



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Automatización de una línea de elaboración y
acondicionamiento de fármacos

Drug production and packaging line automation

Autor

Juan Martínez Martínez

Director

Tomás Cortés Arcos

Escuela Universitaria Politécnica La Almunia

Junio 2023



**Escuela Universitaria
Politécnica** - La Almunia
Centro adscrito
Universidad Zaragoza

**ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA
DE LA ALMUNIA DE DOÑA GODINA (ZARAGOZA)**

MEMORIA

Automatización de una línea de elaboración y
acondicionamiento de fármacos

Drug production and packaging line automation

424.22.63

Autor: Juan Martínez Martínez

Director: Tomás Cortés Arcos

Fecha: 06/2023



INDICE DE CONTENIDO BREVE

1. RESUMEN	1
2. ABSTRACT	2
3. INTRODUCCIÓN	3
4. DESARROLLO	7
5. CONCLUSIONES	119
6. BIBLIOGRAFÍA	121

INDICE DE CONTENIDO

1. RESUMEN	1
1.1. PALABRAS CLAVE	1
2. ABSTRACT	2
2.1. KEY WORDS	2
3. INTRODUCCIÓN	3
3.1. MOTIVACIÓN	3
3.2. OBJETO	4
3.3. ANTECEDENTES	4
3.3.1. CINFA Laboratories	4
3.3.2. ABB RobotStudio & Universal Robots	5
4. DESARROLLO	7
4.1. ESTADO DEL ARTE	7
4.1.1. <i>Proceso de elaboración y acondicionamiento de fármacos</i>	7
4.1.1.1. Mezcla de sólidos	8
4.1.1.2. Granulación	9
4.1.1.3. Secado	11
4.1.1.4. Separación de partículas por tamaño	11
4.1.1.5. Reducción tamaño partícula	12
4.1.1.5.1. Compresión	13
4.1.1.6. Acondicionamiento	14
4.1.2. <i>Formas galénicas a emplear</i>	15
4.1.2.1. Comprimidos	15
4.1.2.2. Cápsulas rígidas	16
4.1.3. <i>Sensores</i>	17
4.1.3.1. Características sensores	18
4.1.3.1.1. Eléctricas	19
4.1.3.1.2. Dinámicas	19
4.1.3.1.3. Estáticas	19
4.1.3.2. Tipos de sensores	20
4.1.3.2.1. Capacitivos	20
4.1.3.2.2. Inductivos	21
4.1.3.2.3. Finales de carrera	22
4.1.3.2.4. Fotoeléctricos	22
4.1.3.2.5. De nivel	23

4.1.3.2.6. De flujo	24
4.1.3.2.7. Calidad aire	24
4.1.3.2.8. Presión	24
4.1.3.2.9. Humedad	25
4.1.3.2.10. Temperatura	25
4.1.3.2.11. Enconder	25
4.1.3.2.12. Magnéticos	26
4.1.3.2.13. Ultrasónicos	27
4.1.4. Actuadores	27
4.1.4.1.1. Motores eléctricos	27
4.1.4.1.2. Cilindros hidráulicos	28
4.1.4.1.3. Electroválvulas	30
4.1.4.1.4. Relés y contactores	31
4.1.5. Sistemas de control	33
4.1.5.1. PLC Siemens	37
4.1.5.1.1. Ciclo SCAN y funcionamiento	38
4.1.5.1.2. Arquitectura automática SIMATIC S7-300	39
4.1.5.1.3. Periferia descentralizada	40
4.1.5.1.4. Protocolos de comunicación	40
4.1.5.1.5. SCADA	42
4.1.5.1.6. Panel operador HMI	43
4.1.6. COBOTS & Robots Industriales	43
4.1.6.1. COBOTS	43
4.1.6.2. Robots industriales	44
4.2. DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA	46
4.2.1. Localización de la planta	46
4.2.2. Condiciones de la nave (cálculos & limitaciones PGOU)	46
4.2.2.1. Cálculo ocupación y edificabilidad	48
4.2.3. Elección y visualización de la nave en mapas	49
4.2.4. Zonas de la nave, superficies y personal	50
4.2.4.1. Nave elaboración fármacos	50
4.2.4.2. Nave acondicionamiento fármacos	51
4.3. SELECCIÓN COMPONENTES	53
4.3.1. Maquinaria	53
4.3.1.1. Granuladora y secadora	53
4.3.1.2. Tamizadora	57
4.3.1.3. Mezcladora & Prensa / Inyectadora de cápsulas	59
4.3.1.3.1. Mezcladora & Prensa	59
4.3.1.3.2. Encapsuladora	63

INDICES

4.3.1.4. Blisteadora acondicionamiento primario	66
4.3.1.5. Blisteadora acondicionamiento secundario	69
4.3.1.6. Cintas transportadoras	72
4.3.1.7. Robot Industrial	73
4.3.2. Sensores	75
4.3.2.1. Capacitivo	75
4.3.2.2. De nivel	76
4.3.2.3. Flujo de aire	77
4.3.2.4. Fococélulas	78
4.3.2.4.1. Largo alcance	78
4.3.2.4.2. Corto alcance	79
4.3.3. Distribución de componentes en la nave	81
4.4. CONTROL AUTOMATIZADO DE LA LÍNEA	83
4.4.1. Selección de elementos	83
4.4.2. Simulación SIMATIC STEP 7	89
4.5. SIMULACIÓN PALETIZADO	101
4.5.1. Análisis DAFOS	101
4.5.2. Proceso simulación Robot Industrial	102
4.5.3. Explicación de la lógica estación y programación RAPID	110
4.5.4. Simulación final Robot Industrial IRB-4600	116
5. CONCLUSIONES	119
6. BIBLIOGRAFÍA	121

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Planta de Olloki Cinfa (CinfaSalud, 2015b)	5
Ilustración 2. Proceso fabricación genérico industria farmacéutica (Tait, 2012) ..	7
Ilustración 3. Etapas compresión partículas secundarias porosas	9
Ilustración 4. Esquema proceso granulación vía húmeda (Lozano, 2021)	10
Ilustración 5. Fabricación comprimidos gran. vía húmeda (Hernández, 2012b) .	10
Ilustración 6. Esquema proceso granulación vía seca (Lozano, 2021)	11
Ilustración 7. Métodos generales de reducción tamaño partícula	13
Ilustración 8. Etapas compresión partículas primarias no porosas	13
Ilustración 9. Partículas elásticas y plásticas frente a fuerza compresiva	14
Ilustración 10. Comprimidos paracetamol Cinfa 650 mg	15
Ilustración 11. Cápsula rígida acitretina IFC 25mg abierta.....	16
Ilustración 12. Cápsula rígida Probiolac de Zinc abierta	17
Ilustración 13. Sensor capacitivo (eudim.uta, s. f.)	20
Ilustración 14. Dieléctrico sensor capacitivo (Lab-Volt, 2001)	21
Ilustración 15. Operación de un interruptor inductivo (Lab-Volt, 2001)	21
Ilustración 16. Esquema sensor inductivo (Lab-Volt, 2001)	22
Ilustración 17. Finales de carrera (eudim.uta, s. f.).....	22
Ilustración 18. Modos detección fotoeléctrico (Lab-Volt, 2001)	23
Ilustración 19. Motor de corriente continua (DC) (Uvigo, s. f.).....	28
Ilustración 20. Motor de corriente alterna (asíncrono) (Uvigo, s. f.).....	28
Ilustración 21. Cilindro hidráulico simple efecto	29
Ilustración 22. Cilindro hidráulico doble efecto.....	30
Ilustración 23. Electroválvula de acción directa (Rodavigo, s. f.)	31
Ilustración 24. Contactores y relés (Uniovi, s. f.)	32
Ilustración 25. Simbología contactores (Uniovi, s. f.).....	33
Ilustración 26. Componentes de un sistema de control (Efraín, 2007)	34

INDICES

Ilustración 27. Lógica cableada a lógica programada (SEAS, 2018)	35
Ilustración 28. Elementos en un sistema de control (Efraín, 2007)	35
Ilustración 29. Arquitectura típica autómatas programables (Mateos, 2001).....	37
Ilustración 30. Operativa PLC (Mateos, 2001).....	38
Ilustración 31. Diagrama arquitectura PLC	39
Ilustración 32. Ejemplo periferia descentralizada ET200S (ETITUDELA, s. f.)	40
Ilustración 33. Comparativa buses basados en Ethernet (Caler, 2015).....	42
Ilustración 34. Cobot E-Series Polivalente (Universal Robots, 2018)	44
Ilustración 35. Robot Antropomorfo EDS Robotics (EDS Robotics, 2020a)	45
Ilustración 36. Trayecto de Zaragoza a Cuarte de Huerva	46
Ilustración 37. Plano PGOU Cuarte de Huerva (Ayto Cuarte de Huerva, 2007) ..	49
Ilustración 38. Zona Plano 4 PGOU (Ayto Cuarte de Huerva, 2007)	49
Ilustración 39. Parcela seleccionada en suelo industrial Cuarte de Huerva	50
Ilustración 40. Granulación compacta BFS240 y GMA600 (L.B.Bohle, 2023a)	53
Ilustración 41. Granulación alto cizallamiento GMA 600 (L.B.Bohle, 2023c).....	54
Ilustración 42. Interior GMA 600 (L.B.Bohle, 2023c)	55
Ilustración 43. Cuchillas internas GMA 600 (L.B.Bohle, 2023c)	55
Ilustración 44. Secador de lecho fluidizado BFS 240 (L.B.Bohle, 2023b)	56
Ilustración 45. Spray tangencial de secador lecho fluidizado (L.B.Bohle, 2023b)	56
Ilustración 46. Tecnología innovadora BFS (L.B.Bohle, 2023b)	57
Ilustración 47. Proceso Wurster ordinario BFS (L.B.Bohle, 2023b)	57
Ilustración 48. Tamizadora - BTS 200 (L.B.Bohle, 2023d)	58
Ilustración 49. Interior tamizador - BTS 200 (L.B.Bohle, 2023d).....	59
Ilustración 50. Mezclador tipo V - U-53 CBF (United Pharmatek, 2022a).....	60
Ilustración 51. Interior mezclador tipo V - U-53 CBF (United Pharmatek, 2022a)	60
Ilustración 52. Tableteadora Fette Compacting 2200i (Fette Compacting, s. f.)	61
Ilustración 53. Interior Fette Compacting 2200i (Fette Compacting, s. f.)	63

Ilustración 54. Encapsuladora alta velocidad UAF-2500C (United Pharmatek, 2022b)	63
Ilustración 55. Funcionamiento encapsuladora (United Pharmatek, 2022b)	65
Ilustración 56. Principio funcionamiento encapsuladora (United Pharmatek, 2022b) ..	65
Ilustración 57. Blisteadora acondicionamiento primario DPH260 (Jornen, 2018a) ...	66
Ilustración 58. Estación de formación blíster (Jornen, 2018a)	67
Ilustración 59. Formación final de blíster (Jornen, 2018a)	68
Ilustración 60. Estación de sellado rotativo (Jornen, 2018a)	68
Ilustración 61. Estación de corte (Jornen, 2018a)	69
Ilustración 62. Blisteadora acondicionamiento secundario ZH300 (Jornen, 2018b) .	69
Ilustración 63. Contador blísters - ZH300 (Jornen, 2018b)	70
Ilustración 64. Estuchadora blísters - ZH300 (Jornen, 2018b)	71
Ilustración 65. Módulo final - ZH300 (Jornen, 2018b)	71
Ilustración 66. Cinta Transportadora - AquaPruf 7600 (Dorner, 2023)	72
Ilustración 67. Robot Industrial - IRB 4600-20/2.5 (ABB Robotics, 2023)	73
Ilustración 68. Sensor capacitivo (Automation24, s. f.)	75
Ilustración 69. Sensor de nivel capacitivo (TrueCap, s. f.)	76
Ilustración 70. Sensor Flujo de aire (Farnell, s. f.)	77
Ilustración 71. Focélula de largo alcance (RS PRO, s. f.-a)	78
Ilustración 72. Focélula corto alcance (RS PRO, s. f.-b)	80
Ilustración 73. Distribución maquinaria Nave 1	81
Ilustración 74. Distribución maquinaria Nave 2	82
Ilustración 77. Unidad lógica control autómatas programables	87
Ilustración 78. Ilustración 36. Unidad lógica control periferia descentralizada ...	87
Ilustración 79. Conexión maestro-esclavo PROFIBUS-DP	88
Ilustración 80. Conexión estación-HMI en la red PROFIBUS	88
Ilustración 81. Configuración redes SIMATIC	89
Ilustración 82. Menú principal SCADA	90

INDICES

Ilustración 83. Formulación SCADA	90
Ilustración 84. PLCSIM Entradas/Salidas	91
Ilustración 85. Activación formulación SCADA	91
Ilustración 86. Naves SCADA	92
Ilustración 87. Pantalla Nave 1 SCADA	93
Ilustración 88. Activación funcionamiento automático Nave 1 SCADA	94
Ilustración 89. Funcionamiento automático Nave 1 SCADA.....	94
Ilustración 90. Selección procesos Nave 1 SCADA	95
Ilustración 91. Control manual primer proceso Nave 1 SCADA.....	96
Ilustración 92. Control manual creación comprimidos Nave 1 SCADA	96
Ilustración 93. Control manual creación cápsulas SCADA	97
Ilustración 94. Pantalla Nave 2 SCADA	98
Ilustración 95. Selección proceso Nave 2 SCADA	99
Ilustración 96. Acondicionamiento primario Nave 2 SCADA	99
Ilustración 97. Acondicionamiento secundario Nave 2 SCADA.....	100
Ilustración 98. Activación paro emergencia SCADA	100
Ilustración 99. Proceso Simulación RI - Menú de Inicio	102
Ilustración 100. Proceso Simulación RI - Elementos de inicio.....	103
Ilustración 101. Proceso Simulación RI - Herramienta MyTool	103
Ilustración 102. Proceso Simulación RI - Colocación MyTool en robot	104
Ilustración 103. Proceso Simulación RI - Caja referencia blíster.....	104
Ilustración 104. Proceso Simulación RI - Creación objetos inteligentes.....	105
Ilustración 105. Proceso Simulación RI - Añadir sensores	105
Ilustración 106. Proceso Simulación RI - Plane sensor ajuste	106
Ilustración 107. Proceso Simulación RI - Linear sensor cinta	106
Ilustración 108. Proceso Simulación RI - Linear sensor acoplar MyTool.....	107
Ilustración 110. Proceso Simulación RI - MyTool acoplado robot.....	107

Ilustración 111. Proceso Simulación RI – Entradas y salidas digitales IRB	108
Ilustración 112. Proceso Simulación RI – Sincronización con estación	108
Ilustración 113. Punto de actuación movimiento paletizado	109
Ilustración 114. Path del movimiento del RI	109
Ilustración 115. Proceso Simulación RI – Lógica estación cinta transportadora	110
Ilustración 116. Lógica estación final	111
Ilustración 117. Sincronización RAPID del Path Paletizado y Reposo	111
Ilustración 118. Main RAPID 1	112
Ilustración 119. Modificación Path Paletizado	113
Ilustración 120. Lógica estación final	113
Ilustración 121. Lógica estación Ventosa	113
Ilustración 122. Offset RAPID Path Paletizado	114
Ilustración 123. Main RAPID 2	115
Ilustración 124. Simulación estación paletizado 1	116
Ilustración 125. Simulación estación paletizado 2	116
Ilustración 126. Simulación estación paletizado 3	117
Ilustración 127. Simulación estación paletizado 4	117
Ilustración 128. Simulación estación paletizado 5	118
Ilustración 129. Reseteo simulación estación paletizado	118

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Maquinaria por unidad lógica control.....	83
Tabla 2. Entradas digitales CPU 314C-2 PN/DP	84
Tabla 3. Salidas digitales CPU 314C-2 PN/DP	85
Tabla 4. Entradas digitales ET-200B.....	85
Tabla 5. Salidas digitales ET-200B	86
Tabla 6. Análisis DAFO COBOTS.....	101
Tabla 7. Análisis DAFO Robots Industriales	101

1. RESUMEN

Este trabajo se basa en el diseño y automatización de una línea de elaboración y acondicionamiento de fármacos de forma que esta sea lo más eficiente posible.

El desarrollo de este trabajo consta de diferentes apartados, el primero de ellos será la búsqueda de información acerca del sector farmacéutico para poder entender cómo funciona una planta farmacéutica.

Después me adentraré en el diseño de la línea, en el que se seleccionan los elementos necesarios para la planta y se crea una distribución en planos lo más adecuada posible.

Ya realizado el diseño se realiza la automatización de la línea de manera que se controlen los elementos a través de autómatas programables. En mi caso utilizaré un SIMATIC S7-300 utilizando lenguaje de programación AWL. A continuación, se realiza un SCADA controlado a través de un HMI Panel utilizando WinCC Flexible.

Por último, se realiza la programación de la paletización final de la línea por un robot industrial a través del simulador software específico RobotStudio.

1.1. PALABRAS CLAVE

- Forma galénica
- Comprimido
- Cápsulas rígidas
- Principio Activo
- Excipiente
- Blíster
- SCADA
- HMI Panel
- Robot industrial
- COBOT

2. ABSTRACT

This work is based on the design and automation of a pharmaceutical processing and conditioning line, in order to make it as efficient as possible. The development of this work consists of different sections, the first of which will be the search for information about the pharmaceutical sector in order to understand how a pharmaceutical plant works.

