Se utiliza para la planificación, tramitación y diagnóstico de rutas. Permite controlar y monitorear de manera fácil y transparente.
Gestión de Recetas	 Gestión de Recetas	Se utiliza para la generación y administración de recetas, p. Ej. Cambio de valores de parámetros.
Recetas en Línea	 Recetas de Control	Se utiliza para visualizar los pasos de procesamiento de las recetas de control. Con base en los procedimientos de recetas, el sistema de recetas genera las recetas de control sustituyendo los parámetros de proceso / pedido con los parámetros de pedido / receta maestra actuales.

Continuación Tabla 2.9

Curvas Históricas	 Curvas Históricas	Se utiliza para una salida gráfica de valores medidos. Permite la visualización del tiempo de los valores de la curva en ejecución o archivados como diagramas en la pantalla. Las curvas de valores de medición se pueden cargar desde diferentes servidores de área a través de un cuadro de diálogo de selección de área.
Registro de Etapas	 Registro de Etapas	Se utiliza para ver e imprimir archivos de registro de pasos.
Registro de Cambios y Avisos	 Registro de Cambios y Avisos	Se utiliza para mostrar e imprimir mensajes, así como cualquier operación de proceso registrada y la configuración cambia desde el mismo período de tiempo.
Mantenimiento	 Mantenimiento	Los datos de mantenimiento de la aplicación se utilizan por defecto, comprobando y reconociendo los intervalos de mantenimiento, p. Ej. Datos de mantenimiento para ICM, Datos de mantenimiento para agregados de usuarios.
Valores Especiales	 Valores Especiales	La aplicación “Valores especiales” se utiliza para definir y editar hasta 511 valores especiales.

Fuente: La tabla muestra el nombre, símbolo y función de las aplicaciones de BRAUMAT. Tomado de *Operator Manual* (p.6), por SIEMENS AG, 2019, Braumat V8.0.

2.11 FACEPLATES

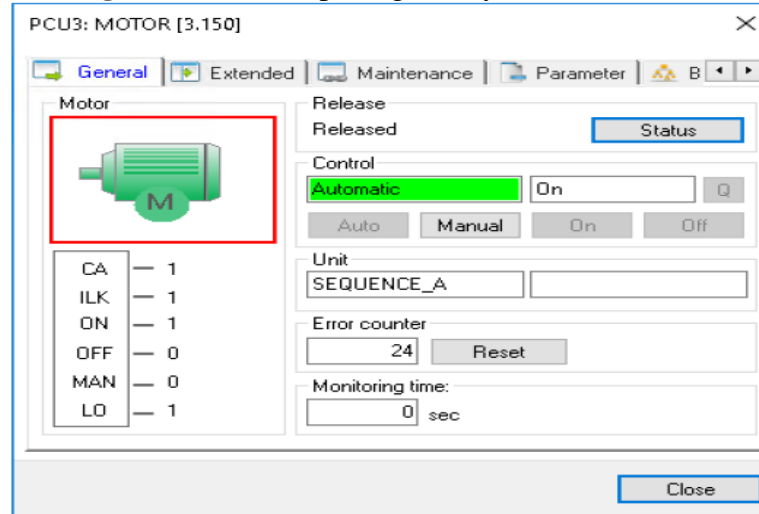
Las Faceplates son ventanas emergentes que aparecen cuando el usuario hace clic con el botón izquierdo en un objeto de la imagen, como una válvula o una bomba. La ventana emergente resultante se puede utilizar para enviar comandos al dispositivo o para cambiar entre el modo automático y manual.

2.11.1 Faceplate de icm

Para el monitoreo, control y simulación de elementos de control individuales (válvulas y motores) se encuentra disponible una ventana emergente como se muestra en

la Figura 2.8. El faceplate se muestra haciendo doble clic en el símbolo del elemento correspondiente.

Figura 2.8: Descripción general y control básico del ICM.



Fuente: La gráfica muestra el faceplate de elementos de control individual. Tomado de *Operator Manual* (p.20), por SIEMENS AG, 2019, Braumat V8.0.

Concretamente la Tabla 2.10 resume la sección de descripción general del estado. En la parte izquierda del faceplate, la descripción general del estado del ICM se muestra mediante el significado de seis bits de estado.









Tabla 2.10: Significado de los estados del ICM.

Abrev.	Significado	Valor = 1	Valor = 0
CA	Mando automático, Control del programa o procedimiento de usuario.	Activado.	Desactivado.
ILK(QB)	Interbloqueo de funcionamiento.	Habilitado, ICM se puede encender.	Bloqueado, ICM se apaga y bloquea automáticamente.
ON(SCA)	Feedback ON del ICM	ON	
OFF(SCD)	Feedback OFF del ICM	OFF	
MAN	Modo manual.	El modo es Manual.	El modo es automático.
LO(SC)	Salida de carga.	Activo.	Inactivo.

Fuente: La tabla describe los estados de los bits del módulo de control individual. Tomado de *Operator Manual* (p.21), por SIEMENS AG, 2019, Braumat V8.0.

Además, la Tabla 2.11 resume los símbolos mostrados del ICM que indica si el ICM está encendido o apagado o si hay un posible error activo.

Tabla 2.11: Ilustración de los símbolos y su significado.

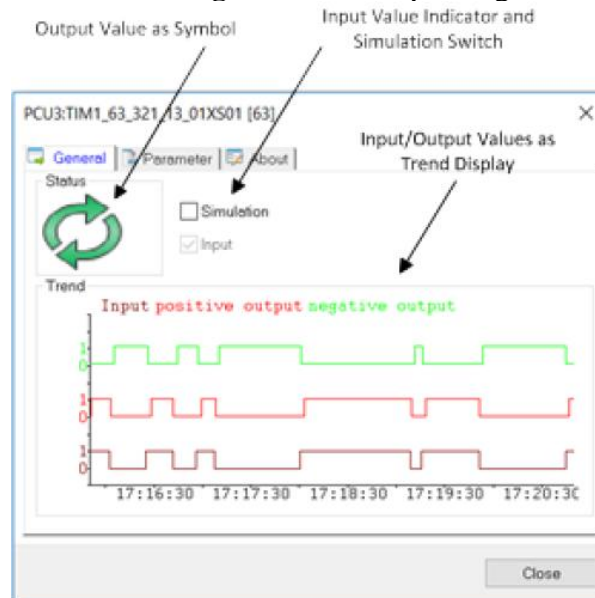
Símbolo	Estado
	Apagado
	Comando apagado
	Comando encendido
	Encendido
	Erro desactivado
	Comando de error desactivado
	Comando de error activado
	Error encendido

Fuente: La tabla describe los estados del símbolo del módulo de control individual.
Tomado de *Operator Manual* (p.21), por SIEMENS AG, 2019, Braumat V8.0.

2.11.2 Faceplate digital

Este faceplate se utiliza para la supervisión y simulación de entradas digitales como se puede ver en la Figura 2.9, por ejemplo, para sensores, giro-curva, etc. Las entradas digitales se pasarán a través de temporizadores para eliminar el rebote de las señales de entrada.

Figura 2.9: Faceplate digital.

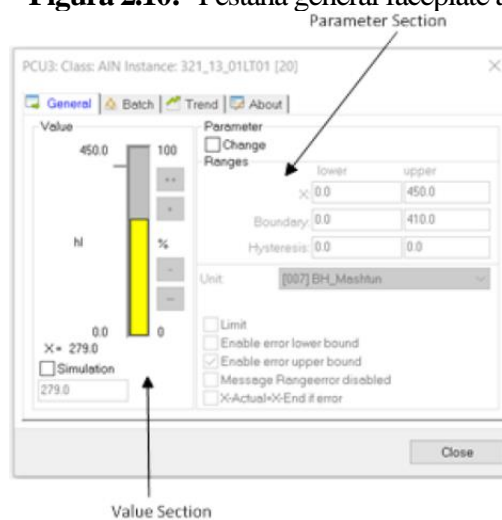


Fuente: La gráfica muestra el faceplate digital. Tomado de *Operator Manual* (p.27), por SIEMENS AG, 2019, Braumat V8.0.

2.11.3 Faceplate analógica

El faceplate se utiliza para monitorear y simular valores de entrada y salida analógica como se muestra en la Figura 2.10, por ejemplo, mediciones de temperatura o presión. Los valores analógicos se muestran numéricamente y como un gráfico de barras vertical.

Figura 2.10: Pestaña general faceplate analógica.



Fuente: La gráfica muestra el faceplate analógica. Tomado de *Operator Manual* (p.28), por SIEMENS AG, 2019, Braumat V8.0.

2.11.4 Faceplate del controlador

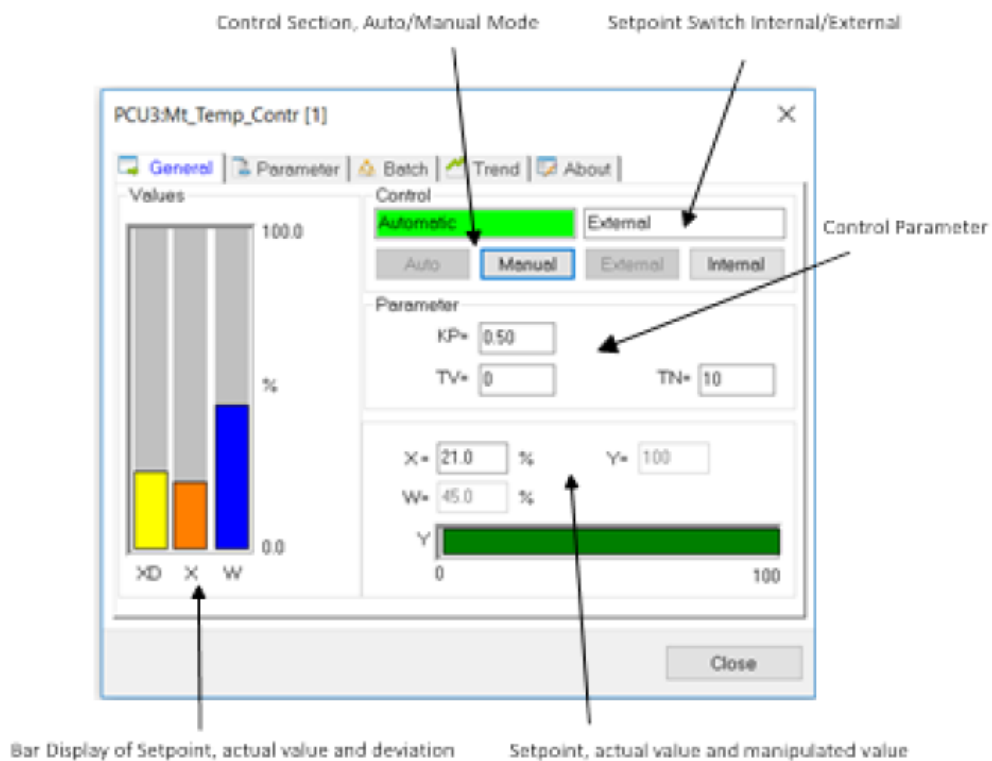
El faceplate se utiliza para monitorear y simular controladores PID como se muestra en la Figura 2.11. Se pueden visualizar y configurar todos los parámetros y valores de control relevantes. En la plantilla, se utilizan los siguientes nombres de variables que muestra la Tabla 2.12.

Tabla 2.12: Configuración de parámetros de valores de control.

Nombre	Significado
KP	Ganancia proporcional.
TV	Califica el tiempo.
TN	Restablecer el tiempo.
X	Valor actual.
Y	Valor de proceso (salida).
W	Punto fijo.
XD	Desviación del valor real / punto de ajuste.

Fuente: La tabla muestra los parámetros y valores de control relevantes. Tomado de *Operator Manual* (p.30), por SIEMENS AG, 2019, Braumat V8.0.

Figura 2.11: Faceplate de control.



Fuente: La gráfica muestra el área de control del faceplate del controlador. Tomado de *Operator Manual* (p.30), por SIEMENS AG, 2019, Braumat V8.0.

2.11.5 Faceplate de la entidad

El faceplate de la entidad proporciona las siguientes características (ver Figura 2.12).

- Recopilación de valores importantes a través de plantillas como un conjunto de datos.
- Solo lectura o lectura-escritura.
- Visualización de valor, texto o texto relacionado con bits.
- Visualización de estado personalizada.

Figura 2.12: Pestaña propiedades de la entidad.

Name	Value	Unit
Level	0	hl
Pressure	908	mbar
Temp 3	211	°C
Temp 2	210	°C
Temp 1	205	°C
TankStatus	Empty	-
TankStat_Sig	0	-
QualStat_Sig	0	-
Material	61_No_Material	-
MatQuant	0	hl
SetMat	0	-
ResetMat	0	-
ResetMatAll	0	-

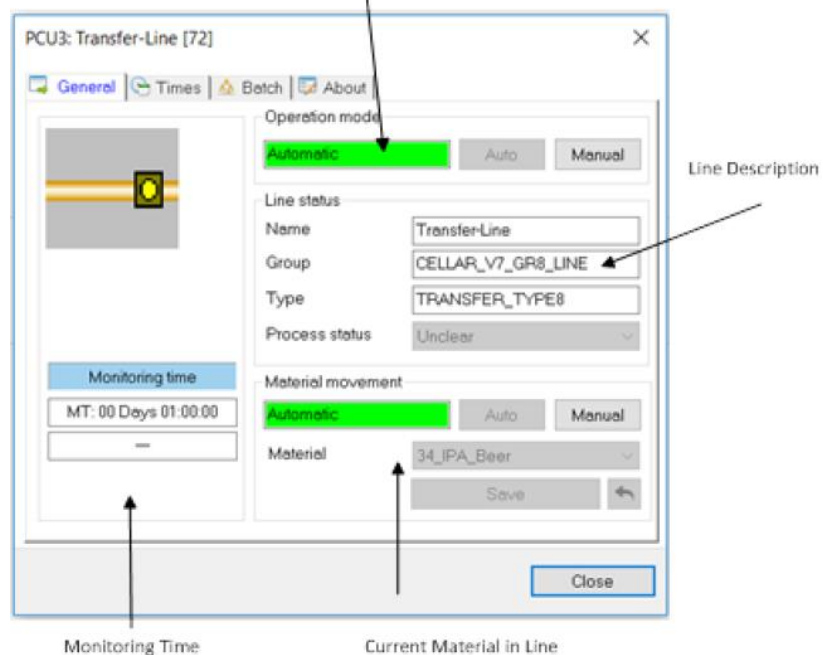
Limit Value: 0..5000

Fuente: La gráfica muestra las características del faceplate de entidad. Tomado de *Operator Manual* (p.33), por SIEMENS AG, 2019, Braumat V8.0.

2.11.6 Faceplate de línea

Faceplate de la línea está visualizando los estados de la tubería y proporciona una función de monitoreo de tiempo de ejecución con interfaces y mensajes para el estado del proceso, incluyendo un operador y una interfaz de usuario de monitoreo para este propósito (ver Figura 2.13). Además, el operador tiene la posibilidad de dejar libre información configurable mediante el botón “Nota”.

Figura 2.13: Faceplate de línea.
Control Section, Auto/Manual Mode



Fuente: La gráfica muestra las características del faceplate de línea. Tomado de *Operator Manual* (p.38), por SIEMENS AG, 2019, Braumat V8.0.

2.11.7 Faceplate de control de la unidad

Faceplate Unidad de Control se puede utilizar para la operación y el monitoreo de una secuencia que se asigna a un procedimiento de unidad de receta (relación 1: 1). La representación simbólica en la imagen de proceso. El "Control de la unidad" se puede representar simbólicamente de varias formas.

- Representación lineal.
- Icono de bloque, la placa frontal de la unidad se abre haciendo clic en el icono correspondiente.
- Representación de ventana, incrusta el control de la unidad directamente en la imagen del proceso.
- Pequeña representación.

2.11.8 Unidad de control grande

Concretamente la Figura 2.14 muestra la representación en línea de un control de unidad.

Figura 2.14: Unidad de control grande.




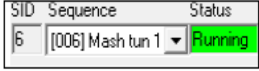
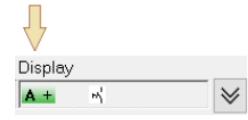
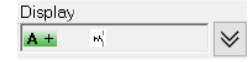
Fuente: La gráfica muestra las características del faceplate de control de unidad grande. Tomado de *Operator Manual* (p.39), por SIEMENS AG, 2019, Braumat V8.0.

De izquierda a derecha la Tabla 2.13 muestra los componentes de control individual con sus respectivas funciones.

Tabla 2.13: Funciones de componentes de la unidad de control.

Ícono / Pantalla	Función	Nota
	Visualización relacionada con la secuencia valores reales / puntos de ajuste	
	Interruptor de modo automático / manual	
	Iniciar secuencia	
	Detener secuencia	
	Reanudar secuencia	La secuencia se reanuda desde un antiguo Mantenga el comando.
	Mantener secuencia	El paso actualmente ejecutado está configurado para mantenerse. El procedimiento de la unidad de receta no avanza al siguiente paso. Dependiendo de configuración del proyecto Bombas y válvulas permanecen activas.
	Selección manual de pasos	Se abre un cuadro de diálogo que permite la selección manual del siguiente paso:
	Confirmación de solicitud del operador	Se abre un cuadro de diálogo que permite el reconocimiento de una solicitud del operador.

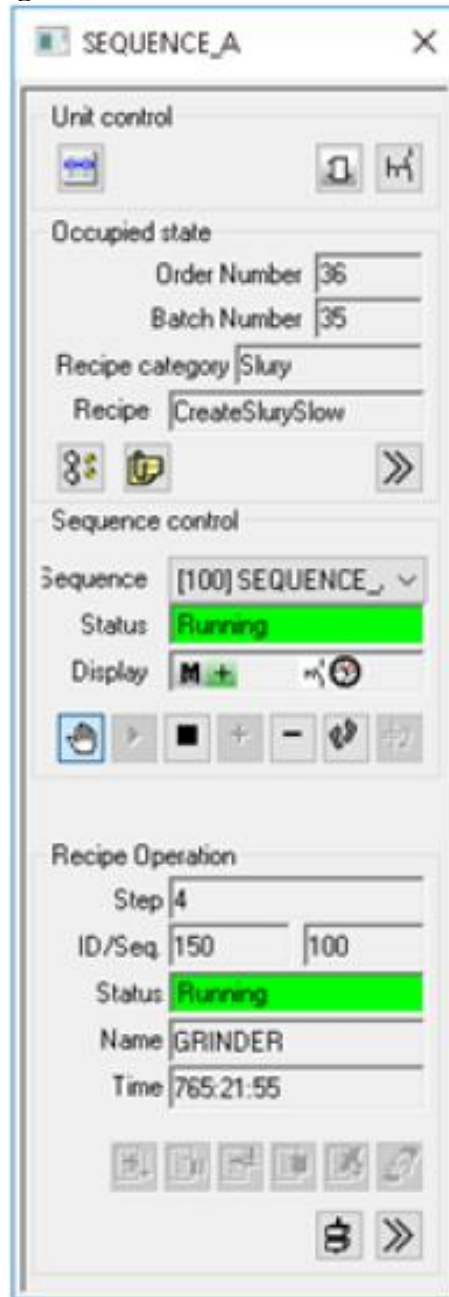
Continuación Tabla 2.13

	<p>Activar o desactivar un dispositivo adicional</p>																																	
	<p>Nombre, número y estado de la secuencia</p>	<p>Estado de la secuencia (inactivo, en ejecución, en espera ...)</p>																																
	<p>Visualizaciones de secuencia</p>	<p>Modo automático / manual</p> <p>Cambiar al siguiente paso / detener una vez finalizado el paso actual</p> <p>Sincronización cumplida / en espera</p> <p>Alternativa cumplida / no cumplida</p> <p>Falta condición permanente</p> <p>Bandera de usuario activa / inactiva</p> <p>La solicitud del operador está activa</p> <p>El tiempo de monitoreo de EOP venció</p> <p>Error de carga de receta</p> <p>Mensaje de error / advertencia / proceso activo</p>																																
	<p>Se muestran los valores reales / puntos de ajuste relacionados con el paso</p>	<p>Posibilidad de cambiar los valores establecidos</p> <table border="1" data-bbox="1075 1182 1517 1368"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Unit</th> <th>Setpoint with FV03</th> <th>Actual value with FV03</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mt_Steamvolve</td> <td>-</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mt_Temp</td> <td>°C</td> <td>21</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>Mt_Temp_FV03</td> <td>%</td> <td>80</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Mt_Temp_FV02</td> <td>%</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Mt_Temp_FV01</td> <td>%</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Mt_Speed_Agg</td> <td>%</td> <td>100</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3_20_SPPROCT_S...</td> <td>-</td> <td>101</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Name	Unit	Setpoint with FV03	Actual value with FV03	Mt_Steamvolve	-			Mt_Temp	°C	21	21	Mt_Temp_FV03	%	80	0	Mt_Temp_FV02	%	0	0	Mt_Temp_FV01	%	0	0	Mt_Speed_Agg	%	100	0	3_20_SPPROCT_S...	-	101	0
Name	Unit	Setpoint with FV03	Actual value with FV03																															
Mt_Steamvolve	-																																	
Mt_Temp	°C	21	21																															
Mt_Temp_FV03	%	80	0																															
Mt_Temp_FV02	%	0	0																															
Mt_Temp_FV01	%	0	0																															
Mt_Speed_Agg	%	100	0																															
3_20_SPPROCT_S...	-	101	0																															
<p>A) B) C) D)</p> <table border="1" data-bbox="277 1429 627 1496"> <thead> <tr> <th>Step</th> <th>ID</th> <th>Name</th> <th>Time</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>16</td> <td>71</td> <td>Transfer</td> <td>00:03:27</td> </tr> </tbody> </table>	Step	ID	Name	Time	16	71	Transfer	00:03:27	<p>Información relacionada con el paso</p>	<p>A) Número actual de operaciones de receta B) Número EOP absoluto en el PLC C) Nombre del paso actual (nombre EOP) D) Tiempo de ejecución del paso actual</p>																								
Step	ID	Name	Time																															
16	71	Transfer	00:03:27																															
<p>A) B) C) D)</p> <table border="1" data-bbox="261 1563 643 1630"> <thead> <tr> <th>O-No</th> <th>B-No</th> <th>R-Type</th> <th>Recipe</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>11</td> <td>1</td> <td>RCAT1</td> <td>Export</td> </tr> </tbody> </table>	O-No	B-No	R-Type	Recipe	11	1	RCAT1	Export	<p>Información relacionada con el lote</p>	<p>A) Número de pedido actual B) Número de lote actual C) Nombre de la categoría de receta actual D) Nombre de la receta maestra actual</p>																								
O-No	B-No	R-Type	Recipe																															
11	1	RCAT1	Export																															

Fuente: La tabla especifica las funciones del faceplate de control de unidad grande. Tomado de *Operator Manual* (p.41), por SIEMENS AG, 2019, Braumat V8.0.

El Control de la Unidad se abre como una ventana y muestra la información de proceso más relevante (ver Figura 2.15). Además, permite el control básico de la unidad.

Figura 2.15: Ventana de unidad de control grande.



Fuente: La gráfica del acceso a la ventana de información del proceso más relevante.
Tomado de *Operator Manual* (p.42), por SIEMENS AG, 2019, Braumat V8.0.

De izquierda a derecha, la Tabla 2.14 muestra los componentes de control individuales con sus respectivas funciones.

Tabla 2.14: Componentes del Faceplate de control grande.

Icono / Pantalla	Función	Nota
	Abre la aplicación "Control de secuencia"	
	Condición permanente (Bloqueo de secuencia)	<p>Dependiendo de la configuración, se muestra un objeto BLR o un diálogo de estado S7 que ayuda al operador a identificar la causa raíz del enclavamiento. Nota: En caso de que la secuencia sea procesada por una CPU S7-1500 y no se haya configurado ningún objeto BLR, se mostrará el siguiente mensaje:</p>
	Encender o apagar un dispositivo adicional	
	El número de orden, número de lote, receta y categoría del lote actual que se está ejecutando en la unidad.	
	Abre la aplicación "Receta en línea"	
	Abre la lista de parámetros de pedido	
	Puntos de ajuste relacionados con la secuencia y se muestran los valores reales	<p>Si es necesario, el valor del punto de ajuste se puede cambiar en este cuadro de diálogo para la receta en línea.</p>
	Visualización y control de secuencia	

Continuación Tabla 2.14

	<p>Visualización y control de pasos</p>	<p>Comandos para la operación de recetas: Continuar, Retener, Pausar, Detener, Terminar</p>																																								
	<p>Visualización de la condición del siguiente paso lógica</p>	<p>Dependiendo de la configuración, se muestra un objeto BLR o un diálogo de estado S7 que ayuda al operador a identificar la causa raíz del enclavamiento.</p>																																								
	<p>Puntos de ajuste relacionados con el paso</p>	<p>Posibilidad de cambiar los valores establecidos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Unit</th> <th>Setpoint</th> <th>Actual value</th> <th>Diff.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ML_Steamvalve</td> <td>-</td> <td>with FV03</td> <td>with FV03</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>ML_Temp</td> <td>°C</td> <td>20</td> <td>21</td> <td>-1</td> </tr> <tr> <td>ML_Temp_FV03</td> <td>%</td> <td>80</td> <td>0</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>ML_Temp_FV02</td> <td>%</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>ML_Temp_FV01</td> <td>%</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>ML_Speed_Agg</td> <td>%</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>3_20_SRPROT_S...</td> <td>-</td> <td>101</td> <td>0</td> <td>101</td> </tr> </tbody> </table>	Name	Unit	Setpoint	Actual value	Diff.	ML_Steamvalve	-	with FV03	with FV03	—	ML_Temp	°C	20	21	-1	ML_Temp_FV03	%	80	0	80	ML_Temp_FV02	%	0	0	0	ML_Temp_FV01	%	0	0	0	ML_Speed_Agg	%	100	0	100	3_20_SRPROT_S...	-	101	0	101
Name	Unit	Setpoint	Actual value	Diff.																																						
ML_Steamvalve	-	with FV03	with FV03	—																																						
ML_Temp	°C	20	21	-1																																						
ML_Temp_FV03	%	80	0	80																																						
ML_Temp_FV02	%	0	0	0																																						
ML_Temp_FV01	%	0	0	0																																						
ML_Speed_Agg	%	100	0	100																																						
3_20_SRPROT_S...	-	101	0	101																																						

Fuente: La tabla especifica las funciones de los componentes del control de unidad grande. Tomado de *Operator Manual* (p.43), por SIEMENS AG, 2019, Braumat V8.0.

2.12 SISTEMA GRÁFICO

Los diagramas de proceso de la aplicación ofrecen una descripción general de la planta basada en las imágenes gráficas completas configuradas al ver los datos del proceso del sistema de automatización. A través de elementos de control, el usuario puede controlar el proceso en ejecución y acceder a las diferentes secuencias.

2.13 SISTEMA DE REGISTRO

La aplicación Protocolos de pasos se utiliza para mostrar e imprimir una lista de protocolos de pasos. Cronológicamente, los puntos de ajuste y los valores reales ocurrieron durante el procesamiento de las unidades, tales como:

- Veces.
- Cantidades.
- temperaturas, etc.



- Se almacena información sobre las operaciones del equipo ejecutadas.

El sistema puede registrar mediciones de valores específicos durante un período determinado, creando las llamadas "Tendencias". Estas curvas se pueden visualizar con la aplicación "Salida de curva". Los valores que deben archivarse y mostrarse dentro de la tendencia deben ser definidos por el equipo de ingeniería en la aplicación "Definición de tendencia" de la pestaña "Herramientas de ingeniería" primero.