Afterwards, I will delve into the design of the line, where the elements used will be justified and a suitable layout will be created on plans.

Once the design is completed, the line will be automated so that the elements are controlled through programmable logic controllers (PLCs), in my case, I will use a SIMATIC S7-300 using AWL programming language. Next, a SCADA system controlled through an HMI panel will be created using WinCC Flexible.

Finally, the programming of the final palletization of the line by an industrial robot will be carried out through a specific software simulator.

2.1. KEY WORDS

- Galenic form
- Tablet
- Hard capsules
- Active ingredient
- Excipient
- Blister
- SCADA
- HMI Panel
- Industrial robot
- COBOT (Collaborative Robot)

3. INTRODUCCIÓN

En la historia del ser humano siempre ha habido una evolución tecnológica, pero esta dio un salto significativo a partir del siglo XVIII en el que se produjo la revolución industrial. En esta primera etapa también llamada industria 1.0, concretamente en 1769, se creó la primera máquina a vapor y más tarde en 1801 el primer telar automático en el que se usaban tarjetas perforadas que revolucionó la industria textil. La industria siguió evolucionando hasta que apareció personajes como Henry Ford en la industria automotriz que revolucionaron la producción de los automóviles generando una producción en cadena en la que usaban maquinaria de producción con controles eléctricos, esto generó la llamada lógica cableada que propició el cambio a la industria 2.0.

La industria 3.0 apareció con el PLC, en la que la lógica en vez de ser cableada es programada y facilita mucho las cosas ya que no hace falta cambiar el sistema físicamente, sino que hay que cambiar el programa.

El último paso revolucionario en la industria hasta la fecha es la industria 4.0 caracterizada por la implementación del IoT (Internet of Things), es decir la conexión de dispositivos a través de su software, sensores y otras tecnologías usando el Internet.

La aparición de la industria farmacéutica aparece como tal en el siglo XIX, en el que se empiezan a investigar y formular medicamentos. A mediados de este siglo es cuando se empieza a clasificar los medicamentos según sus parecidos químicos. A partir del siglo XX la farmacología da un salto exponencial y se adentra en la sociedad como una nueva disciplina que se rigen a través de normativa gracias a organismos reguladores. (Agudelo, 2013)

3.1. MOTIVACIÓN

Mi interés sobre la industria farmacéutica y su automatización surgió a raíz de la pandemia del COVID-19 en la que el papel de esta industria era indispensable para que hubiese suficiente abastecimiento de medicamentos para la población.

De forma que a través de este trabajo se podrán aplicar conocimientos teóricos y prácticos aprendidos a lo largo de la carrera e ir resolviendo los problemas que surjan a lo largo de su desarrollo.

3.2. OBJETO

Para llevar a cabo un trabajo lo más fidedigno posible a las líneas farmacéuticas actuales, lo primero es realizar una búsqueda de información del sector farmacéutico y filtrar la información relevante para el trabajo.

Después diseñar los planos de la nave y seleccionar la maquinaria necesaria con sus diferentes elementos.

Por último, se realizará la programación necesaria para poder controlar de forma automatizada todo el sistema basándonos en una correcta aplicación de los conocimientos aprendidos.

Todo este desarrollo de proyecto se mostrará en la memoria y el resto de documentación técnica necesaria en los anexos.

3.3. ANTECEDENTES

3.3.1. CINFA Laboratories

CINFA es una empresa creada en 1969 de gran renombre a nivel internacional y sobre todo en España. Esta empresa que se dedica a la industria farmacéutica tiene más de 2000 empleados y su sede se sitúa en Navarra liderando en número de unidades farmacéuticas a nivel nacional. Su función principal es la fabricación y distribución de medicamento específicos y genéricos, que se pueden dividir en: medicamentos con receta, medicamentos sin receta, medicamentos naturales, de movilidad y cuidado personal. Algunos de sus medicamentos más conocidos y vendidos como comprimidos son el paracetamol o ibuprofeno y como cápsulas el metamizol (conocido como nolotil con otro fabricante).

Un proceso común de elaboración de fármacos en esta planta consta de las siguientes fases:

La primera de ellas es climatizar adecuadamente las instalaciones de la planta para que los niveles de temperatura y humedad se estabilicen y sean óptimos para la fabricación de los fármacos.

Después se pesan los principios activos y excipientes que se necesitan para la formulación de los fármacos que se van a fabricar.

Una vez que tengamos el material necesario se empieza con la elaboración en sí de los fármacos a través de un proceso de granulación, mezclado y tamizado. En dicho proceso primero se

granulan los principios activos a versiones más pequeñas del mismo, después se realiza un proceso de tamizado en el que se homogeniza el tamaño de los gránulos y el último paso en este proceso es la mezcla de principios activos con excipientes en un mezclador rotativo para crear la formulación del fármaco establecida previamente.

Ahora se pasará a la compresión de los gránulos formados para crear los comprimidos en su forma final

La última fase es el recubrimiento de estos fármacos que depende de si es necesario o no, esto se hace para dar color a los mismo y/o proteger los comprimidos de factores externos. (CinfaSalud, 2015a)



Ilustración 1. Planta de Oloki Cinfa (CinfaSalud, 2015b)

3.3.2. ABB RobotStudio & Universal Robots

ABB es una empresa multinacional suiza que se dedica a la fabricación de equipos y sistemas de automatización y robótica, así como a la energía y las tecnologías digitales.

ABB RobotStudio es el software simulador de ABB para la programación de robots industriales. El entorno de programación de este simulador es gráfico por lo que no es necesario altos conocimientos de programación para utilizar la herramienta.

Este programa es compatible con la mayoría de los robots industriales de ABB y con las operaciones que realizan por lo que es muy útil ya que te permite realizar pruebas antes de implementar el programa en la línea de producción. De esta forma se reduce considerablemente los errores como el tiempo de inactividad causados por los mismos y por ende mejorar la producción y el producto final.

Introducción

Otra de las funciones más comunes de este simulador es la optimización de los robots mediante la simulación en diferentes escenarios lo cual ayuda a mejorar los problemas de producción y mejorar su eficiencia. (RobotStudio, 2022)

Universal Robots es una compañía líder en la fabricación y desarrollo de robots colaborativos, que están diseñados para trabajar junto a los humanos en diferentes entornos de producción. Los robots de Universal Robots son fáciles de usar, flexibles y seguros, y están disponibles en diferentes tamaños y capacidades de carga útil.

Estos robots pueden ser utilizados para tareas como ensamblaje, empaquetado, paletización, soldadura, corte, manipulación de materiales, inspección de calidad, entre otras.

Además, la plataforma de software de la compañía permite a los usuarios programar y controlar los robots de forma remota, y se pueden integrar fácilmente con otros equipos y sistemas de producción. (UniversalRobots, 2022)

4. DESARROLLO

4.1. ESTADO DEL ARTE

4.1.1. Proceso de elaboración y acondicionamiento de fármacos

Lo primero a tener en cuenta en un proceso de elaboración de fármacos es el principio activo, el cual se puede obtener de diferentes maneras, las más típicas son las siguientes: síntesis química, origen animal, procesos microbiológicos, fermentación, etc.

Una vez obtenido el principio activo se procederá a la fabricación según la vía de administración prescrita, que puede ser una de las siguientes (Tait, 2012):

- Comprimidos
- Cápsulas gelatinosas flexibles o rígidas
- Comprimidos especiales
- Otras formas sólidas orales
- Formas por otras vías de administración: pulmonar, ocular, rectal, vaginal...



Ilustración 2. Proceso fabricación genérico industria farmacéutica (Tait, 2012)

Para transformar la formulación de principio activo y excipientes a estas formas intervienen las operaciones básicas del proceso. Las operaciones más comunes para las formas galénicas típicas son las siguientes (Lozano, 2021):

- Mezcla de sólidos
- Granulación (aglomeración particular)
- Secado (deseccación y atomización)
- Separación de partículas por tamaño
- Reducción del tamaño partícula
- Acondicionamiento

4.1.1.1. Mezcla de sólidos

Paso muy importante en la fabricación de un medicamento ya que dotamos de las propiedades adecuada a través de la homogeneización de diferentes componentes.

Existen diferentes tipos de mezcla:

Mezcla positiva

Están compuestas por materiales como gases o líquidos miscibles que pueden mezclarse espontáneamente e irreversiblemente por difusión, y tienden a aproximarse a una mezcla perfecta.

En general, los materiales que se mezclan mediante un mezclado positivo no suelen presentar problemas durante la fabricación del producto.

Mezcla negativa

En este tipo de mezclas los compuestos tienden a separarse. La fuerza de cohesión es alta. Se requerirá mayor energía para conseguir la adecuada dispersión;

Generalmente, las mezclas negativas son más difíciles de producir y de mantener, y requieren un mayor grado de mezclado que las mezclas positivas.

Mezclas neutras

Estas mezclas se comportan de manera estática, ya que sus compuestos no tienen tendencia a mezclarse o disgregarse espontáneamente, y es necesario un mayor esfuerzo para mezclarlos. En este tipo de mezcla suelen incluir la mezcla de sólidos, pastas y

pomadas o ungüentos. Es importante señalar que, durante el proceso de mezclado, el tipo de mezcla puede variar. (Lozano, 2021)

4.1.1.2. Granulación

La granulación (aglomeración particular) Se trata de la unión de partículas primarias para formar pequeñas estructuras llamadas gránulos. Estos gránulos pueden ser de diferentes tamaños y es probable que haya que tamizarlos posteriormente. Este proceso comprende una compresión también denominada como compresión de partículas secundarias. (Lozano, 2021)

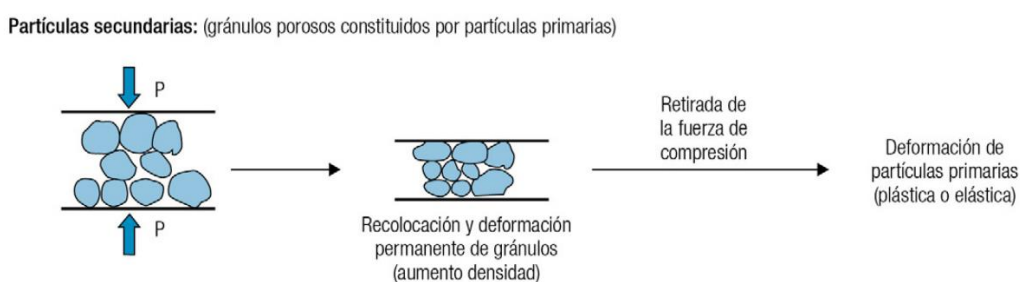


Ilustración 3. Etapas compresión partículas secundarias porosas

Granulación por vía húmeda

Es la más común de todas y es más conveniente para materiales que requieren una mayor cohesión y uniformidad en la distribución del tamaño de partícula.

Después del mezclado inicial del producto activos y excipientes, en este tipo de granulación lo determinante es la adición de un líquido (que puede tener algún aglutinante), o que el aglutinante haya sido mezclado previamente para formar una pasta o masa. Después se procede al granulado en el que la masa generada pasa a través de un proceso de aglomeración, que generalmente se basa en el uso de una prensa. En este caso, la humedad ayuda a unir las partículas y formar gránulos uniformes. Y por último se realiza un secado de las partículas. (Lozano, 2021)

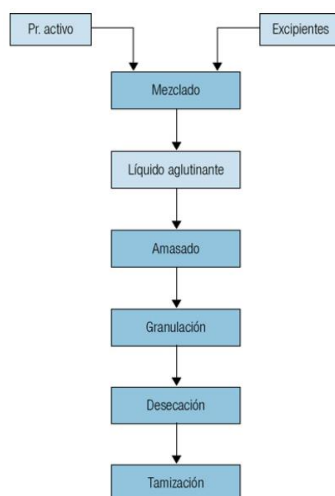


Ilustración 4. Esquema proceso granulación vía húmeda (Lozano, 2021)

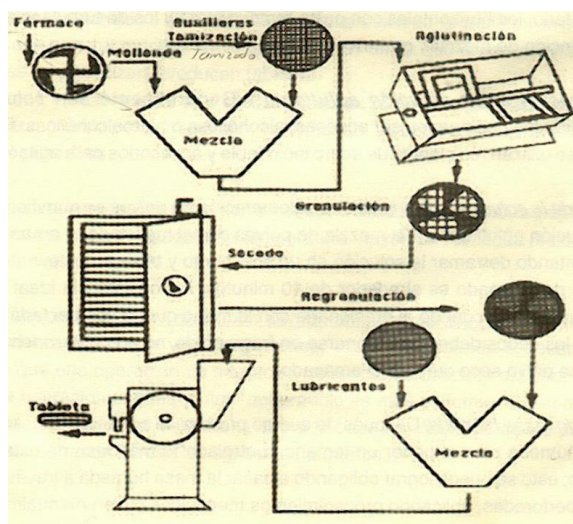


Ilustración 5. Fabricación comprimidos gran. vía húmeda (Hernández, 2012b)

Granulación por vía seca

Este tipo de granulación es más adecuada para materiales sensibles a la humedad. Después de la mezcla inicial que provoca comprimidos muy grandes de poco espesor para poder fracturarlos fácilmente. Mas tarde se procede a la compactación y fractura de los mismos, es decir, granulación por vía seca implica la mezcla de los ingredientes secos y luego la aplicación de una fuerza para formar los gránulos. El proceso de aglomeración se logra utilizando la fuerza de compresión, la vibración o la rotación, y a veces se agrega un agente de ligadura seco. Este proceso es útil cuando se desea evitar la humedad, porque no se agrega agua durante el proceso.

Por último, se procedería a realizar un tamizado para obtener un tamaño de gránulo homogéneo. (Lozano, 2021)

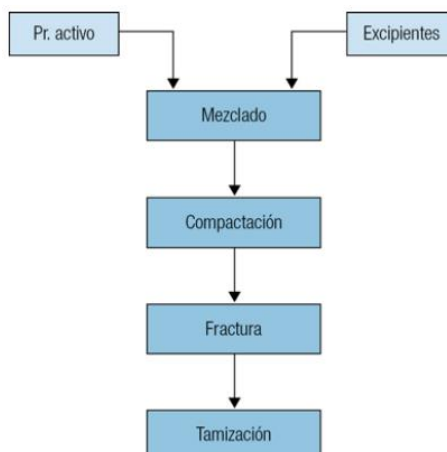


Ilustración 6. Esquema proceso granulación vía seca (Lozano, 2021)

Pellets

Los pellets pueden definirse como pequeños gránulos, entre 0,5mm y 1,5mm, de forma esférica. Lo primero es mezcla de componentes sólidos y su humectación con fase líquida, igual que granulación vía húmeda, pero con la diferencia de que se añade más solución aglutinante para obtener masa más húmeda que en la granulación estándar. Con esto se obtienen agregados de forma cilíndrica pasando la masa por un proceso de extrusión (por un tamiz). (Lozano, 2021)

4.1.1.3. Secado

El proceso de secado en la fabricación de comprimidos es una etapa crucial que tiene lugar después de la compresión del polvo. Consiste en eliminar la humedad del comprimido para mejorar su estabilidad y aumentar su vida útil.

El proceso de secado se realiza mediante la exposición de los comprimidos a aire caliente o mediante la aplicación de un flujo de aire caliente en una cámara de secado. La temperatura y el tiempo de secado se controlan cuidadosamente para evitar la degradación o deformación del comprimido. (Lozano, 2021)

4.1.1.4. Separación de partículas por tamaño

El proceso de separación de partículas por tamaño se refiere a la separación de partículas sólidas de diferentes tamaños utilizando diferentes técnicas. El objetivo es separar partículas grandes de

partículas pequeñas para obtener una mezcla homogénea o para recuperar partículas de tamaño específico. El proceso de separación puede implicar el uso de métodos físicos como (Lozano, 2021):

- Tamizado
- Sedimentación
- Centrifugación
- Métodos basados en propiedades específicas de las partículas, como la densidad, la carga eléctrica o la forma

El proceso de tamizado implica el uso de una malla con aberturas de tamaño específico para separar partículas grandes de partículas pequeñas.

La sedimentación se basa en la densidad de las partículas, donde las partículas más pesadas se asientan más rápido en una solución líquida.

La centrifugación utiliza la fuerza centrífuga para separar partículas en función de su tamaño y densidad. (Lozano, 2021)

4.1.1.5. Reducción tamaño partícula

Esta operación también conocida como triturado o molienda tiene como objetivo obtener un tamaño de partículas sólidas menor. Esto sirve para pasar partículas sólidas a partículas en polvo, lo cual facilitará su posterior mezcla entre otros. Esta reducción de partícula se produce mediante fractura de las partículas a través de un elemento que las presione. Al aplicar esta técnica tendremos mayor número de partículas y la superficie total. Existen varias técnicas entre las cuales destacan (Lozano, 2021):

- Compresión: reducción de sólidos duros. Se utilizan trituradores bastos o intermedios y molinos.
- Impacto o golpeo: pulverización que producen diferentes tamaños. Se utilizan molinos: de martillo o vibración; o pulverizadores.
- Rozamiento o erosión; para materiales finos y blandos se produce un rozamiento que va reduciendo el tamaño. Se utilizan cilindros de alta velocidad.
- Cortado: tamaño prefijado de partícula. Se usan máquinas de corte o molinos de hélice y cuchillas.