2.14 MATERIAS PRIMAS EN LA ELABORACIÓN DE LA CERVEZA

Para la fabricación de la cerveza, se requieren cuatro insumos básicos: agua, malta, lúpulo y levadura. Las características de estas materias primas, tiene una influencia decisiva sobre la calidad de los productos fabricados. Asimismo, el conocimiento detallado de sus propiedades proporcionan el fundamento para su óptimo procesamiento.

De Clerck (1957)

2.14.1 Malta

El malteo consiste en dejar germinar los granos de cebada durante un período aproximado de una semana (según las condiciones de temperatura) en contacto con agua, y secarlos a continuación en hornos. Según la temperatura de estos hornos y los tiempos que se aplique se conseguirán maltas pálidas, caramelizadas o tostadas. Boris de Mesones (2002)

La malta, pese a la creencia habitual, no es una variedad de cereal, sino un cereal procesado. En principio, todos los cereales se pueden maltear, aunque los más comunes son la cebada, el trigo, la avena y la espelta. Iyó, Gonzalo y Daniel (2018)



2.14.2 Agua

Como en muchas plantas, organismos y bebidas, el agua es el elemento que se presenta en mayor proporción: más del 95% de una cerveza es agua. Resulta, pues, obvio que desempeña un papel esencial en el proceso de elaboración. Iyó, Gonzalo y Daniel (2018)

Hoy en día, cuando la provisión de agua ya no es un problema, lo que cuenta es la evaluación de su calidad, pues, en tanto que ingrediente, determina el carácter de la cerveza. La dureza del agua, que se mide en miligramos por litro, es muy importante debido a la presencia de iones de carbonato de calcio. Las aguas ricas en carbonatos son ideales para las stouts oscuras y las porter; las aguas ricas en sulfato de calcio hacen que la cerveza sea más clara y realzan el sabor del lúpulo, mientras que un agua de mineralización débil confiere suavidad a la cerveza. Simeone y Genny (2013)

2.14.3 Levadura

La levadura es el micro organismo que se nutre de los azúcares fermentables contenidos en el mosto produciendo como subproductos alcohol etílico y CO₂ (que mezclado con el agua se convierte en anhídrido carbónico) bajo condiciones de ausencia de oxígeno. Si existe oxígeno en el mosto, la levadura lo consume para multiplicarse produciendo pequeñas cantidades de agua. Boris de Mesones (2002)

Indispensables para la producción de la cerveza, las levaduras son microorganismos vegetales responsables de la fermentación y, por tanto, de la transformación del azúcar en alcohol y en anhídrido carbónico (gas carbónico). En la producción moderna, este proceso se realiza en ambientes sometidos a una temperatura controlada, con cepas de levaduras seleccionadas (*Saccharomyces carlsbergensis* o *Saccharomyces cerevisiae*) que permiten obtener un resultado seguro. Se distingue la



fermentación alta, que se produce a una temperatura de 15-30 °C, la fermentación baja, que se da a 10-15 °C, y finalmente la fermentación espontánea, que, respetando la antigua tradición y siguiendo el método medieval, utiliza las levaduras naturales presentes en el aire, las *Brettanomyces bruxellensis* y *lambicus*. Simeone y Genny (2013)

2.14.4 Lúpulo

El lúpulo (*Humulus lupulus*), planta de la familia de las cannabáceas, es un conservante natural que ayuda a mantener la cerveza en buenas condiciones y disminuye el riesgo de contaminación. Como su hermana más conocida, la parte más preciada es la flor hembra. Si bien se puede encontrar lúpulo silvestre en zonas húmedas y frías –en España normalmente junto a los ríos–, las variedades usadas en la elaboración de cerveza suelen ser cultivadas por el hombre, en busca de especies más resistentes a las plagas, y seleccionadas por sus características. Junto a sus propiedades conservantes, la flor del lúpulo aporta aroma, sabor y amargor, dependiendo de cómo se utilice en la fase del hervido del mosto. El amargor procede de unas resinas denominadas α -ácidos (alfa ácidos o AA). Su presencia difiere mucho entre variedades: desde un 3 hasta casi un 20%. Durante la ebullición, estos α -ácidos se isomerizan y confieren a la cerveza su peculiar atributo. Para poder aprovechar bien estos ácidos es necesario hervirlos durante un mínimo de 45 minutos y un máximo de 90 minutos. El amargor resultante se mide en IBU, que indica los mg de α -ácidos isomerizados por litro de cerveza. El sabor y aroma del lúpulo provienen de sus aceites esenciales. Estas sustancias son altamente volátiles y desaparecen con el vapor desprendido al poco tiempo de hervir; por ello, se añaden durante los últimos 10-20 minutos de ebullición para aportar sabor, y durante los últimos 1-5 minutos para brindar aroma. Aunque el empleo del lúpulo en la producción de cerveza no es ancestral, pues fue introducido como ingrediente básico ya bien entrada la Edad Media, sus potentes cualidades desplazaron el uso de las hierbas aromáticas utilizadas



hasta ese momento –artemisia, romero, mirto de Brabante, u otras, según la flora local y las preferencias del elaborador– y su popularidad continúa en la actualidad. Ivó, Gonzalo y Daniel (2018)

2.15 PROCESO DE LA ELABORACIÓN DE LA CERVEZA

La elaboración de cerveza comprende varios procesos que van desde la recepción de granos hasta el envasado y almacenamiento del producto terminado. En las siguientes líneas haremos una breve descripción del Proceso de elaboración de cerveza en la planta piloto Backus-Ate:

2.15.1 Molienda

La molienda procura romper el grano malteado de manera tal que el endospermo amiláceo posteriormente pueda hidratarse. Es importante que la molienda no sea excesiva ni tampoco queden granos enteros. Cualquiera de los dos extremos complicará la elaboración, en el primer caso por generar mucha harina perjudicando el filtrado. En el otro extremo, el agua no podrá ingresar al grano y por ende la extracción de azúcares será incompleta. Jackson (1994)

2.15.2 Caldera de adjuntos

Los adjuntos cerveceros son materiales fermentables utilizados como sustitutos de los cereales tradicionales con objeto de obtener una cerveza con menos cuerpo o más económica. Los adjuntos se pueden dividir en dos grandes grupos: los que se maceran y los que se añaden a la olla. María (2017)

- Adjuntos macerables, son los que precisan de macerado contienen almidón. Este almidón tiene que ser transformado en azúcar antes de que lo puedan procesar las levaduras. Los adjuntos macerables se pueden dividir a su vez en



dos grupos, en función de si dispone o no de las enzimas necesarias para degradar el almidón. Los adjuntos malteados, como malta de trigo o centeno, contienen enzimas; otros como el arroz o el maíz, carecen de ellas. Se aprovechan del exceso de enzimas de la malta de cebada, que es suficiente para convertir el almidón de la malta y de los adjuntos. María (2017)

- Adjuntos de olla, las hay muchos adjuntos que sólo contienen azúcar soluble y no precisan macerado. Éstos se añaden directamente al mosto durante el hervido. Aquí se incluyen una amplia variedad de azúcares y siropes. Los siropes se producen directamente de azúcar de caña o remolacha, o extraídos de almidón de trigo o maíz. Pueden ser glucosa pura o una mezcla de glucosa y fructosa. O pueden contener maltosa, maltotriosa y dextrinas. María (2017)

2.15.3 Caldera de mezcla

Consiste en mezclar durante un tiempo determinado el agua y la malta molturada en agua caliente; el período mínimo es de 60 minutos. Esto se puede hacer en infinidad de recipientes, desde una olla sobre el fuego de la cocina, hasta depósitos aislados térmicamente. La maceración produce el mosto dulce, formado, básicamente, por los almidones de la malta convertidos en azúcares. Al igual que el extracto de malta, el mosto dulce se compone de agua y varios tipos de azúcares. La mayoría de ellos se consumirán durante la fermentación convirtiéndose en alcohol y CO₂. Sin embargo, casi una cuarta parte de los azúcares no son fermentables, por lo que se mantendrán, contribuyendo a dar cuerpo, sabor y dulzor a la cerveza. En este punto el elaborador puede comenzar a decidir cómo será el producto final. Iyó, Gonzalo y Daniel (2018)

La maceración se produce en un nivel de temperatura de entre 60 y 72°C, durante un tiempo total de unos 60-90 minutos. Dependiendo de la temperatura, se pueden obtener



distintos resultados, ya que las enzimas reaccionan de forma diferente. Iyó, Gonzalo y Daniel (2018)

2.15.4 Cuba de filtración

Una vez extraídos todos los azúcares de la malta, es necesario deshacerse del bagazo y las harinas (restos sólidos de grano) mediante un filtrado. Este paso será mucho más fácil y rápido si se ha partido de un buen molturado, puesto que se utilizan como filtro las mismas cáscaras del cereal. El proceso de filtrado consiste en hacer circular el líquido por el bagazo, de forma que este retenga las harinas que, de no eliminarse correctamente, provocaría astringencia. Para este paso existen cubas de filtrado donde se introduce todo el empaste y se hace circular unas tres veces, sacando el mosto por la parte de abajo y añadiéndolo por la de arriba poco a poco para no removerlo demasiado. Hay que repetir el proceso hasta que el mosto se vea cristalino y libre de harinas y partículas en suspensión; esto indica que ya está listo para el siguiente paso. Iyó, Gonzalo y Daniel (2018)

2.15.5 Caldera de ebullición

Llegado este punto, se produce una ebullición durante una hora, necesaria para disolver el lúpulo y sus esencias amargas, aparte de esterilizar el mosto. Además, la ebullición provoca la precipitación de las proteínas en forma de copos, que se forman también gracias a la acción tánica del lúpulo, y que se eliminarán rápidamente. Simeone y Genny (2013)

En este paso se añade el lúpulo para dar amargor, sabor y aroma; hay que tener en cuenta que durante este proceso se puede evaporar entre un 5 y un 10% de mosto. Antes de empezar el hervido es importante asegurarse de que no quedan restos de cereal o de harina, pues pueden causar astringencia y sabores no deseados en la cerveza. A medida



que el mosto va tomando temperatura y se acerca al punto de ebullición, se forma una capa en la parte superior; se trata de proteínas, que deben retirarse cuidadosamente con un colador, pues de lo contrario podrían obstaculizar el trabajo de la levadura durante el proceso de fermentación. Una vez empieza el hervido, hay que estar pendiente de la olla, ya que puede crearse mucha espuma de repente y desbordarse; se debe ir ajustando la temperatura para conseguir una ebullición constante y energética, manteniendo siempre la olla semita pada. Durante la ebullición se irá añadiendo la cantidad de lúpulo previamente calculada vigilando el tiempo de ebullición para que no esté hirviendo más del necesario, pues esto provocaría una cerveza mucho más amarga. Los tiempos aproximados para conseguir las diferentes características del lúpulo son:

- 60 minutos de hervor: amargor. Iyó, Gonzalo y Daniel (2018)
- 15-20 minutos: sabor. Iyó, Gonzalo y Daniel (2018)
- 0-5 minutos: aroma. Iyó, Gonzalo y Daniel (2018)

2.15.6 Tanque de whirlpool

Es un tanque especializado donde el mosto hervido se gira con precisión para precipitar los sólidos y acumularlos en un cono limpio llamado trub stack. El whirlpool es el proceso final de la producción de cerveza, antes de que el mosto sea enfriado y la levadura sea inoculada en el tanque para así iniciar el proceso de fermentación (fermentadores). Los beneficios de los tanques de Whirlpool de la cervecería incluyen un mosto más claro, un enfriamiento más rápido, un mayor aroma y sabor a lúpulo y una reducción del sulfuro de dimetilo (DMS). Portland (2011)

2.15.7 Enfriador

El mosto, aún muy caliente tras la cocción y centrifugación habrá de ser enfriado lo antes posible, para situarlo a la temperatura ideal para poder añadir la levadura en



condiciones ideales para esta. Enfriaremos el mosto forzosamente de unos 80 grados centígrados hasta 8 o 24, según el tipo de levadura que vayamos a usar y el tipo de cerveza que queramos conseguir. Boris de Mesones (2002)

Para el enfriado se puede utilizar un serpentín sumergido en el mosto. Es necesario dejar que este hierva durante unos minutos antes de empezar el proceso de enfriamiento para evitar así que se produzca cualquier contaminación. Hay que acordarse de dejar la olla tapada y evitar cualquier contacto del mosto con el exterior del recipiente, pues a partir de ahora es muy vulnerable a posibles contaminaciones. Para enfriar el mosto se debe hacer circular agua fría por el interior del serpentín hasta llegar a una temperatura de unos 25°C aproximadamente. A esa temperatura ya se puede trasvasar al fermentador e inocular las levaduras sin riesgo de dañarlas. Iyó, Gonzalo y Daniel (2018)

2.15.8 CCTs

La fermentación es el paso más importante del proceso de elaboración de la cerveza. La fermentación, según se realice, producirá resultados de diferente carácter, si la fermentación no se realiza correctamente las consecuencias serán siempre negativas. Por ello habremos de controlar las temperaturas de fermentación con máximo cuidado y a la vez cambiar estas temperaturas, si es necesario, según evolucione el metabolismo de la levadura que estemos utilizando. Este metabolismo variará según la pureza de la levadura y la forma en que se hubiera usado está en fermentaciones anteriores. Boris de Mesones (2002)

Este proceso se lleva a cabo en fermentadores. Estos deben ser cilindro-cónicos y de acero inoxidable para poder purgar correctamente las levaduras muertas. Durante este proceso, las células de levadura transforman los azúcares fermentables del mosto en alcohol y CO₂; según la cantidad de los azúcares que se metabolicen, la graduación de la



cerveza variará. Para calcular el volumen alcohólico de una cerveza fermentada es necesario conocer la densidad inicial y la final (son los indicadores de la cantidad de azúcar presente en el líquido). Por ello, antes de empezar la fermentación se necesita tomar una muestra de densidad y apuntar el resultado. Una vez colocado todo el mosto en el fermentador con la levadura inoculada, se debe dejar en un lugar oscuro y fresco durante una semana aproximadamente. La temperatura ideal para las cervezas tipo ale es de unos 16-22°C; la de la lager, algo más baja, entre 7 y 12°C. Una vez encontrado un lugar donde colocar el fermentador, se debe llenar el airlock (trampa de aire) con alcohol para permitir que se expulse el CO₂ de la fermentación. Hay que evitar que, entre aire del exterior, pues si no hay ningún producto esterilizante podría ser un nido de bacterias y provocar contaminaciones. Pasadas 12-24 horas deben aparecer signos visibles de que se ha iniciado la fermentación. Se observará que se ha producido una gran cantidad de espuma y que se genera mucho CO₂. Se debe tener en cuenta que algunas cepas de levadura son más rápidas que otras, así que no hay que desesperar si tarda algo más de lo previsto en empezar a fermentar. A temperaturas más frías disminuirá la velocidad de fermentación (lo que no quiere decir que sea bueno o malo); además, la cantidad de oxígeno presente en el mosto incide considerablemente en el tiempo de fermentación. Por lo general, la fermentación dura de 4 a 15 días, pero puede ser más rápida o más lenta según el tipo de receta, de la levadura y de la temperatura. No hay datos exactos de cuándo debe terminar la fermentación: cada cerveza tiene condiciones distintas y algunas recetas fermentan más rápido que otras. En un principio, la fermentación está completa cuando no se aprecia ninguna actividad durante 48 horas; para determinarlo, se deben tomar muestras de densidad: si estas no varían es signo de no actividad. Iyó, Gonzalo y Daniel (2018)



2.15.9 Filtración

El filtrado de cerveza elimina la levadura, los taninos y algunas proteínas que contribuyen a sabores no deseados y a que sea brumosa. Si bien estas impurezas eventualmente desaparecerán por medio del lagering y la maduración, la filtración acelera el proceso, haciéndolo en minutos en lugar de semanas. Esta es la razón por la que las cervecerías utilizan filtros: es más barato hacerlo que dejar la cerveza almacenada por mucho tiempo. El filtrado también remueve pequeñas impurezas en la cerveza, incluso aquellas que se quedan después de la maduración. Los filtros eliminan partículas de una micra o más pequeñas. Esto resulta en un sabor más limpio y una mejor claridad. Maltosaa (2020)

2.15.10 Filtración

2.15.11 BBTs

Los tanques de bebidas cilíndricos para el almacenamiento de bebidas puras, tanques de servicio a presión, también llamados BBT - bright beer tanks. Son los tanques de presión de acero inoxidable, que están diseñados para el almacenamiento temporal de bebidas finalizadas a presión, para carbonización o saborizantes. Los tanques se usan generalmente para la filtración de bebidas, para el llenado de bebidas en botellas o en barriles, y para otras operaciones finales durante la producción de cerveza, vino o sidra. Este tipo de tanque de almacenamiento de cerveza está equipado con un mecanismo de ajuste de presión simplificado, necesario para mantener la presión requerida en el tanque durante el llenado de cerveza en botellas o barriles. Ales (2019)



2.15.12 Pasteurizador

La pasteurización de la cerveza es un tratamiento térmico que se realiza con el fin de inactivar las células vegetativas de microorganismos patógenos. Usualmente, este proceso se realiza en un pasteurizador tipo túnel, durante 10 a 20 minutos a una temperatura de 60°C. Estas condiciones ofrecen normalmente una estabilidad biológica segura; sin embargo, la pasteurización puede afectar adversamente las cualidades sensoriales de la cerveza, comprometiendo negativamente su calidad, siendo mayor este efecto cuando la presencia de oxígeno disuelto es alta. Richard (2006)

2.15.13 Unidad de agua de proceso

Agua es la materia prima que se usa en mayor cantidad. Para la obtención de un litro de cerveza se calcula que se han necesitado 7 litros de agua. Se necesita agua para el malteado de los cereales, para su limpieza, para la maceración, para la clarificación del mosto, para la refrigeración y para la limpieza en general entre otras cosas. La publicidad de muchas fábricas de cerveza se basa en la calidad del agua que usan para la elaboración de sus cervezas. La calidad del agua siempre ha sido un buen argumento para la venta de cervezas, pero este argumento viene de una época en la que era difícil encontrar agua potable que estuviera al alcance de la gente normal, de los ciudadanos de cualquier ciudad. Con el desarrollo de las tecnologías se perfeccionaron las depuradoras de aguas y con ello se pudo ofrecer agua potable en cualquier grifo de cualquier población. Boris de Mesones (2002)

2.15.14 CIP

Las estaciones CIP son máquinas móviles o estáticas para la limpieza química, saneamiento y esterilización de los tanques y todas las rutas de tuberías. Este es un sistema totalmente equipado para cervecerías y otros dispositivos de producción de alimentos:



tecnología Clean-In-Place. El equipo CIP proporciona calefacción y circulación de soluciones de limpieza química alcalinas y ácidas utilizando una bomba a través del sistema de tuberías, mangueras y ducha sanitaria que rocía solución sanitaria en las paredes interiores del recipiente desinfectado y elimina toda la suciedad y depósitos del interior de las tuberías, accesorios, tanques y también de todos los demás equipos que entran en contacto con alimentos y bebidas. Ales (2019)

2.16 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.16.1 Hipótesis general

Automatizando con Sistemas de Control de Procesos BRAUMAT y PLC S7-416 es posible controlar las unidades de las celdas de proceso de la planta piloto Backus-Ate para la elaboración de la cerveza desde la OS.

2.16.2 Hipótesis específica

- Con el estudio del manual de la ingeniería y la operación de Sistemas de Control de Procesos BRAUMAT y PLC S7-416 es posible desarrollar la tesis de investigación.
- Clasificando la planta piloto Backus-Ate según producto producido y estructura física es posible identificar si se puede producir en una sola línea o múltiples líneas.
- Parametrizando con direccionamiento estandarizado las unidades, unidades de equipo y unidades individuales de las celdas de proceso de la planta piloto Backus-Ate es posible interactuar con todas las variables de la AS.
- Diseñando los gráficos según las unidades de las celdas de proceso de la planta piloto Backus-Ate es posible visualizar en la OS.

- Elaborando la secuencia de producción de la cerveza según al proceso de fabricación de la cerveza con valores estrictamente experimentales en la planta piloto Backus -Ate es posible visualizar e interactuar en los procesos de elaboración de la bebida.
- Programando los bloques de funciones y funciones en SIMATIC Manager STEP7 V5.6 para nuestra producción de cerveza es posible controlar las etapas de la secuencia de las unidades en la fabricación de la cerveza con valores estrictamente experimentales en la planta piloto Backus-ate.

2.17 OPERACIÓN DE VARIABLES

Tabla 2.15: Operación de variable.

Objetivo general: Automatizar las unidades de las celdas de proceso de la planta piloto Backus-Ate con Sistemas de Control de Procesos BRAUMAT y PLC S7-416 para la elaboración de la cerveza.			
Variable	Objetivos específicos	Dimensiones	Indicadores
sistema de Control de Procesos	Estudiar el manual de ingeniería y la operación de Sistemas de Control de Procesos BRAUMAT y PLC S7-416.	Situación actual	Métodos de funcionamiento, maquinaria, equipos y sistema
	Clasificar la planta piloto Backus-Ate según producto producido y estructura física.		
	Parametrizar con direccionamiento estandarizado las unidades, unidades de equipo y unidades individuales de las celdas de proceso de la planta piloto Backus-Ate.	Componentes necesarios	Estructura del PLC S7-416 y BRAUMAT
	Diseñar los gráficos según las unidades de las celdas de proceso de la planta piloto Backus-Ate.		
	Elaborar secuencias de producción según al proceso de fabricación de la cerveza con valores estrictamente experimentales con las unidades individuales de las celdas de proceso de la planta piloto Backus -Ate.	Propuesta	Se dará respuesta con el desarrollo de los objetivos anteriores.
	Programar para las secuencias los bloques de funciones y funciones que controlan las etapas de la secuencia de las unidades de producción de la cerveza en la planta piloto Backus-Ate.		

Elaboración propia.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES

En el desarrollo de la tesis los materiales utilizados durante la parametrización, diseño y la programación son:

3.1.1 Software

- Sistema operativo Windows 10 profesional de 64 bits.
- Microsoft office profesional plus 2021.
- SIMATIC BRAUMAT V8.0 (Sistema de Control de Procesos).
- SIMATIC Manager STEP7 V5.6.
- S7-PLCSIM V17.
- S7-PLCSIM Advanced V4.0.
- TIA Portal V17 (optional).

3.1.2 Hardware

- PC con procesador Intel(R) Core (TM) i3-3220, RAM 4.00 GB.
- PC con procesador Intel(R) Core (TM) i3-2310M, RAM 4.00 GB.
- AS: PLC S7-400: CPU estándar = CPU 416-2.
- Celda de proceso molienda (lista de variables en Tabla A.1).
- Celda de proceso adjuntos/mezcla (lista de variables en Tabla A.2).
- Celda de proceso cuba de filtración (lista de variables en Tabla A.3).
- Celda de proceso ebullición/whirlpool (lista de variables en Tabla A.4).
- Celda de proceso enfriamiento (lista de variables en Tabla A.5).



- Celda de proceso CCTs (lista de variables en Tabla A.6).
- Celda de proceso filtración (lista de variables en Tabla A.7).
- Celda de proceso BBTs (lista de variables en Tabla A.8).
- Celda de proceso pasteurizador (lista de variables en Tabla A.9).
- Celda de agua de proceso (lista de variables en Tabla A.10).
- Celda de proceso CIP (lista de variables en Tabla A.11).
- Unidad de almacenamiento USB.
- Impresora.

3.1.3 Materiales de escritorio

- Cuaderno de apuntes.
- Plano de la planta Piloto Backus-Ate.
- Libro de programación de Sistema de control de Procesos.
- Lapiceros.
- Resaltador.
- Folders manila.

3.1.4 Servicios

- Internet.
- Energía eléctrica.

3.2 DISEÑO Y TIPO DE LA INVESTIGACIÓN

El método en el cual encaja este trabajo de tesis es el método DESCRIPTIVO, ya que en él se plantea una hipótesis que se puede analizar deductiva o inductivamente y posteriormente comprobar experimentalmente, es decir que se busca que la parte teórica no pierda su sentido, por ello la teoría se relaciona posteriormente con la realidad.



3.2.1 Diseño de la investigación

Las investigaciones descriptivas según (Hernández Sampieri, 2014) se basan en la descripción del objeto a estudiar u objeto a investigar mostrando sus cualidades y describiendo el comportamiento del objeto de estudio tal como se muestra en la realidad, por lo que la presente investigación es DESCRIPTIVA.

3.2.2 Tipo de investigación

Según (Hernández Sampieri, 2014) las investigaciones básicas constan de la descripción de elementos naturales del objeto de investigación, por lo que la presente investigación corresponde a una investigación BASICA.

3.2.3 Enfoque de la investigación

La investigación es de enfoque cualitativo debido a que la manera de llegar a las hipótesis no requiere de material estadístico, solo es suficiente con la observación para su validación. Hernández Sampieri (2014)

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1 Población

La población para el presente trabajo de tesis, se considera todas las unidades de las celdas de proceso de la planta piloto Backus-Ate para la elaboración de la cerveza.

3.3.2 Muestra

Para verificar la funcionalidad del sistema de control de procesos se tomó como muestra todas las variables de proceso de los instrumentos instalados en las unidades de las celdas de proceso para la elaboración de la cerveza.

- Celda de proceso molienda 16 instrumentos (Tabla A.1).



- Celda de proceso adjuntos/mezcla 28 instrumentos (Tabla A.2).
- Celda de proceso cuba filtración 24 instrumentos (Tabla A.3).
- Celda de proceso ebullición/whirlpool 32 instrumentos (Tabla A.4).
- Celda de proceso enfriamiento 12 instrumentos (Tabla A.5).
- Celda de proceso CCTs 42 instrumentos (Tabla A.6).
- Celda de proceso filtración 11 instrumentos (Tabla A.7).
- Celda de proceso BBTs 18 instrumentos (Tabla A.8).
- Celda de proceso pasteurizador 18 instrumentos (Tabla A.9).
- Celda agua de proceso 11 instrumentos (Tabla A.10).
- Celda de proceso 16 instrumentos (Tabla A.11).

3.4 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.4.1 Ubicación

El desarrollo del proyecto de tesis se realizó en dos sitios, teniendo como centro de desarrollo principal de pruebas la planta Piloto Backus-Ate (Ate - Lima - Perú) y el mayor tiempo del desarrollo de la programación, simulaciones y el borrador de tesis del proyecto se desarrolló en la oficina del tesista (Santa Anita – Lima - Perú).

3.4.2 Descripción

En la presente investigación se pretende diseñar, parametrizar y programar las etapas de las secuencias en la producción de la cerveza con valores estrictamente experimentales para la automatización con sistemas de control de procesos BRAUMAT y PLC S7-416 utilizando todas las variables de proceso de las celdas de proceso (molienda, caldera de adjuntos/mezcla, cuba de filtración, caldera de ebullición/whirlpool, enfriamiento, CCTs, filtración, BBTs, pasteurizador, agua de



proceso y CIP) de la planta piloto Backus-Ate. Concretamente estas variables de proceso son válvulas, motores, bombas, transmisores de temperatura, transmisores de nivel, transmisores de flujo, transmisores de presión y otros instrumentos propios de las unidades de las celdas de proceso. En tal sentido, esta investigación consta de seis etapas que se describen a continuación:

- 1ª etapa: estudio (3 meses), en esta etapa se ha realizado el estudio de la ingeniería y operación de Sistemas de Control de Procesos BRAUMAT y PLC S7-416.
- 2ª etapa: reconocimiento de la ubicación de los variables según rotulado de las celdas proceso de la planta Piloto Backus-Ate en el plano (1 mes), se utilizan los planos como material de apoyo.
- 3ª etapa: se desarrolla el diseño, parametrización del sistema control de procesos según las variables de las celdas de proceso de la Planta Piloto Backus-Ate (2 meses).
- 4ª etapa: pruebas (Planta Piloto) y simulaciones (Oficina del tesista) de la programación del sistema de control de procesos para la elaboración de la cerveza (2 mes). Para la elaboración de las secuencias de control se toma de referencia las pruebas de elaboración de bebidas (Cristal, cusqueña, pilsen y otras pruebas).
- 5ª etapa: obtención y validación de resultados experimentales (1 meses).
- 6ª etapa: elaboración del texto de la tesis para su respectiva sustentación.