- Impacto y rozamiento: Se utilizan molinos de rodillos, de bolas, de barras, o de rulos.
- (Desgarramiento: materiales blandos)

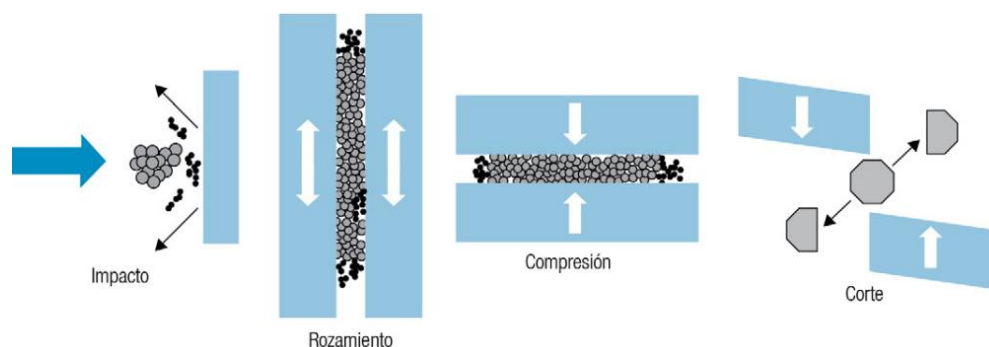


Ilustración 7. Métodos generales de reducción tamaño partícula

4.1.1.5.1. Compresión

El término compresión o también llamado compresión de partículas primarias, consiste en la pulverización o para aglutinar y crear compactados a partir de particular individuales a través de una fuerza externa. Al aplicar una fuerza externa sobre un material en polvo se obtiene un aglomerado estable a partir de su capacidad de compresión, que es la capacidad de disminuir el volumen quitando el aire intermedio. Esta operación sirve para las siguientes funciones (Lozano, 2021):

- Disminución tamaño partículas
- Obtención aglomerados en etapas de granulación por vía seca
- Obtención de gránulos para cápsulas
- Obtención comprimidos

Estudio físico del proceso de compresión:

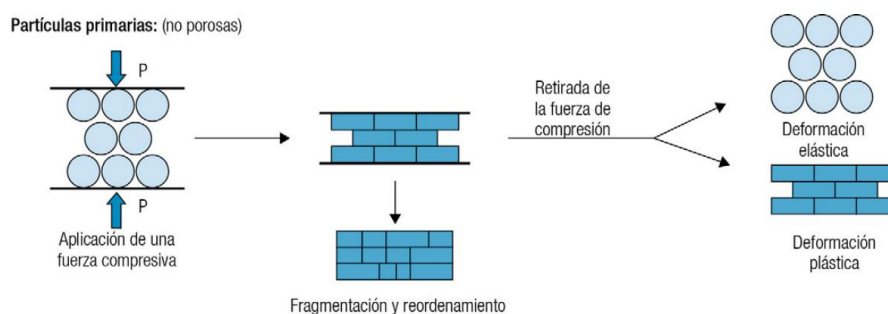


Ilustración 8. Etapas compresión partículas primarias no porosas

Las diferencias entre deformaciones se pueden observar en la siguiente imagen:

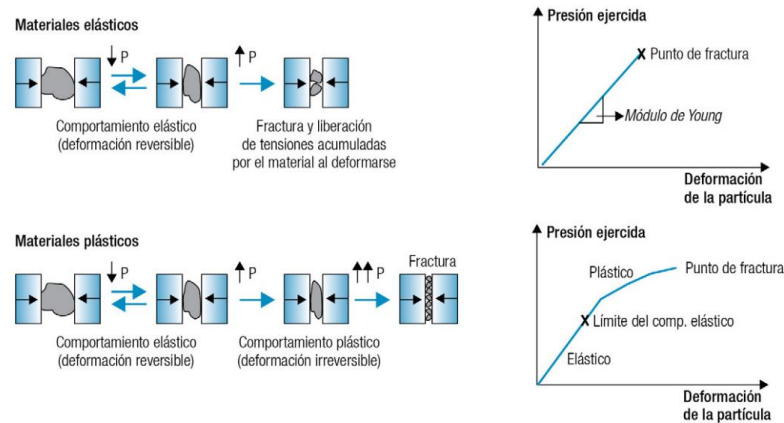


Ilustración 9. Partículas elásticas y plásticas frente a fuerza compresiva

4.1.1.6. Acondicionamiento

El proceso de acondicionamiento en la fabricación de medicamentos se divide en dos etapas principales: acondicionamiento primario y acondicionamiento secundario. Ambas etapas de acondicionamiento son críticas para garantizar la calidad, la estabilidad y la seguridad del medicamento durante todo el ciclo de vida del producto.

El acondicionamiento primario se refiere al envase directo del medicamento en su envase final, que está en contacto directo con el producto. Pueden ser frascos de vidrio, ampollas, jeringas precargadas, bolsas de infusión, blísters, entre otros. El acondicionamiento primario tiene la función principal de proteger el medicamento de la luz, la humedad y las impurezas externas, y en algunos casos de la interacción con el material del envase.

El material de los blísters tiene que ser uno de los siguientes materiales: PV, PVDc, cicloelinas, fluoropolímeros

El acondicionamiento secundario se refiere al embalaje exterior del medicamento y al etiquetado. Pueden ser cajas, estuches, folletos, etiquetas, etc. El objetivo del acondicionamiento secundario es proteger el acondicionamiento primario durante el transporte y el almacenamiento, y brindar la información necesaria al paciente o al usuario del medicamento. (Lozano, 2021)

4.1.2. Formas galénicas a emplear

En la línea farmacéutica de este proyecto se fabricará dos tipos de formas galénicas: comprimidos y cápsulas. Estas formas se crearán a partir de fases diferentes. Para los comprimidos un proceso de compresión y para las cápsulas un proceso de inyección de gránulos en el interior de dichas cápsulas y acoplamiento y sellado del envase de las mismas.

4.1.2.1. Comprimidos

Como comprimidos fabricaremos paracetamol que es uno de los medicamentos comunes más vendidos y utilizados a nivel global. Este medicamento sirve para reducir el dolor y la fiebre.



Ilustración 10. Comprimidos paracetamol Cinfa 650 mg

El principio activo es paracetamol, pero además contiene almidón de maíz pregelatinizado sin gluten, ácido esteárico, povidona, crospovidona, celulosa microcristalina (E-460) y estearato de magnesio de origen vegetal.

Respecto al aspecto del producto y contenido del envase se distribuye en forma de comprimidos oblongos, biconvexos, ranurados de color blanco de forma oral, tal y como aparece en la siguiente imagen:

Los envases contienen 20 o 40 comprimidos, cuyos blísteres son de PVC-PVDC/ALU. (CIMA, 2022b)

4.1.2.2. Cápsulas rígidas

Las cápsulas rígidas junto con los comprimidos son una de las formas galénicas más comunes de distribuir. Estas cápsulas están formadas de una pequeña capa de gelatina fácilmente soluble con la saliva y los jugos del estómago, de esta forma el contenido queda expuesto y es absorbido por el organismo.

El contenido de las cápsulas puede tener muchas administrarse de diferentes formas, las principales son las siguientes (Hernández, 2012a):

- Mezcla de pellets
- Polvo, granulados
- Comprimidos
- Pellets, tipo 2
- Cápsulas internas
- Pasta

Los gránulos son la forma más común de relleno y están constituidos por una mezcla de principios activos y excipientes. Normalmente no hace falta añadir ninguna sustancia auxiliar más ir en ocasiones hace falta añadir diluyentes, deslizantes, lubricantes, absorbentes, otros excipientes o humectantes. (Hernández, 2012a)

Lo más común es que sean pequeños gránulos como se puede comprobar en el caso de la acitretina IFC 25mg o en Probiolac de Zinc:



Ilustración 11. Cápsula rígida acitretina IFC 25mg abierta



Ilustración 12. Cápsula rígida Probiolac de Zinc abierta

En nuestro caso administraremos Nolotil, utilizados principalmente para aliviar el dolor y reducir la fiebre. El principio activo es el metamizol, es un analgésico y antipirético que se utiliza para aliviar el dolor y reducir la fiebre. Se usa comúnmente para tratar dolores de cabeza, dolores musculares, dolores menstruales y otras dolencias.

Respecto al aspecto del producto y contenido del envase se administran en cápsulas de gelatina dura, oblongas, con cuerpo y tapa opacas acondicionadas en blíster.

Estos envases contienen 10, 20 o 500 cápsulas duras. (CIMA, 2022a)

4.1.3. Sensores

Se denomina sensor a todo dispositivo que puede transformar señales físicas en señales eléctricas, de manera que es capaz de detectar o señalar una condición de cambio

En un sistema sensor se emite una señal eléctrico normalizada a través de una variable física la cual el elemento sensor es capaz de transformar a señal eléctrico y a través de un circuito electrónico de acondicionamiento de la señal se obtiene la señal final normalizada.

La detección de estos cambios puede ser discreta o análoga. En las detecciones discretas lo que detecta es la presencia o no presencia del elemento a detectar mientras que la detección análoga mide una magnitud física capaz de medirse.

Un sensor ideal sería aquel cuya señal es exactamente proporcional a la magnitud medida sin contar con factores externos sin embargo en

la vida real nunca ocurre esto y hay que tener siempre en cuenta las condicionales ambientales y otras variaciones.

Los sensores se pueden clasificar de diferentes maneras:

Según información

- Discreto
- Continuo

Según tipo de señal

- Digital
- Analógico

Según principio físico

- Resistivo
- Inductivo
- Capacitivo
- Piezoeléctricos
- Ultrasónicos

Según magnitud a medir

- Presencia
- Posición
- Velocidad
- Presión
- Nivel
- Fuerza

4.1.3.1. Características sensores

La tensión de alimentación se suele encontrar en 24 V pero puede encontrarse entre 10 y 90V.

La intensidad máxima variará de 150 mA a 250 mA y dependerá del tamaño de los mismos.

La calibración de los sensores se realiza mediante el ajuste de salidas ante valores conocidos.

4.1.3.1.1. Eléctricas

Pueden clasificarse según el tipo de salida o el tipo de conexión.

Respecto al tipo de salida puede ser salida a relé (tipo NA o NC), salida a transistores con colector abierto o salida a triac (en este caso para corriente alterna)

Según el tipo de conexión pueden ser a tres hilos o a dos hilos.

4.1.3.1.2. Dinámicas

Las características dinámicas del sensor son las que describen el comportamiento del mismo cuando su entrada es variable. Dentro de las características dinámicas encontramos el error dinámico y la velocidad tiempo de respuesta. El error dinámico es aquel que se produce hasta la respuesta estable de la señal. Mientras que la velocidad del tiempo de respuesta es el tiempo que transcurre desde que se detecta el objeto o el estímulo de entrada en el rango de detección del dispositivo hasta el cambio de estado en la salida.

4.1.3.1.3. Estáticas

Las características estáticas serían aquellas que describen el comportamiento del sensor en régimen permanente. Dentro de las características estáticas encontramos la sensibilidad, la resolución, el umbral, la exactitud, la repetitividad y la linealidad.

- Sensibilidad: relación entre el cambio en la salida del sensor y el cambio correspondiente en la entrada.
- Resolución: mínimo cambio que puede detectar el sensor, es decir, cantidad de detalles que puede capturar. Cuanto mayor sea la resolución de un sensor, mayor será la cantidad de detalles que puede capturar en la señal.
- Umbral: nivel mínimo de señal que el sensor es capaz de detectar.
- Exactitud: medida en que el valor de salida del sensor se aproxima al valor verdadero de la cantidad que está siendo medida.
- Repetitividad: cambios de los valores medidos

- Linealidad: proporcionalidad de la señal entre la entrada y la salida

4.1.3.2. Tipos de sensores

4.1.3.2.1. Capacitivos

Los sensores capacitivos sirven para detectar la presencia de materiales conductores o aislantes, es decir, detectan tanto metales, líquidos y no metales. Hay que tener en cuenta que la distancia de detección suele ser pequeña. Son sensibles a factores externos y por eso se suelen utilizar en entornos industriales adecuados.

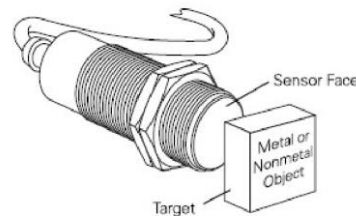


Ilustración 13. Sensor capacitivo (eudim.uta, s. f.)

La distancia de detección dependerá del tiempo de material a detectar y del tamaño del sensor. Para ello existe la banderola estándar, que es un elemento metálico en forma de lámina o placa que se utiliza como referencia.

$$\text{Distancia real} = \text{Distancia nominal} * \text{Factor reducción}$$

Consta de dos placas metálicas que forman un condensador, con una pequeña corriente eléctrica que fluye entre ellas. Cuando un objeto se acerca a las placas del sensor, se produce un cambio en la capacitancia del circuito debido a la influencia del objeto en el campo eléctrico, es decir, cambia el dieléctrico, por ende, la frecuencia de resonancia varía.

Esta variación de la frecuencia es detectada por el circuito electrónico del sensor y se genera una señal amplificada.

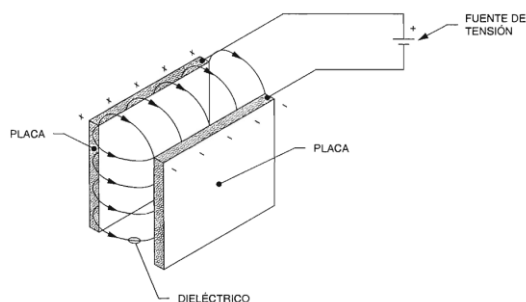


Ilustración 14. Dieléctrico sensor capacitivo (Lab-Volt, 2001)

4.1.3.2.2. Inductivos

Los sensores inductivos sirven para detectar la presencia de metales ferromagnéticos sin contacto físico y se basan en la detección de cambios en el campo magnético.

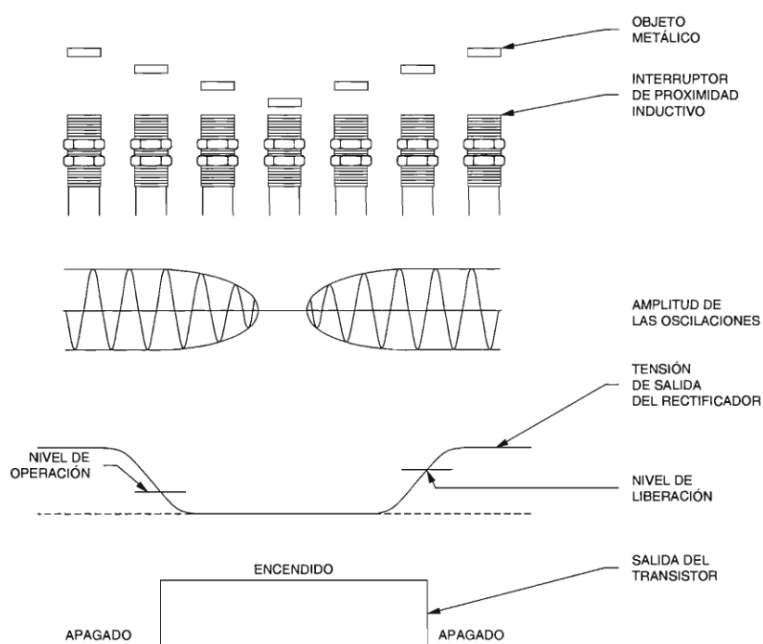


Ilustración 15. Operación de un interruptor inductivo (Lab-Volt, 2001)

Un sensor inductivo típicamente consta de un oscilador que produce un campo magnético de alta frecuencia, una bobina que recibe la señal del campo magnético, y un circuito de detección que interpreta la señal para determinar si hay un objeto metálico cercano. Cuando un objeto metálico se acerca al campo magnético, este cambia el valor de la señal recibida por la bobina, lo que activa el circuito de detección y produce una señal de salida.

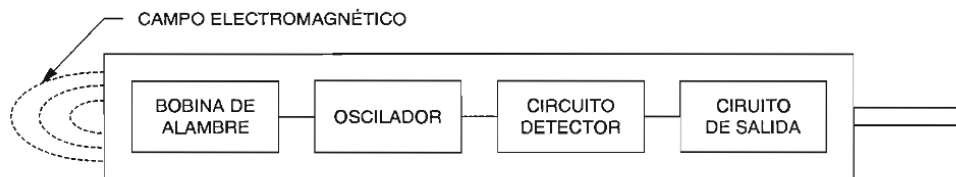


Ilustración 16. Esquema sensor inductivo (Lab-Volt, 2001)

4.1.3.2.3. Finales de carrera

Un final de carrera o sensor de posición electromecánico, es un dispositivo de control eléctrico que se utiliza para detectar la presencia o ausencia de un objeto en un punto específico, es decir, sirven para detectar ausencia paso y posicionamiento de un objeto.

Consta de una palanca o un émbolo que se activa por contacto con el objeto en cuestión. Cuando el objeto hace contacto con el interruptor, la palanca o el émbolo se mueve, lo que cierra o abre el circuito eléctrico del interruptor y envía una señal eléctrica para indicar que se ha alcanzado un punto de referencia.

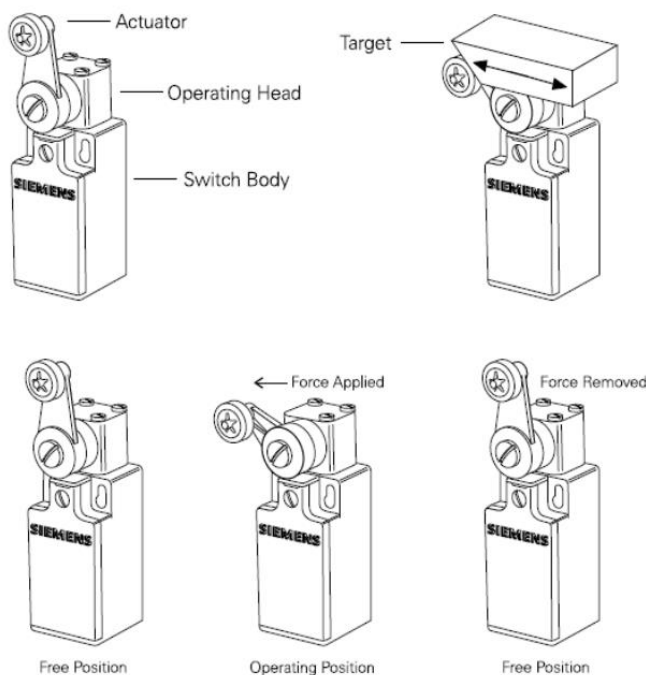


Ilustración 17. Finales de carrera (eudim.uta, s. f.)

4.1.3.2.4. Fotoeléctricos

Un sensor fotoeléctrico es un dispositivo que utiliza la luz para detectar la presencia o ausencia de objetos, así como para medir la distancia, la velocidad y otros parámetros. Los sensores fotoeléctricos funcionan emitiendo una fuente de luz, generalmente un haz de luz láser o infrarrojo, que se refleja en el objeto y luego se detecta por el sensor.

Hay varios tipos de sensores fotoeléctricos:

- Focélula de reflexión con espejo: detectan objetos en función de la cantidad de luz que se refleja en ellos a través de un reflector.
- Focélula autorreflexiva: detectan objetos en función de la cantidad de luz que se refleja en ellos.
- Focélula de barrera: emiten un haz de luz y detectan cuando un objeto interrumpe el haz.
- Focélula con fibra óptica: a través de la fibra óptica se generan reflexiones internas emitidas por un láser y recibidas por un receptor.

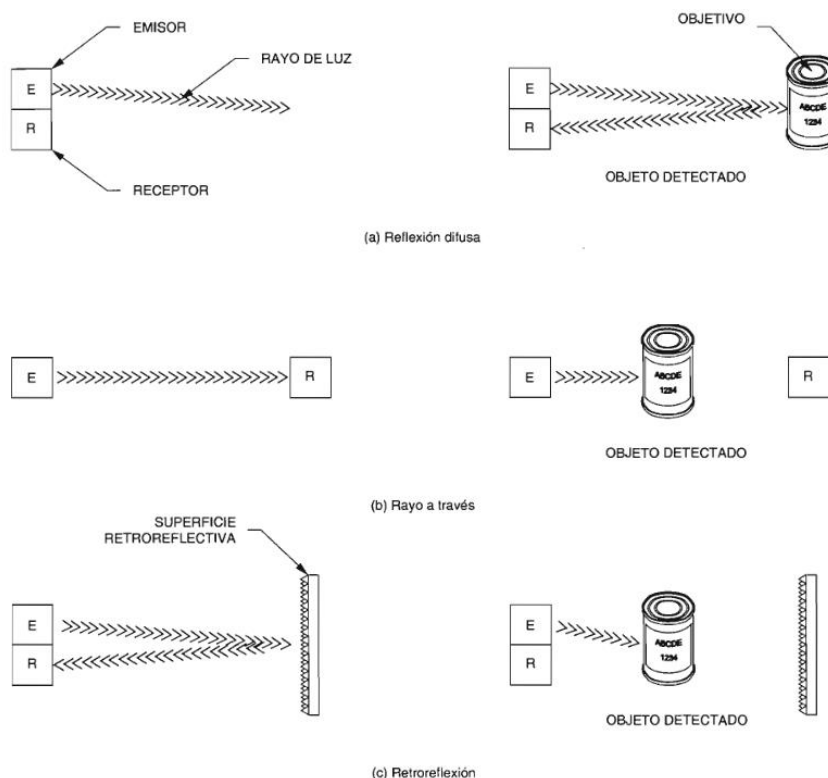


Ilustración 18. Modos detección fotoeléctrico (Lab-Volt, 2001)

4.1.3.2.5. De nivel

Un sensor de nivel es un dispositivo que se utiliza para medir el nivel de un líquido o un sólido en un tanque o contenedor. Estos sensores pueden detectar la altura del nivel del material y enviar una señal eléctrica a un sistema de control o indicador para que se pueda supervisar y controlar el nivel.

Existen diferentes tipos de sensores de nivel, como los sensores de flotador, los sensores de capacitancia, los sensores de presión, los sensores de radar y los sensores de ultrasonido.

4.1.3.2.6. De flujo

Un sensor de flujo de aire es un dispositivo que se utiliza para medir y monitorear la cantidad de aire que está fluyendo en un sistema o equipo. Estos sensores pueden detectar la velocidad del flujo de aire, la dirección del flujo de aire, la temperatura y la humedad relativa del aire.

Los sensores de flujo de aire se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, como en la medición de la velocidad del flujo de aire en sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC), en la medición del flujo de aire en procesos industriales, en la medición del flujo de aire en motores de combustión interna, en la medición de la velocidad del viento en la meteorología, entre otros.

4.1.3.2.7. Calidad aire

Un sensor de calidad del aire es un dispositivo que se utiliza para medir y monitorear la calidad del aire en un determinado entorno. Estos sensores pueden detectar la presencia de gases contaminantes, partículas finas y otros contaminantes del aire.

4.1.3.2.8. Presión

Su funcionamiento se basa en la deformación de un elemento elástico cuyo movimiento es detectado por un transductor que convierte pequeños desplazamientos en señales eléctricas analógicas.

Puede detectar la presión absoluta (respecto a una referencia), la presión relativa o diferencial de un fluido o gas (diferencia de presión entre dos puntos).

Cuando las tensiones del sensor son pequeñas se utilizar un amplificador para que proporcione una tensión mayor de salida.

4.1.3.2.9. Humedad

Un sensor de humedad es un dispositivo electrónico que se utiliza para medir la cantidad de humedad presente en el aire o en un material en particular. El sensor de humedad puede detectar la humedad relativa del aire o la cantidad de agua presente en un material proporcionando una tensión en función de dicha humedad, entre 0 y 5V para un rango de humedad entre 0 y 100% HR.

4.1.3.2.10. Temperatura

Un sensor de temperatura es un dispositivo que se utiliza para medir la temperatura de un objeto o ambiente en particular. Existen diferentes tipos de sensores de temperatura, pero todos funcionan detectando algún cambio físico en el material del sensor que varía con la temperatura, y que puede ser medido y convertido en un valor de temperatura. Existen los siguientes sensores de temperatura (eudim.uta, s. f.):

- Termostatos: conmutan a cierta temperatura y su funcionamiento se basa en interruptores bimetales o mediante sondas ntc o ptc y un comparador de en la salida.
- Termorresistencias: con salida analógica y basados en el cambio de resistencia en función de la temperatura.
- Termopares: dos hilos metálicos de diferentes materiales unidos por un extremo.
- Termistores (NTC y PTC): materiales semiconductores cuya resistencia varia con la temperatura.
- Pirómetros: El principio básico es que cualquier objeto con una temperatura superior a 0 grados kelvin emite una radiación que es detectada por el pirómetro (usados para medir temperaturas superiores a 600°C sin hacer contacto con el material)

4.1.3.2.11. Enconder

Su funcionamiento se base en la detección de señales de luz a través de disco o regla móvil que consta de zonas transparentes y opacas y sirven para proporcionar información precisa sobre la

Desarrollo

velocidad y la posición de la pieza mecánica, lo que permite un control preciso y una retroalimentación de la información en tiempo real.

El encoder se utiliza para medir el movimiento rotativo o lineal de una pieza mecánica. Se compone de dos partes principales: un codificador mecánico y un detector de posición.

- El codificador mecánico es una rueda dentada que se fija en el eje de la pieza mecánica que se desea medir. Esta rueda dentada tiene un patrón de dientes que se corresponde con el movimiento rotativo o lineal de la pieza mecánica.
- El detector de posición se encuentra en contacto con la rueda dentada y mide el movimiento de los dientes para determinar la posición de la pieza mecánica.

Hay dos tipos de medición (Vázquez, 2017): absoluto e incremental

- Absolutos:

La posición está codificada según el código Gray

En número de pistas nos indica la resolución

El aumento de pistas indica el aumento del tamaño del disco

- Incremental:

Formado por dos anillos concéntricos con un desfase y cuando esta gira se producirán dos señales desfasadas +/- 90%

El signo de fase determinará el sentido de giro

Habrán un pulso de referencia para la primera sincronización

La resolución dependerá del número de líneas por vuelta

Cuanto mayor sea el disco más pistas habrá

4.1.3.2.12. Magnéticos

Se pueden clasificar según dos tipos:

Tipos Red

Detector de láminas de contacto normalmente en posición abierta con cable para instalar con conector.

Tipo Estado Sólidos (3 hilos): detector de láminas de contacto conmutado que puede usarse tanto en posición de cerrada como abierta, con cable para instalar o con conector.

4.1.3.2.13. Ultrasónicos

Un sensor ultrasónico es un tipo de sensor que utiliza ondas sonoras de alta frecuencia para medir la distancia a un objeto o superficie.

Emite pulsos de sonido ultrasónicos, que viajan hacia el objeto y luego se reflejan en su superficie.

El sensor luego mide el tiempo que tarda en recibir los ecos de los pulsos reflejados y utiliza esta información para calcular la distancia al objeto.

Se denomina ultrasonido a aquello sonido que tiene una frecuencia entre 20Hz - 20 KHz.

4.1.4. Actuadores

Un actuador es un dispositivo que convierte una señal de entrada en una acción física en el mundo real, como un movimiento lineal, rotativo, angular o de otro tipo, es decir, es un componente que se utiliza para controlar un sistema físico mediante la conversión de una señal de entrada, como una señal eléctrica, en una acción mecánica o eléctrica en el sistema controlado

4.1.4.1.1. Motores eléctricos

Un motor eléctrico es un dispositivo que convierte la energía eléctrica en energía mecánica. Los motores eléctricos funcionan según el principio de la interacción entre un campo magnético y una corriente eléctrica, que produce una fuerza que hace girar un eje a través del movimiento.

Consta de dos partes principales: el estator y el rotor. El estator es la parte fija del motor que contiene las bobinas que generan un campo magnético giratorio. El rotor es la parte móvil del motor que gira debido a la acción del campo magnético generado por el estator.

Existen dos principios fundamentales para explicar este fenómeno. El primero de ellos es el principio de inducción o principio de Michael Faraday, que explica que si un material u objeto conductor se mueve por un campo magnético o se encuentra cerca de otro conductor por el que circula una corriente variable, se induce una corriente eléctrica en el primer conductor. El segundo principio es el de André Ampère que

Desarrollo

explica que, si una corriente atraviesa a un conductor que se encuentra en el interior de un campo magnético, este es capaz de ejercer una fuerza mecánica o electromotriz sobre el conductor.

Los motores eléctricos se pueden clasificar en motores de corriente continua o DC, y motores de corriente alterna o AC.

- Los motores de corriente continua (DC) se utilizan en casos donde la corriente incide directamente sobre estos. Son comunes en aplicaciones de control de velocidad y posición, como en robots y máquinas CNC. Se pueden clasificar en serie, paralelos o mixtos.

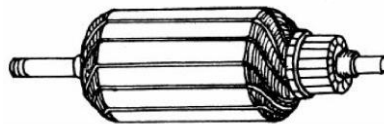


Ilustración 19. Motor de corriente continua (DC) (Uvigo, s. f.)

- Los motores de corriente alterna (AC) se utilizan más a nivel industrial donde la alimentación procede de la red de alimentación. Son comunes en aplicaciones industriales y de transporte, como en bombas, ventiladores, compresores y vehículos eléctricos. Se pueden clasificar según su sincronicidad del rotor y campo magnético: síncrono o asíncrono, o por el tipo de alimentación: monofásico, bifásicos y trifásicos.

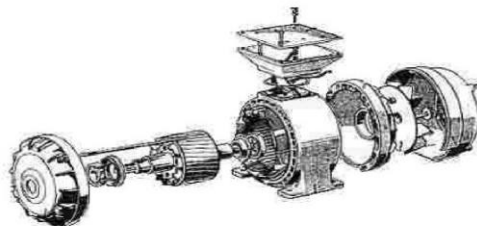


Ilustración 20. Motor de corriente alterna (asíncrono) (Uvigo, s. f.)

4.1.4.1.2. Cilindros hidráulicos

Un cilindro hidráulico es un actuador mecánico que convierte la presión hidráulica en movimiento lineal. Consiste en un tubo cilíndrico y un pistón que se mueve hacia adentro y hacia afuera del tubo en respuesta a la presión hidráulica aplicada. La ventaja de los cilindros hidráulicos es que pueden generar una gran cantidad de fuerza en una

aplicación relativamente pequeña, lo que los hace ideales para aplicaciones de alta potencia.

Utilizado para generar fuerza lineal y aplicarla a una carga o sistema mecánico. Cuando la presión hidráulica se aplica a un lado del pistón del cilindro, se produce una fuerza que mueve el pistón hacia el otro lado, lo que provoca la acción de empujar o tirar de la carga que se encuentra en la otra extremidad del cilindro.

Existen diferentes tipos de cilindros hidráulicos, pero entre los más comunes encontramos: cilindro simple efecto, doble efecto, doble vástago, telescópico y sin vástago. (AIU, s. f.)

Cilindro simple efecto

Un cilindro de simple efecto hidráulico es un dispositivo hidráulico que utiliza líquido presurizado para producir una fuerza lineal en una dirección específica. Tiene un solo puerto de entrada de líquido y una sola acción, es decir, la fuerza se genera solo en un movimiento, ya sea de empuje o de retorno por medio de una fuerza externa. El movimiento contrario es producido por medio de un resorte o por la gravedad.

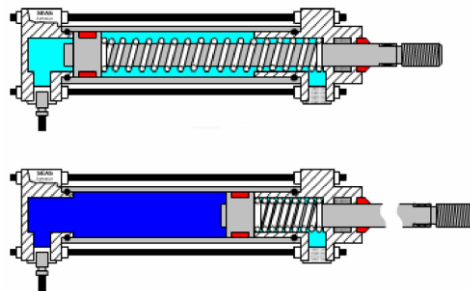


Ilustración 21. Cilindro hidráulico simple efecto

Cilindro doble efecto

Un cilindro de doble efecto hidráulico es un dispositivo hidráulico que utiliza líquido presurizado para producir una fuerza lineal en ambas direcciones. Tiene dos puertos de entrada de líquido, uno para el fluido de alimentación y otro para el fluido de retorno. La fuerza se genera tanto en la carrera de empuje como en la de retorno, lo que permite una mayor eficiencia y versatilidad en la aplicación del cilindro hidráulico.

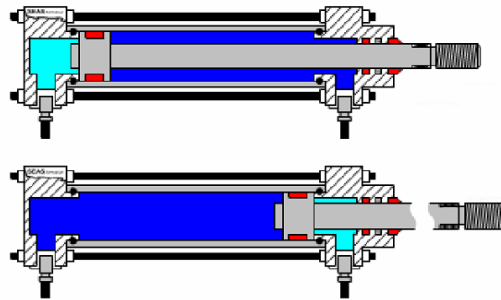


Ilustración 22. Cilindro hidráulico doble efecto

Cilindro doble vástago

Un cilindro de doble vástago es un tipo de cilindro neumático o hidráulico que tiene un pistón que se extiende desde ambos lados del cilindro, es decir, el cilindro de doble vástago es una herramienta esencial en la industria para lograr movimientos precisos y controlados en dos direcciones opuestas.

Cilindro telescópico

Un cilindro telescópico es un tipo de cilindro hidráulico o neumático que se compone de varios cilindros individuales de diferentes diámetros, uno dentro del otro, lo que permite que se desplieguen y se retraigan en forma telescópica. Esto lo hace útil en aplicaciones donde se requiere un movimiento lineal a través de una distancia más larga, como en la elevación de grúas y maquinarias de construcción.

Cilindro sin vástago

Un cilindro sin vástago o de diafragma, utiliza un diafragma flexible para generar movimiento. El diafragma se mueve hacia adentro y hacia afuera del cilindro, empujando o tirando de la carga conectada. Los cilindros sin vástago son comúnmente utilizados en aplicaciones que requieren un movimiento lineal con una longitud de carrera corta, y que no necesitan una gran cantidad de fuerza.

4.1.4.1.3. Electroválvulas

Una electroválvula es un dispositivo electromecánico que controla el flujo de un fluido utilizando una señal eléctrica (agua, aire, gas, vapor, líquidos corrosivos...). Funciona mediante la activación de un solenoide que abre o cierra una válvula para permitir o bloquear el flujo de fluido a través de un conducto.