3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La recolección de datos se refiere a cómo y qué medios se usan para la obtención de la información que será de utilidad para la corroboración de nuestras hipótesis.

3.5.1 Técnica

- Estudio bibliográfico: Esta técnica permitirá recolectar y sistematizar la información requerida de; papers, foros, blogs, libros, tesis, video-tutoriales y más fuentes de información publicadas en Internet.
- Observación: El empleo de esta técnica fue importante para recabar información primaria, debido a que se pudo interactuar con la realidad a través de la observación como capturas a pantalla, proceso de diseño del algoritmo, apuntes de simulaciones y fotografías.

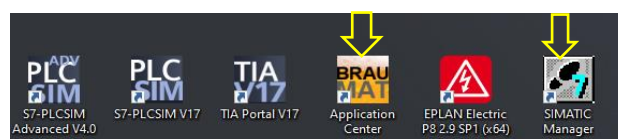
3.6 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3.6.1 Instalación y configuración de la OS y AS

Procedemos de la siguiente manera:

- En la Figura 3.1 se muestra el escritorio de la computadora del desarrollo del proyecto de investigación, en la cual instalamos el software SIMATIC BRAUMAT V8.0 (Sistema de Control de Procesos) y SIMATIC Manager STEP7 V5.6. Para poder acceder a ambos softwares utilizamos licencias demos.

Figura 3.1: Íconos de acceso directo a los softwares.

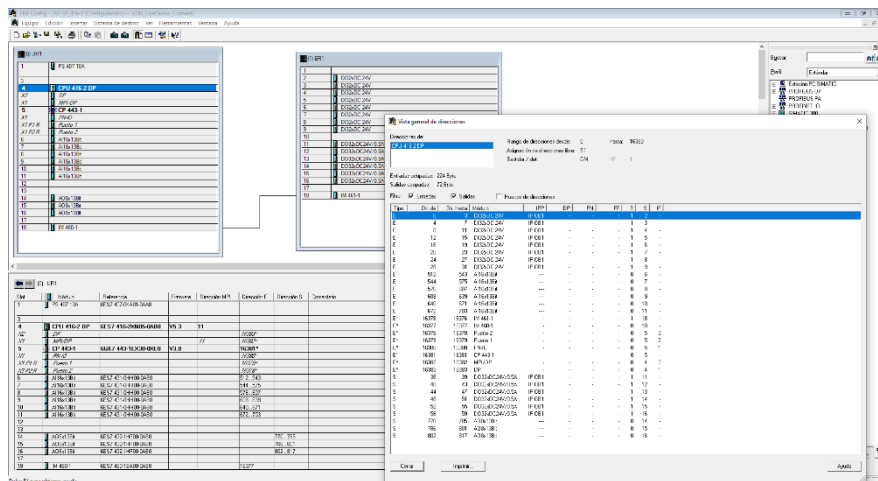


Elaboración propia.

- En el tablero de control que se muestra en el anexo en la Figura A.1 del área de planta piloto Backus-Ate, nos conectamos al PLC S7-416 como se observa en el anexo en la Figura A.2 para leer el hardware y validar las direcciones de

las variables de proceso de las celdas de proceso de molienda, caldera de adjuntos/mezcla, cuba de filtración, caldera de ebullición/whirlpool, enfriamiento, CCTs, filtración, BBTs, pasteurizador, agua de proceso y CIP de la planta piloto Backus-Ate, concretamente como se muestra en la Figura 3.2.

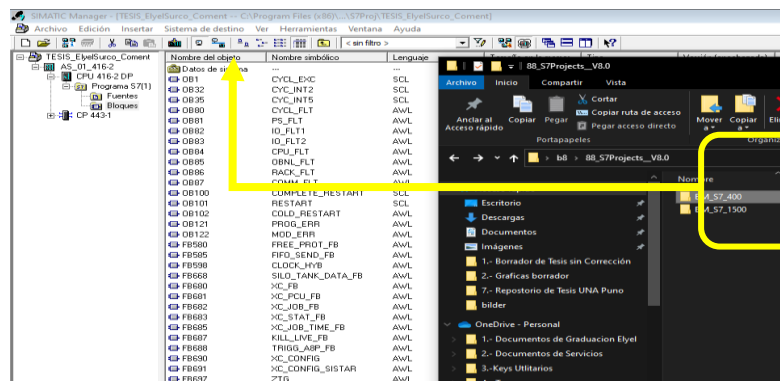
Figura 3.2: Lectura del hardware del PLC S7-416.



Elaboración propia.

- Mediante el programa SIMATIC Manager STEP7 V5.6 como se muestra en la Figura 3.3, copiamos en el programa de nuestro proyecto los OBs, FBs, FCs y DBs estandarizados que viene en el paquete de instalación del Sistema de Control de Procesos BRAUMAT V8.0.

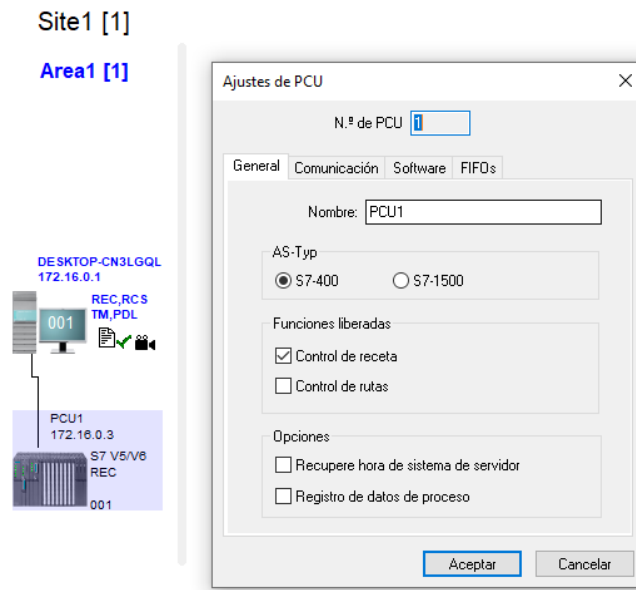
Figura 3.3: Cargar OBs, FBs, FCs y DBs estandarizados.



Elaboración propia.

- En el Sistema de Control de Procesos BRAUMAT V8.0 configuramos el IOS y la CPU del sistema del proyecto de investigación, concretamente como se muestra en la Figura 3.4.

Figura 3.4: Configuración del IOS y CPU



Elaboración propia.

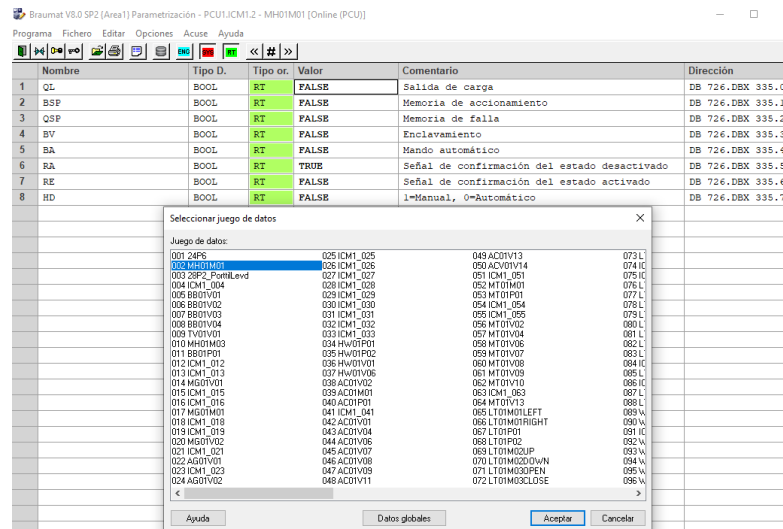
3.6.2 Parametrización de los objetos tecnológicos

Procedemos a desarrollar la parametrización de acuerdo a las variables de proceso de las unidades de las celdas de proceso para la elaboración de la cerveza:

- Procedemos a parametrizar los accionamientos (ICM), como se aprecia en la Figura 3.5 con las rotulaciones de las variables de proceso de las celdas de proceso molienda (Tabla A.1), caldera de adjuntos/mezcla (Tabla A.2), cuba de filtración (Tabla A.3), caldera de ebullición/whirlpool (Tabla A.4), enfriamiento (Tabla A.5), CCTs (Tabla A.6), filtración (Tabla A.7), BBTs (Tabla A.8), pasteurizador (Tabla A.9), agua de proceso (Tabla A.10) y CIP (Tabla A.11) de la planta piloto Backus-Ate. Concretamente estas variables

representan válvulas, motores, bombas y otras variables propias del proceso de la planta piloto Backus-Ate.

Figura 3.5: Parametrización de accionamientos (ICM).



Elaboración propia.

- Parametrizamos las entradas de valor analógica (AIN), como se muestra en la Figura 3.6 con las rotulaciones y valores de escalamiento que se encuentran en las tablas de variables de proceso de las celdas de molienda (Tabla A.1), caldera de adjuntos/mezcla (Tabla A.2), cuba de filtración (Tabla A.3), caldera de ebullición/whirlpool (Tabla A.4), enfriamiento (Tabla A.5), CCTs (Tabla A.6), filtración (Tabla A.7), BBTs (Tabla A.8), pasteurizador (Tabla A.9), agua de proceso (Tabla A.10) y CIP (Tabla A.11). Concretamente estas variables representan transmisores de temperatura, flujo, nivel y otras variables propias del proceso de la planta piloto Backus-Ate.

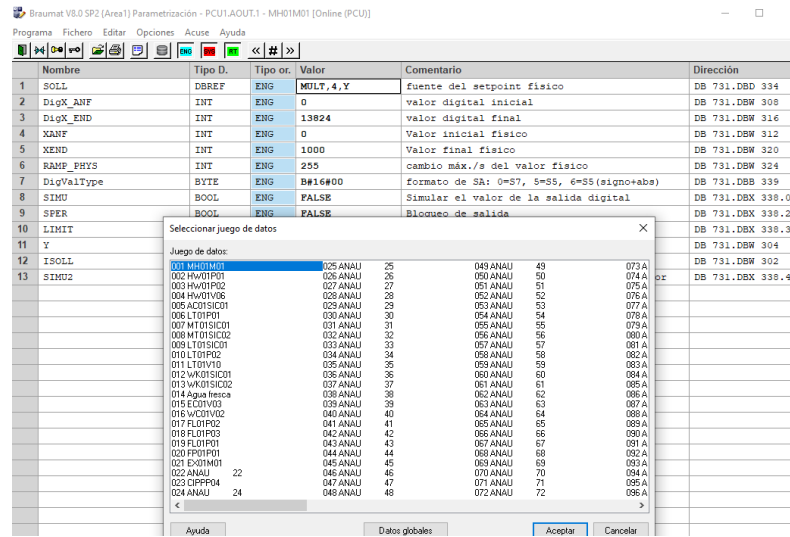
Figura 3.6: Parametrización de entradas analógicas (AIN).

Nombre	Tipo D.	Tipo or.	Valor	Comentario	Dirección
1 XLSI	INT	RT	0	Valor real fijo	DB 727.DBW 330
2 DigX_AMF	INT	ENG	0	valor digital inicial	DB 727.DBW 314
3 DigX_END	INT	ENG	27648	valor digital final	DB 727.DBW 322
4 XANF	INT	ENG	0	Valor inicial de rango	DB 727.DBW 318
5 XEND	INT	ENG	1000	Valor final de rango	DB 727.DBW 326
6 UNTR	INT	ENG	0	Limite inferior	DB 727.DBW 346
7 HYST_U	INT	ENG	0	histéresis del limite inferior	DB 727.DBW 358
8 OBERGR	INT	ENG	1000	Limite superior	DB 727.DBW 350
9 HYST_O	INT	ENG	0	histéresis del limite superior	DB 727.DBW 354
10 TEILANL	USINT	ENG	0	Unidad asociada	DB 727.DBW 360
11 DigValType	USINT	ENG	0	formato de EA: 0=37,5=35 compl-2,6=35 sigaba	DB 727.DBW 301
12 STWE	BOOL				K 361.2
13 SING	BOOL				K 361.0
14 STOE	BOOL				K 361.1
15 FEHL_DG	BOOL				K 361.6
16 FEHL_OG	BOOL				K 361.5
17 FREI_FDG	BOOL				K 362.1
18 FREI_FOG	BOOL				K 362.2
19 MLDG_SFERR	BOOL				K 362.3
20 LIMIT	BOOL				K 362.4
21 S5Live	BOOL				K 362.5

Elaboración propia.

- Parametrizamos las salidas de valor analógico (AOUT), como se puede observar en la Figura 3.7 con las rotulaciones y valores de escalamiento que se encuentran en las tablas de las celdas de proceso molienda (Tabla A.1), caldera de adjuntos/mezcla (Tabla A.2), cuba de filtración (Tabla A.3), caldera de ebullición/whirlpool (Tabla A.4), enfriamiento (Tabla A.5), CCTs (Tabla A.6), filtración (Tabla A.7), BBTs (Tabla A.8), pasteurizador (Tabla A.9), agua de proceso (Tabla A.10) y CIP (Tabla A.11). Concretamente estas variables representan el control de velocidad de motores, bombas, válvulas y otras variables propias del proceso de la planta piloto Backus-Ate.

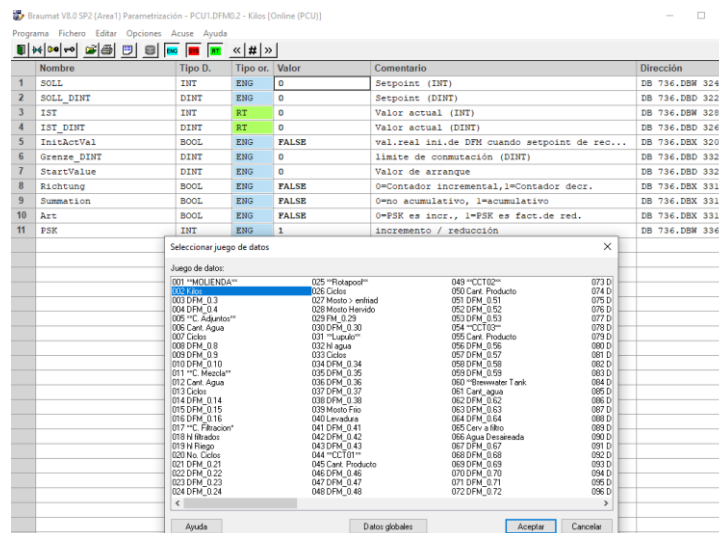
Figura 3.7: Parametrización de salidas analógicas (AOUT).



Elaboración propia.

- Parametrizamos el módulo de las funciones digitales (DFM0), como se puede apreciar en la Figura 3.8 de acuerdo a las etapas de las unidades de las celdas de proceso que usamos en la programación de recetas de prueba con valores referenciales para la producción de bebidas por sistemas secuenciales o lotes.

Figura 3.8: Parametrización de funciones digitales (DFM0).

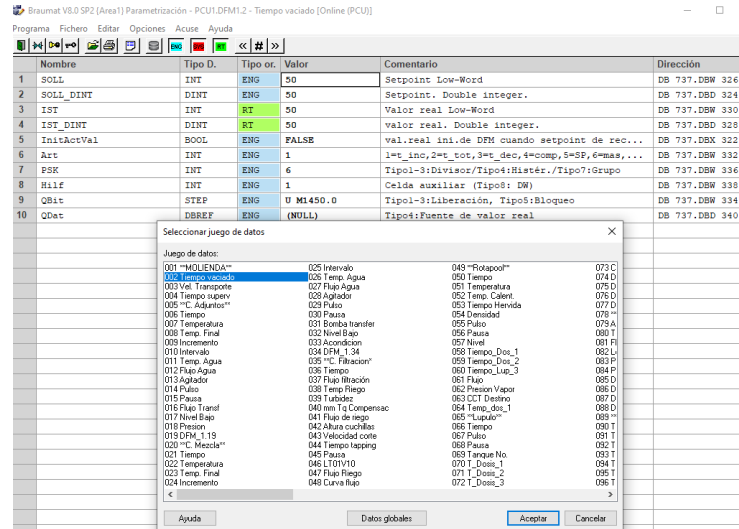


Elaboración propia.

- Parametrizamos el módulo de las funciones (DMF1), como se puede observar en la Figura 3.9 de acuerdo a las etapas de las unidades de las celdas de proceso

que usamos en la programación de recetas de prueba con valores referenciales para la producción de bebidas por sistemas secuenciales o lotes.

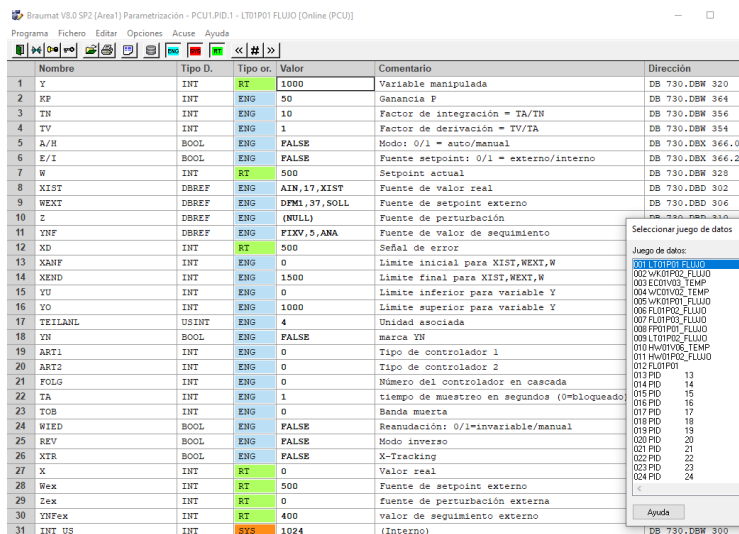
Figura 3.9: Parametrización de módulo de funciones (DFM1).



Elaboración propia.

- Parametrizamos los controladores (PID), como se puede ver en la Figura 3.10 con los valores sintonizados referenciales que se usan en los controles de velocidad de algunas válvulas y bombas que dependen de la temperatura y flujo propios del proceso de la planta piloto Backus-Ate.

Figura 3.10: Parametrización de controladores (PID).



Elaboración propia.

- Parametizamos la adaptación poligonal (POLY), como se puede observar en la Figura 3.11 para los tanques que se necesita supervisar o controlar el nivel.

Figura 3.11: Parametrización poligonal (POLY).

Nombre	Tipo D.	Tipo or.	Valor	Comentario	Dirección
1 Y	INT	RT	0	Valor de salida	DB 735.DBW 478
2 X	DBREF	ENG	AIN,90,XIST	Fuente de valor X	DB 735.DBD 474
3 X1	INT	ENG	0	Punto de interpolación 1: valor X	DB 735.DBW 492
4 Y1	INT	ENG	0	Punto de interpolación 1: valor Y	DB 735.DBW 512
5 X2	INT	ENG	300	Punto de interpolación 2: valor X	DB 735.DBW 494
6 Y2	INT	ENG	300	Punto de interpolación 2: valor Y	
7 X3	INT	ENG	310	Punto de interpolación 3: valor X	
8 Y3	INT	ENG	310	Punto de interpolación 3: valor Y	
9 X4	INT	ENG	60	Punto de interpolación 4: valor X	
10 Y4	INT	ENG	90	Punto de interpolación 4: valor Y	
11 X5	INT	ENG	76	Punto de interpolación 5: valor X	
12 Y5	INT	ENG	120	Punto de interpolación 5: valor Y	
13 X6	INT	ENG	92	Punto de interpolación 6: valor X	
14 Y6	INT	ENG	150	Punto de interpolación 6: valor Y	
15 X7	INT	ENG	107	Punto de interpolación 7: valor X	
16 Y7	INT	ENG	180	Punto de interpolación 7: valor Y	
17 X8	INT	ENG	123	Punto de interpolación 8: valor X	
18 Y8	INT	ENG	210	Punto de interpolación 8: valor Y	
19 X9	INT	ENG	145	Punto de interpolación 9: valor X	
20 Y9	INT	ENG	250	Punto de interpolación 9: valor Y	
21 X10	INT	ENG	171	Punto de interpolación 10: valor X	
22 Y10	INT	ENG	300	Punto de interpolación 10: valor Y	

Selección de juego de datos:

001 Niv Tq Agua	025 POLY
002 Nivel Adjunto	026 POLY
003 Nivel mezcla	027 POLY
004 Nivel Tq Cip	028 POLY
005 Nivel NvK	029 POLY
006 LT01P02 Sp	030 POLY
007 Nivel Kieselguhr	031 POLY
008 Flujo de filtrac	032 POLY
009 POLY	9
010 POLY	10
011 Nivel BBT01	
012 Nivel BBT02	
013 Flujo Inicial	
014 F1	
015 F2	
016 F3	
017 S1	
018 S2	
019 S3	
020 S4	
021 S5	
022 S6	
023 S7	
024	

Elaboración propia.

- Parametizamos las cabeceras de las unidades de las secuencias que utilizamos en la programación de la prueba de receta de producción de bebidas con valores referenciales en las celdas de proceso de la planta piloto Backus-Ate. Concretamente como se puede apreciar en la Figura 3.12.

Figura 3.12: Parametrización de unidades de secuencia.

Nombre	Tipo D.	Tipo or.	Valor	Comentario	Dirección
1 Enable	BOOL	RT	TRUE	Condiciones permanentes	DB 725.DBX 200...
2 Man_Moded	BOOL	RT	FALSE	Modo manual/automático	DB 725.DBX 200...
3 NewStep	INT	RT	0	Paso nuevo	DB 725.DBW 20014
4 Step	INT	RT	0	Paso viejo	DB 725.DBW 20016
5 ManGroup	USINT	ENG	1	0 ninguno, 1..64 grupo manual, >64 Manual=1	DB 725.DBB 20018
6 BA_Year	USINT	RT	22	Año para número de lote/batch	DB 725.DBB 20020
7 BA_RecType	USINT	RT	1	Categoría de Receta	DB 725.DBB 20021
8 BA_RecNo	INT	RT	6	Número de receta	DB 725.DBW 20022
9 BA_ONo	INT	RT	1	Número de encargo	
10 BA_BNo	INT	RT	1	Número de lote	
11 BA_ID	DWORD	RT	DW#16#00000000	ID de lote	
12 Step_ID	DWORD	RT	DW#16#00000000	ID de etapa	
13 EOP_No	INT	RT	0	Número de Operación	
14 StTime_SP	DWORD	RT	DW#16#0000012C	Setpoint del tiempo	
15 StTime_AV	DWORD	RT	DW#16#00000143	Valor actual del ti	
16 Time_Rel	STEP	ENG	U M108.1	Liberación del tiem	

Seleccionar juego de datos

Juego de datos:

- 001 Molienda
- 002 Caldera Adjuntos
- 003 Caldera de mezcil
- 004 Cuba Filtracion
- 005 Caldera/Rotapool
- 006 Lupulo
- 007 Enfriador
- 008 CCT 01
- 009 CCT 02
- 010 CCT 03
- 011 Filtracion
- 012 BBT 01
- 013 BBT 02
- 014 Pasteurizador
- 015 SEQUENCE 15

Elaboración propia.

- Parametizamos los temporizadores a las unidades individuales que utilizamos en todas las celdas de proceso de la planta piloto Backus-Ate. Concretamente como se puede observar en la Figura 3.13.

Figura 3.13: Parametrización de temporizadores en ICM.

Nombre	Tipo D.	Tipo or.	Valor	Comentario	Dirección
1 TimeValPos	INT	ENG	5	impulso positivo: tiempo en segundos	DB 724.DBW 308
2 TimeValNeg	INT	ENG	5	Impulso negativo: tiempo en segundos	DB 724.DBW 310
3 TimeTyp	BOOL	ENG	FALSE	Tipo: 0=SD, 1=/SF	DB 724.DBX 301.0
4 In	BOOL	RT	TRUE	Entrada de arranque	DB 724.DBX 312.0
5 OutPos	BOOL	RT	TRUE	salida de pulso positivo	DB 724.DBX 312.2
6 OutNeg	BOOL	RT	FALSE	salida de pulso negativo	DB 724.DBX 312.3
7 TimeVal	INT	RT	0	Valor de tiempo actual	DB 724.DBW 302

Seleccionar juego de datos

Juego de datos:

001 MH01M01	025 AG01V01	049 AC01V08	073 T
002 Timer_2	026 AG01V01RA	050 AC01V09	074 T
003 Timer_3	027 AG01LSL01	051 AC01V11	075 L
004 BB01V01	028 Timer_28	052 MT01LSH01	076 L
005 BB01V01RA	029 AG01V02	053 MT01M01	077 L
006 BB01LSL01	030 AG01V02RA	054 MT01P01	078 L
007 BB01V02	031 Timer_31	055 Timer_55	079 L
008 BB01V02RA	032 Timer_32	056 MT01V02	080 L
009 BB01LSL01	033 HW01V01	057 MT01V04	081 T
010 BB01V03	034 HW01FS01	058 MT01V06	082 L
011 BB01V04	035 HW01P01	059 MT01V07	083 T
012 MH01LSL02	036 HW01P02	060 MT01V08	084 L
013 MH01M03	037 HW01FIC01	061 MT01V09	085 L
014 BB01XS01	038 HW01G001	062 MT01V10	086 L
015 BB01P01	039 HW01G002	063 Timer_53	087 L
016 Timer_16	040 AC01LSH01	064 MT01V13	088 L
017 MG01V01	041 AC01M01	065 LT01M01LEFT	089 L
018 MG01V01RA	042 AC01P01	066 LT01M01RIGHT	090 L
019 MG01LSL01	043 AC01V01RA	067 LT01PM01BA	091 L
020 MG01M01	044 AC01V01	068 LT01P01	092 L
021 Timer_21	045 AC01V02	069 LT01P02	093 L
022 MG01LSL02	046 AC01V04	070 LT01M02UP	094 L
023 MG01V02	047 AC01V06	071 LT01M02DOWN	095 L
024 MG01V02RA	048 AC01V07	072 TMR_E 8.7	096 L

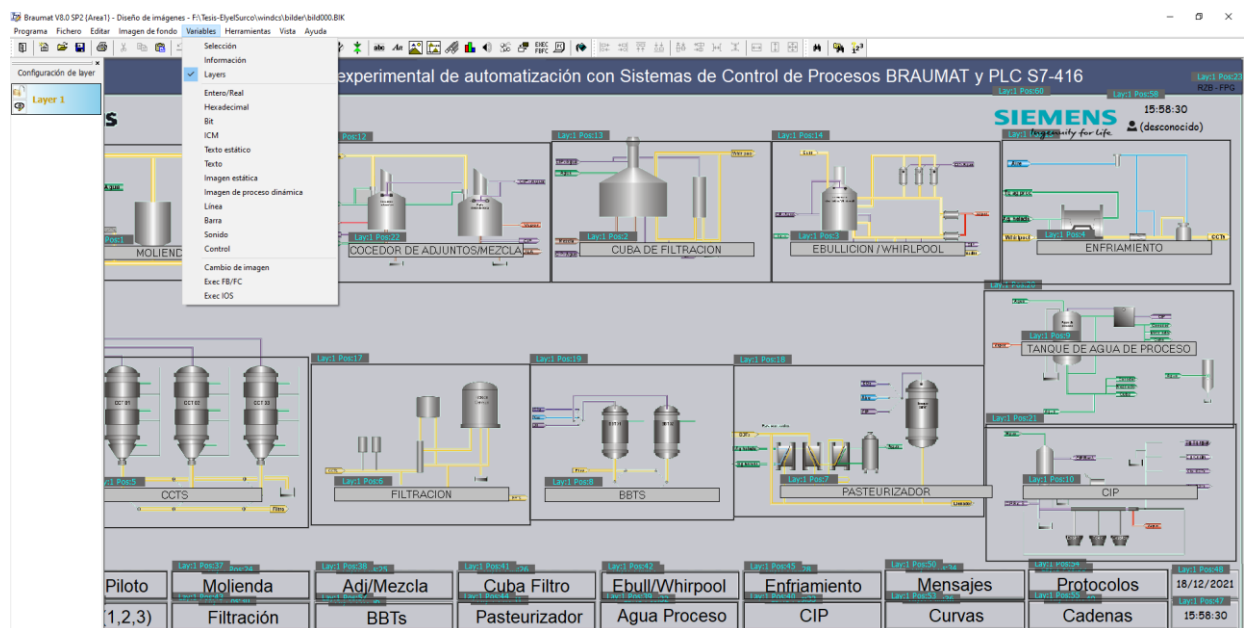
Elaboración propia.