Se compone principalmente de una bobina electromagnética que se activa mediante una señal eléctrica, y una válvula que se abre o cierra en respuesta al campo magnético generado por la bobina. Cuando se aplica una señal eléctrica a la bobina, se genera un campo magnético que atrae una armadura dentro de la válvula, lo que permite el flujo de fluido a través del conducto. Cuando se interrumpe la señal eléctrica, el campo magnético desaparece y la armadura se retira, lo que cierra la válvula y detiene el flujo de fluido.

Tipos de electroválvulas:

- **Electroválvulas de acción directa:** En este tipo de electroválvulas, el movimiento del núcleo es causado directamente por la bobina. Cuando se aplica una corriente eléctrica a la bobina, se genera un campo magnético que atrae el núcleo hacia el solenoide, permitiendo que el flujo de fluido pase a través de la válvula. Estas electroválvulas son adecuadas para aplicaciones de baja presión.

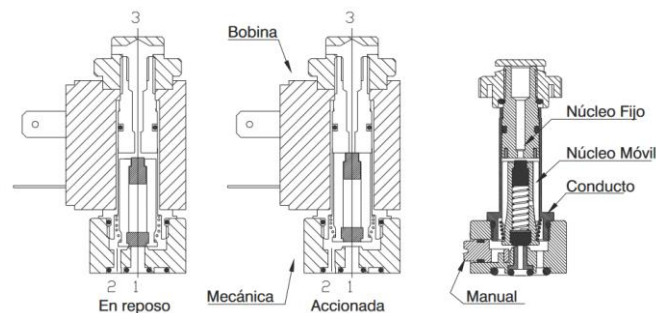


Ilustración 23. Electroválvula de acción directa (Rodavigo, s. f.)

- **Electrovalvulas pilotadas:** Estas electroválvulas utilizan un piloto para controlar el flujo de fluido. El piloto es una pequeña válvula que se conecta a la válvula principal y que es controlada por una bobina. Cuando se aplica una corriente eléctrica a la bobina del piloto, el flujo de fluido se desvía a través del piloto, generando una diferencia de presión que actúa sobre la válvula principal, abriendo o cerrando el flujo de fluido. Estas electroválvulas son adecuadas para aplicaciones de alta presión.

Además de estos dos tipos, las electroválvulas también se pueden clasificar según el número de vías y posiciones. Por ejemplo, una electroválvula de 2 vías puede tener una posición normalmente abierta o normalmente cerrada.

4.1.4.1.4. Relés y contactores

Relé

Desarrollo

Un relé es un dispositivo electromecánico que se utiliza para controlar el flujo de corriente eléctrica en un circuito. Consiste en un conjunto de contactos eléctricos que se abren o cierran según la presencia o ausencia de una corriente eléctrica en una bobina de control.

Cuando se aplica una corriente eléctrica a la bobina de control, esta produce un campo magnético que atrae o repulsa un conjunto de contactos eléctricos, que se abren o cierran dependiendo del diseño del relé. De esta manera, el relé puede ser utilizado para controlar el flujo de corriente eléctrica en un circuito, sin que la corriente eléctrica tenga que pasar directamente a través del relé.

Pueden ser controlados por una señal eléctrica, como un interruptor, una señal de control programada o un sensor. Esto permite que los relés sean utilizados en sistemas de automatización y control, donde se requiere un control preciso de la corriente eléctrica.

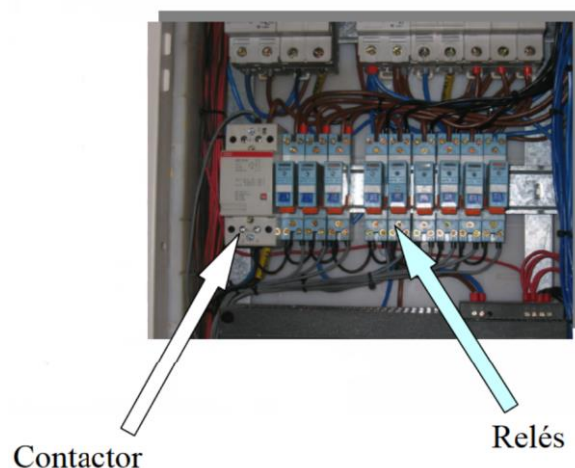


Ilustración 24. Contactores y relés (Uniovi, s. f.)

Contactores

Un contactor es un dispositivo electromecánico utilizado para el control de motores eléctricos, iluminación y otros dispositivos eléctricos de alta potencia en aplicaciones industriales y comerciales. Funciona de manera similar a un relé, pero se utiliza para manejar cargas eléctricas de mayor potencia. En un conjunto de contactos eléctricos que se abren o cierran según la presencia o ausencia de una corriente eléctrica en una bobina de control. Estos contactos se conectan a la carga eléctrica que se desea controlar, y cuando se aplica una corriente eléctrica a la bobina de control, los contactos del contactor se abren o cierran.

Suelen ser más grandes que los relés y tienen una mayor capacidad de corriente. Además, a menudo se utilizan en combinación

con relés y otros dispositivos de control para proporcionar una protección y un control más completo de los sistemas eléctricos.

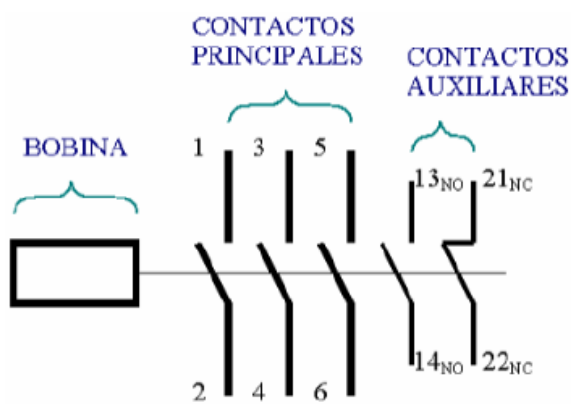


Ilustración 25. Simbología contactores (Uniovi, s. f.)

4.1.5. Sistemas de control

Un sistema de control típicamente consta de varios elementos que trabajan juntos para controlar un proceso o sistema. Estos elementos pueden incluir:

- **Sensor:** es un dispositivo que detecta un cambio en una variable física, como la temperatura, la presión, el nivel, la velocidad, la posición, entre otras, y convierte esa señal en una señal eléctrica o electrónica que se puede medir o controlar.
- **Controlador:** es el cerebro del sistema de control, que recibe la señal de entrada del sensor y compara esta señal con un valor de referencia o setpoint para determinar la acción correctiva que debe tomar para mantener el proceso en un estado deseado.
- **Actuador:** es un dispositivo que convierte una señal eléctrica o electrónica en una acción física, como abrir o cerrar una válvula, cambiar la velocidad de un motor o ajustar la posición de una válvula.
- **Proceso o sistema:** es la operación o proceso que se está controlando.
- **Comunicación:** es la forma en que los diferentes elementos del sistema de control se comunican entre sí, lo que puede incluir señales eléctricas, señales inalámbricas, redes de comunicación, entre otras.

Desarrollo

- Fuentes de alimentación: proporciona la energía necesaria para alimentar los diferentes componentes del sistema de control.
- Interfaz de usuario: es una interfaz que permite a los usuarios interactuar con el sistema de control y realizar tareas como la configuración, el monitoreo y el ajuste del sistema de control.

Todos estos elementos trabajan juntos para controlar el proceso o sistema y mantenerlo en un estado deseado, asegurando su eficiencia y seguridad.

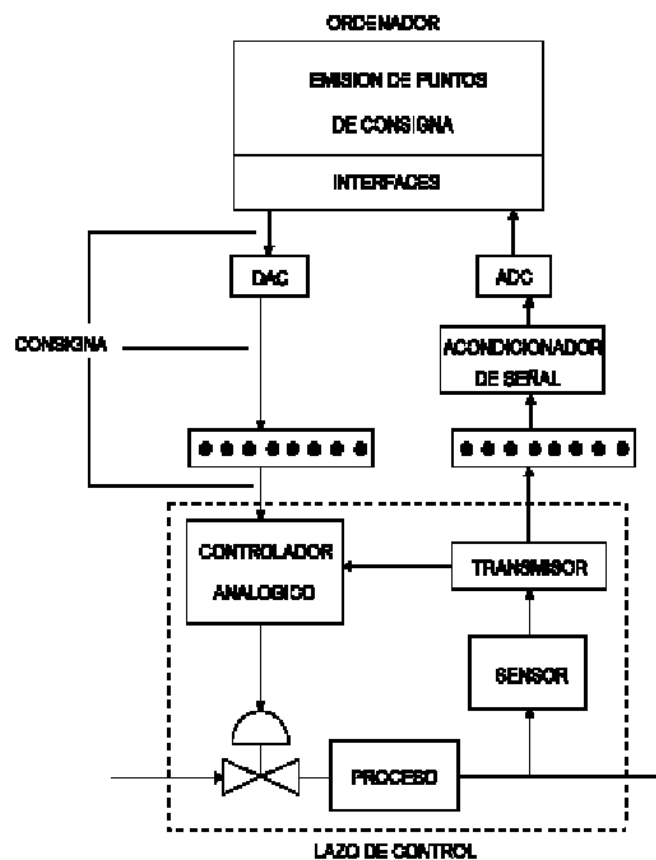


Ilustración 26. Componentes de un sistema de control (Efraín, 2007)

Antes del control a través de la lógica programada, los sistemas de control solían basarse en la lógica cableada. En este método, los circuitos eléctricos se conectaban mediante cables y contactos eléctricos para controlar los procesos. Estos circuitos se diseñaban manualmente, y las conexiones debían ser establecidas por técnicos especializados. A medida que los procesos de control se hicieron más complejos, los sistemas de lógica cableada se volvieron difíciles de mantener y

modificar. Además, las limitaciones de la lógica cableada, como la complejidad del cableado y la dificultad para realizar cambios en el sistema, hicieron que el desarrollo de soluciones de control más avanzadas fuera difícil.

La lógica programada permitió a los ingenieros diseñar y construir sistemas de control más sofisticados utilizando software. En lugar de depender de la conexión manual de cables y contactos eléctricos, la lógica programada utilizaba algoritmos de control para ajustar la entrada y salida de los procesos. No solo facilitó el diseño y la modificación de los sistemas de control, sino que también permitió el control de procesos más complejos y la integración de los sistemas de control en las redes de comunicación y en los sistemas de automatización más amplios. (ULA, s. f.)

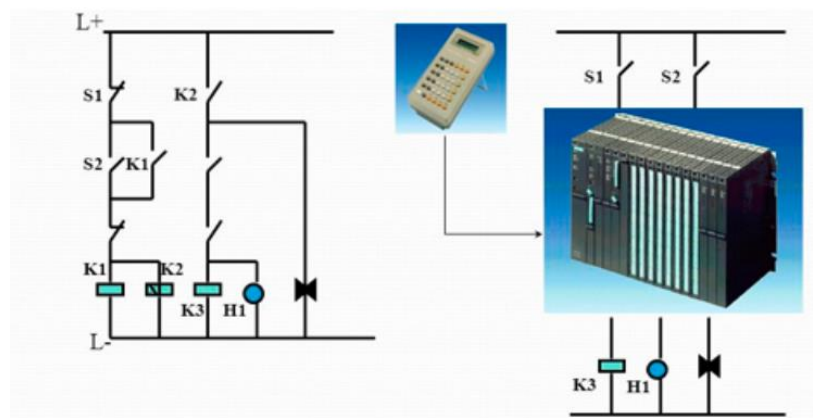


Ilustración 27. Lógica cableada a lógica programada (SEAS, 2018)

A nivel general se puede definir un sistema de control siguiendo unos niveles como se puede ver en la siguiente imagen:

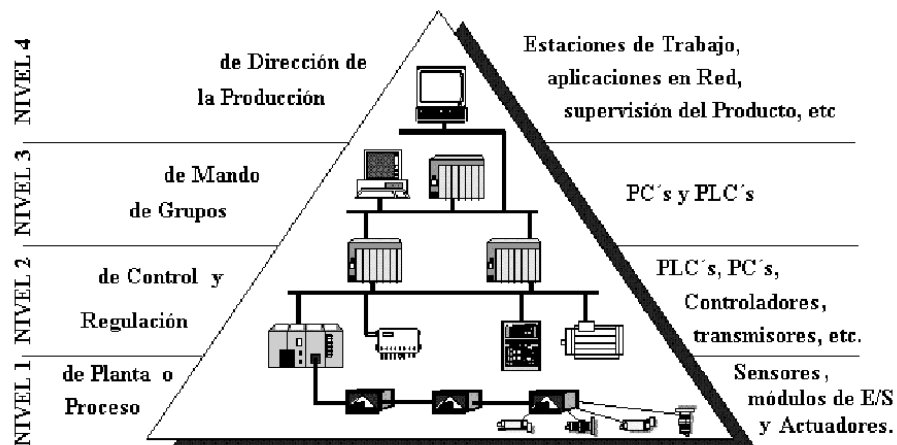


Ilustración 28. Elementos en un sistema de control (Efraín, 2007)

Desarrollo

En el nivel de planta o proceso es el que se encuentra físicamente se en contacto con el entorno a controlar. Se incluyen elementos como sensores, actuadores, módulos de entradas y salidas, periferia descentralizada, etc.

El nivel de control y regulación es aquel en el que se encuentran la interface de operaciones de cada uno de los procesos controlados. Se incluyen, PLC's, controladores, etc.

Después pasamos al control de mando de grupos, aquel que se controla por técnicos especializados o ingenieros en el que se controla la interface para el control de línea de producción. Se incluyen PLC's y PC's.

El último nivel sería el de dirección de producción, que es el encargado de definir la estrategia de producción en el que se formulan las necesidades de producción a futuro. Se intercambia información con otros departamentos para una mejora en la gestión y almacenamiento de datos, se incluyen estaciones de trabajo, aplicaciones de red, supervisiones de producto, etc.

Arquitectura típica de un PLC

Las estaciones de trabajo PLC (Programmable Logic Controller) son dispositivos que se utilizan en los sistemas de control industriales para automatizar procesos y maquinarias. Están diseñadas para permitir a los operadores y técnicos controlar y monitorear el sistema de control de manera eficiente y efectiva, automatizando procesos y aumentando la productividad en la industria. Estas estaciones pueden incluir:

- CPU (Central Processing Unit): La CPU es el cerebro de la estación de trabajo PLC y es responsable de ejecutar el programa de control.
- Módulos de entrada y salida: Los módulos de entrada y salida permiten la comunicación entre la estación de trabajo PLC y los sensores y actuadores del sistema de control. Pueden incluir módulos digitales o analógicos, según las necesidades de la aplicación.
- Interfaz de usuario: La interfaz de usuario permite a los operadores interactuar con la estación de trabajo PLC y monitorear el estado del sistema de control. Puede incluir una pantalla táctil, botones, luces indicadoras y otros dispositivos de entrada y salida.
- Software de programación: El software de programación se utiliza para desarrollar y cargar el programa de control en la estación de trabajo PLC. También se puede utilizar para

monitorear y depurar el programa durante la operación del sistema de control.

- Fuentes de alimentación: Las fuentes de alimentación suministran energía eléctrica a la estación de trabajo PLC y a los componentes del sistema de control.

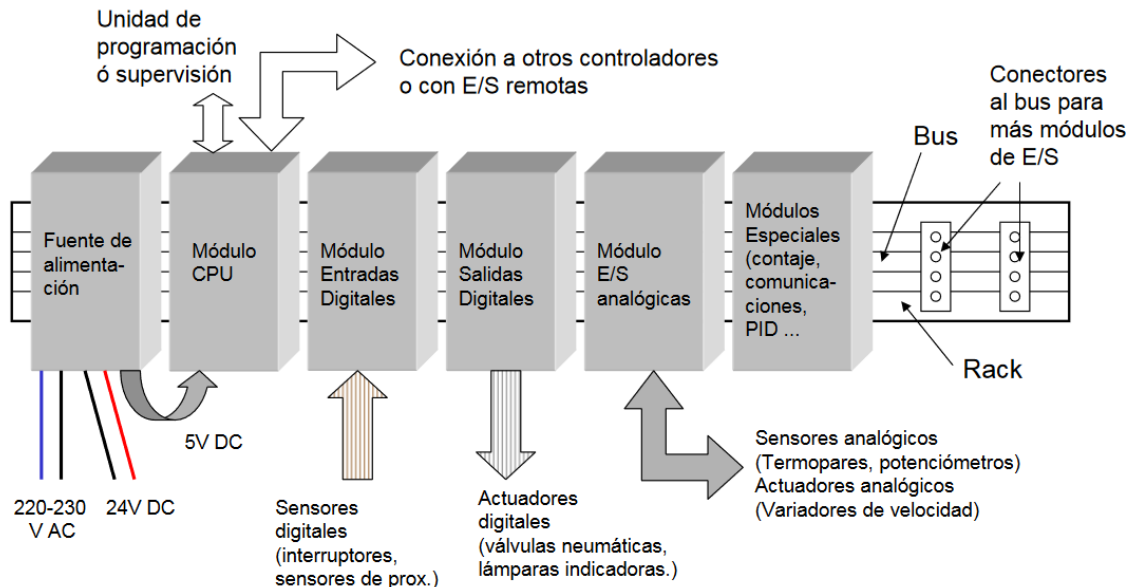


Ilustración 29. Arquitectura típica autómata programable (Mateos, 2001)

4.1.5.1. PLC Siemens

Siemens es una empresa multinacional alemana fundada en 1847 con presencia en más de 200 países y empleando a más de 300.000 personas por qué se dedica a la fabricación y venta de una amplia variedad de productos y servicios, incluyendo equipos y sistemas de automatización industrial, equipos de energía, equipos médicos y de diagnóstico, equipos de transporte y sistemas de comunicaciones.