3.6.3 Diseño de las imágenes del proceso

Para diseñar las celdas de proceso, direccionar las unidades individuales parametrizadas y el acceso directo al controlador de receta de producción de bebidas mediante secuencias o por lotes. Procedemos de la siguiente manera:

- Diseñamos la imagen de proceso principal que representa la planta piloto Backus-Ate con sus 11 celdas de proceso (molienda, cocedor de adjuntos/mescla, cuba de filtración, ebullición/whirlpool, enfriamiento, CCTs, filtración, BBTs, pasteurizador, agua de proceso y CIP) y sus botones de acceso a las imágenes de proceso correspondiente como se muestra en la Figura 3.14.

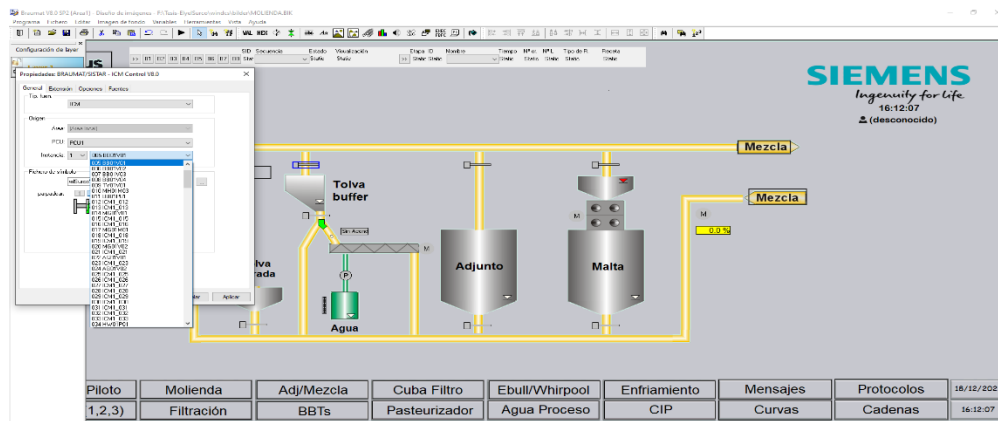
Figura 3.14: Diseño de la ventana principal.



Elaboración propia.

- En la Figura 3.15 se muestra el diseño y direccionamiento de las unidades individuales de la celda de proceso “MOLIENDA”. Esta celda de proceso tiene por objeto triturar el grano (en este caso es la malta) para lograr un tamaño de partícula que permita una maceración adecuada.

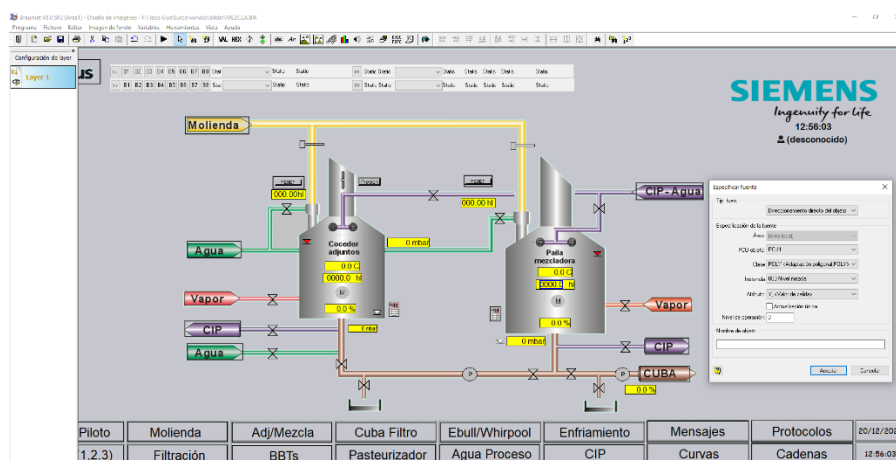
Figura 3.15: Diseño y direccionamiento “MOLIENDA”.



Elaboración propia.

- En la Figura 3.16 se muestra el diseño y direccionamiento de las unidades individuales de la celda de proceso “MACERADOR DE ADJUNTOS/MEZCLA”. Esta celda de proceso se responsabiliza en que la malta triturada se mezcle con el agua para elaborar la cerveza hasta formar un mosto y en el cocedor de adjuntos se calienta el mosto y las enzimas naturales de los almidones de cereales insolubles se transforman en azúcar de malta soluble. Durante el proceso de cocción se requiere una medición continua del nivel.

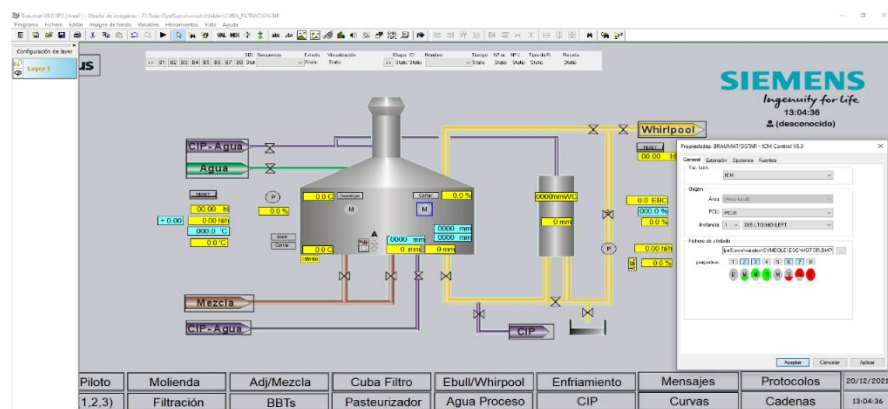
Figura 3.16: Diseño y direccionamiento “ADJUNTOS/MEZCLA”.



Elaboración propia.

- En la Figura 3.17 se muestra el diseño y direccionamiento de las unidades individuales de la celda de proceso “CUBA DE FILTRACIÓN”. El sistema de filtración implica el uso de un filtro separado, definido cuba de filtración, donde solo se realiza la operación de filtrado. El tanque del filtro es bajo y ancho para tener la mejor relación de filtración. La filtración tiene un tiempo repetible (en promedio 1 hora y 15 minutos) y una disminución de temperatura muy baja. Un flujo constante del filtrado permite tener un flujo constante de agua de remojo, para tener unos pocos centímetros de agua constante sobre el grano. Esto aprovecha una presión superior constante y baja que no comprime demasiado el lecho filtrante.

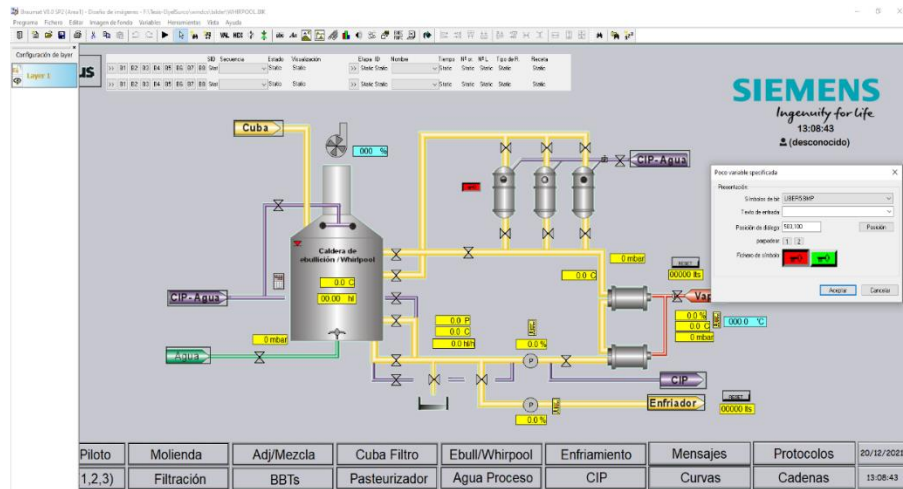
Figura 3.17: Diseño y direccionamiento “CUBA DE FILTRACIÓN”.



Elaboración propia.

- En la Figura 3.18 se muestra el diseño y direccionamiento de las unidades individuales de la celda de proceso “EBULLICIÓN/WHIRLPOOL”. La finalidad de la ebullición es estabilizar enzimática y microbiológicamente el mosto y coagular las proteínas. el whirlpool es una forma de eliminar las partículas sólidas del mosto.

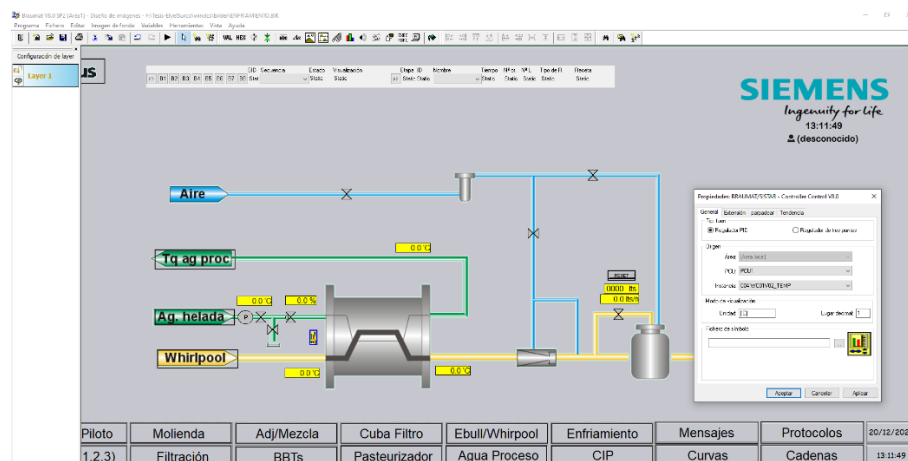
Figura 3.18: Diseño y direccionamiento “EBULLICIÓN/WHIRLPOOL”.



Elaboración propia.

- En la Figura 3.19 se muestra el diseño y direccionamiento de las unidades individuales de la celda de proceso “ENFRIAMIENTO”. El enfriamiento del mosto es un proceso tan importante como los demás. Consiste en hacer un enfriamiento rápido y radical del mosto justo después del hervor. El mosto debe pasar lo más rápido posible de la alta temperatura del hervor a una temperatura ambiente.

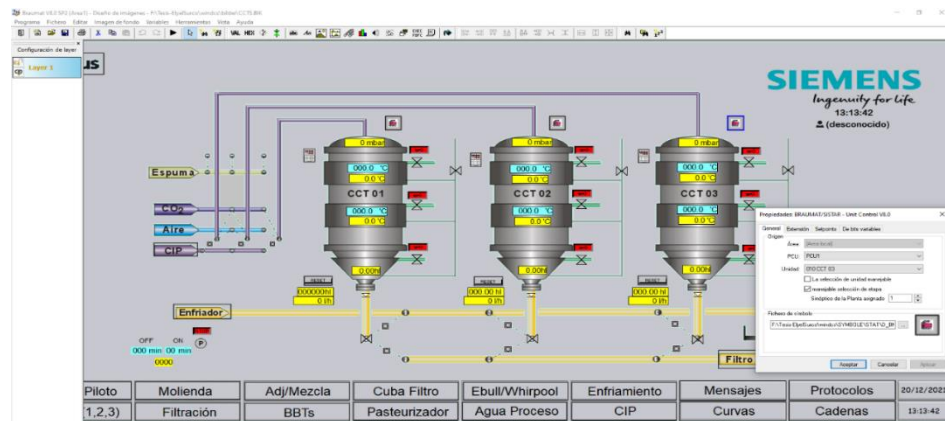
Figura 3.19: Diseño y direccionamiento “ENFRIAMIENTO”.



Elaboración propia.

- En la Figura 3.20 se muestra el diseño y direccionamiento de las unidades individuales de la celda de proceso “CCTs”. Estos son los tanques fermentadores de cervecería universales típicos más comúnmente utilizados, que están diseñados especialmente para la producción de bebidas alcohólicas como cerveza, vino con gas o sidra.

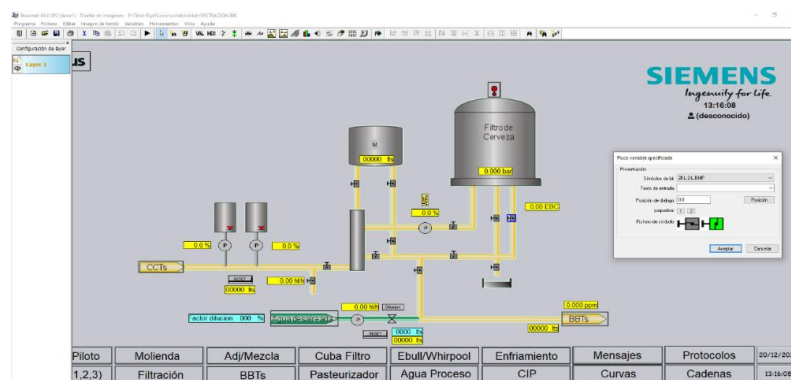
Figura 3.20: Diseño y direccionamiento “CCTs”.



Elaboración propia.

- En la Figura 3.21 se muestra el diseño y direccionamiento de las unidades individuales de la celda de proceso “FILTRACIÓN”. La filtración es para eliminar los sedimentos sobrantes del proceso de elaboración. Es necesario quitar estas partículas finas para mejorar no solo el aspecto físico de la cerveza sino también su sabor y aroma.

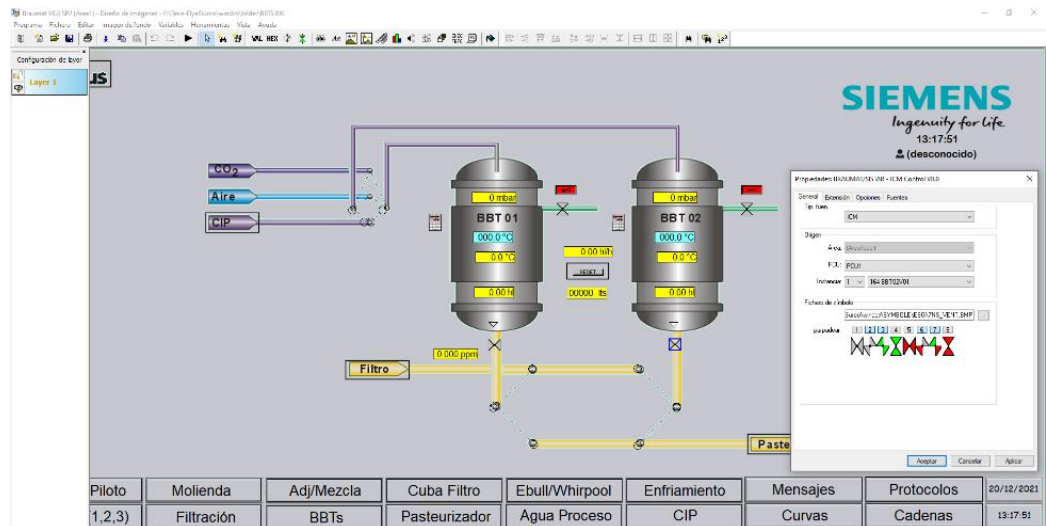
Figura 3.21: Diseño y direccionamiento “FILTRACIÓN”.



Elaboración propia.

- En la Figura 3.22 se muestra el diseño y direccionamiento de las unidades individuales de la celda de proceso “BBTs”. Son tanques de cerveza brillante que se utilizan para el almacenamiento de la cerveza en su etapa final previa al embotellado o llenado de barriles.

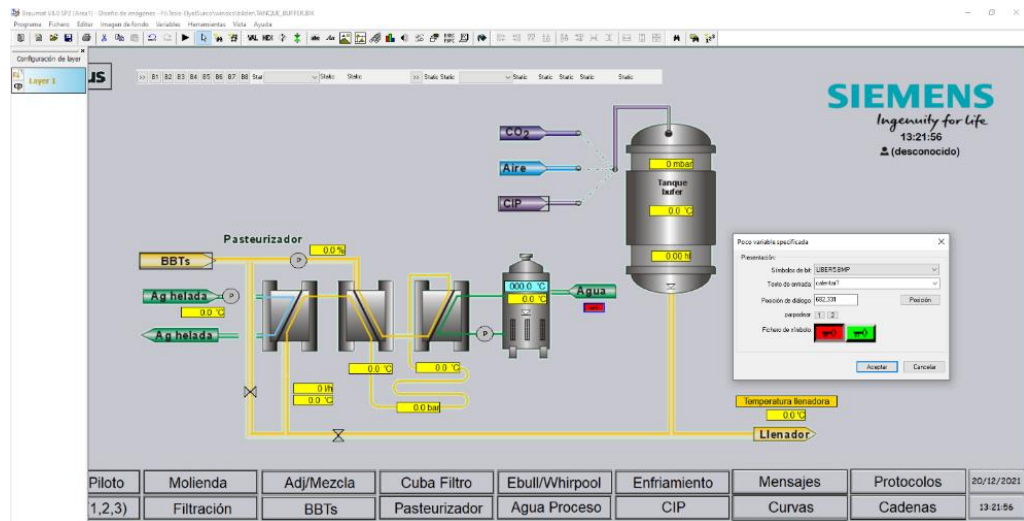
Figura 3.22: Diseño y direccionamiento “BBTs”.



Elaboración propia.

- En la Figura 3.23 se muestra el diseño y direccionamiento de las unidades individuales de la celda de proceso “PASTEURIZADOR”. Pasteurización es un aumento breve de la temperatura en las bebidas a una temperatura que causa la destrucción de los organismos patógenos, pero también los organismos benéficos del cuerpo humano.

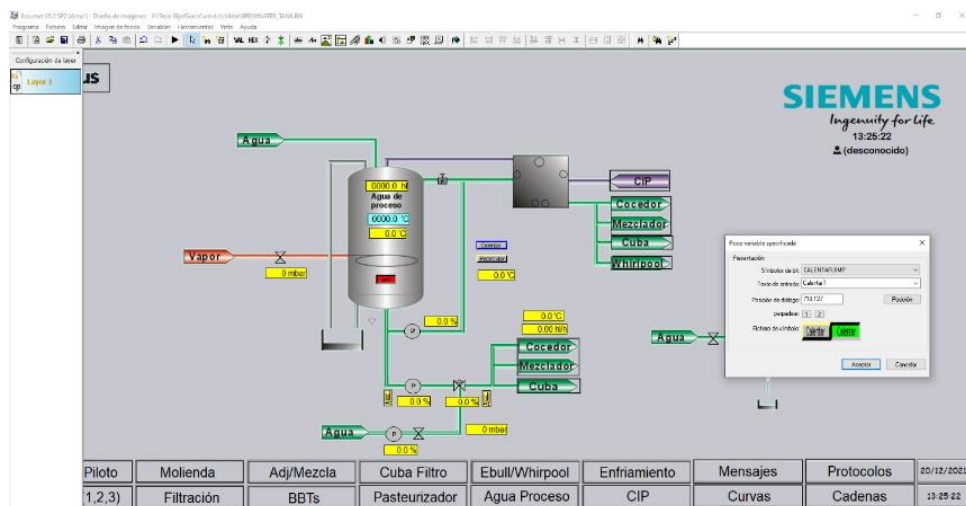
Figura 3.23: Diseño y direccionamiento “PASTEURIZADOR”.



Elaboración propia.

- En la Figura 3.24 se muestra el diseño y direccionamiento de las unidades individuales de la celda de proceso “AGUA DE PROCESO”. Sección de tratamiento de aguas.

Figura 3.24: Diseño y direccionamiento “AGUA DE PROCESO”.

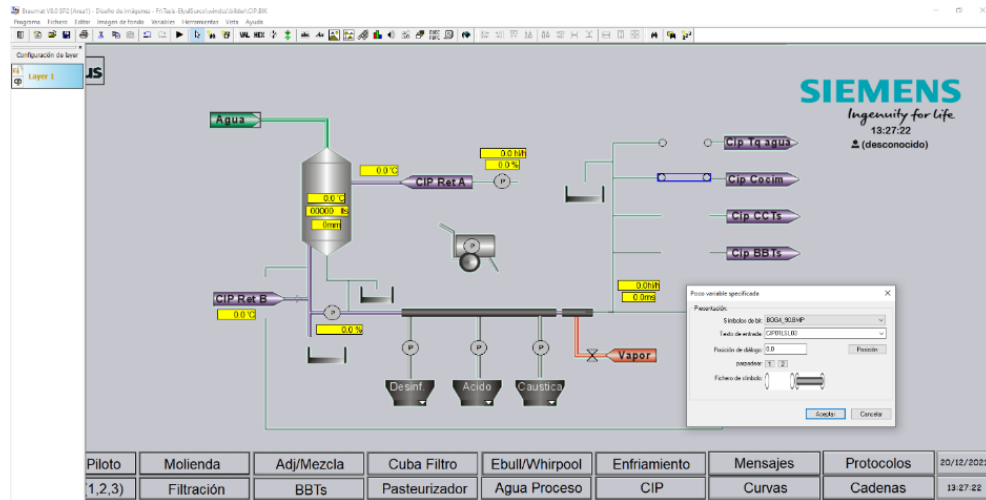


Elaboración propia.

- En la Figura 3.25 se muestra el diseño y direccionamiento de las unidades individuales de la celda de proceso “CIP”. Sección para limpiar las superficies

interiores de tuberías, recipientes de producción de cerveza, equipos de proceso, filtros y accesorios asociados, sin desmontarlos.

Figura 3.25: Diseño y direccionamiento “CIP”.



Elaboración propia.

3.6.4 Programación primera secuencia de producción de cerveza

La programación para la primera secuencia se ha realizado tomando de referencia el proceso de producción de una variedad experimental de la cerveza. Para ello realizamos la programación de las etapas de la secuencia en las unidades de molienda, caldera adjuntas, caldera mezcla, cuba de filtración, caldera/whirlpool, lúpulo y enfriador que son afectados en el proceso de producción como se muestra en la Figura 3.26.

A partir de lo expuesto anteriormente en la Figura 3.26, en la siguiente Tabla 3.1 se detalla el nombre de la unidad, etapa de la secuencia y la función (FC) que controla las variables de proceso en cada etapa en el proceso de producción de la cerveza de la variedad experimental que consideramos para la primera secuencia de producción de cerveza.

Tabla 3.1: Especificación del programa de la primera secuencia.

Unidad	1	Molienda	FC de control de variables de proceso
Etapa	1	Inicio	
Etapa	2	Condición Inicio	FC1002
Etapa	3	Alarma	FC1003
Etapa	4	Llena Buffer Bin	FC1004
Etapa	5	Vac > Buffer bin	FC1012
Etapa	6	Acond/Trans Malt	FC1005
Etapa	7	Vac > Tolv malta	FC1013
Etapa	8	Malta > Adjunto	FC1011
Etapa	9	Vac Malta>Adjunt	FC1017
Etapa	10	Sacar restos	FC1206
Etapa	11	Llena Buffer Bin	FC1004
Etapa	12	Vac > Buffer bin	FC1012
Etapa	13	Acond/Trans Malt	FC1005
Etapa	14	Vac > Tolv malta	FC1013
Etapa	15	Transp Adjunto	FC1006
Etapa	16	Vac > Tolv Adjun	FC1014
Etapa	17	Sincr. 5	
Etapa	18	Espera	FC1018
Etapa	19	Sincr. 15	
Etapa	20	Descarga Adjunto	FC1008
Etapa	21	Vac > Coc Adjunt	FC1015
Etapa	22	Sincr. 4	
Etapa	23	Espera	FC1015
Etapa	24	Sincr. 30	
Etapa	25	Descarga Malta	FC1007
Etapa	26	Vac > Mezcladora	FC1016
Etapa	27	Sincr. 35	
Etapa	28	Limpieza sistema	FC1207
Unidad	2	Caldera Adjuntos	FC de control de variables de proceso
Etapa	1	Sincr. 5	
Etapa	2	Condición Inicio	FC1020
Etapa	3	Sincr. 15	



Continuación Tabla 3.1

Etapa	4	Mezclar	FC1023
Etapa	5	Sincr. 4	
Etapa	6	Calentamiento	FC1025
Etapa	7	Descanso	FC1024
Etapa	8	Calentamiento	FC1025
Etapa	9	Descanso	FC1024
Etapa	10	Sincr. 25	
Etapa	11	Calentamiento	FC1025
Etapa	12	Sincr. 30	
Etapa	13	Hervir	FC1026
Etapa	14	[EPE_ 32720]	
Etapa	15	Sincr. 40	
Etapa	16	Desatascar	FC1033
Etapa	17	Trasegar	FC1027
Etapa	18	Enjuague	FC1028
Etapa	19	Sincr. 45	
Etapa	20	Drenaje	FC1030
Etapa	21	Sincr. 50	
Etapa	22	FIN_CAL_ADJUNT	FC1034
Unidad	3	Caldera de mezcla	FC de control de variables de proceso
Etapa	1	Sincr. 25	
Etapa	2	Condic. Inic.	FC1040
Etapa	3	Sincr. 30	
Etapa	4	Mezclar	FC1043
Etapa	5	Sincr. 35	
Etapa	6	Calentar	FC1045
Etapa	7	Descanso	FC1044
Etapa	8	Sincr. 40	
Etapa	9	Recepción Adjunto	FC1047
Etapa	10	Sincr. 45	
Etapa	11	Calentar	FC1045
Etapa	12	Descanso	FC1044
Etapa	13	Calentar	FC1045
Etapa	14	Descanso	FC1044
Etapa	15	Sincr. 47	
Etapa	16	Prueba Yodo !!!	FC1046
Etapa	17	Calentar	FC1045
Etapa	18	Descanso	FC1044
Etapa	19	Sincr. 50	
Etapa	20	Trasiego	FC1048
Etapa	21	Enjuague	FC1049
Etapa	22	Sincr. 55	



Continuación Tabla 3.1

Etapa	23	Drenaje	FC1051
Unidad	4	Cuba Filtracion	FC de control de variables de proceso
Etapa	1	Sincr. 47	
Etapa	2	Cond. Iniciales	FC1060
Etapa	3	Calentar	FC1062
Etapa	4	Vaciar sistema	FC1075
Etapa	5	Calentar	FC1062
Etapa	6	Vaciar sistema	FC1075
Etapa	7	Llen falso fondo	FC1079
Etapa	8	Sincr. 50	
Etapa	9	Llenar Cuba	FC1063
Etapa	10	Vaciar Tq Compen	FC1082
Etapa	11	Tapping	FC1064
Etapa	12	Tapping	FC1064
Etapa	13	Tapping	FC1064
Etapa	14	Med. alt. column	FC1081
Etapa	15	Sincr. 55	
Etapa	16	Recirculación	FC1065
Etapa	17	Sincr. 60	
Etapa	18	Primer mosto	FC1066
Etapa	19	Primer mosto	FC1066
Etapa	20	Primer mosto	FC1066
Etapa	21	Segundo mosto	FC1069
Etapa	22	Segundo mosto	FC1069
Etapa	23	Segundo mosto	FC1069
Etapa	24	Segundo mosto	FC1069
Etapa	25	Segundo mosto	FC1069
Etapa	26	Segundo mosto	FC1069
Etapa	27	Segundo mosto	FC1069
Etapa	28	Sincr. 65	
Etapa	29	Vaciar sistema	FC1075
Etapa	30	Remover Afrecho	FC1076
Etapa	31	Remover Afrecho	FC1076
Etapa	32	Remover Afrecho	FC1076
Etapa	33	Remover Afrecho	FC1076
Etapa	34	Llen falso fondo	FC079
Etapa	35	Vaciar sistema	FC1075
Etapa	36	Limpiar fondo	FC1078
Etapa	37	Vaciar sistema	FC1075
Unidad	5	Caldera/Rotapool	FC de control de variables de proceso
Etapa	1	Sincr. 55	
Etapa	2	Condic. Iniciale	FC1090



Continuación Tabla 3.1

Etapa	3	Sincr. 60	
Etapa	4	Llenar	FC1092
Etapa	5	Sincr. 65	
Etapa	6	Calentar	FC1093
Etapa	7	Hervir	FC1094
Etapa	8	Densidad !!!	FC1095
Etapa	9	Rotar	FC1096
Etapa	10	Sincr. 70	
Etapa	11	Asentar	FC1097
Etapa	12	Sincr. 75	
Etapa	13	Enfriar valv sup	FC1098
Etapa	14	Enfriar valv inf	FC1107
Etapa	15	Enfriar valv inf	FC1107
Etapa	16	Sincr. 85	
Etapa	17	Empuje Tuberia	FC1104
Etapa	18	Sincr. 90	
Etapa	19	Sacar Trub.	FC1105
Etapa	20	Sincr. 100	
Etapa	21	FIN_CALD_HERV	FC1108
Unidad	6	Lúpulo	FC de control de variables de proceso
Etapa	1	Sincr. 55	
Etapa	2	Cond. Iniciales	FC1111
Etapa	3	Sincr. 60	
Etapa	4	Llenar y Circula	FC1113
Etapa	5	Sincr. 70	
Etapa	6	FIN_LUPUL	FC1119
Etapa	7	[EPE_ 32720]	
Etapa	8	[EPE_ 32720]	
Etapa	9	[EPE_ 32720]	
Etapa	10	[EPE_ 32720]	
Unidad	7	Enfriador	FC de control de variables de proceso
Etapa	1	Sincr. 70	
Etapa	2	Condición Inicia	FC1125
Etapa	3	Espera	FC1131
Etapa	4	Sincr. 75	
Etapa	5	Enfriar	FC1128
Etapa	6	Sincr. 85	
Etapa	7	Enfriar	FC1128
Etapa	8	Sincr. 90	
Etapa	9	NOP	
Etapa	10	Sincr. 100	
Etapa	11	NOP	



Continuación Tabla 3.1

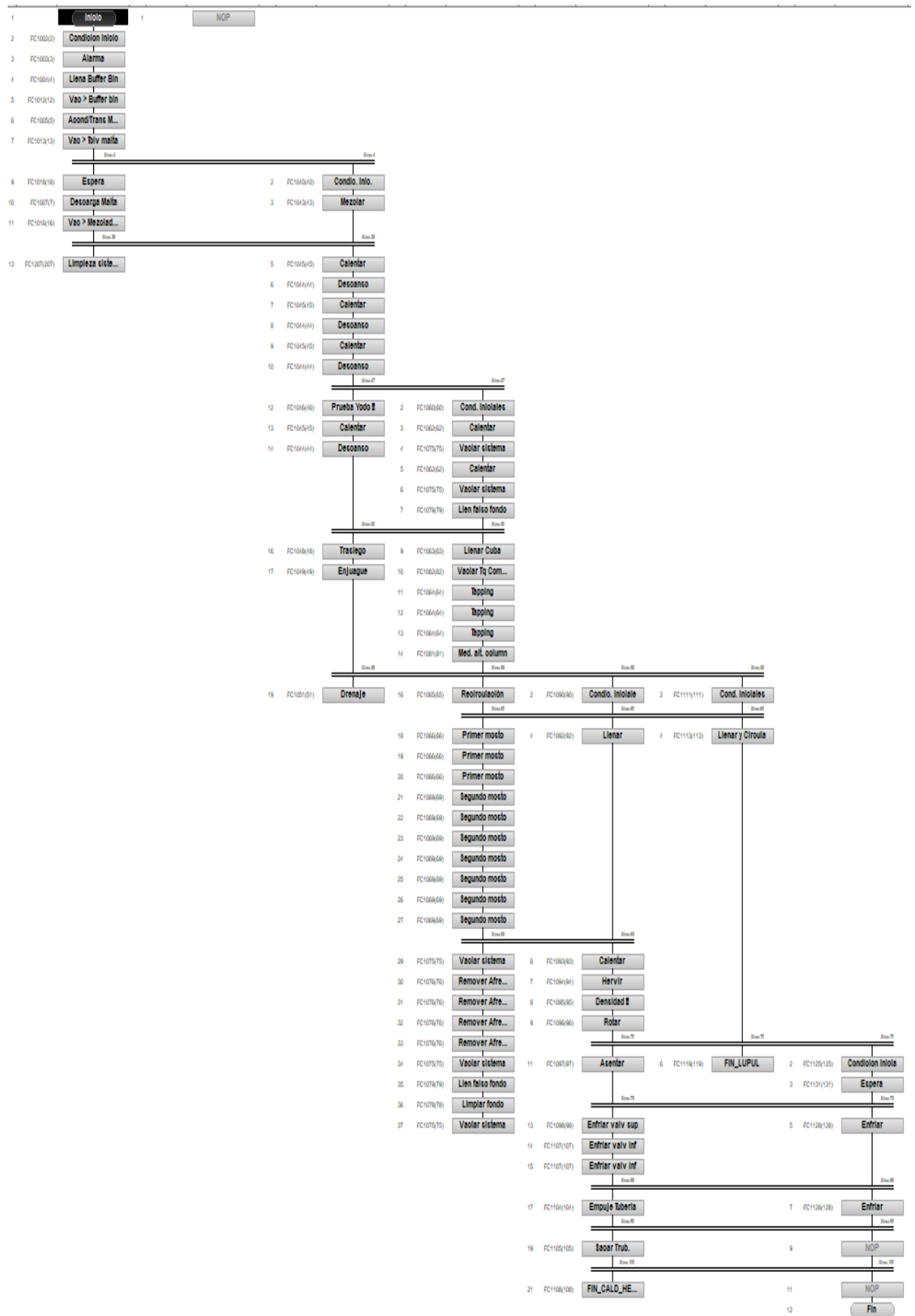
Etapa	12	Fin	
-------	----	-----	--

Elaboración propia.

3.6.5 Programación segunda secuencia de producción de cerveza

La programación para la segunda secuencia se ha realizado modificando etapas de las unidades de la secuencia del proceso de producción de la primera secuencia que se observa en la Figura 3.26 y la Tabla 3.1. De este modo la Figura 3.27 muestra la programación que realizamos para la secuencia de las unidades de molienda, caldera adjuntos, caldera de mezcla, cuba de filtración, caldera ebullición/whirlpool, lúpulo y enfriador que son afectados en el proceso de producción de la cerveza de variedad experimental.

Figura 3.27: Programación segunda secuencia de producción.



Elaboración propia.

A partir de lo que se ha visto anteriormente en la Figura 3.27, en la siguiente Tabla 3.2 se especifica el nombre de la unidad, etapa de la secuencia y la función que controlan las variables de proceso en cada etapa en el proceso de producción de la cerveza de la variedad experimental que consideramos para la segunda secuencia.

Tabla 3.2: Especificación del programa de la segunda secuencia.

Unidad	1	Molienda	FC de control de variables de proceso
Etapa	1	Inicio	
Etapa	2	Condición Inicio	FC1002
Etapa	3	Alarma	FC1003
Etapa	4	Llena Buffer Bin	FC1004
Etapa	5	Vac > Buffer bin	FC1012
Etapa	6	Acond/Trans Malt	FC1005
Etapa	7	Vac > Tolv malta	FC1013
Etapa	8	Sincr. 4	
Etapa	9	Espera	FC1018
Etapa	10	Descarga Malta	FC1007
Etapa	11	Vac > Mezcladora	FC1016
Etapa	12	Sincr. 35	
Etapa	13	Limpieza sistema	FC1207
Unidad	2	Caldera Adjuntos	FC de control de variables de proceso
Etapa	1	NOP	
Etapa	2	[EPE_ 32720]	
Etapa	3	[EPE_ 32720]	
Unidad	3	Caldera de mezcla	FC de control de variables de proceso
Etapa	1	Sincr. 4	
Etapa	2	Condic. Inic.	FC1040
Etapa	3	Mezclar	FC1043
Etapa	4	Sincr. 35	
Etapa	5	Calentar	FC1045
Etapa	6	Descanso	FC1044
Etapa	7	Calentar	FC1045
Etapa	8	Descanso	FC1044
Etapa	9	Calentar	FC1045
Etapa	10	Descanso	FC1044
Etapa	11	Sincr. 47	
Etapa	12	Prueba Yodo	FC046
Etapa	13	Calentar	FC1045
Etapa	14	Descanso	FC1044



Continuación Tabla 3.2

Etapa	15	Sincr. 50	
Etapa	16	Trasiego	FC1048
Etapa	17	Enjuague	FC1049
Etapa	18	Sincr. 55	
Etapa	19	Drenaje	FC1051
Unidad	4	Cuba Filtración	FC de control de variables de proceso
Etapa	1	Sincr. 47	
Etapa	2	Cond. Iniciales	FC1060
Etapa	3	Calentar	FC1062
Etapa	4	Vaciar sistema	FC1075
Etapa	5	Calentar	FC1062
Etapa	6	Vaciar sistema	FC1075
Etapa	7	Llen falso fondo	FC1079
Etapa	8	Sincr. 50	
Etapa	9	Llenar Cuba	FC1063
Etapa	10	Vaciar Tq Compen	FC1082
Etapa	11	Tapping	FC1064
Etapa	12	Tapping	FC1064
Etapa	13	Tapping	FC1064
Etapa	14	Med. alt. column	FC1081
Etapa	15	Sincr. 55	
Etapa	16	Recirculación	FC1065
Etapa	17	Sincr. 60	
Etapa	18	Primer mosto	FC1066
Etapa	19	Primer mosto	FC1066
Etapa	20	Primer mosto	FC1066
Etapa	21	Segundo mosto	FC1069
Etapa	22	Segundo mosto	FC1069
Etapa	23	Segundo mosto	FC1069
Etapa	24	Segundo mosto	FC1069
Etapa	25	Segundo mosto	FC1069
Etapa	26	Segundo mosto	FC1069
Etapa	27	Segundo mosto	FC1069
Etapa	28	Sincr. 65	
Etapa	29	Vaciar sistema	FC1075
Etapa	30	Remover Afrecho	FC1076
Etapa	31	Remover Afrecho	FC1076
Etapa	32	Remover Afrecho	FC1076
Etapa	33	Remover Afrecho	FC1076
Etapa	34	Vaciar sistema	FC1075
Etapa	35	Llen falso fondo	FC1079
Etapa	36	Limpiar fondo	FC1078
Etapa	37	Vaciar sistema	FC1075



Continuación Tabla 3.2

Unidad	5	Caldera/Rotapool	FC de control de variables de proceso
Etapa	1	Sincr. 55	
Etapa	2	Condic. Inicial	FC1090
Etapa	3	Sincr. 60	
Etapa	4	Llenar	FC1092
Etapa	5	Sincr. 65	
Etapa	6	Calentar	FC1093
Etapa	7	Hervir	FC1094
Etapa	8	Densidad	FC1095
Etapa	9	Rotar	FC1096
Etapa	10	Sincr. 70	
Etapa	11	Asentar	FC1097
Etapa	12	Sincr. 75	
Etapa	13	Enfriar valv sup	FC1098
Etapa	14	Enfriar valv inf	FC1107
Etapa	15	Enfriar valv inf	FC1107
Etapa	16	Sincr. 85	
Etapa	17	Empuje Tuberia	FC1104
Etapa	18	Sincr. 90	
Etapa	19	Sacar Trub.	FC1105
Etapa	20	Sincr. 100	
Etapa	21	FIN_CALD_HERV	FC1108
Unidad	6	Lupulo	FC de control de variables de proceso
Etapa	1	Sincr. 55	
Etapa	2	Cond. Iniciales	FC1111
Etapa	3	Sincr. 60	
Etapa	4	Llenar y Circula	FC1113
Etapa	5	Sincr. 70	
Etapa	6	FIN_LUPUL	FC1119
Etapa	7	[EPE_ 32720]	
Etapa	8	[EPE_ 32720]	
Etapa	9	[EPE_ 32720]	
Etapa	10	[EPE_ 32720]	
Unidad	7	Enfriador	FC de control de variables de proceso
Etapa	1	Sincr. 70	
Etapa	2	Condición Inicia	FC1125
Etapa	3	Espera	FC1131
Etapa	4	Sincr. 75	
Etapa	5	Enfriar	FC1128
Etapa	6	Sincr. 85	



Continuación Tabla 3.2

Etapa	7	Enfriar	FC1128
Etapa	8	Sincr. 90	
Etapa	9	NOP	
Etapa	10	Sincr. 100	
Etapa	11	NOP	
Etapa	12	Fin	

Elaboración propia.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

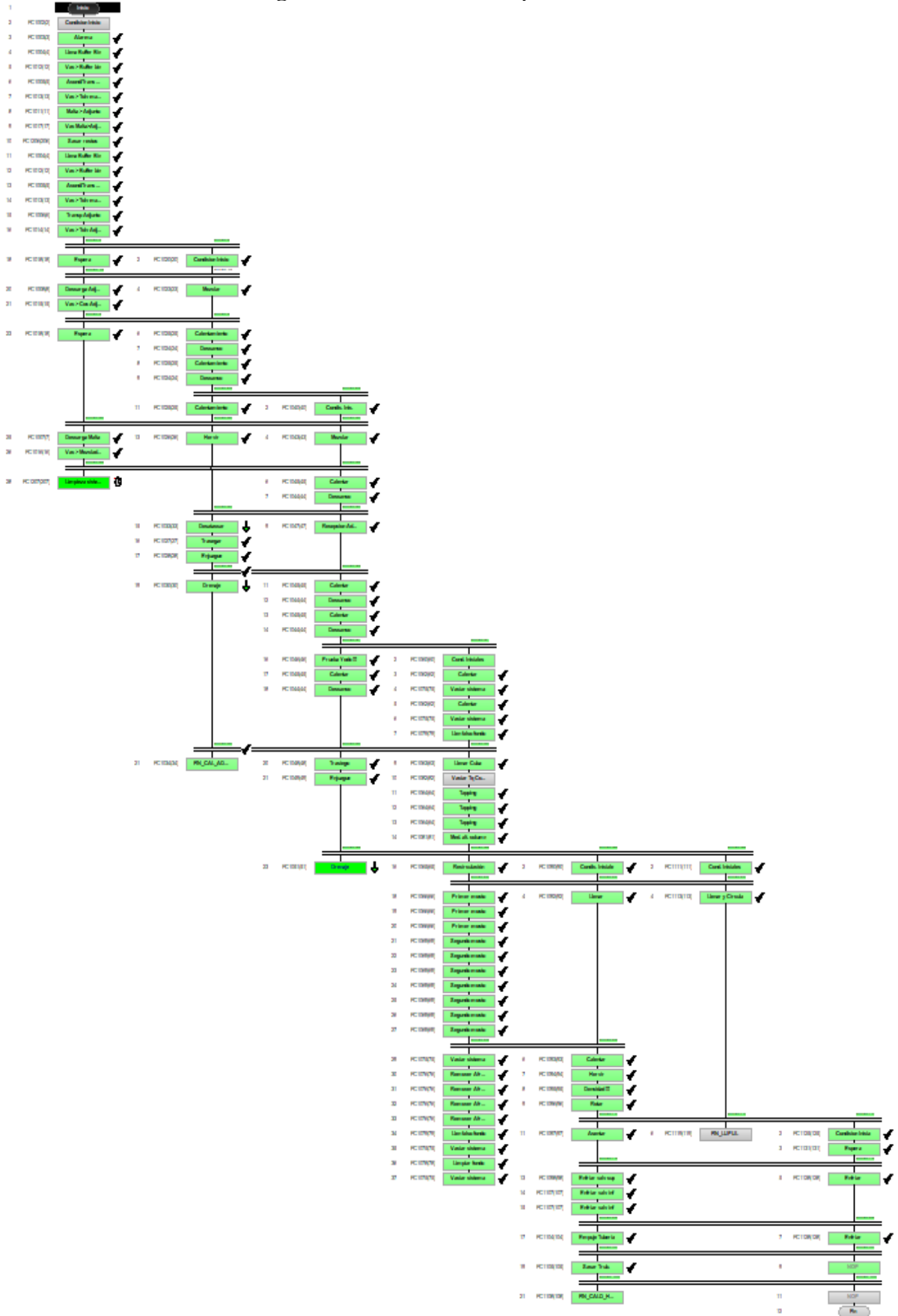
4.1 RESULTADOS OBTENIDOS EN EL DISEÑO EXPERIMENTAL

A partir del diseño, parametrización y la programación de las secuencias de elaboración de la cerveza, en este trabajo de tesis basándonos en el estudio de la ingeniería del Sistema de Control de Procesos BRAUMAT y PLC S7-416 y nuestros antecedentes; en esta sección con figuras y tablas muestro los resultados obtenidos en la aplicación (Runtime) del diseño y programación de las secuencias de las unidades de las celdas de proceso para la elaboración de la cerveza. Cabe destacar que los valores establecidos para las pruebas de nuestros resultados son estrictamente experimentales para todas las etapas de las unidades programadas en la primera y segunda secuencia en el proceso de producción de la cerveza con valores experimentales.

4.1.1 Resultado Primera Secuencia de Producción de Cerveza

Para comenzar la primera secuencia se han establecido valores experimentales en cada etapa de la secuencia de las unidades programadas para el proceso de producción de la cerveza. Siendo así la Figura 4.1 el resumen gráfico de la ejecución terminada de la secuencia de las etapas de las unidades de molienda, caldera adjuntos, caldera mezcla, cuba de filtración, caldera ebullición/whirlpool, lúpulo y enfriamiento para la producción de la cerveza con valores experimentales en nuestra primera secuencia.

Figura 4.1: Resultado de la primera secuencia.



Elaboración propia.

A partir de lo que se ha visto anteriormente en la Figura 4.1, en las siguientes figuras se muestran los valores utilizados en cada etapa de las unidades en la secuencia del proceso de producción de la cerveza con valores experimentales para la primera secuencia. Procedemos de la siguiente manera:

- Como se afirma para el primer programa de la secuencia de producción de cerveza, en esta Figura 4.2 se observan los valores experimentales que se han utilizado en las etapas de la unidad de molienda en el proceso de ejecución de la secuencia del programa para la producción de la cerveza.

Figura 4.2: Valores unidad molienda primera secuencia.

Unidad	1 Molienda	PCU	1 PCU1																		
Etapas	1 Inicio	Tiempo 00:00:00																			
Etapas	2 Condicion Inicio	Tiempo 00:05:00																			
Etapas	3 Alarma	Tiempo 00:01:00		0	Tiempo vaciado	1 Min.															
Etapas	4 Llena Buffer Bin	Tiempo 00:20:05		0	Kilos	0.2 Min.															
Etapas	5 Vac > Buffer bin	Tiempo 00:20:05		0	Kilos																
Etapas	6 Acondi/Trans Malt	Tiempo 00:30:00		0	Kilos																
Etapas	7 Vac > Tolv malta	Tiempo 00:10:00		0	Kilos																
Etapas	8 Malta > Adjunt	Tiempo 00:10:00		0	Kilos																
Etapas	9 Vac Malta > Adjunt	Tiempo 00:10:00		0	Kilos																
Etapas	10 Sacar restos	Tiempo 00:10:00		0	Kilos																
Etapas	11 Llena Buffer Bin	Tiempo 00:20:05		0	Kilos																
Etapas	12 Vac > Buffer bin	Tiempo 00:20:05		0	Kilos																
Etapas	13 Acondi/Trans Malt	Tiempo 00:20:05		0	Kilos																
Etapas	14 Vac > Tolv malta	Tiempo 00:20:05		0	Kilos																
Etapas	15 Transp Adjunto	Tiempo 00:30:05		0	Kilos																
Etapas	16 Vac > Tolv Adjunt	Tiempo 00:20:05		0	Kilos																
Etapas	17 Sincr. 5	Tiempo 00:00:05																			
Etapas	18 Espera	Tiempo 01:00:00		0	Kilos																
Etapas	19 Sincr. 15	Tiempo 00:00:15																			
Etapas	20 Descarga Adjunto	Tiempo 00:20:05		0	Kilos																
Etapas	21 Vac > Coc Adjunt	Tiempo 00:20:00		0	Kilos																
Etapas	22 Sincr. 4	Tiempo 00:00:04																			
Etapas	23 Espera	Tiempo 01:00:00		0	Kilos																
Etapas	24 Sincr. 30	Tiempo 00:00:30																			
Etapas	25 Descarga Malta	Tiempo 00:05:00		0	Kilos																
Etapas	26 Vac > Mezcladora	Tiempo 00:40:05		0	Kilos																
Etapas	27 Sincr. 35	Tiempo 00:00:35																			
Etapas	28 Limpieza sistema	Tiempo 00:05:00		0	Kilos																

Elaboración propia.

- A continuación, para el primer programa de la secuencia de producción de cerveza en la Figura 4.3 se observan los valores experimentales que se han utilizado en las etapas de la unidad de caldera de adjuntos en el proceso de ejecución de la secuencia del programa para la producción de la cerveza.

Figura 4.3: Valores unidad caldera de adjuntos primera secuencia.

Unidad 2 Caldera Adjuntos PCU		1 PCU																	
Etapas	1	Sinot. 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Etapas	2	Condicion Inicio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Etapas	3	Sinot. 15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Etapas	4	Mezclar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Etapas	5	Sinot. 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Etapas	6	Calentamiento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Etapas	7	Descanso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Etapas	8	Calentamiento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Etapas	9	Descanso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Etapas	10	Sinot. 25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Etapas	11	Calentamiento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Etapas	12	Sinot. 30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Etapas	13	Hervir	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Etapas	14	[EPE_32720]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Etapas	15	Sinot. 40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Etapas	16	Desatascar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Etapas	17	Trasegar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Etapas	18	Enjuague	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Etapas	19	Sinot. 45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Etapas	20	Drenaje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Etapas	21	Sinot. 50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Etapas	22	FIN CAL ADJUNT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Elaboración propia.

- A continuación, para el primer programa de la secuencia de producción de cerveza en la Figura 4.4 se observan los valores experimentales que se han utilizado en las etapas de la unidad de caldera de mezcla en el proceso de ejecución de la secuencia del programa para la producción de la cerveza.

Figura 4.4: Valores unidad caldera de mezcla primera secuencia.

Unidad 3 Caldera de mezcla		PCU		1 PCUI																
Etapas	1	Smor	25	Tempo	00:00:25															
Etapas	2	Condic. Inic.		Tempo	00:05:00	0	Cant. Agua													
Etapas	3	Smor	30	Tempo	00:00:30															
Etapas	4	Mezclar		Tempo	00:15:05	403	Litros													
Etapas	5	Smor	35	Tempo	00:00:35															
Etapas	6	Calentar		Tempo	36:24:32	0	Cant. Agua													
Etapas	7	Descanso		Tempo	36:24:32	0	Cant. Agua													
Etapas	8	Smor	40	Tempo	00:00:40															
Etapas	9	Recepción Adunto		Tempo	00:15:05	0	Cant. Agua													
Etapas	10	Smor	45	Tempo	00:00:45															
Etapas	11	Calentar		Tempo	00:10:05	0	Cant. Agua													
Etapas	12	Descanso		Tempo	00:05:00	0	Cant. Agua													
Etapas	13	Calentar		Tempo	00:20:00	0	Cant. Agua													
Etapas	14	Descanso		Tempo	32:00:00	0	Cant. Agua													
Etapas	15	Smor	47	Tempo	00:00:47															
Etapas	16	Prueba Yodo!!!		Tempo	00:10:05	0	Cant. Agua													
Etapas	17	Calentar		Tempo	00:12:00	0	Cant. Agua													
Etapas	18	Descanso		Tempo	00:10:05	0	Cant. Agua													
Etapas	19	Smor	50	Tempo	00:00:50															
Etapas	20	Tasaje		Tempo	00:16:00	0	Cant. Agua													
Etapas	21	Enjuague		Tempo	00:05:00	0	Cant. Agua													
Etapas	22	Smor	55	Tempo	00:00:55															
Etapas	23	Drenaje		Tempo	00:10:05	0	Cant. Agua													

Elaboración propia.

- A continuación, para el primer programa de la secuencia de producción de cerveza en la Figura 4.5 se observan los valores experimentales que se han utilizado en las etapas de la unidad de cuba de filtración en el proceso de ejecución de la secuencia del programa para la producción de la cerveza.

Figura 4.5: Valores unidad cuba de filtración primera secuencia.