SIMATIC es una familia de productos de automatización industrial desarrollada por Siemens. Estos productos incluyen controladores programables, interfaces de operador, software de programación y otros dispositivos utilizados en la automatización de procesos industriales.

Los controladores programables son dispositivos electrónicos que se utilizan para automatizar procesos industriales, controlar maquinarias y equipos y recopilar y procesar datos. Las interfaces de operador son dispositivos que permiten la interacción del operador con el sistema de automatización. Estas interfaces incluyen pantallas táctiles, teclados y otros dispositivos que permiten la visualización y el

control de los procesos industriales. El software de programación es un conjunto de herramientas de software que se utilizan para programar y configurar los controladores programables y las interfaces de operador. (Balasch, 2019)

4.1.5.1.1. Ciclo SCAN y funcionamiento

En un ciclo de SCAN, el controlador PLC examina todas las entradas, procesa la lógica del programa y actualiza todas las salidas en un ciclo repetitivo. El ciclo comienza examinando la primera entrada y la compara con la lógica de programación para determinar si se debe realizar una acción. A continuación, se examina la siguiente entrada y se repite el proceso para todas las entradas y salidas del controlador. Una vez que se han examinado todas las entradas y se han actualizado todas las salidas, se inicia un nuevo ciclo. Este proceso se repite continuamente en una secuencia cíclica hasta que el controlador es detenido o se produce un error. Una limitación es que puede tener cierta latencia en la actualización de las salidas en tiempo real. (Balasch, 2019)

Respecto al funcionamiento, en la memoria RAM de la CPU se almacena información con un determinado tamaño de registro relacionadas con el programa que se ejecuta, es decir, en el caso de SIMATIC S7 300 al ejecutar el programa estamos operando con temporizadores, marcas, contadores, definidos por diferentes direcciones de memoria.

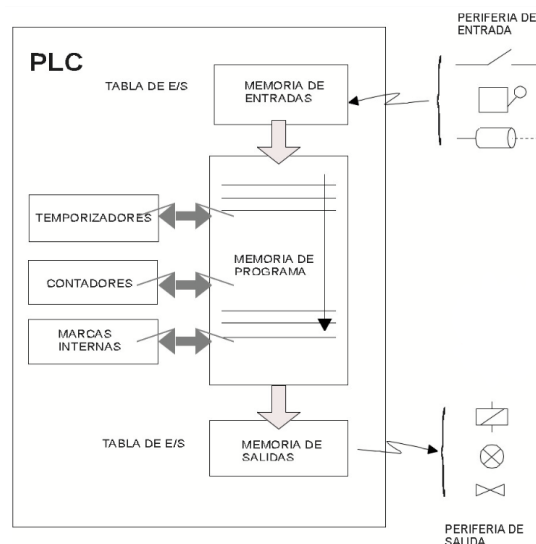


Ilustración 30. Operativa PLC (Mateos, 2001)

4.1.5.1.2. Arquitectura automática SIMATIC S7-300

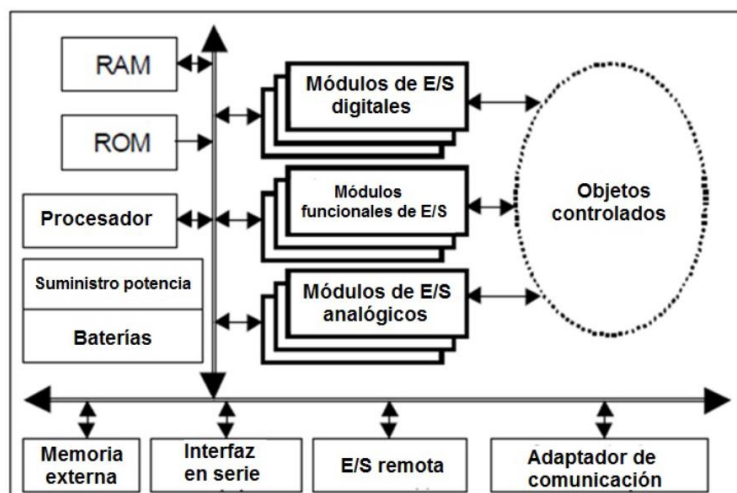


Ilustración 31. Diagrama arquitectura PLC

En la arquitectura de un automático SIMATIC S7-300 podemos destacar las siguientes partes: el suministro de potencia (fuente alimentación), unidad central de procesamiento, buses de datos, las memorias para almacenar datos, módulos de entradas y salidas.

- Suministro potencia: los valores de voltaje más utilizados son 5V, 12V y 24V
- Unidad central procesamiento: esta unidad también conocida como CPU, es la parte que del PLC que contiene la ALU encargada de realizar operaciones lógicas y aritméticas, la memoria ROM encargada de arrancar el sistema operativo y la memoria RAM que es aquella memoria encargada de procesar de forma temporal datos como las marcas, temporizadores, memorias locales...
- Canal serie: controlada por la CPU, pero externa tenemos el canal serie que es un puerto de comunicación que se utiliza para enviar y recibir datos en serie a través de un cable de comunicación. La comunicación en serie implica la transmisión de bits de datos uno a uno a través de un solo conductor. Se utiliza para conectar el PLC a otros dispositivos en una red de comunicaciones, como pueden ser, otros PLC, sensores, actuadores, pantallas, etc. Algunos de los protocolos de comunicación más comunes que se utilizan en los canales serie de los PLC son Modbus, Profibus, DeviceNet, entre otros.
- Módulos entradas y salidas: tanto analógicos como digitales a través de bus periférico, y son los encargados de enviar la información a través de la corriente a los dispositivos físicos

conectados como sensores y actuadores. Las señales digitales emitirán una señal ON/OFF controlando dicha señal con diferentes relés y transistores para evitar sobrecargas mientras que las analógicas variarán entre un rango de valores derivados de un voltaje DC.

4.1.5.1.3. Periferia descentralizada

La periferia descentralizada es una arquitectura de sistema de control en la que los dispositivos de entrada/salida y los controladores están distribuidos en el sistema, en lugar de estar centralizados en un solo lugar. En este tipo de arquitectura, los dispositivos de entrada/salida se conectan directamente a los dispositivos de control, en lugar de pasar por una unidad central de procesamiento. Esto permite que el control se distribuya en toda la planta o el proceso, en lugar de estar centralizado en un solo lugar.

Si un dispositivo falla, los otros dispositivos pueden continuar operando sin interrupción, lo que puede mejorar la confiabilidad del sistema.



Ilustración 32. Ejemplo periferia descentralizada ET200S (ETITUDELA, s. f.)

4.1.5.1.4. Protocolos de comunicación

Un protocolo de comunicación en un sistema de control se refiere a un conjunto de reglas, procedimientos y formatos estandarizados que permiten que los dispositivos de control, sensores y otros componentes del sistema se comuniquen entre sí de manera efectiva y confiable.

En un sistema de control, los dispositivos y componentes pueden estar ubicados en diferentes ubicaciones físicas, como en diferentes salas o incluso en diferentes partes del mundo, y pueden utilizar diferentes tecnologías y lenguajes de programación. Los protocolos de comunicación son necesarios para que estos dispositivos puedan comunicarse entre sí de manera coherente y sin errores.

Los protocolos de comunicación pueden especificar varios aspectos de la comunicación, como la forma en que se transmiten los datos, la velocidad de transmisión, la codificación y decodificación de los datos, el formato de los mensajes, la sincronización de la comunicación y la gestión de errores. Al tener un protocolo de comunicación estandarizado, se puede garantizar que los dispositivos se comuniquen de manera eficiente y efectiva, lo que puede mejorar la eficiencia y seguridad del proceso.

Algunos ejemplos de protocolos de comunicación utilizados en sistemas de control incluyen Modbus, Profibus, Profinet, Ethernet/IP, DeviceNet, CANbus y muchos otros. Estos protocolos se utilizan en diferentes aplicaciones y entornos, y pueden ser compatibles con diferentes tipos de hardware y software de control.

4.1.5.1.4.1. *Profibus*

Profibus es un protocolo de comunicación utilizado en la automatización industrial para conectar diferentes dispositivos y controladores en un sistema de control distribuido. El nombre proviene de "Process Field Bus", que describe su función en la automatización de procesos industriales.

Se divide en dos variantes principales: PROFIBUS-DP (Decentralized Periphery) y PROFIBUS-PA (Process Automation). PROFIBUS-DP se utiliza para la comunicación de dispositivos periféricos con controladores en tiempo real, mientras que PROFIBUS-PA se utiliza para la comunicación de dispositivos de campo en procesos de automatización de procesos continuos.

Utiliza una topología de bus, en la que los dispositivos se conectan en serie a un cable de bus común. Los datos se transmiten a través del cable de bus utilizando señales eléctricas digitales. También admite una topología de estrella, en la que los dispositivos se conectan a un concentrador central. (Caler, 2015)

4.1.5.1.4.2. *Profinet*

Profinet es un protocolo de comunicación industrial que se utiliza para la automatización de procesos en entornos industriales. Es una extensión de Profibus. Permite la transferencia de datos en tiempo real, lo que lo hace adecuado para aplicaciones de control de procesos en tiempo real.

Utiliza tecnología Ethernet para transmitir datos a través de una red de área local (LAN). Esto significa que los datos pueden transmitirse

a través de cables de cobre o fibra óptica estándar, lo que hace que sea fácil de integrar en las infraestructuras de red existentes.

Se divide en tres variantes principales: PROFINET-CBA (Component Based Automation), PROFINET-IO (Input-Output) y PROFINET-IRT (Isochronous Real-Time). PROFINET-CBA se utiliza para la comunicación de dispositivos complejos y sistemas de automatización, mientras que PROFINET-IO se utiliza para la comunicación de dispositivos de entrada y salida. PROFINET-IRT se utiliza para la comunicación en tiempo real y es adecuado para aplicaciones de control de procesos críticos. (Caler, 2015)

En la siguiente tabla podemos ver una comparativas de buses con sus diferentes protocolos y normativa:

Bus tradicional	Bus Ethernet	Protocolo	Normativa
Modbus-RTU	Modbus-TCP	TCP/IP	IEC 61158 / IEC 61784
PROFIBUS	PROFINET	TCP/IP, UDP/IP	IEC 61158 / IEC 61784
DeviceNet ControlNet	Ethernet/IP (CIP)	TCP/IP, UDP/IP	IEC 61158 / IEC 61784 Estándar ODVA Ethernet/IP
Foundation Fieldbus H1	Foundation Fielbus High Speed Ethernet (HSE)		
CANopen	EtherCAT	EtherCAT, EtherCAT/UDP	IEC 61158 / IEC 61784-3 IEC/PAS 62407 ISO 15745-4

Ilustración 33. Comparativa buses basados en Ethernet (Caler, 2015)

4.1.5.1.5. SCADA

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) es un sistema de software y hardware que se utiliza para controlar y supervisar procesos industriales en tiempo real.

Funciona recopilando datos en tiempo real de sensores y otros dispositivos ubicados en el campo, y luego los envía a una computadora central para su procesamiento y análisis. Estos datos pueden incluir información sobre el estado de equipos, niveles de producción, temperatura, presión, flujo y otros parámetros importantes.

Es capaz de monitorear y controlar procesos en tiempo real, lo que lo hace adecuado para aplicaciones críticas en las que la seguridad y la confiabilidad son de suma importancia. Además, SCADA también puede almacenar datos históricos para su posterior análisis y evaluación, lo que ayuda a los ingenieros y gerentes a optimizar el rendimiento del proceso y mejorar la eficiencia operativa.

Utiliza tecnologías de comunicación para transmitir datos entre dispositivos en el campo y la computadora central, y a menudo está integrado con otros sistemas de automatización y control, como PLCs y sistemas de control distribuido (DCS). (Pérez Cabezas, 2015)

4.1.5.1.6. Panel operador HMI

Un panel operador HMI (Human Machine Interface) es un dispositivo de interfaz hombre-máquina que se utiliza para controlar y monitorear procesos industriales y automatizados. Es una pantalla táctil que proporciona una interfaz gráfica de usuario (GUI) para permitir a los operadores interactuar con los sistemas de control de la planta de manera fácil e intuitiva.

Muestra información crítica del proceso, como el estado de los equipos, la velocidad, la temperatura y otras variables importantes. Los operadores pueden ver gráficos, diagramas y representaciones visuales de los datos para ayudarles a comprender mejor el proceso y tomar decisiones informadas.

Pueden ser utilizados para controlar el proceso y realizar ajustes de manera manual o automática. Los operadores pueden cambiar parámetros, ajustar la velocidad, cambiar la configuración del equipo y controlar otras funciones críticas del proceso en tiempo real. (Pérez Cabezas, 2015)

4.1.6. COBOTS & Robots Industriales

4.1.6.1. COBOTS

Los cobots son robots colaborativos diseñados para trabajar de forma segura junto a los humanos en entornos de producción y otros entornos de servicio. Los cobots son más flexibles y adaptables que los robots industriales tradicionales, y están equipados con sensores avanzados y sistemas de control intuitivos que les permiten interactuar de forma segura con los trabajadores humanos. Los cobots se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones industriales y de servicio, y ofrecen una mayor eficiencia y flexibilidad en la producción.

Están equipados con sensores que les permiten detectar la presencia de humanos y detenerse inmediatamente en caso de una colisión o peligro. Suelen estar equipados con sistemas de control intuitivos y pantallas táctiles que permiten a los usuarios programar y controlar los robots de forma sencilla.

Se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones industriales, como la inspección de calidad, el ensamblaje, el empaquetado, la manipulación de materiales, la soldadura, entre otros, también se utilizan en entornos de atención médica y otros entornos de servicio, donde pueden realizar tareas como la limpieza y desinfección de superficies, el transporte de suministros, la asistencia en la movilidad de los pacientes, etc. (Universal Robots, 2020)



Ilustración 34. Cobot E-Series Polivalente (Universal Robots, 2018)

4.1.6.2. Robots industriales

Los robots industriales son máquinas automatizadas diseñadas para realizar tareas específicas en entornos de producción. Estos robots pueden ser de diferentes tipos y tamaños y están equipados con diferentes herramientas y sensores para realizar diferentes tareas. La utilización de robots industriales en la producción puede proporcionar una amplia variedad de beneficios, como una mayor eficiencia, reducción de costos, aumento de la productividad y la calidad del producto final.

Pueden tener funciones muy diferentes, desde pequeños robots ensamblaje de componentes electrónicos hasta manipulación de materiales pesados. Pueden equiparse con diferentes herramientas y sensores, como pinzas, cámaras, sensores de proximidad, etc.

Estos equipos te proporcionan una mayor eficiencia, reducción de costos, aumento de la productividad y calidad del producto final. Una ventaja destacable es que pueden realizar tareas peligrosas para los humanos mejorando así la seguridad de la línea. Además, de forma

ideal los robots industriales podrían operar todo el tiempo lo que permite una producción mucho mayor y a pesar de que necesitan mantenimiento y tienen averías, el nivel de producción sigue siendo muy elevado. (EDS Robotics, 2020b)



Ilustración 35. Robot Antropomorfo EDS Robotics (EDS Robotics, 2020a)

4.2. DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA

4.2.1. Localización de la planta

Mi nave la voy a situar en Cuarte de Huerva, un pueblo situado a 11 km de Zaragoza. He decidido situarla en este lugar ya que está cerca de Zaragoza, la cual tiene una proyección logística y empresarial muy grande.

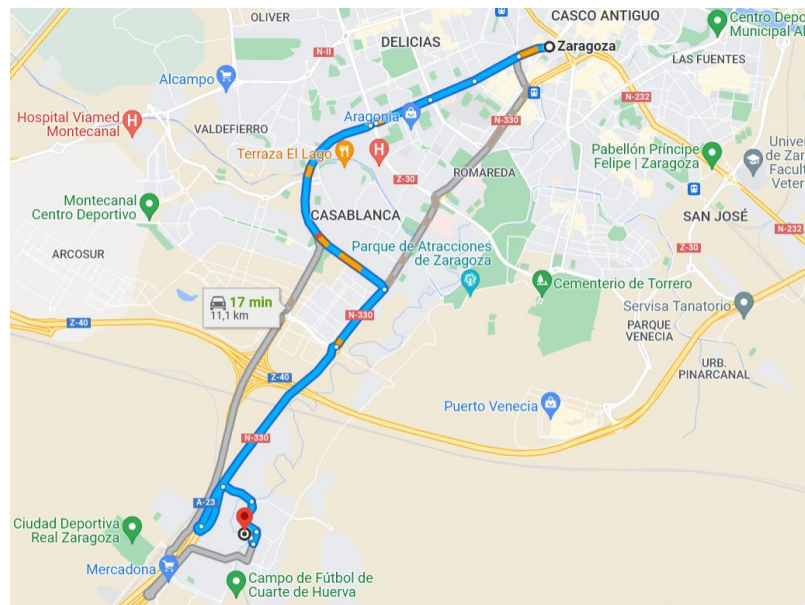


Ilustración 36. Trayecto de Zaragoza a Cuarte de Huerva

Lo primero que hay que consultar la normativa del Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) de Cuarte de Huerva, en el que se indicará las condiciones que tiene que tener la planta para ser construida.