Unidad 4 Cuba Filtración		PCU		1 PCUJ																							
Etapa 1	Sincr. 47	Tempo	00:00:47																								
Etapa 2	Concl. Iniciales	Tempo	00:03:00	0	Tempo	0:51 Min.	1	Flujo filtración	10 l/h	0	Hl	Hl filtrados	0	Hl	Turbidez	0	Hl	EBC	#	Altura cuchillas	#	Velocidad	10 %	Flujo Fliegó	#	l/h	
Etapa 3	Calentar	Tempo	00:05:00	0	Tempo	3 Min.	1	Flujo filtración	10 l/h	0	Hl	Hl filtrados	0	Hl	Turbidez	0	Hl	EBC	#	Altura cuchillas	#	Velocidad	#	Flujo Fliegó	12	l/h	
Etapa 4	Vaciar sistema	Tempo	00:03:00	0	Tempo	2 Min.	1	Flujo filtración	#	l/h	Hl	Hl filtrados	#	Hl	Turbidez	#	Hl	EBC	#	Altura cuchillas	#	Velocidad	#	Flujo Fliegó	#	l/h	
Etapa 5	Calentar	Tempo	00:00:00	0	Tempo	3 Min.	1	Flujo filtración	10 l/h	0	Hl	Hl filtrados	0	Hl	Turbidez	0	Hl	EBC	#	Altura cuchillas	#	Velocidad	#	Flujo Fliegó	#	l/h	
Etapa 6	Vaciar sistema	Tempo	00:03:00	0	Tempo	2 Min.	1	Flujo filtración	#	l/h	Hl	Hl filtrados	#	Hl	Turbidez	#	Hl	EBC	#	Altura cuchillas	#	Velocidad	#	Flujo Fliegó	#	l/h	
Etapa 7	Llenado fondo	Tempo	00:03:00	0	Tempo	0:51 Min.	1	Flujo filtración	#	l/h	Hl	Hl filtrados	#	Hl	Turbidez	#	Hl	EBC	#	Altura cuchillas	#	Velocidad	#	Flujo Fliegó	#	l/h	
Etapa 8	Sincr. 50	Tempo	00:00:50																								
Etapa 9	Llenar Cuba	Tempo	00:10:00	0	Tempo	5 Min.	1	Flujo filtración	#	l/h	Hl	Hl filtrados	#	Hl	Turbidez	#	Hl	EBC	#	Altura cuchillas	#	Velocidad	#	Flujo Fliegó	#	l/h	
Etapa 10	Vaciar Tq.Compen	Tempo	00:00:00	0	Tempo	#	Min.	1	Flujo filtración	#	l/h	Hl	Hl filtrados	#	Hl	Turbidez	#	Hl	EBC	#	Altura cuchillas	#	Velocidad	#	Flujo Fliegó	#	l/h
Etapa 11	Tapping	Tempo	00:10:00	0	Tempo	0:11 Min.	1	Flujo filtración	#	l/h	Hl	Hl filtrados	#	Hl	Turbidez	#	Hl	EBC	#	Altura cuchillas	#	Velocidad	#	Flujo Fliegó	#	l/h	
Etapa 12	Tapping	Tempo	00:10:00	0	Tempo	0:11 Min.	1	Flujo filtración	#	l/h	Hl	Hl filtrados	#	Hl	Turbidez	#	Hl	EBC	#	Altura cuchillas	#	Velocidad	#	Flujo Fliegó	#	l/h	
Etapa 13	Tapping	Tempo	00:10:00	0	Tempo	0:11 Min.	1	Flujo filtración	#	l/h	Hl	Hl filtrados	#	Hl	Turbidez	#	Hl	EBC	#	Altura cuchillas	#	Velocidad	#	Flujo Fliegó	#	l/h	
Etapa 14	Med. alt. column	Tempo	00:05:00	0	Tempo	3 Min.	1	Flujo filtración	#	l/h	Hl	Hl filtrados	#	Hl	Turbidez	#	Hl	EBC	#	Altura cuchillas	#	Velocidad	#	Flujo Fliegó	#	l/h	
Etapa 15	Sincr. 55	Tempo	00:00:55																								
Etapa 16	Recirculación	Tempo	00:15:00	0	Tempo	5 Min.	1	Flujo filtración	2,7 l/h	0	Hl	Hl filtrados	0	Hl	Turbidez	0	Hl	EBC	#	Altura cuchillas	#	Velocidad	10 %	Flujo Fliegó	#	l/h	
Etapa 17	Sincr. 60	Tempo	00:00:00																								
Etapa 18	Primer mosto	Tempo	00:30:00	0	Tempo	5 Min.	1	Hl filtrados	1,6 l/h	0	Hl	Turbidez	0	Hl	EBC	Altura cuchillas	800	mm	Velocidad	conte	10 %	Hl Fliegó	#	Curva flujó	F1	No.	
Etapa 19	Primer mosto	Tempo	00:30:00	0	Tempo	5 Min.	1	Hl filtrados	3,2 l/h	0	Hl	Turbidez	0	Hl	EBC	Altura cuchillas	800	mm	Velocidad	conte	10 %	Hl Fliegó	#	Curva flujó	F2	No.	
Etapa 20	Primer mosto	Tempo	00:30:00	0	Tempo	5 Min.	1	Hl filtrados	3,5 l/h	0	Hl	Turbidez	0	Hl	EBC	Altura cuchillas	800	mm	Velocidad	conte	10 %	Hl Fliegó	#	Curva flujó	F3	No.	
Etapa 21	Segundo mosto	Tempo	00:30:00	0	Tempo	5 Min.	1	Hl filtrados	4,5 l/h	0	Hl	Turbidez	0	Hl	EBC	Altura cuchillas	800	mm	Velocidad	conte	10 %	Hl Fliegó	#	Curva flujó	S1	No.	
Etapa 22	Segundo mosto	Tempo	00:30:00	0	Tempo	5 Min.	1	Hl filtrados	5,2 l/h	0	Hl	Turbidez	0	Hl	EBC	Altura cuchillas	800	mm	Velocidad	conte	10 %	Hl Fliegó	#	Curva flujó	S2	No.	
Etapa 23	Segundo mosto	Tempo	00:30:00	0	Tempo	5 Min.	1	Hl filtrados	6 l/h	0	Hl	Turbidez	0	Hl	EBC	Altura cuchillas	800	mm	Velocidad	conte	10 %	Hl Fliegó	#	Curva flujó	S3	No.	
Etapa 24	Segundo mosto	Tempo	00:30:00	0	Tempo	5 Min.	1	Hl filtrados	6,7 l/h	0	Hl	Turbidez	0	Hl	EBC	Altura cuchillas	800	mm	Velocidad	conte	10 %	Hl Fliegó	#	Curva flujó	S4	No.	
Etapa 25	Segundo mosto	Tempo	00:30:00	0	Tempo	5 Min.	1	Hl filtrados	7,5 l/h	0	Hl	Turbidez	0	Hl	EBC	Altura cuchillas	800	mm	Velocidad	conte	10 %	Hl Fliegó	#	Curva flujó	S5	No.	
Etapa 26	Segundo mosto	Tempo	00:30:00	0	Tempo	5 Min.	1	Hl filtrados	8,4 l/h	0	Hl	Turbidez	0	Hl	EBC	Altura cuchillas	800	mm	Velocidad	conte	10 %	Hl Fliegó	#	Curva flujó	S6	No.	
Etapa 27	Segundo mosto	Tempo	00:30:00	0	Tempo	5 Min.	1	Hl filtrados	11 l/h	0	Hl	Turbidez	0	Hl	EBC	Altura cuchillas	800	mm	Velocidad	conte	10 %	Hl Fliegó	#	Curva flujó	S7	No.	
Etapa 28	Sincr. 65	Tempo	00:10:05																								
Etapa 29	Vaciar sistema	Tempo	00:10:00	0	Tempo	5 Min.	1	Flujo filtración	#	l/h	Hl	Hl filtrados	#	Hl	Turbidez	#	Hl	EBC	#	Altura cuchillas	#	Velocidad	10 %	Flujo Fliegó	#	l/h	
Etapa 30	Remover Alrecho	Tempo	00:10:00	0	Tempo	5 Min.	1	Flujo filtración	#	l/h	Hl	Hl filtrados	#	Hl	Turbidez	#	Hl	EBC	#	Altura cuchillas	#	Velocidad	#	Flujo Fliegó	#	l/h	
Etapa 31	Remover Alrecho	Tempo	00:10:00	0	Tempo	5 Min.	1	Flujo filtración	#	l/h	Hl	Hl filtrados	#	Hl	Turbidez	#	Hl	EBC	#	Altura cuchillas	#	Velocidad	#	Flujo Fliegó	#	l/h	
Etapa 32	Remover Alrecho	Tempo	00:10:00	0	Tempo	0 Min.	1	Flujo filtración	#	l/h	Hl	Hl filtrados	#	Hl	Turbidez	#	Hl	EBC	#	Altura cuchillas	#	Velocidad	#	Flujo Fliegó	#	l/h	
Etapa 33	Remover Alrecho	Tempo	00:10:00	0	Tempo	5 Min.	1	Flujo filtración	#	l/h	Hl	Hl filtrados	#	Hl	Turbidez	#	Hl	EBC	#	Altura cuchillas	#	Velocidad	#	Flujo Fliegó	#	l/h	
Etapa 34	Llenado fondo	Tempo	00:10:00	0	Tempo	1:51 Min.	1	Flujo filtración	#	l/h	Hl	Hl filtrados	#	Hl	Turbidez	#	Hl	EBC	#	Altura cuchillas	#	Velocidad	#	Flujo Fliegó	#	l/h	
Etapa 35	Vaciar sistema	Tempo	00:10:00	0	Tempo	1 Min.	1	Flujo filtración	#	l/h	Hl	Hl filtrados	#	Hl	Turbidez	#	Hl	EBC	#	Altura cuchillas	#	Velocidad	#	Flujo Fliegó	#	l/h	
Etapa 36	Limpiar fondo	Tempo	00:10:00	0	Tempo	1 Min.	1	Flujo filtración	#	l/h	Hl	Hl filtrados	#	Hl	Turbidez	#	Hl	EBC	#	Altura cuchillas	#	Velocidad	#	Flujo Fliegó	#	l/h	
Etapa 37	Vaciar sistema	Tempo	00:10:00	0	Tempo	1 Min.	1	Flujo filtración	#	l/h	Hl	Hl filtrados	#	Hl	Turbidez	#	Hl	EBC	#	Altura cuchillas	#	Velocidad	#	Flujo Fliegó	#	l/h	

Elaboración propia.

- A continuación, para el primer programa de la secuencia de producción de cerveza en la Figura 4.6 se observan los valores experimentales que se han utilizado en las etapas de la unidad de caldera/whirlpool en el proceso de ejecución de la secuencia del programa para la producción de la cerveza.

Figura 4.6: Valores unidad caldera/whirlpool primera secuencia.

Unidad 5 Caldera/Whirlpool PCU		1 PCU1																			
Etapas	Sincro	Tempo	Temperatura	°C	Tempo-Hevíd	#	Densidad	#	Nivel	#	mbal	Tempo	0 min	Tempo_Dos	#	Tempo_Lup_3	#	Flujo	#	l/hh	
Etapas	1 Sincro 65	Tempo 00:00:55																			
Etapas	2 Condo. Inicial	Tempo 00:05:00	0																		
Etapas	3 Sincro 60	Tempo 00:05:00																			
Etapas	4 Llenar	Tempo 00:05:05	0								500	Tempo		Tempo_Dos		Tempo_Lup_3		Flujo		l/hh	
Etapas	5 Sincro 65	Tempo 00:05:05																			
Etapas	6 Calentar	Tempo 00:05:05	99	Temp. Calent.	100	Tempo-Hevíd	75	Densidad			10	Nivel	500	Temp. dos	92	Tempo_Dos_1	0	Tempo_Dos_2	0	Tempo_Dos_3	0
Etapas	7 Hevíd	Tempo 04:00:00	0	Temp. Calent.	0	Tempo-Hevíd	80	Densidad			95	Nivel		Temp. dos	92	Tempo_Dos_1		Tempo_Dos_2	30	Tempo_Dos_3	
Etapas	8 Densidad!!	Tempo 00:05:00	0	Tempo-Hevíd		Densidad		Nivel				Tempo		Tempo_Dos		Tempo_Lup_3		Flujo		l/hh	
Etapas	9 Pesar	Tempo 00:05:00	0	Tempo-Hevíd		Densidad		Nivel				Tempo		Tempo_Dos		Tempo_Lup_3		Flujo		70	
Etapas	10 Sincro 70	Tempo 00:05:00																			
Etapas	11 Aseñar	Tempo 00:05:05	0	Tempo-Hevíd		Densidad		Nivel				Tempo		Tempo_Dos		Tempo_Lup_3		Flujo		l/hh	
Etapas	12 Sincro 75	Tempo 00:05:05																			
Etapas	13 Embarcador sup	Tempo 00:05:00	0	Tempo-Hevíd		Densidad		Nivel				Tempo		Tempo_Dos		Tempo_Lup_3		Flujo		l/hh	
Etapas	14 Embarcador inf	Tempo 00:05:00	0	Tempo-Hevíd		Densidad		Nivel				Tempo		Tempo_Dos		Tempo_Lup_3		Flujo		l/hh	
Etapas	15 Embarcador inf	Tempo 00:05:00	0	Tempo-Hevíd		Densidad		Nivel				Tempo		Tempo_Dos		Tempo_Lup_3		Flujo		l/hh	
Etapas	16 Sincro 85	Tempo 00:05:05																			
Etapas	17 Empuje liberia	Tempo 00:05:00	0	Tempo-Hevíd		Densidad		Nivel				Tempo		Tempo_Dos		Tempo_Lup_3		Flujo		l/hh	
Etapas	18 Sincro 90	Tempo 00:05:00																			
Etapas	19 Sacar trub.	Tempo 00:05:00	0	Pausa	45	seg	Cilios	5	Mo.												
Etapas	20 Sincro 100	Tempo 00:05:40																			
Etapas	21 FIN CALD. HEVY	Tempo 00:06:20	0	Tempo	02	min.															

Elaboración propia.

- A continuación, para el primer programa de la secuencia de producción de cerveza en la Figura 4.7 se observan los valores experimentales que se han utilizado en las etapas de la unidad de lúpulo en el proceso de ejecución de la secuencia del programa para la producción de la cerveza.

Figura 4.7: Valores unidad lúpulo primera secuencia.

Unidad 6 Lúpulo		PCU		1 PCU1											
Etapas	1 Sincr. 55	Tiempo	00:00:55												
Etapas	2 Cond. Iniciales	Tiempo	00:10:05	0	Tiempo	5 Min.	1	T_Dosis_1	#	Min.	T_Dosis_2	#	Min.	T_Dosis_3	#
Etapas	3 Sincr. 60	Tiempo	00:01:00												
Etapas	4 Llenar y Circula	Tiempo	00:15:05	0	Tiempo	5 Min.	1	T_Dosis_1	#	Min.	T_Dosis_2	#	Min.	T_Dosis_3	#
Etapas	5 Sincr. 70	Tiempo	00:01:10												
Etapas	6 FIN_LUPULO	Tiempo	00:00:20	0	Tiempo	0.2 Min.									
Etapas	7 [EPE_ 32720]	Tiempo	00:01:15												
Etapas	8 [EPE_ 32720]	Tiempo	00:01:25												
Etapas	9 [EPE_ 32720]	Tiempo	00:01:30												
Etapas	10 [EPE_ 32720]	Tiempo	00:01:40												

Elaboración propia.

- A continuación, para el primer programa de la secuencia de producción de cerveza en la Figura 4.8 se observan los valores experimentales que se han utilizado en las etapas de la unidad de enfriador en el proceso de ejecución de la secuencia del programa para la producción de la cerveza.

Figura 4.8: Valores unidad enfriador primera secuencia.

Unidad 7 Enfriador		PCU 1 PCUI																			
Etapas	1 Sincr. 70	Tempo	00:01:10																		
	2 Condicion Inicial	Tempo	01:00:00	0 Mosto Frio	0 hl	Aux time	2 Min.	Temp. Mosto	9 °C	Flujo enfriador	10 hl/h	Levadura	#								
	3 Espera	Tempo	00:00:00	0 Mosto Frio	0 hl	Aux time	0.5 Min.	Temp. Mosto	°C	Flujo enfriador	#	Levadura	#								
	4 Sincr. 75	Tempo	00:01:15																		
	5 Enfriar	Tempo	00:00:00	0 Mosto Frio	0 hl	Aux time	#	Temp. Mosto	°C	Flujo enfriador	#	Levadura	#	15 ls							
	6 Sincr. 85	Tempo	00:01:25																		
	7 Enfriar	Tempo	00:00:00	0 Mosto Frio	0 hl	Aux time	#	Temp. Mosto	°C	Flujo enfriador	#	Levadura	#	20 ls							
	8 Sincr. 90	Tempo	00:01:30																		
	9 MDP	Tempo	00:00:00																		
	10 Sincr. 100	Tempo	00:01:40																		
	11 MDP	Tempo	00:00:00																		
	12 Fin	Tempo	00:00:00																		

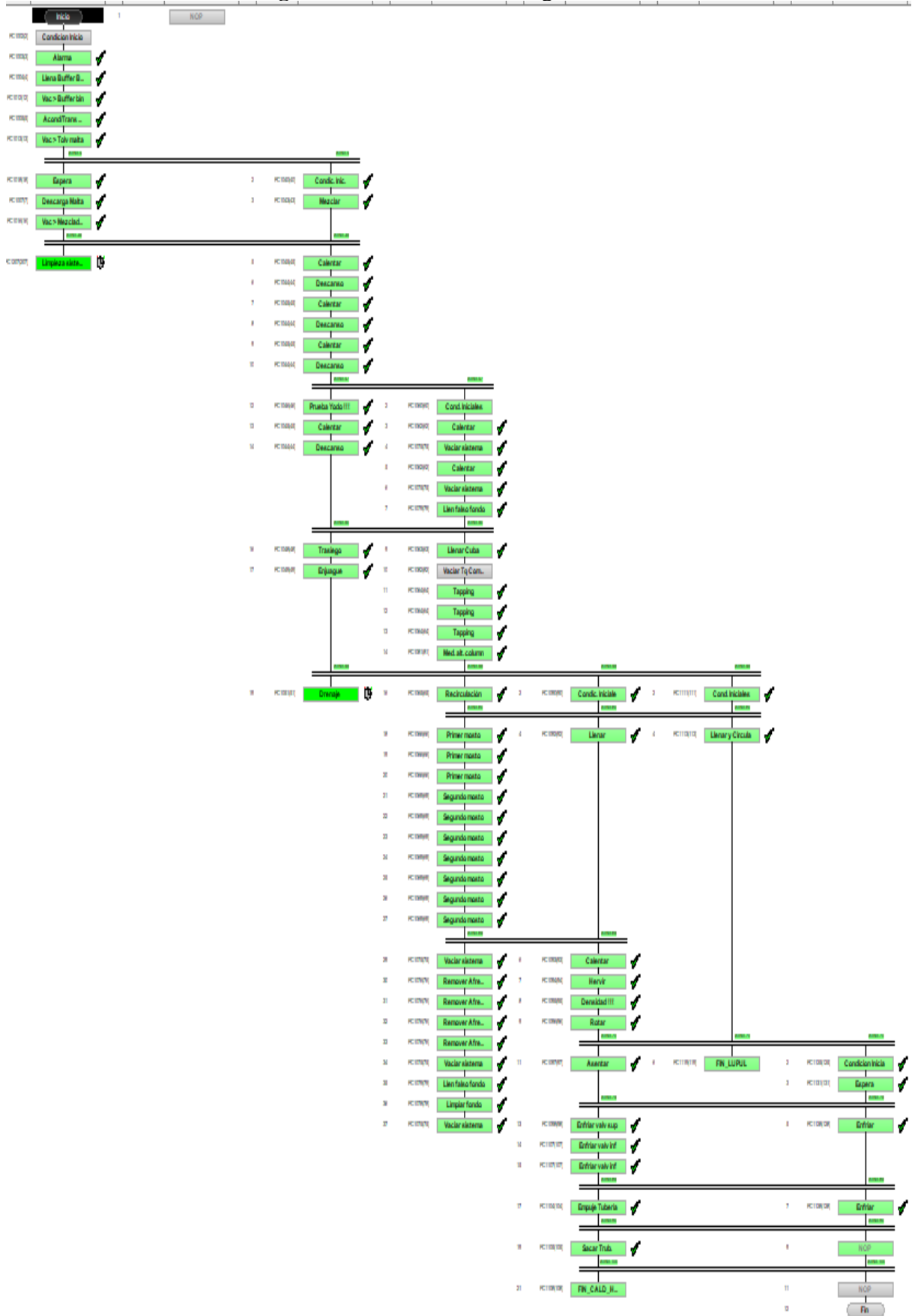
Elaboración propia.



4.1.2 Resultado Segunda Secuencia de Producción de Cerveza

Por consiguiente, para comenzar la segunda secuencia se han establecido valores experimentales en cada etapa de la secuencia de las unides programadas para el proceso de producción de la cerveza. Siendo así la Figura 4.9 el resumen grafico de la ejecución terminada de la secuencia de las etapas de las unidades de molienda, caldera adjuntos, caldera mezcla, cuba filtración, caldera ebullición/whirlpool, lúpulo y enfriador de producción de la cerveza con valores experimentales en nuestra segunda secuencia.

Figura 4.9: Resultado de la segunda secuencia.



Elaboración propia.

A partir de lo que se ha distinguido anteriormente en la Figura 4.9, en las siguientes figuras se muestran los valores utilizados en cada etapa de las unidades en la secuencia del proceso de producción de la cerveza con valores experimentales para la segunda secuencia. Procedemos de la siguiente manera:

- Prosiguiendo para el segundo programa de la secuencia, en esta Figura 4.10 se observan los valores experimentales que se han utilizado en las etapas de la unidad de molienda en el proceso de ejecución de la secuencia del programa para la producción de la cerveza.

Figura 4.10: Valores unidad molienda segunda secuencia.

Unidad	1 Molienda	PCU	1 PCU1																		
Etapas	1 Inicio	Tiempo	00:00:00																		
Etapas	2 Condicion Inicio	Tiempo	00:05:00	0 Tiempo vaciado	1 Min.																
Etapas	3 Alarma	Tiempo	00:01:00	0 Tiempo vaciado	0.2 Min.																
Etapas	4 Llena Buffer Bin	Tiempo	00:20:05	0 Kilos	232 Kgs	1 Tiempo vaciado	10 Min. 2 Vel. Transporte	45%													
Etapas	5 Vac > Buffer bin	Tiempo	00:20:05	0 Kilos	#	1 Tiempo vaciado	10 Min. 2 Vel. Transporte	90%													
Etapas	6 Acord/Trans Malt	Tiempo	00:30:00	0 Kilos	#	1 Tiempo vaciado	8 Min. 2 Vel. Transporte	25%													
Etapas	7 Vac > Tolv malta	Tiempo	00:10:00	0 Kilos	#	1 Tiempo vaciado	8 Min. 2 Vel. Transporte	90%													
Etapas	8 Sincr. 4	Tiempo	00:00:04																		
Etapas	9 Espera	Tiempo	00:00:00	0 Kilos	#	1 Tiempo vaciado	Min. 2 Vel. Transporte #	%													
Etapas	10 Descarga Malta	Tiempo	00:05:00	0 Kilos	#	1 Tiempo vaciado	4 Min. 2 Vel. Transporte	45%	3 Tiempo superv	15 Min.											
Etapas	11 Vac > Mezcladora	Tiempo	00:40:00	0 Kilos	#	1 Tiempo vaciado	8 Min. 2 Vel. Transporte	90%	3 Tiempo superv	#											
Etapas	12 Sincr. 35	Tiempo	00:00:35																		
Etapas	13 Limpieza sistema	Tiempo	00:05:00	0 Kilos	#	1 Tiempo vaciado	5 Min. 2 Vel. Transporte	#													

Elaboración propia.

- Ahora veamos para el segundo programa de la secuencia, en la Figura 4.11 se observan los valores experimentales que se han utilizado en las etapas de la unidad de caldera de adjuntos en el proceso de ejecución de la secuencia del programa para la producción de la cerveza.

Figura 4.11: Valores unidad caldera adjuntos segunda secuencia.

Unidad	2 Caldera Adjuntos	PCU	1 PCU1		
Etapa	1 NOP	Tiempo	00:00:00		
Etapa	2 [EPE_ 32720]	Tiempo	00:00:04		
Etapa	3 [EPE_ 32720]	Tiempo	00:00:35		

Elaboración propia.

- A continuación, para el segundo programa de la secuencia en la Figura 4.12 se observan los valores experimentales que se han utilizado en las etapas de la unidad de caldera de mezcla en el proceso de ejecución de la secuencia del programa para la producción de la cerveza.

Figura 4.12: Valores unidad caldera mezcla segunda secuencia.

Unidad 3 Caldera de mezcl		PCU		1 PCUI	
Etapas	1	Sincro	4		
		Tempo	00:00:04		
Etapas	2	Condic. Inic.		0	Can. Agua
		Tempo	00:05:00		
Etapas	3	Mezclar		0	Can. Agua
		Tempo	00:15:05	60	Unos
Etapas	4	Sincro	35		
		Tempo	00:00:35		
Etapas	5	Calentar		0	Can. Agua
		Tempo	36:24:32		
Etapas	6	Descanso		0	Can. Agua
		Tempo	36:24:32		
Etapas	7	Calentar		0	Can. Agua
		Tempo	00:10:05		
Etapas	8	Descanso		0	Can. Agua
		Tempo	00:50:00		
Etapas	9	Calentar		0	Can. Agua
		Tempo	00:20:00		
Etapas	10	Descanso		0	Can. Agua
		Tempo	32:00:00		
Etapas	11	Sincro	47		
		Tempo	00:00:47		
Etapas	12	Prueba Yoda !!		0	Can. Agua
		Tempo	00:10:05		
Etapas	13	Calentar		0	Can. Agua
		Tempo	00:12:00		
Etapas	14	Descanso		0	Can. Agua
		Tempo	00:10:05		
Etapas	15	Sincro	50		
		Tempo	00:00:50		
Etapas	16	Trasego		0	Can. Agua
		Tempo	00:16:00		
Etapas	17	Enjuague		0	Can. Agua
		Tempo	00:05:00		
Etapas	18	Sincro	55		
		Tempo	00:00:55		
Etapas	19	Despaje		0	Can. Agua
		Tempo	00:10:05		

Elaboración propia.

- Prosiguiendo con el segundo programa de la secuencia, en la Figura 4.13 se observan los valores experimentales que se han utilizado en las etapas de la unidad de cuba de filtración en el proceso de ejecución de la secuencia del programa para la producción de la cerveza.

Figura 4.13: Valores unidad cuba filtración segunda secuencia.

Unidad	4	Cuba	Filtración	PCU	1	PCUJ	Hltrados	Hltrados	0	Hl	Turbidez	#	EBC	Altura	cuchillas	#	Velocidad	conte	#	%	6	Flujo	Riego	#	Hlh				
Erapa	1	Sincr.	47	00:00:47	0	0.5	Min.	1	Flujo	filtración	10	Hlh					250	mm	5	Velocidad	conte	10	%	6	Flujo	Riego	#	Hlh	
Erapa	2	Cond.	Iniciales	00:03:00	0	Tempo																							
Erapa	3	Calentar		00:05:00	0	Tempo																							
Erapa	4	Vaciar	sistema	00:03:00	0	Tempo																							
Erapa	5	Calentar		00:00:00	0	Tempo																							
Erapa	6	Vaciar	sistema	00:03:00	0	Tempo																							
Erapa	7	Llen	aliso fondo	00:03:00	0	Tempo																							
Erapa	8	Sincr.	50	00:00:50	0	Tempo																							
Erapa	9	Llenar	Cuba	00:10:00	0	Tempo																							
Erapa	10	Vaciar	1a Compens	00:00:00	0	Tempo																							
Erapa	11	Tapping		00:10:00	0	Tempo																							
Erapa	12	Tapping		00:10:00	0	Tempo																							
Erapa	13	Tapping		00:10:00	0	Tempo																							
Erapa	14	Med.	alt. column	00:05:00	0	Tempo																							
Erapa	15	Sincr.	55	00:00:55	0	Tempo																							
Erapa	16	Recirculación		00:15:00	0	Tempo																							
Erapa	17	Sincr.	60	00:01:00	0	Tempo																							
Erapa	18	Primer	mesto	00:30:00	0	Tempo																							
Erapa	19	Primer	mesto	00:30:00	0	Tempo																							
Erapa	20	Primer	mesto	00:30:00	0	Tempo																							
Erapa	21	Segundo	mesto	00:30:00	0	Tempo																							
Erapa	22	Segundo	mesto	00:30:00	0	Tempo																							
Erapa	23	Segundo	mesto	00:30:00	0	Tempo																							
Erapa	24	Segundo	mesto	00:30:00	0	Tempo																							
Erapa	25	Segundo	mesto	00:30:00	0	Tempo																							
Erapa	26	Segundo	mesto	00:30:00	0	Tempo																							
Erapa	27	Segundo	mesto	00:30:00	0	Tempo																							
Erapa	28	Sincr.	65	00:01:05	0	Tempo																							
Erapa	29	Vaciar	sistema	00:10:00	0	Tempo																							
Erapa	30	Remover	Afrecho	00:10:00	0	Tempo																							
Erapa	31	Remover	Afrecho	00:10:00	0	Tempo																							
Erapa	32	Remover	Afrecho	00:10:00	0	Tempo																							
Erapa	33	Remover	Afrecho	00:10:00	0	Tempo																							
Erapa	34	Vaciar	sistema	00:10:00	0	Tempo																							
Erapa	35	Llen	aliso fondo	00:00:00	0	Tempo																							
Erapa	36	Limpiar	fondo	00:08:00	0	Tempo																							
Erapa	37	Vaciar	sistema	00:05:00	0	Tempo																							

Elaboración propia.