Dentro de estas condiciones vendrán indicadas la altura máxima, las limitaciones de ocupación, posición, parcela mínima, edificabilidad y superficie máxima edificable, altura máxima, salientes y vuelos, entre otros.

4.2.2. Condiciones de la nave (cálculos & limitaciones PGOU)

Antes de realizar los cálculos habrá que tener en cuenta las limitaciones de volumen que nos muestra el Plan General de Ordenación Urbana, por lo que iremos a su web oficial y buscaremos en la normativa la documentación referida a zona industrial general. (Ayuntamiento Cuarte de Huerva, s. f.)

Ocupación

La ocupación sobre bajo rasante no será superior al 90% de la superficie de la parcela.

Para cómputo de la parcela los porches cubiertos para carga y descarga o aparcamiento cuentan a razón del 50% de su superficie. (Ayuntamiento Cuarte de Huerva, s. f.)

Edificabilidad

El coeficiente de edificabilidad sobre la superficie de parcela neta se establece en un metro cuadrado de techo por cada metro cuadrado de suelo. Se admitirá una edificabilidad mayor, hasta 1,5 m²/m², si la proyección horizontal de todo el edificio con sus cuerpos volados no ocupa más del 75% de la parcela, y el edificio guarda en planta baja una distancia a la alineación exterior mayor de 5 metros.

En las naves industriales que a la entrada en vigor de este Plan General se encuentren edificadas conforme a las normas del PGOU previo con una ocupación superior al 75% de la parcela, se permitirá insertar una entreplanta destinada a oficinas con superficie construida hasta 0,10 m²/m², aun cuando ello suponga superar el coeficiente indicado en el punto 1 anterior. Tal entreplanta deberá desarrollarse dentro del volumen ya edificado, sin modificar su geometría externa y cumpliendo en todo caso las condiciones de altura e higiene requeridas por los usos a desarrollar en los niveles resultantes. (Ayuntamiento Cuarte de Huerva, s. f.)

Altura máxima

La altura máxima de la edificación no podrá exceder de 2 plantas ni 700 cm de altura de fachada, con una altura máxima visible de 1150 cm.

Podrán construirse altillos o entreplanta en las condiciones establece días en artículo 3.1.43, dentro de la altura fijada.

Motivadamente por razón de la actividad, se permitirá elevar la altura máxima visible para alojar puentes-grúa o instalaciones que así lo requieran, sin que ello suponga incrementar en el número de plantas o de los restantes parámetros urbanísticos. (Ayuntamiento Cuarte de Huerva, s. f.)

Saliente y vuelos

No se admiten otros vuelos salientes que los de aleros o cornisas con una dimensión máxima de 60 cm.

El espacio libre resultante del retranqueo de fachada podrá destinarse a aparcamiento o muelle de carga y descarga, sin que pueda ser dedicado a almacenaje de materiales o residuos; este último uso sí podrá efectuarse en espacios libres generados por retranqueos laterales, posteriores o en patios interiores de la parcela.

Por indicación municipal, el acopio de materiales y residuos en superficie podrá ser limitado para evitar la diseminación de materiales, o sujeto a condiciones evaluadas que impidan su visión desde el exterior de la parcela.

Es de aplicación el artículo 2.2.31 (Ayuntamiento Cuarte de Huerva, s. f.)

4.2.2.1. Cálculo ocupación y edificabilidad

Habrà que tener en cuenta la separación mínima a la alineación oficial y a linderos, que como hemos visto antes en el PGOU son de 5 metros para una edificabilidad de 1,50 m²/m².

Nuestra parcela mide 70 m x 140 m = 9800 m²

La limitación de ocupación es del 90% (0.9), por lo que se podrá edificar en 8820 m².

La planta baja de la 1ª nave es 50 x 40 m = 2000 m²

La planta baja de la 2ª nave 20 x 60 m = 1200 m²

Por lo que la ocupación total es 2000 m² + 1200 m² = 3200 m², así que cumplimos el límite de ocupación.

La edificabilidad es de 1,50 m²/m². Por lo que 9800 m² x 1,50 m²/m². que dando un resultado de 14730 m².

La planta baja de la 1ª nave es 50 x 40 m = 2000 m²

La primera planta de la 1ª nave es 15 x 40 m = 600 m²

La planta baja de la 2ª nave 20 x 60 m = 1200 m²

Por lo que la ocupación total es 2000 m² + 1200 m² + 600 m²
= 3800 m².

Como se puede observar nuestra nave se puede construir ya que ninguna limitación b impide.

4.2.3. Elección y visualización de la nave en mapas

Primero buscamos los planos oficiales del PGOU de Cuarte de Huerva y abrimos el "PGOU_C-2-3- 4"

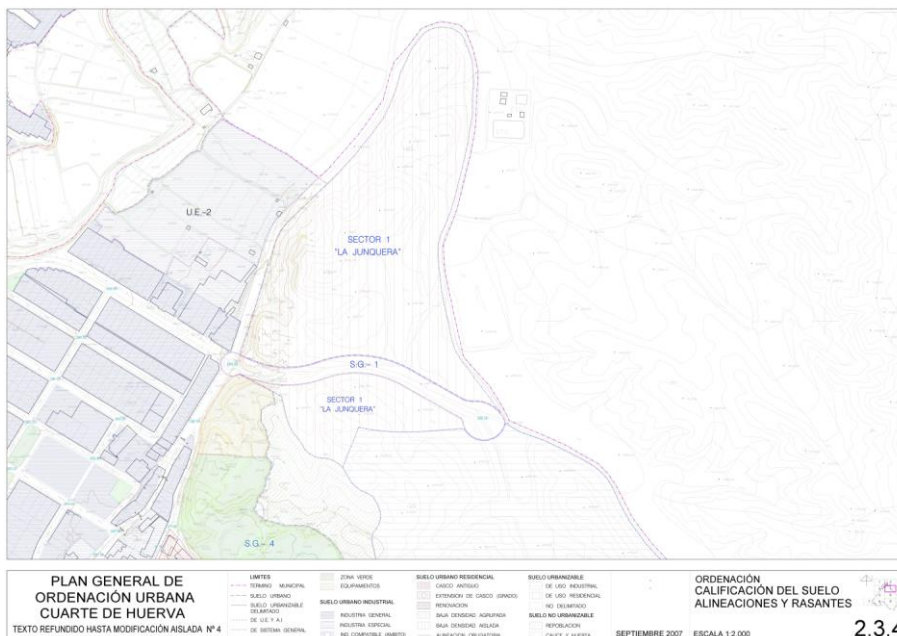


Ilustración 37. Plano PGOU Cuarte de Huerva (Ayto Cuarte de Huerva, 2007)

Hay que elegir una zona de suelo industrial, ya que queremos hacer una planta farmacéutica por lo que me he decantado por la zona mostrada a continuación:



Ilustración 38. Zona Plano 4 PGOU (Ayto Cuarte de Huerva, 2007)

Desarrollo

Para ver de forma más detallada hay que ir a Google Maps, buscar la zona elegida y ver si tenemos espacio suficiente para las dimensiones de la planta.

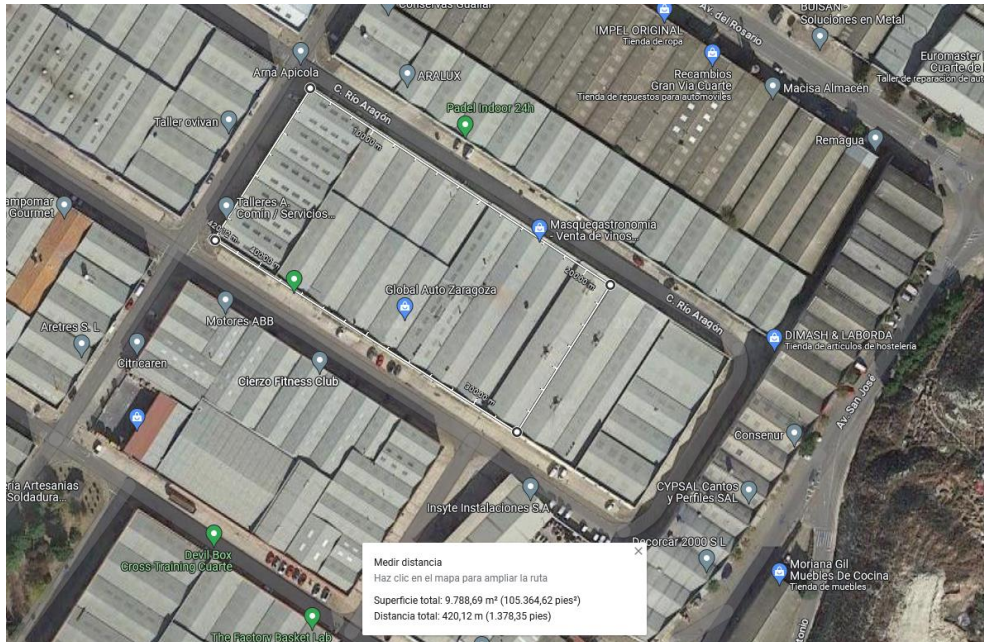


Ilustración 39. Parcela seleccionada en suelo industrial Cuarte de Huerva

Como se puede apreciar cabrían los 9800 m² de parcela. Las coordenadas son las siguientes: 41.597750064926586, - 0.9291415623811133.

4.2.4. Zonas de la nave, superficies y personal

4.2.4.1. Nave elaboración fármacos

Planta baja

Zona producción

- Pesaje
- Granulación y secado
- Tamizado
- Mezclado y compresión
- Encapsulado

Zona almacenamiento

- Almacenamiento materia prima: principios activos y excipientes
- Almacenamiento material procesado: comprimidos y cápsulas rígidas

Otras zonas

- Hall
- Escaleras
- Vestuario

Personal necesario para llevar a cabo la producción:

- 2 personas almacenamiento materia prima
- 1 persona pesaje
- 2 personas granulado y secado
- 2 personas tamizado
- 2 personas mezclado y compresión
- 2 persona encapsulado
- 2 personas almacenamiento materia prima

TOTAL personal Zona Producción Nave 1: 13 personas

Primera Planta

- Sala del jefe
- Sala de reuniones
- Oficinas
- Baños
- Administración

Personal necesario en primera planta:

- 1 persona Sala Jefe
- 6 personas oficinas
- 2 personas administración

TOTAL personal primera planta Nave 1: 9 personas

4.2.4.2. Nave acondicionamiento fármacos

Desarrollo

Zona producción

- Zona única de acondicionamiento: acondicionamiento primario, transporte por cinta transportadora, acondicionamiento secundario, transporte por cinta transportadora, y estación paletizada con robot industrial.

Zona almacenamiento

- Almacenamiento pallets con cajas blíster acondicionadas

Personal necesario para llevar a cabo la producción:

- 4 personas acondicionamiento primario y secundario
- 1 persona robot industrial
- 2 personas almacenamiento pallets cajas

TOTAL personal Zona Producción Nave 2: 7 personas

4.3. SELECCIÓN COMPONENTES

4.3.1. Maquinaria

La estimación del presupuesto general de los elementos de las naves se ha adjuntado en anexos en base a los precios comerciales de la competencia. Algunas de las páginas en las que me he basado para la búsqueda de estos precios de maquinaria y sensores comerciales son los siguientes:

(Direct Industry, 2023)

(Medical Expo, 2023)

(Provedores.com, 2023)

4.3.1.1. Granuladora y secadora

Descripción

El sistema de granulación compacto de Bohle lo conforma el granulador de alto cizallamiento GMA, secador de lecho fluido BFS. También tiene un depósito en el que se introducen los principios activos y excipientes que van a ser necesarios para la operación.

Este sistema hace que reduzcamos el espacio considerablemente ya que los componentes están pegados. La transferencia directa del producto se realiza desde la válvula de salida del GMA a la válvula de succión BFS a través de una tubería de acero inoxidable.



Ilustración 40. Granulación compacta BFS240 y GMA600 (L.B.Bohle, 2023a)

Funcionamiento granuladora alto cizallamiento

En la granulación de alto cizallamiento se agrega un fluido aglutinante a las partículas en polvo en un tanque cerrado que tiene una cuchilla agitadora y un picador. Esta paleta agitadora con su alto cizallamiento y compactación garantiza una granulación efectiva. Se forman gránulos densos. El picador evita el crecimiento excesivo de gránulos y distribuye el líquido de granulación por todo el producto.

El sistema de granulador de alto cizallamiento GMA ha sido optimizado para aplicaciones farmacéuticas y está diseñado para montaje a través de la pared.

El núcleo del granulador GMA es el recipiente de proceso cilíndrico con cabezas de doble plato. La forma del tanque en combinación con la geometría de las paletas del agitador asegura una granulación efectiva.

El tazón es conectado a la sección de la cabeza a través de cilindros de elevación accionados eléctricamente, lo que permite que se baje, es decir, para las inspecciones. Puede llegar hasta 12 bar y es resistente a golpes de ariete.

La versión resistente a los golpes de ariete cuenta con husillos de elevación del tanque extremadamente fuertes que mantienen el tanque sellado incluso en caso de accidente. La sección de la cabeza también tiene un cuello de llenado para la alimentación por gravedad. El armario de distribución también se encuentra directamente en la máquina, en la parte trasera.



Ilustración 41. Granulación alto cizallamiento GMA 600 (L.B.Bohle, 2023c)



Ilustración 42. Interior GMA 600 (L.B.Bohle, 2023c)



Ilustración 43. Cuchillas internas GMA 600 (L.B.Bohle, 2023c)

Características específicas granuladora alto cizallamiento

- Según el tipo de lecho fluido: BFS 240
- Lotes: 180 – 480 L
- Impulso: 5 – 173 rpm
- Cuchilla: 150 – 1500 rpm, variable ajustable
- Medición de torque del impulsor: medición patentada de par/potencia mecánica
- Sistema de control: controlado por PLC, operado por panel táctil

Funcionamiento sistema lecho fluidizado

La adición de un medio de granulación acuoso o alcohólico comprime la mezcla de partículas de polvo seco. El fluido contiene un solvente volátil que se puede eliminar por secado.

Desarrollo

Durante mucho tiempo, las soluciones de lecho fluidizado estuvieron dominadas por la pulverización superior. Sin embargo, los beneficios de los sistemas con boquillas de rociado tangencial se han vuelto más evidentes, por lo que tienden a reemplazar a los granuladores de rociado superior.

Una de las ventajas del diseño tangencial es que la granulación, el recubrimiento y el secado se pueden realizar en un solo sistema sin tener que reconfigurar el equipo.

Puede equiparse con un sistema de medición de humedad en línea utilizando tecnología NIR (similar al análisis infrarrojo). Esta innovación permite identificar el nivel de humedad actual, de forma precisa y reproducible, durante el proceso de granulación y secado.



Ilustración 44. Secador de lecho fluidizado BFS 240 (L.B.Bohle, 2023b)

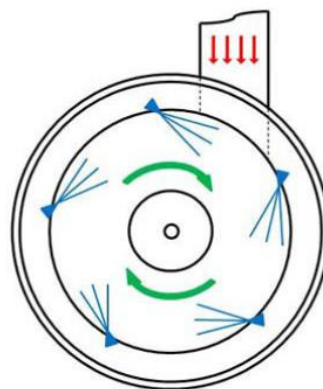


Ilustración 45. Spray tangencial de secador lecho fluidizado (L.B.Bohle, 2023b)

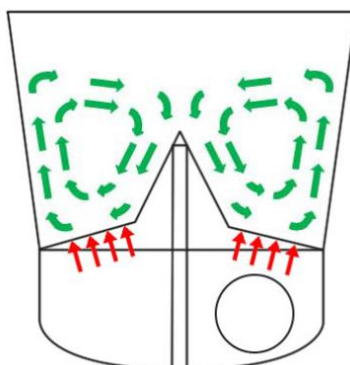


Ilustración 46. Tecnología innovadora BFS (L.B.Bohle, 2023b)

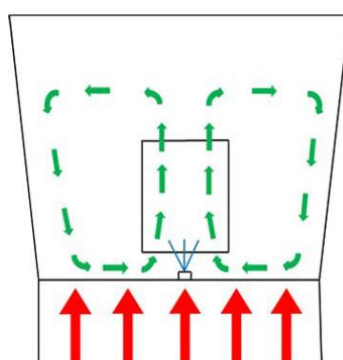


Ilustración 47. Proceso Wurster ordinario BFS (L.B.Bohle, 2023b)

Características específicas sistema de lecho fluidizado

- Series GMA: GMA 600
- Tazón de product de volume de trabajo: 120 – 480 L
- Flujo de aire: 4000 m³/h
- Cadena de suministro: 30 – 80 C
- Cantidad de producto filter bags: 12
- Altura aproximada cabina fluidizada: 4570 mm
- Numero de Boquillas (sprays tangenciales): 5

4.3.1.2. Tamizadora

Descripción

Las tamizadoras se utilizan para moler sólidos, por lo que se calibra el tamaño de las partículas y garantiza una distribución óptima del

Desarrollo

tamaño de las partículas., es decir, para la reducción de tamaño uniforme de ingredientes farmacéuticos activos.