- A continuación, en el segundo programa de la secuencia, la Figura 4.14 muestra los valores experimentales que se han utilizado en las etapas de la unidad de caldera/whirlpool en el proceso de ejecución de la secuencia del programa para la producción de la cerveza.

Figura 4.14: Valores unidad caldera/whirlpool segunda secuencia.

Unidad 5 Caldera/Rotapool PDU		1 PCU1	
Etapa 1 Sincro. 55	Tempo 00:00:55		
Etapa 2 Condc. Inicial	Tempo 00:05:00	1 min.	1 Temperatura
Etapa 3 Sincro. 60	Tempo 00:01:00		
Etapa 4 Llenar	Tempo 00:10:05	10 min.	1 Temperatura
Etapa 5 Sincro. 65	Tempo 00:01:05		
Etapa 6 Calentar	Tempo 00:10:05	10 min.	1 Temperatura 99 °C
Etapa 7 Hervir	Tempo 01:40:00	60 min.	1 Temperatura # C
Etapa 8 Densidad!!!	Tempo 00:10:00	10 min.	1 Temperatura # C
Etapa 9 Pagar	Tempo 00:00:00	0 tiempo	0 C
Etapa 10 Sincro. 70	Tempo 00:01:10		
Etapa 11 Asentar	Tempo 00:10:05	10 min.	1 Temperatura # C
Etapa 12 Sincro. 75	Tempo 00:01:15		
Etapa 13 Enfriar valv sup	Tempo 00:00:00	0 tiempo	# C
Etapa 14 Enfriar valv inf	Tempo 00:00:00	0 tiempo	# C
Etapa 15 Enfriar valv inf	Tempo 00:00:00	0 tiempo	# C
Etapa 16 Sincro. 85	Tempo 00:01:25		
Etapa 17 Enjuagar Tuberia	Tempo 00:00:00	0 tiempo	4 min.
Etapa 18 Sincro. 90	Tempo 00:01:30		
Etapa 19 Sacar Tub.	Tempo 00:00:00	0 tiempo	10 min.
Etapa 20 Sincro. 100	Tempo 00:01:40		
Etapa 21 FIN CALD.HERV	Tempo 00:00:20	0.2 min.	

Elaboración propia.

- Prosiguiendo en el segundo programa de la secuencia, en la Figura 4.15 se observan los valores experimentales que se han utilizado en las etapas de la unidad de lúpulo en el proceso de ejecución de la secuencia del programa para la producción de la cerveza.

- A continuación, para el segundo programa de la secuencia en la Figura 4.16 se observan los valores experimentales que se han utilizado en las etapas de la unidad de enfriador en el proceso de ejecución de la secuencia del programa para la producción de la cerveza.

Figura 4.16: Valores unidad enfriador segunda secuencia.

Unidad 7 Enfriador		1 PCUI																			
Etapa	PCU	Tempo	00:01:10	0	Mosto Frio	0	hl	1	Aux time	2	Min.	Temp. Mosto	9	°C	Flujo enfriador	10	hl/h	Levadura	#	lts	
Etapa 1	Sincr. 70	Tempo	00:01:10	0	Mosto Frio	0	hl	1	Aux time	2	Min.	Temp. Mosto	9	°C	Flujo enfriador	10	hl/h	Levadura	#	lts	
Etapa 2	Condicion Inicia	Tempo	01:00:00	0	Mosto Frio	0	hl	1	Aux time	0.5	Min.	Temp. Mosto		°C	Flujo enfriador		hl/h	Levadura		lts	
Etapa 3	Espera	Tempo	00:00:00	0	Mosto Frio	0	hl	1	Aux time		Min.	Temp. Mosto		°C	Flujo enfriador		hl/h	Levadura		lts	
Etapa 4	Sincr. 75	Tempo	00:01:15	0	Mosto Frio	0	hl	1	Aux time		Min.	Temp. Mosto		°C	Flujo enfriador		hl/h	Levadura		lts	
Etapa 5	Enfriar	Tempo	00:00:00	0	Mosto Frio	0	hl	1	Aux time		Min.	Temp. Mosto		°C	Flujo enfriador		hl/h	Levadura		lts	
Etapa 6	Sincr. 85	Tempo	00:01:25	0	Mosto Frio	0	hl	1	Aux time		Min.	Temp. Mosto		°C	Flujo enfriador		hl/h	Levadura		lts	
Etapa 7	Enfriar	Tempo	00:00:00	0	Mosto Frio	0	hl	1	Aux time		Min.	Temp. Mosto		°C	Flujo enfriador		hl/h	Levadura		lts	
Etapa 8	Sincr. 90	Tempo	00:01:30																		
Etapa 9	NDP	Tempo	00:00:00																		
Etapa 10	Sincr. 100	Tempo	00:01:40																		
Etapa 11	NDP	Tempo	00:00:00																		
Etapa 12	Fin	Tempo	00:00:00																		

Elaboración propia.



4.2 DISCUSIÓN

A partir de los hallazgos encontrados, aceptamos la hipótesis general que establece que es posible controlar las celdas de proceso de la planta piloto Backus-Ate automatizando con Sistemas de Control de Procesos BRAUMAT y PLC S7-416.

Estos resultados guardan relación con lo que sostiene Villalba (2019) en análisis de un sistema DCS, Severino y Oblitas (2018) en Mini Plantas de Control de Velocidad del Laboratorio de Ingeniería Electrónica – Unprg, Zhangsong, Yang y Xing (2018) en fermentación de cerveza, Manrique, Cusihuaman y Guzmán (2017) en micro-cervecería, Rojas (2015) en una línea de transporte, almacenamiento y despacho de cal, De la Cruz (2007) en una planta de molienda de carbón, quienes señalan sistemas de control de procesos. Estos autores expresan la automatización con DCS y PCS7 en diferentes procesos con direccionamiento estandarizados. Ello es acorde con lo que en este estudio se halla.

En lo que respecta que con el estudio de la ingeniería y la operación de sistema de control de procesos BRAUMAT y PLC S7-416 es posible desarrollar el proyecto en el estudio se logra desarrollar. En cambio, no concuerda el estudio de los autores referidos con el presente, es que ellos mencionan estudio genérico de PCS7, salvo Zhangsong, Yang y Xing (2018) que desarrolla su proyecto en plataforma BRAUMAT y PLC S7-400.

En lo respecta que parametrizando con direccionamiento estandarizado las unidades, unidades de equipo y unidades individuales de las celdas de proceso de la planta piloto Backus-Ate es posible interactuar con todas las variables de la AS en este estudio se logra interactuar desde la OS con todas las unidades individuales de la AS. En cambio, no concuerda el estudio de los autores referidos con el presente, es que ellos no mencionan



la parametrización, salvo Zhangsong, Yang y Xing (2018) que desarrolla su proyecto en plataforma BRAUMAT y PLC S7-400.

En lo que respecta que diseñando los gráficos según las celdas de proceso de la planta piloto Backus-Ate es posible visualizar en la OS en este estudio logramos diseñar las imágenes del proceso con todo el direccionamiento de las unidades individuales de cada celda de proceso que se visualiza en la OS. En cambio, no concuerda el estudio de los autores referidos con el presente, es que ellos no mencionan el diseño gráfico, salvo Zhangsong, Yang y Xing (2018) que desarrolla su proyecto en plataforma BRAUMAT y PLC S7-400.

En lo que respecta que programando los bloques de funciones y funciones en SIMATIC Manager STEP7 V5.6 es posible controlar las recetas de fabricación de bebidas en la planta piloto Backus-ate en este estudio programamos todos los segmentos de los bloques de funciones (FBs) y funciones (FCs) que controlan las unidades individuales de las celdas de proceso. En cambio, no concuerda el estudio de los autores referidos con el presente, es que ellos no mencionan la programación, salvo Zhangsong, Yang y Xing (2018) que desarrolla su proyecto en plataforma BRAUMAT y PLC S7-400.

En lo que respecta que elaborando las recetas según al proceso de fabricación de las bebidas en la planta piloto Backus -Ate es posible visualizar e interactuar en los procesos de elaboración de los lotes en este estudio elaboramos varias recetas de prueba para la fabricación de las bebidas. En cambio, no concuerda el estudio de los autores referidos con el presente, es que ellos no mencionan la programación de recetas para procesos por lotes.

En lo que respecta que clasificando la planta piloto Backus-Ate según producto producido y estructura física es posible identificar si se puede producir en una sola línea



o múltiples líneas en este estudio se identifica que en algunas unidades se hace procesos de una sola línea y en otras unidades son procesos de múltiples líneas. En cambio, no concuerda el estudio de los autores referidos con el presente, es que ellos no mencionan la clasificación de plantas.



V. CONCLUSIONES

- El estudio del manual de ingeniería y operación del sistema de control de procesos BRAUMAT y el equipamiento de las celdas de proceso de la planta piloto Backus-Ate se llegó a la conclusión de que han sido primordiales para el desarrollo de esta tesis, en la programación de las secuencias de elaboración de la cerveza se logró interactuar con todas las unidades individuales a nivel automático y manual desde el sistema control de procesos BRAUMAT y el PLC S7-416 aplicando el estudio de la documentación.
- Por consiguiente, en el desarrollo de la tesis se demostró que el equipamiento de la planta Piloto Backus-Ate según la clasificación de las plantas se puede realizar producción de una línea en las unidades de molienda, caldera adjunto, caldera mezcla, cuba de filtración, caldera ebullición/whirlpool, enfriamiento, filtración y pasteurizador; y en las otras unidades de CCTs y BBTs son de producción de múltiples líneas desde el sistema de control de procesos BRAUMAT y el PLC S7-416.
- En relación con la parametrización de las variables de proceso de las celdas de proceso de molienda, caldera adjunto/mezcla, cuba filtración, caldera ebullición/whirlpool, enfriamiento, CCTs, filtración, BBTs, pasteurizador, agua de proceso y CIP; en esta tesis se logra parametrizar de manera óptima los objetos tecnológicos de las celdas de proceso de la planta piloto Backus-ate en el Sistema de Control de Procesos BRAUMAT y el PLCS7-416 para la elaboración de la cerveza.
- En relación al diseño, se logró diseñar las imágenes y direccionar las variables de proceso en el Sistema de Control de Procesos BRAUMAT según la ubicación física de las celdas de proceso de molienda, caldera adjunto/mezcla, cuba



filtración, caldera ebullición/whirlpool, enfriamiento, CCTs, filtración, BBTs, pasteurizador, agua de proceso y CIP de la planta piloto Backus-Ate para la elaboración de la cerveza.

- En virtud a los resultados en el Sistema de Control de Procesos BRAUMAT V8.0 se llegó a programar dos secuencias de recetas maestras experimentales con sus respectivos procedimientos para la fabricación de la cerveza en la planta piloto Backus-Ate.
- Finalmente, también en virtud a los resultados en SIMATIC Manager STEP7 V5.6 alcanzamos programar los segmentos de los bloques de funciones (FBs) y funciones (FCs) que controlan las etapas de las unidades de la secuencia de las dos recetas elaboradas para la producción de la cerveza con valores experimentales en la planta piloto Backus-Ate.



VI. RECOMENDACIONES

- El desarrollo de nuevas tecnologías estandarizadas para el control y automatización con sistemas de control de procesos nos brindan una mejor precisión en el control y tiempos de respuesta, por tanto, se debe evaluar el costo beneficio de la implementación en un futuro proyecto.
- Se espera la futura implementación del sistema, ya que es escalable desde un pequeño sistema de laboratorio hasta un conjunto de plantas de bebidas o alimentos, el Sistema de Control de Procesos está construido de tal manera que se puede adaptar con un gasto de planificación del proyecto comparativamente pequeño en los requisitos.
- A nivel de ingeniería del Sistema de Control de Procesos BRAUMAT se recomienda estudiar la bibliografía para tener bien en claro los conceptos al momento de desarrollar proyectos con sistemas de control de procesos Braumat de SIEMENS.
- Se recomienda tener experiencia de programación en lenguaje AWL y SCL de Simatic Manager Step7.
- Se recomienda estar familiarizado en manejo de sistemas por recetas y lotes.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Villalba Cabrera, E. J. (2019). *Desarrollo y análisis de un sistema DCS y protocolos industriales* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSA_036cb31578e4f0930f3a3cf_c791b462f
- Severino Rinsa, J. A., & Oblitas Saldaña, O. (2018). *Diseño E Implementación de un Sistema de Control Distribuido para las Mini Plantas de Control de Velocidad del Laboratorio de Ingeniería Electrónica – Unprg* [Tesis de Grado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo].
- Zhangsong, Y., Yang, W., Xing, W. (2018). *Construcción de plataforma de hardware del sistema de control de temperatura de fermentación de cerveza basado en plc s7-400* [Tesis de Maestría, Escuela Técnica y Profesional de Mecatrónica de Mongolia Interior].
<https://wap.cnki.net/touch/web/Journal/Article/JZGC201834081.html>
- Manrique Palomino, J. C., Cusihuaman Pari, R., Guzmán Vega, J. J. (2017). *Diseño y simulación con Siemens Simatic PCS7 del proceso productivo de la micro-cervecería, ingeniería y servicios S.A.C. 2016* [Tesis de Grado, Universidad Andina del Cusco]. <https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/851>
- Rojas Herrera, A. A. (2015). *Implementación de un sistema de control distribuido PCS7 en una línea de transporte, almacenamiento y despacho de cal* [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Ingeniería].
<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/9449>



De La Cruz Menacho, C. E. (2007). *Automatización de una planta de molienda de carbón mediante el sistema de control de procesos PCS7 y visualización scada wincc de Siemens* [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Ingeniería].

<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/9886>

Siemens AG (2019). *BRAUMAT/SISTAR Operator Manual* [Archivo PDF].

<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/80142364>

Siemens AG (2019). *BRAUMAT/SISTAR Process Control System V8.0 Function Manual* [Archivo PDF].

<https://support.industry.siemens.com/cs/document/109773153/simatic-braumat-sistar-process-control-system-v8-0?dti=0&lc=en-AE>

Siemens AG (2010). *Lista de instrucciones (AWL) para S7-400* [Archivo PDF].

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/446/45523446/att_79276/v1/s7awld.pdf

Siemens AG (2004). *S7-GRAPH para S7-400 Programación de controles secuenciales* [Archivo PDF].

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/630/1137630/att_28586/v1/Graph7_s.pdf

Siemens AG (2005). *Manual S7-SCL para S7-400* [Archivo PDF].

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/793/5581793/att_66787/v1/SCL_s.pdf

Hernandez Sampieri, R. (2014). *Metodología de investigación*. México: mexicana.

Simeone Pilla, Genny Vinci (2013). *Cervezas de todo el Mundo*. Ediciones Parkstone International.



Ivó Castells Encinas, Gonzalo Buenache Zaragoza, Daniel Fermun (2018). *Guía para descubrir las mejores cervezas artesanas (ampliada y actualizada)*. Editorial GeoPlaneta.

Boris de Mesones (2002). *Proceso de elaboración básico y simplificado*. Publicado en España.

De Clerck, J. (1957). *Textbook of Brewing*. Chapman and Hall. London. 650 p.

Jackson Michael (1994). *El libro de la cerveza*. Editorial Blume (Naturart).

María RENAPRA (19 de marzo de 2017). *Red Nacional de Protección de Alimentos*. RENAPRA. <https://mascapacitacionencerveza.wordpress.com/adjuntos-cerveceros/>

Portland Kettle Works (2011). *Whirlpools para cervecerías y equipo para hacer cerveza*. México. <https://www.portlandkettleworks.mx/es/whirlpools-para-cervecerias-y-equipo-para-hacer-cerveza/>

Maltosaa (19 de febrero de 2020). *Ventajas de filtrar la cerveza*. Industrial Eurobusiness Park. <https://maltosaa.com.mx/filtrar-la-cerveza/>

Ales Jakimov (2019). *bright beer tanks*. Czech brewery system s.r.o., Republica checa. <https://eshop.czechminibreweries.com/es/product-category/bpt/bright-beer-tanks/>

Rícharð Alex Cerna Castro (2006). *Determinación del efecto tiempo temperatura durante el proceso de pasteurización sobre el color, aroma y “flavor” de cerveza usando análisis sensorial* [Tesis de Maestría, Universidad de Puerto Rico]. <https://www.virtualpro.co/revista/cerveza/27>



Enrique Stura (2005). *Sala de Prensa de Siemens* [Consultor Técnico].

<https://es.quora.com/Qu%C3%A9-es-Siemens-Braumat>

ANEXOS

Figura A.1: Tablero de control Planta Piloto Backus-Ate.



Fuente: Fotografía del tablero de control de la planta piloto Backus-Ate. Tomado de *Cervecerías Peruanas Backus S.A.A*, por el TESISISTA, 2021.

Figura A.2: Tablero del PLC S7-416 Planta Piloto Backus-Ate.



Fuente: Fotografía del PLC S7-416 de la planta piloto Backus-Ate. Tomado de *Cervecerías Peruanas Backus S.A.A*, por el TESISISTA, 2021.

Figura A.3: Tabla de recursos disponibles versión CPU <V7.

	S7 CPU 414		S7 CPU 416		S7 CPU 417	
Type	CPU range	User	CPU range	User	CPU range	User
FB	0 - 7999 max. 3000	>= FB1500	0 - 7999 max. 5000	>= FB1500	0 - 7999 max. 8000	>= FB1500
FC	0 - 7999 max. 3000	>= FC2051	0 - 7999 max. 5000	>= FC2051	0 - 7999 max. 8000	>= FC2051
DB	1 - 16000 max. 6000	>= DB2500	1 - 16000 max. 10000	>= DB2500	1 - 16000 max. 16000	>= DB2500
MB	0 - 8191	1432 – 2045 2048 – 8191	0 - 16383	1432 – 2045 2048 – 16383	0 - 16383	1432 – 2045 2048 – 16383
Timer (Times)	T0 - T2047	T0-T95 T224-T509	T0 - T2047	T0-T95 T224-T509	T0 - T2047	T0-T95 T224-T509
Counter	Z0 - Z2047	Z0 - Z2047	Z0 - Z2047	Z0 - Z2047	Z0 - Z2047	Z0 - Z2047

Fuente: El gráfico muestra la tabla de recursos disponibles para CPU<V7. Tomado de *Function Manual* (p.669), por SIEMENS AG, 2019, Process Control System V8.0.

Figura A.4: Tabla de especificación de funciones CPU <V7.

Block	Representation	Function
FB1001- FB1064	TA_XX_GOP_FB	User interface for unit processing
FB1200	CRST_USR_FB	User interface OB 100 (cold/warm restart)
FB1201	WRST_USR_FB	User interface OB 101 (restart)
FB1205	CAS_USR_FB	User interface for batch order start on AS Based on the transferred data set number, the user can determine which CAS and therefore for which unit data is available.
FB1220 FB1221	CYCLE_BEGIN_USR_FB CYCLE_END_USR_FB	User interface for start and end OB1 cycle
FB1222 FB1223 FB1224	TIM- ER_100MS_BEG_USR_FB TIM- ER_100MS_END_USR_FB TIMER_100MS_USR_FB	User interface for start, processing and end of the OB35 cycle. The intermediate processing follows the reading in of the process image of the inputs.
FB1225	TIMER_1S_USR_FB	User interface OB32
FB1226 FB1227 FB1228 FB1229 FB1230 FB1231 FB1232 FB1233	ESG1_BV1_128 ESG1_BV129_255 ESG2_BV1_128 ESG2_BV129_255 ESG3_BV1_128 ESG3_BV129_255 ESG4_BV1_128 ESG4_BV129_255	User interface interlock ICM
FC700	INPUT_FC	User interface patching the process inputs (I/M)
FC701	OUTPUT_FC	User interface patching the process outputs (Q/M)
FC726	ESG_IN_OUT_FC	User interface patching the ICM process inputs/outputs

Fuente: El gráfico muestra la tabla de especificaciones de los FBs y FCs para CPU<V7. Tomado de *Function Manual* (p.695), por SIEMENS AG, 2019, Process Control System V8.0.

Figura A.5: Tabla de enrutamiento de los bloques de datos.

Name	Function	Assigned DB
SEQS	Sequence chain start block	DB 614
AOUT	Analog value output	DB 731
THRE-STEP	Three-step controller	DB 744
ICM	Individual control module (except RA)	DB 601, DB 602, DB 603, DB 604, DB 605
SeqMan-Mode	Manual release block	DB 701
MVC	Measured value control	DB 728
MSG	Message block	DB 615
AIN	Measured value recording	DB 727
MULT	Multi-functional block	DB 732
PID	Controller	DB 730
TIMER	Switch-on delay, impulse	DB 724
Sequences	Units	DB 612, DB 613

Fuente: El gráfico muestra la tabla de especificaciones de los bloques de datos para CPU<V7. Tomado de *Function Manual* (p.697), por SIEMENS AG, 2019, Process Control System V8.0.

Tabla A.1: Variables celda de proceso “Molienda”.

ID ROTULO	DIRECCION	DATO	COMENTARIO	IMAGEN BRAUMAT
AG01LSL01	E 3.2	BOOL	rice grist bin empty	MOLIENDA
AG01V01	E 3.1	BOOL	pipe gate initiator close	MOLIENDA
	E 3.0	BOOL	pipe gate initiator open	MOLIENDA
	A 38.5	BOOL	pipe gate i	MOLIENDA
AG01V02	E 3.5	BOOL	outlet slide initiator close	MOLIENDA
	E 3.4	BOOL	outlet slide initiator open	MOLIENDA
	A 38.7	BOOL	outlet slide	MOLIENDA
BB01LSL01	E 0.5	BOOL	buffer bin empty	MOLIENDA
BB01P01	E 1.6	BOOL	water dosing unit pump	MOLIENDA
	A 37.2	BOOL	water dosing unit pump	MOLIENDA
BB01V01	E 0.4	BOOL	pipe gate initiator close	MOLIENDA
	E 0.3	BOOL	pipe gate initiator open	MOLIENDA
	A 36.4	BOOL	pipe gate	MOLIENDA
BB01V02	E 0.7	BOOL	pipe gate initiator close	MOLIENDA
	E 0.6	BOOL	pipe gate initiator open	MOLIENDA
	A 36.5	BOOL	pipe gate	MOLIENDA
BB01V04	E 1.2	BOOL	twoway flap no conditioning	MOLIENDA
	A 36.7	BOOL	twoway flap conditioning	MOLIENDA
MG01LSL01	E 2.2	BOOL	conditioning bin full	MOLIENDA
MG01LSL02	E 2.5	BOOL	malt grist bin empty	MOLIENDA

Continuación Tabla A.1

MG01M01	E	2.3	BOOL	4 roller malt mill	MOLIENDA
	A	38.0	BOOL	4 roller malt mill	MOLIENDA
MG01V01	E	2.1	BOOL	pipe gate initiator close	MOLIENDA
	E	2.0	BOOL	pipe gate initiator open	MOLIENDA
	A	37.5	BOOL	pipe gate	MOLIENDA
MG01V02	E	2.7	BOOL	outlet slide initiator close	MOLIENDA
	E	2.6	BOOL	outlet slide initiator open	MOLIENDA
	A	38.3	BOOL	outlet slide	MOLIENDA
MH01LS02	E	1.3	BOOL	initiator	MOLIENDA
MH01M01	E	0.0	BOOL	tubular chain conveyer	MOLIENDA
	A	36.1	BOOL	tubular chain conveyer	MOLIENDA
	AW770		INT	F (0-1000), D (0-13824), L (0-100)	MOLIENDA
MH01M03	E	1.4	BOOL	conditioning screw	MOLIENDA
	A	37.1	BOOL	conditioning screw	MOLIENDA

Fuente: Tabla de variables desde el plano eléctrico de la celda de proceso molienda de la planta piloto Backus-Ate. Tomado de *Cervecerías Peruanas Backus S.A.A.*, por el TESISTA, 2021.

Tabla A.2: Variables celda de proceso “Cocedor Adjuntos/Mezcla”.

ID ROTULO	DIRECCION	DATO	COMENTARIO	IMAGEN BRAUMAT	
AC01LSH01	E	4.7	BOOL	adjunct cooker LA+	MEZCLA
AC01M01	E	5.0	BOOL	adjunct cooker agitator	MEZCLA
	AW778		INT	F (0-1000), D (0-27648), L (0-100)	MEZCLA
AC01P01	E	5.1	BOOL	pump AC - MT return	MEZCLA
	A	40.7	BOOL	pump from AC - MT	MEZCLA
AC01PT02	EW528		INT	F (0-1000), D (0-27648), L (0-1000)	MEZCLA
AC01SIC01	A	40.6	BOOL	adjunct cooker agitator	MEZCLA
AC01TIC01	EW524		INT	F (200-1200), D (0-27648), L (0-950)	MEZCLA
AC01V01	E	5.2	BOOL	Exhaust valve close	MEZCLA
	E	5.3	BOOL	Exhaust valve open	MEZCLA
	A	41.1	BOOL	exhaust valve	MEZCLA
AC01V02	E	5.4	BOOL	grist valve	MEZCLA
	A	42.6	BOOL	Salida de aire hacia AC01V02	MEZCLA
	A	40.5	BOOL	grist valve keystone	MEZCLA
AC01V04	E	5.5	BOOL	valve ini	MEZCLA
	A	41.2	BOOL	pilotvalve	MEZCLA
AC01V06	E	5.6	BOOL	valve ini	MEZCLA
	A	41.3	BOOL	pilotvalve	MEZCLA
AC01V07	E	5.7	BOOL	valve ini	MEZCLA
	A	41.4	BOOL	pilotvalve	MEZCLA



Continuación Tabla A.2

AC01V08	E 6.0	BOOL	valve ini	MEZCLA
	A 41.5	BOOL	pilotvalve	MEZCLA
AC01V09	E 6.1	BOOL	valve ini	MEZCLA
	A 41.0	BOOL		MEZCLA
AC01V11	E 6.2	BOOL	valve ini	MEZCLA
	A 41.7	BOOL	pilotvalve	MEZCLA
AC01V13	E 7.6	BOOL		MEZCLA
	A 42.0	BOOL	Salida de aire hacia MT01V02	MEZCLA
MT01LSH01	E 6.3	BOOL	mash tun LA+	MEZCLA
MT01M01	E 6.4	BOOL	mash tun agitator	MEZCLA
	A 42.3	BOOL	mash tun agitator	MEZCLA
MT01P01	E 6.5	BOOL	pump fom MT - LT	MEZCLA
	A 42.4	BOOL	pump from MT - LT	MEZCLA
	AW784	INT	F (0-1000), D (0-27648), L (0-100)	MEZCLA
MT01PT01	EW532	INT	F (0-400), D (0-27648), L (0-400)	MEZCLA
MT01TIC01	EW530	INT	F (200-1200), D (0-27648), L (0-1150)	MEZCLA
MT01V02	E 6.7	BOOL	grist valve	MEZCLA
	A 42.7	BOOL	pilotvalve grist valve	MEZCLA
MT01V04	E 7.0	BOOL	valve ini	MEZCLA
	A 43.0	BOOL	pilotvalve	MEZCLA
MT01V06	E 7.1	BOOL	valve ini	MEZCLA
	A 43.1	BOOL	pilotvalve	MEZCLA
MT01V07	E 7.2	BOOL	valve ini	MEZCLA
	A 43.2	BOOL	pilotvalve	MEZCLA
MT01V08	E 7.3	BOOL	valve ini	MEZCLA
	A 43.3	BOOL	pilotvalve	MEZCLA
MT01V09	E 7.4	BOOL	valve ini	MEZCLA
	A 43.4	BOOL	pilotvalve	MEZCLA
MT01V10	E 7.5	BOOL	valve ini	MEZCLA
	A 43.5	BOOL	pilotvalve	MEZCLA
MT01V13	E 7.7	BOOL	valve ini	MEZCLA
	A 43.7	BOOL	pilotvalve	MEZCLA

Fuente: Tabla de variables desde el plano eléctrico de la celda de proceso adjuntos/mezcla de la planta piloto Backus-Ate. Tomado de *Cervecerías Peruanas Backus S.A.A*, por el TESISISTA, 2021.

Tabla A.3: Variables celda de proceso “Cuba de Filtración”.

ID ROTULO	DIRECCION	DATO	COMENTARIO	IMAGEN BRAUMAT
HW01FIC01	E 4.4	BOOL	flow meter counter	CUBA_FILTRACION
	EW520	INT	F (0-6000), D (0-27648), L (0-10000)	CUBA_FILTRACION
	EW554	INT	F (0-6000), D (0-27648), L (0-10000)	CUBA_FILTRACION
HW01TIC02	EW518	INT	F (0-1500), D (0-27648), L (0-800)	CUBA_FILTRACION
LT01FIC01	E 10.1	BOOL	flowmeter counter	CUBA_FILTRACION
	EW544	INT	F (0-8000), D (0-27648), L (0-8000)	CUBA_FILTRACION
LT01M01	E 8.0	BOOL	lauter tun agitator left	CUBA_FILTRACION
	E 8.1	BOOL	lauter tun agitator right	CUBA_FILTRACION
	A 44.0	BOOL	lauter tun agitator left	CUBA_FILTRACION
	A 44.1	BOOL	lauter tun agitator right	CUBA_FILTRACION
	EW550	INT		CUBA_FILTRACION
	AW786	INT	F (0-1000), D (0-27648), L (0-100)	CUBA_FILTRACION
LT01P01	E 8.3	BOOL	pump return	CUBA_FILTRACION
	A 44.2	BOOL	lauter pump	CUBA_FILTRACION
	AW780	INT	F (0-1000), D (0-27648), L (0-100)	CUBA_FILTRACION
LT01P02	E 8.4	BOOL	dosage pump return	CUBA_FILTRACION
	A 44.3	BOOL	dosage pump	CUBA_FILTRACION
	AW788	INT	F (0-1000), D (0-27648), L (0-100)	CUBA_FILTRACION
LT01PIC01	EW534	INT	F (0-4000), D (0-27648), L (-20-800)	CUBA_FILTRACION
LT01PIC02	EW536	INT	F (0-4000), D (0-27648), L (-50-800)	CUBA_FILTRACION
LT01QIC01	EW546	INT	F (0-590), D (0-27648), L (0-800)	CUBA_FILTRACION
LT01TT01	EW538	INT	F (200-1200), D (0-27648), L (0-800)	CUBA_FILTRACION
LT01TT02	EW540	INT	F (200-1200), D (0-27648), L (0-800)	CUBA_FILTRACION
LT01V01	E 10.3	BOOL	valve ini	CUBA_FILTRACION
	A 45.0	BOOL	Pilot valve	CUBA_FILTRACION
LT01V02	E 10.4	BOOL	valve ini	CUBA_FILTRACION
	A 46.6	BOOL	Keystone valve	CUBA_FILTRACION
LT01V03	E 10.5	BOOL	valve ini	CUBA_FILTRACION
	A 46.7	BOOL	Keystone valve	CUBA_FILTRACION
LT01V04	E 10.6	BOOL	valve ini	CUBA_FILTRACION
	A 45.3	BOOL	pilotvalve	CUBA_FILTRACION
LT01V05	E 10.7	BOOL	valve ini	CUBA_FILTRACION
	A 45.4	BOOL	pilotvalve	CUBA_FILTRACION
LT01V06	E 11.0	BOOL	valve ini	CUBA_FILTRACION
	A 45.5	BOOL	pilotvalve	CUBA_FILTRACION
LT01V07	E 11.1	BOOL	valve ini	CUBA_FILTRACION
	A 45.6	BOOL	pilotvalve	CUBA_FILTRACION
LT01V08	E 11.2	BOOL	valve ini	CUBA_FILTRACION
	A 45.7	BOOL	pilotvalve	CUBA_FILTRACION
LT01V09	E 11.3	BOOL	valve ini	CUBA_FILTRACION
	A 46.0	BOOL	pilotvalve	CUBA_FILTRACION



Continuación Tabla A.3

LT01V10	E 11.4	BOOL	valve ini	CUBA_FILTRACION
	A 46.1	BOOL	pilotvalve	CUBA_FILTRACION
	AW790	INT	F (0-1000), D (0-27648), L (0-150)	CUBA_FILTRACION
LT01V11	E 11.5	BOOL	valve ini	CUBA_FILTRACION
	A 46.2	BOOL	pilotvalve	CUBA_FILTRACION
LT01V14	E 11.7	BOOL		CUBA_FILTRACION
	A 46.5	BOOL		CUBA_FILTRACION
MESS 36	EW582	INT	F (22-370), D (0-27648), L (12-800)	CUBA_FILTRACION

Fuente: Tabla de variables desde el plano eléctrico de la celda de proceso cuba de filtro de la planta piloto Backus-Ate. Tomado de *Cervecerías Peruanas Backus S.A.A*, por el TESISISTA, 2021.

Tabla A.4: Variables celda de proceso “Ebullición/Wirlpool”.

ID ROTULO	DIRECCION	DATO	COMENTARIO	IMAGEN BRAUMAT
EC01PIC01	EW568	INT	F (0-4000), D (0-27648), L (-10-1500)	WHIRPOOL
EC01PIC02	EW570	INT	F (0-2000), D (0-27648), L (0-2000)	WHIRPOOL
EC01TT01	EW562	INT	F (200-1200), D (0-27648), L (100-800)	WHIRPOOL
EC01TT02	EW564	INT	F (200-1200), D (0-27648), L (100-800)	WHIRPOOL
EC01TT03	EW566	INT	F (200-1200), D (0-27648), L (100-1450)	WHIRPOOL
EC01V03	A 50.2	BOOL	pilotvalve	WHIRPOOL
	AW798	INT	F (0-100), D (0-27648), L (0-200)	WHIRPOOL
EX01M01	E 16.3	BOOL	exhaust fan	WHIRPOOL
	A 50.6	BOOL	exhaust fan	WHIRPOOL
	AW810	INT		WHIRPOOL
HO01V01	E 14.4	BOOL	valve ini	WHIRPOOL
	A 49.0	BOOL	pilotvalve	WHIRPOOL
HO01V03	E 15.0	BOOL	valve ini	WHIRPOOL
	A 49.7	BOOL	pilotvalve	WHIRPOOL
HO01V04	E 14.7	BOOL	valve ini	WHIRPOOL
	A 49.6	BOOL	pilotvalve	WHIRPOOL
HO02V01	E 14.5	BOOL	valve ini	WHIRPOOL
	A 49.1	BOOL	pilotvalve	WHIRPOOL
HO02V03	E 15.1	BOOL	valve ini	WHIRPOOL
	A 49.4	BOOL	pilotvalve	WHIRPOOL
HO03V01	E 14.6	BOOL	valve ini	WHIRPOOL
	A 49.2	BOOL	pilotvalve	WHIRPOOL
HO03V03	E 15.2	BOOL	valve ini	WHIRPOOL
	A 49.5	BOOL	pilotvalve	WHIRPOOL
WK01FIC01	E 14.1	BOOL	flow meter counter	WHIRPOOL
WK01LSH01	E 12.2	BOOL	LS+	WHIRPOOL

Continuación Tabla A.4

WK01P01	E 12.0	BOOL	circulationpump return	WHIRPOOL
	A 47.0	BOOL	circulation pump	WHIRPOOL
	AW792	INT	F (0-1000), D (0-27648), L (0-100)	WHIRPOOL
WK01P02	E 12.1	BOOL	wort ump cooler	WHIRPOOL
	A 47.1	BOOL	wort pump coller	WHIRPOOL
	AW794	INT	F (0-1000), D (0-27648), L (0-255)	WHIRPOOL
WK01PT01	EW558	INT	F (0-4000), D (0-27648), L (-100-4500)	WHIRPOOL
WK01TIC01	EW556	INT	F (200-1200), D (0-27648), L (100-1000)	WHIRPOOL
WK01V01	E 12.5	BOOL	valve ini	WHIRPOOL
	A 47.3	BOOL	pilotvalve	WHIRPOOL
WK01V02	E 12.6	BOOL	valve ini	WHIRPOOL
	A 47.4	BOOL	pilotvalve	WHIRPOOL
WK01V03	E 12.7	BOOL	valve ini	WHIRPOOL
	A 47.5	BOOL	pilotvalve	WHIRPOOL
WK01V04	E 13.0	BOOL	valve ini	WHIRPOOL
	A 47.6	BOOL	pilotvalve	WHIRPOOL
WK01V05	E 13.1	BOOL	valve ini	WHIRPOOL
	A 47.7	BOOL	pilotvalve	WHIRPOOL
WK01V06	E 13.2	BOOL	valve ini	WHIRPOOL
	A 48.0	BOOL	pilotvalve	WHIRPOOL
WK01V07	E 13.3	BOOL		WHIRPOOL
	A 48.1	BOOL	pilotvalve	WHIRPOOL
WK01V08	E 13.4	BOOL	valve ini	WHIRPOOL
	A 48.2	BOOL	pilotvalve	WHIRPOOL
WK01V09	E 13.5	BOOL	valve ini	WHIRPOOL
	A 48.3	BOOL	pilotvalve	WHIRPOOL
WK01V11	E 13.6	BOOL	valve ini	WHIRPOOL
	A 48.4	BOOL	pilotvalve	WHIRPOOL
WK01V12	E 13.7	BOOL	valve ini	WHIRPOOL
	A 48.5	BOOL	pilotvalve	WHIRPOOL
WK01V13	E 14.0	BOOL	valve ini	WHIRPOOL
	A 48.6	BOOL	pilotvalve	WHIRPOOL

Fuente: Tabla de variables desde el plano eléctrico de la celda de proceso ebullición/whirlpool de la planta piloto Backus-Ate. Tomado de *Cervecerías Peruanas Backus S.A.A.*, por el TESISISTA, 2021.

Tabla A.5: Variables celda de proceso “Enfriamiento”.

ID ROTULO	DIRECCION	DATO	COMENTARIO	IMAGEN BRAUMAT
WA01V02	A 51.0	BOOL	Magnet valve	ENFRIAMIENTO
WA01V08	A 51.4	BOOL	pilotvalve	ENFRIAMIENTO

Continuación Tabla A.5

WA01V09	A 51.5	BOOL	pilotvalve	ENFRIAMIENTO
WC01TIC01	EW572	INT	F (0-1000), D (0-27648), L (0-1000)	ENFRIAMIENTO
WC01TT02	EW574	INT	F (0-1000), D (0-27648), L (100-800)	ENFRIAMIENTO
WC01TT03	EW576	INT	F (0-1000), D (0-27648), L (0-50)	ENFRIAMIENTO
WC01TT04	EW578	INT	F (-50-250), D (0-27648), L (0-1000)	ENFRIAMIENTO
WC01V01	A 51.3	BOOL	pilotvalve	ENFRIAMIENTO
WC01V02	A 51.2	BOOL	control valve	ENFRIAMIENTO
	AW800	INT	F (0-1000), D (0-27648), L (0-255)	ENFRIAMIENTO
WC01V05	E 16.6	BOOL	valve initiator	ENFRIAMIENTO
	A 50.1	BOOL		ENFRIAMIENTO
YD01FIC01	E 16.7	BOOL	flow counter	ENFRIAMIENTO
	EW580	INT		ENFRIAMIENTO
YD01V01	A 51.1	BOOL	Magnet valve	ENFRIAMIENTO

Fuente: Tabla de variables desde el plano eléctrico de la celda de proceso enfriamiento de la planta piloto Backus-Ate. Tomado de *Cervecerías Peruanas Backus S.A.A.*, por el TESISTA, 2021.

Tabla A.6: Variables celda de proceso “CCTs”.

ID ROTULO	DIRECCION	DATO	COMENTARIO	IMAGEN BRAUMAT
CCT01FIC01	E 17.1	BOOL	counter input	CCTS
	E 17.2	BOOL	flowdirection	CCTS
	EW592	INT	F (0-5000), D (0-27648), L (0-950)	CCTS
CCT01G001	E 17.5	BOOL	bend initiator	CCTS
CCT01G002	E 17.6	BOOL	bend initiator	CCTS
CCT01G003	E 17.7	BOOL	bend initiator	CCTS
CCT01LSL01	E 17.3	BOOL	LSL Tank	CCTS
CCT01LT01	EW590	INT	F (0-1725), D (0-27648), L (100-1700)	CCTS
CCT01PT01	EW588	INT	F (0-3000), D (0-27648), L (0-2000)	CCTS
CCT01RSV01	A 52.1	BOOL	cooling zone	CCTS
CCT01RSV02	A 52.2	BOOL	cooling zone	CCTS
CCT01RSV03	A 52.3	BOOL	cooling zone	CCTS
CCT01RSV04	A 52.4	BOOL	cooling valve return	CCTS



Continuación Tabla A.6

CCT01TT01	EW584	INT	F (-50-250), D (0-27648), L (0-800)	CCTS
CCT01TT02	EW586	INT	F (-50-250), D (0-27648), L (-50-800)	CCTS
CCT01V01	A 52.0	BOOL	pneumatic valve	CCTS
	E 17.4	BOOL	valve initiator	CCTS
CCT02FIC01	E 18.0	BOOL	counter input	CCTS
	E 18.1	BOOL	flowdirection	CCTS
	EW604	INT	F (0-5000), D (0-27648), L (100-800)	CCTS
CCT02G001	E 18.4	BOOL	bend initiator	CCTS
CCT02G002	E 18.5	BOOL	bend initiator	CCTS
CCT02G003	E 18.6	BOOL	bend initiator	CCTS
CCT02LSL01	E 18.2	BOOL	LSL Tank	CCTS
CCT02LT01	EW602	INT	F (0-1725), D (0-27648), L (0-1700)	CCTS
CCT02PT01	EW600	INT	F (0-3000), D (0-27648), L (0-6000)	CCTS
CCT02RSV01	A 52.7	BOOL	cooling zone	CCTS
CCT02RSV02	A 53.0	BOOL	cooling zone	CCTS
CCT02RSV03	A 53.1	BOOL	cooling zone	CCTS
CCT02RSV04	A 53.2	BOOL	cooling valve return	CCTS
CCT02TT01	EW596	INT	F (-50-250), D (0-27648), L (-50-800)	CCTS
CCT02TT02	EW598	INT	F (-50-250), D (0-27648), L (-50-800)	CCTS
CCT02V01	E 18.3	BOOL	valve initiator	CCTS
	A 52.6	BOOL	pneumatic valve	CCTS
CCT03FIC01	E 18.7	BOOL	counter input	CCTS
	E 19.0	BOOL	flowdirection	CCTS
	EW616	INT	F (0-5000), D (0-27648), L (0-950)	CCTS
CCT03G001	E 19.3	BOOL	bend initiator	CCTS
CCT03G002	E 19.4	BOOL	bend initiator	CCTS
CCT03G003	E 19.5	BOOL	bend initiator	CCTS
CCT03LSL01	E 19.1	BOOL	LSL Tank	CCTS
CCT03LT01	EW614	INT	F (0-1725), D (0-27648), L (0-1700)	CCTS
CCT03PT01	EW612	INT	F (0-10000), D (55-27648), L (0-12000)	CCTS
CCT03RSV01	A 53.5	BOOL	cooling zone	CCTS
CCT03RSV02	A 53.6	BOOL	cooling zone	CCTS
CCT03RSV03	A 53.7	BOOL	cooling zone	CCTS
CCT03RSV04	A 54.0	BOOL	cooling valve return	CCTS
CCT03TT01	EW608	INT	F (-50-250), D (0-27648), L (-50-250)	CCTS
CCT03TT02	EW610	INT	F (-50-250), D (0-27648), L (-50-250)	CCTS
CCT03V01	E 19.2	BOOL	valve initiator	CCTS
	A 53.4	BOOL	pneumatic valve	CCTS

Fuente: Tabla de variables desde el plano eléctrico de la celda de proceso CCTs de la planta piloto Backus-Ate. Tomado de *Cervecerías Peruanas Backus S.A.A*, por el TESISTA, 2021.

Tabla A.7: Variables celda de proceso “Filtración”.

ID ROTULO	DIRECCION	DATO	COMENTARIO	IMAGEN BRAUMAT
FL01FIC02	E 22.5	BOOL	flow counter	FILTRACION
	EW646	INT	F (0-6000), D (0-27648), L (100-800)	FILTRACION
FL01FIC03	E 22.4	BOOL	flow counter	FILTRACION
	EW640	INT	F (0-2000), D (0-27648), L (100-800)	FILTRACION
FL01M01	E 22.2	BOOL	agitator on	FILTRACION
	A 56.1	BOOL	filter agitator	FILTRACION
FL01P01	E 22.0	BOOL	pump on	FILTRACION
	A 56.0	BOOL	filterpump	FILTRACION
	AW806	INT	F (0-1000), D (0-27648), L (0-100)	FILTRACION
FL01P02	E 23.5	BOOL	Additive 1 fault	FILTRACION
	A 56.6	BOOL	Additive 1	FILTRACION
	AW802	INT	F (0-1000), D (0-27648), L (0-100)	FILTRACION
FL01P03	E 23.6	BOOL	Additive 2 fault	FILTRACION
	A 56.7	BOOL	Additive 2	FILTRACION
	AW804	INT	F (0-1000), D (0-27648), L (0-100)	FILTRACION
FL01P04	E 28.7	BOOL		FILTRACION
	A 58.6	BOOL		FILTRACION
FL01PT02	EW648	INT	F (0-8000), D (0-27648), L (0-5000)	FILTRACION
FL01QIC01	EW642	INT	F (0-235), D (0-27648), L (0-800)	FILTRACION
FL01QIC02	EW644	INT	F (0-10000), D (0-27648), L (0-300)	FILTRACION
FL01V15	E 24.4	BOOL	Valve initiator	FILTRACION
	A 58.0	BOOL	Pilot valve	FILTRACION

Fuente: Tabla de variables desde el plano eléctrico de la celda de proceso filtración de la planta piloto Backus-Ate. Tomado de *Cervecerías Peruanas Backus S.A.A.*, por el TESISISTA, 2021.

Tabla A.8: Variables celda de proceso “BBTs”.

ID ROTULO	DIRECCION	DATO	COMENTARIO	IMAGEN BRAUMAT
BBT01G001	E 23.2	BOOL	bend initiator	BBTS
BBT01G002	E 23.3	BOOL	bend initiator	BBTS
BBT01G003	E 23.4	BOOL	bend initiator	BBTS
BBT01LSL01	E 23.0	BOOL	LSL Tank	BBTS
BBT01LT01	EW686	INT	F (0-1000), D (0-27648), L (0-1000)	BBTS
BBT01PT01	EW654	INT	F (0-3000), D (0-27648), L (100-800)	BBTS
BBT01PT01	EW684	INT	F (0-3000), D (0-27648), L (100-800)	BBTS
BBT01TT01	EW652	INT	F (-50-250), D (0-27648), L (100-800)	BBTS
BBT01V01	E 23.1	BOOL	valve initiator	BBTS
	A 56.2	BOOL	pneumatic valve	BBTS

Continuación Tabla A.8

BBT02G001	E 24.1	BOOL	bend initiator	BBTS
BBT02G002	E 24.2	BOOL	bend initiator	BBTS
BBT02G003	E 24.3	BOOL	bend initiator	BBTS
BBT02LSL01	E 23.7	BOOL	LSL Tank	BBTS
BBT02LT01	EW662	INT	F (0-825), D (0-27648), L (0-1000)	BBTS
BBT02PT01	EW660	INT	F (0-3000), D (0-27648), L (100-800)	BBTS
BBT02TT01	EW658	INT	F (-50-250), D (0-27648), L (-50-800)	BBTS
BBT02V01	E 24.0	BOOL	valve initiator	BBTS
	A 56.3	BOOL	pneumatic valve	BBTS
BT01LT01	EW620	INT		BBTS

Fuente: Tabla de variables desde el plano eléctrico de la celda de proceso BBTs de la planta piloto Backus-Ate. Tomado de *Cervecerías Peruanas Backus S.A.A*, por el TESISTA, 2021.

Tabla A.9: Variables celda de proceso “Pasteurizador”.

ID ROTULO	DIRECCION	DATO	COMENTARIO	IMAGEN BRAUMAT
FP01FIC01	E 25.1	BOOL	flow counter	PASTEURIZADOR
	EW666	INT	F (0-1000), D (0-27648), L (0-1000)	PASTEURIZADOR
FP01H01	E 26.0	BOOL	water heater 1	PASTEURIZADOR
	A 57.5	BOOL	water heater 1	PASTEURIZADOR
FP01H02	E 26.1	BOOL	water heater 2	PASTEURIZADOR
	A 57.6	BOOL	water heater 2	PASTEURIZADOR
FP01H03	E 26.2	BOOL	water heater 3	PASTEURIZADOR
	A 57.7	BOOL	water heater 3	PASTEURIZADOR
FP01LSL01	E 25.4	BOOL	water tank LSL	PASTEURIZADOR
FP01P01	E 25.0	BOOL	beerpump	PASTEURIZADOR
	A 57.0	BOOL	beerpump	PASTEURIZADOR
	AW808	INT	F (0-1000), D (0-27648), L (0-100)	PASTEURIZADOR
FP01P02	E 25.3	BOOL	water circulation pump	PASTEURIZADOR
	A 57.1	BOOL	water circulation pump	PASTEURIZADOR
FP01PT01	EW680	INT	F (0-160), D (0-27648), L (0-800)	PASTEURIZADOR
FP01TT01	EW670	INT	F (-50-250), D (0-27648), L (-50-800)	PASTEURIZADOR
FP01TT02	EW672	INT	F (0-1000), D (0-27648), L (0-1000)	PASTEURIZADOR
FP01TT03	EW674	INT	F (0-1000), D (0-27648), L (100-800)	PASTEURIZADOR
FP01TT04	EW676	INT	F (0-1000), D (0-27648), L (100-800)	PASTEURIZADOR
FP01TT05	EW678	INT	F (0-1000), D (0-27648), L (0-1000)	PASTEURIZADOR
FP01V04	E 25.6	BOOL	valve ini	PASTEURIZADOR
	A 57.3	BOOL	pilot valve	PASTEURIZADOR
FP01V05	E 25.7	BOOL	valve ini	PASTEURIZADOR
	A 57.4	BOOL	pilot valve	PASTEURIZADOR



Continuación Tabla A.8

MESS 56	EW622	INT	F (-50-250), D (0-27648), L (100-800)	PASTEURIZADOR
MESS 57	EW624	INT	F (0-825), D (0-27648), L (100-800)	PASTEURIZADOR
MESS 58	EW626	INT	F (0-1000), D (0-27648), L (100-800)	PASTEURIZADOR

Fuente: Tabla de variables desde el plano eléctrico de la celda de proceso pasteurización de la planta piloto Backus-Ate. Tomado de *Cervecerías Peruanas Backus S.A.A*, por el TESISISTA, 2021.

Tabla A.10: Variables celda de proceso “Agua de Proceso”.

ID ROTULO	DIRECCION	DATO	COMENTARIO	IMAGEN BRAUMAT
ACV01V14	E 1.7	BOOL		AGUA PROCESO
	A 42.5	BOOL		AGUA PROCESO
EX01V03	E 16.1	BOOL	valve ini	AGUA PROCESO
	A 50.4	BOOL	pilotvalve	AGUA PROCESO
HW01FS01	E 4.1	BOOL	flowswitch	AGUA PROCESO
HW01P01	E 4.2	BOOL	pump 1 return	AGUA PROCESO
	A 40.1	BOOL	pump 1	AGUA PROCESO
	AW772	INT	F (0-1000), D (0-27648), L (0-255)	AGUA PROCESO
HW01P02	E 4.3	BOOL	pump 2 return	AGUA PROCESO
	A 40.2	BOOL	pump 2	AGUA PROCESO
	AW774	INT	F (0-1000), D (0-27648), L (0-100)	AGUA PROCESO
HW01PT01	EW516	INT	F (0-3000), D (0-27648), L (0-3000)	AGUA PROCESO
HW01TIC01	EW514	INT	F (0-1000), D (0-27648), L (0-900)	AGUA PROCESO
HW01TT01	EW512	INT	F (0-1000), D (0-27648), L (0-1000)	AGUA PROCESO
HW01V01	E 4.0	BOOL	steamvalve initiator	AGUA PROCESO
	A 40.3	BOOL	steamvalve	AGUA PROCESO
HW01V06	A 40.4	BOOL	control valve	AGUA PROCESO
	AW776	INT	F (0-1000), D (0-27648), L (0-50)	AGUA PROCESO
LT01LT02	EW542	INT	F (0-6000), D (0-27648), L (100-5000)	AGUA PROCESO

Fuente: Tabla de variables desde el plano eléctrico de la celda de proceso agua de proceso de la planta piloto Backus-Ate. Tomado de *Cervecerías Peruanas Backus S.A.A*, por el TESISISTA, 2021.

Tabla A.11: Variables de unidad de “CIP”.

ID ROTULO	DIRECCION	DATO	COMENTARIO	IMAGEN BRAUMAT
CIP01CT01	A 59.3	BOOL	measuring range select.	CIP
	A 59.4	BOOL	measuring range select.	CIP
	EW698	INT	F (0-20000), D (0-27648), L (0-20000)	CIP
CIP01FIC01	E 28.2	BOOL	flow counter	CIP
	EW700	INT	F (0-1500), D (0-27648), L (100-800)	CIP
CIP01FS01	E 28.3	BOOL	flowswitch return	CIP
CIP01LSL01	E 29.6	BOOL	dosingpump desi al	CIP
CIP01LSL02	E 29.5	BOOL	dosingpump acid al	CIP
CIP01LSL03	E 29.4	BOOL	dosingpump caustic al	CIP
CIP01LT01	EW690	INT	F (0-300), D (0-27648), L (22-300)	CIP
CIP01P01	E 29.2	BOOL	dosingpump desi on	CIP
CIP01P02	E 29.1	BOOL	dosingpump acid on	CIP
	A 59.6	BOOL	dosingpump acid	CIP
CIP01P03	A 59.5	BOOL	dosingpump caustic	CIP
	E 29.0	BOOL	dosingpump caustic on	CIP
CIP01TT01	EW692	INT	F (0-1000), D (0-27648), L (100-800)	CIP
CIP01TT02	EW694	INT	F (0-1200), D (0-27648), L (100-800)	CIP
CIP01TT03	EW696	INT	F (0-1200), D (0-27648), L (0-1500)	CIP
CIP01V17	A 59.2	BOOL	steamvalve	CIP
	E 28.4	BOOL	steamvalve	CIP
CIPRP01	A 59.0	BOOL	cip return pump	CIP
CIPRP04	A 59.1	BOOL	cip prerun pump	CIP
	EW552	INT		CIP

Fuente: Tabla de variables desde el plano eléctrico de la celda de proceso CIP de la planta piloto Backus-Ate. Tomado de *Cervecerías Peruanas Backus S.A.A*, por el TESISISTA, 2021.