Además, el sistema de tamiz se puede utilizar para mezclar y dispersar. Los tamices están disponibles en una amplia variedad de tamaños diferentes, desde equipos de laboratorio hasta sistemas de alta capacidad.

Debido a su versatilidad, los molinos de máquinas tamizadoras juegan un papel crucial en la producción farmacéutica. Pueden integrarse en líneas de producción complejas, por ejemplo, para operaciones de llenado/vaciado o transferencia en máquinas de proceso, o para llenar y trasvasar contenedores.

Una ventaja destacable es su pequeño tamaño. Además, los tamices se pueden equipar con columnas de elevación integradas para permitir la integración en casi cualquier escenario de proceso. La movilidad de las máquinas también aumenta la eficiencia del proceso porque las máquinas se pueden mover. o incluso desmontarse rápida y fácilmente para su uso o limpieza.



Ilustración 48. Tamizadora - BTS 200 (L.B.Bohle, 2023d)

Especificaciones técnicas

- Diseño innovador del impulsor
- Velocidad: 150 – 1500 rpm
- Tamaño de partículas de productos secos o húmedos

- Ajuste de altura móvil y eléctrico
- Capacidades de producción de 2 – 3 toneladas/hora
- También disponible en diseño a prueba de explosiones, de acuerdo con las directrices ATEX
- Mallas cónicas perforadas de diferentes mallas
- Panel táctil 7"

Funcionamiento



Ilustración 49. Interior tamizador - BTS 200 (L.B.Bohle, 2023d)

Este fresado sirve principalmente para dos objetivos; agrandar la superficie de la partícula, lo que aumenta la velocidad de disolución y equilibrar las diferencias entre los tamaños de las partículas para garantizar que la mezcla sea homogénea

El uso de varios insertos de tamiz cónico (tamices de orificio y tamices de fricción) admite el procesamiento de productos secos y húmedos a velocidades de 150 a 1500 rpm (revoluciones por minuto). Esto hace posible lograr capacidades de producto de dos a tres toneladas métricas en una hora.

4.3.1.3. Mezcladora & Prensa / Inyectadora de cápsulas

4.3.1.3.1. Mezcladora & Prensa

Descripción

El Mezclador Tipo "V" United Pharmatek utilizan motores y unidades ABB industriales de servicio pesado para la rotación de la V y

Desarrollo

la barra intensificadora. Sensores de seguridad OMRON son disponibles para una barrera de seguridad. Control de velocidad variable es disponible en la V y barra de intensificación.



Ilustración 50. Mezclador tipo V - U-53 CBF (United Pharmatek, 2022a)

Especificaciones técnicas

- Volumen: 2000 L
- Volumen máximo de mezcla: 1000 L
- Peso máximo de mezcla: 450 kg/lote
- Rotación de mezclado: 10 rpm
- Altura de trabajo: 3700 Mm
- La barra intensificadora removible aumenta la eficiencia de la mezcla.
- Construcción en acero inoxidable 304 de alta calidad.
- Control de velocidad de la V y de la barra intensificadora

Funcionamiento



Ilustración 51. Interior mezclador tipo V - U-53 CBF (United Pharmatek, 2022a)

Consta de dos cilindros inclinados unidos entre sí en forma de "V" y, a través de la transmisión mecánica, los materiales en polvo dentro del contenedor "V" se desplazan hacia adelante y hacia atrás, se dividen y se mezclan constantemente a medida que el contenedor gira para lograr una mezcla uniforme.

Los materiales se mezclan constantemente a medida que el contenedor gira. Los tiempos de ciclo normales generalmente están en el rango de 15 minutos, sin embargo, pueden ser menos dependiendo de la dificultad de la mezcla. El mezclador V se puede equipar con una barra intensificadora, que ayuda a mezclar y romper los materiales.

Descripción

Esta tableteadora rotativa de Fette Compacting de alta tecnología y construida con materiales de alta calidad, presenta una estructura sólida que garantiza su durabilidad y resistencia en entornos industriales exigentes. Está diseñada según las regulaciones y normas GMP (Good Manufacturing Practices) para la producción en la industria farmacéutica y de productos sólidos y se caracteriza por su precisión, eficiencia y capacidades.



Ilustración 52. Tableteadora Fette Compacting 2200i (Fette Compacting, s. f.)

Especificaciones técnicas

- Número de estaciones de perforación: 45

Desarrollo

- Tipo de golpeo: FS19*/ EU19 / TSM19
- Máximas unidades de producción de tabletas/h: 324000
- Mínimas unidades de producción de tabletas/h: 40500
- Máxima fuerza compresión 1*: 100 kN
- Máxima fuerza de compresión 2*: 100 kN
- Máximo diámetro de comprimido: 18 mm
- Máxima profundidad de llenado: 22 mm
- Diámetro del círculo: 410 mm
- Velocidad mínima de rotación de la torreta: 15 min⁻¹
- Velocidad máxima de rotación de la torreta: 100 min⁻¹
- Diámetro troquel: N/A
- Altura de troquel/segmento: 25 mm
- Diámetro del eje del punzón: 25.35 mm
- Longitud del punzón (superior/inferior): 133.6/133.35 mm
- Profundidad de inserción del punzón superior: 1-4 mm
- Dimensiones: 1220 x 1220 x 2022 mm
- Peso: Tableteadora 3200 – 3500 kg, Terminal de operación 100 kg, armario de distribución 350 kg
- Parámetros suministros eléctricos: Tensión funcionamiento 400 – 480 V, 50/60 Hz, consumo energía 11,5 kW

Funcionamiento

La 2200i utiliza una tecnología de compresión altamente avanzada para producir tabletas con una calidad y uniformidad excepcionales. Incorpora un sistema de compresión por rodillo o "turret" que permite una compresión precisa y controlada de los ingredientes en cada tableta.

La máquina está equipada con sistemas de control y monitoreo avanzados que permiten supervisar y ajustar diferentes parámetros del proceso de compresión. Esto incluye la velocidad de rotación de los rodillos, la presión de compresión, el grosor de la tableta y otros parámetros críticos que influyen en la calidad final del producto.

Puede adaptarse a diferentes tamaños de matriz y configuraciones para producir una amplia gama de tabletas con formas y tamaños específicos según las necesidades del cliente.



Ilustración 53. Interior Fette Compacting 2200i (Fette Compacting, s. f.)

4.3.1.3.2. Encapsuladora

Descripción

La encapsuladora de alta velocidad UAF-2500C de United Pharmatek está diseñada para llenar capsulas de gelatina dura con polvo, gránulos o materiales granulares. Son duraderas y confiables que llenan las dosificaciones con la mayor precisión. La operación de la encapsuladora es muy suave, con bajo nivel de ruido, fácil de operar y fácil de mantener y limpiar. El diseño de la torreta cerrada facilita la limpieza y el mantenimiento.



Ilustración 54. Encapsuladora alta velocidad UAF-2500C (United Pharmatek, 2022b)

Especificaciones técnicas

- Capacidad: 150000 Cápsulas por hora
- Tamaños de cápsulas: #000, #00, #1, #2, #3, #4, #5
- Precisión de dosificación: >98%
- Fuente de poder: 220V 60Hz 3Ph O Según sea necesario
- Mesa rotatoria de 12 estaciones
- 18 agujeros por segmento permiten 2500 cápsulas por minuto
- Doble dosificación de cápsulas
- Estación de dosificación de medicamento dentro de cápsula
- Estación de dosificación de medicamento
- Dosificación precisa de medicamentos
- Los componentes eléctricos funcionan únicamente con SIEMENS y PLC SIEMENS para mayor confiabilidad.

Funcionamiento

Cada encapsuladora automáticamente orienta la capsula, separa las capsulas, llena la capsula de la dosis especificada y cierra automáticamente las cápsulas. Pueden llenar capsulas de tamaños n.º 000 al n.º 5.

Utilizando el sistema de pines, cada estación de pines puede ajustarse individualmente para un control de peso preciso. Un espacio ajustable entre el disco de dosificación y la placa de compactación asegura un derrame mínimo de polvo. La máquina encapsuladora incluye sensores tanto para la tolva del medicamento como para la tolva de la cápsula vacía para garantizar un funcionamiento ininterrumpido continuo. Las cápsulas defectuosas, como las cápsulas sin separar, son expulsadas automáticamente durante la operación a través de la succión de vacío. Los pines de soplado de aire limpian los segmentos después de que las cápsulas hayan sido expulsadas y se repite el proceso completo de llenado de la cápsula para una operación completamente automática.

Tienen un rango de producción hasta 2,500 capsulas por minuto o 150,000 capsulas por.

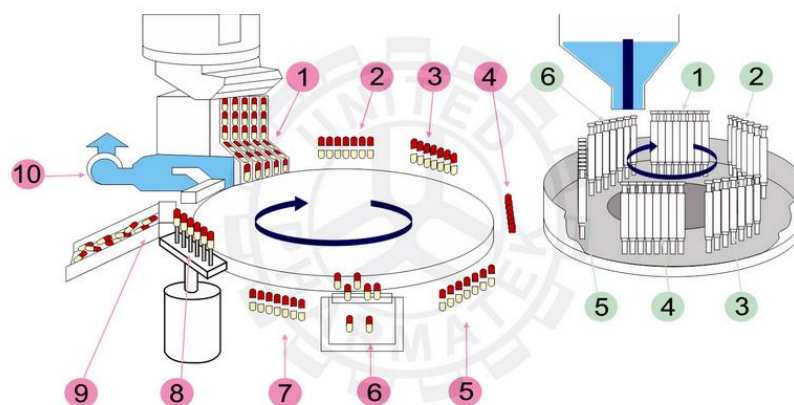


Ilustración 55. Funcionamiento encapsuladora (United Pharmatek, 2022b)

Según la ilustración anterior el proceso de encapsulado sería el siguiente:

1. Transporte
2. Transporte
3. Dosificación del Medicamento
4. Reservado para estación de pellets o micro tabletas (opcional)
5. Expulsión de cápsulas defectuosas
6. Unión de cuerpo y tapa
7. Cierre de la capsula
8. Expulsión de cápsulas llenadas
9. Limpieza del segmento por Soplado de aire

En la siguiente ilustración se puede observar cómo se realiza el proceso de compresión del medicamento para posteriormente ser introducido en la cápsula:

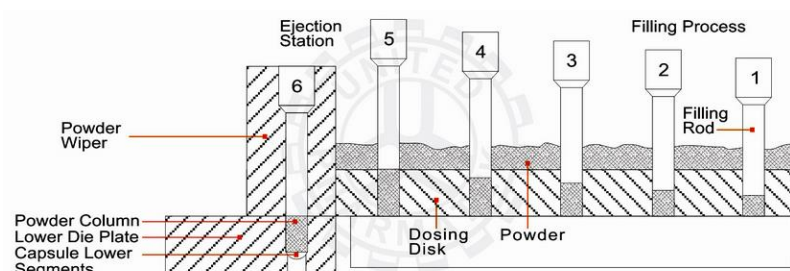


Ilustración 56. Principio funcionamiento encapsuladora (United Pharmatek, 2022b)

Desarrollo

1. Compresión medicamento - 1/5 espesor del disco de dosificación
2. Compresión medicamento - 2/5 espesor del disco de dosificación
3. Compresión medicamento - 3/5 espesor del disco de dosificación
4. Compresión medicamento - 4/5 espesor del disco de dosificación
5. Compresión medicamento - 5/5 espesor del disco de dosificación, al mismo espesor del disco de dosificación
6. Medicamento comprimido es insertado en las cápsulas

4.3.1.4. Blisteadora acondicionamiento primario

Descripción

DPH260 de Jornen es una encapsuladora automática de alta velocidad utilizada para el acondicionamiento primario en la industria farmacéutica.



Ilustración 57. Blisteadora acondicionamiento primario DPH260 (Jornen, 2018a)

Especificaciones técnicas:

- Max. Speed: alu/alu 100 punches/min. alu/pvc 200 punches/min
- Max. Forming Area: 250×250mm
- Max Forming Depth: 12mm
- Material: Max. width 265mm
- Machine Power: 16.7kw

- Machine Dimension: 4600mm×1250mm×2000mm
- Machine Weight: 3200kg

Funcionamiento

Este modelo DPH260 de Jorner es una máquina de alta velocidad de sellado rotativo

La operación de corte del blíster se realiza en voladizo para que se dañe lo menos posible el material. La separación de las zonas de conducción y operación cumple con los requisitos farmacéuticos para poder operar.

Las piezas principales están hechas de acero inoxidable y material de aleación de aluminio para máxima calidad



Ilustración 58. Estación de formación blíster (Jorner, 2018a)

Las bobinas de material de formación pueden ser de hasta 600 mm de diámetro. Además, contiene una cortadora de recorte de material de desecho, lo que permite ciclos de producción ininterrumpidos durante 90 minutos aprox, lo que hace que se reemplace el material en periodos de tiempo prolongados.

También tiene un empalmador de material de formación integrado para mejorar la eficiencia durante el reemplazo del material.

Desarrollo



Ilustración 59. Formación final de blíster (Jornen, 2018a)

Las placas superior e inferior de la máquina adoptan el método de calentamiento por contacto que reduce significativamente la temperatura de formación, de forma que se minimiza la contracción, la deformación del material de embalaje y el consumo de energía.

Tiene un sistema automático de posicionamiento que hace que cambiar el formato de blíster sea muy simple.



Ilustración 60. Estación de sellado rotativo (Jornen, 2018a)

El cortador transversal que separa los blísters es capaz de recoger lo que queremos y desechar el sobrante.



Ilustración 61. Estación de corte (Jornen, 2018a)

Se puede conectar a máquinas posteriores, por ejemplo, encartonadoras de alta velocidad, máquinas de bandas elásticas y empacadoras de cajas, etc., para formar una línea completa de envasado farmacéutico. Para nuestro proyecto nos viene perfecto ya que se puede conectar a la encartonadora de Jornen para el acondicionamiento secundario.

4.3.1.5. Blisteadora acondicionamiento secundario

Descripción

ZH300 es una máquina estuchadora de movimiento uniforme. Sirve para el envasado de blísteres, viales... y puede doblar folletos, abrir cajas, etc, y se puede conectar con la máquina blisteadora DPH260.



Ilustración 62. Blisteadora acondicionamiento secundario ZH300 (Jornen, 2018b)

Especificaciones técnicas

- Max.Output: 300 cartons/min.
- Range of Carton Size: Max.200x90x60mm Min.75x30x15mm
- Machine Power: 11kw
- Machine Dimension: 5600x1700x2100mm
- Machine Weight: 4300kg

Funcionamiento

La máquina cuenta con los siguientes elementos:

- Dispositivo de engranaje: encargado de impulsar la cadena transportadora de cartón y la cadena transportadora de tarjetas blíster para que se muevan constantemente.
- Cadena transportadora de cartón: transfiere cajas de cartón abiertas a cada estación.
- Cadena transportadora de folletos: envía folletos plegados a la estación de alimentación de blíster.
- Dispositivo rotatorio de recogida de cajas de cartón: succiona las cajas, las abre y las coloca en el transportador de cajas.
- Dispositivo de plegado de folletos: pliega los folletos. Puede hacer hasta cuatro pliegues.
- Dispositivo de inserción: empuja las tarjetas blíster dentro de la caja de cartón en movimiento continuo.
- Dispositivo de cargador de cartón: adopte una revista de cartón largo para aproximadamente 1000 cartones.

Dentro del cargador de la máquina, los blísteres se cuentan cuando caen a través del servosistema, transferidas al módulo estuchador.

El cargador de cartón es largo y fácilmente rellenable.



Ilustración 63. Contador blísters - ZH300 (Jornen, 2018b)

Los folletos del blíster pueden adoptar el formato de GUK o MB.



Ilustración 64. Estuchadora blísters - ZH300 (Jornen, 2018b)

El alimentador rotatorio de cajas de cartón recoge las cajas de cartón y luego las coloca en la cadena transportadora de cajas de cartón.

El diseño ergonómico de la máquina permite colocar el dispositivo de inserción en la parte trasera de la máquina, lo que facilita su operación. Una vez están en la cadena transportadora de cajas, las cajas se cierran automáticamente.

Al final del proceso de acondicionamiento secundario los cartones se descargan automáticamente fuera de la máquina. En nuestro proceso se descargan en la cinta conectada y estos a su vez son los que irán directos al robot industrial.



Ilustración 65. Módulo final - ZH300 (Jornen, 2018b)

4.3.1.6. Cintas transportadoras

Descripción

La cinta transportadora AquaPruf 7600 es una solución de transporte diseñada para cumplir con los altos estándares de higiene y limpieza requeridos en industrias sensibles, como la alimentaria y farmacéutica. Su construcción robusta, diseño higiénico y opciones de personalización la convierten en una elección confiable y eficiente para el manejo de materiales en entornos sanitarios.



Ilustración 66. Cinta Transportadora - AquaPruf 7600 (Dorner, 2023)

Especificaciones técnicas

- Carga: 90 kg/m² (20 lbs/pie cuadrado) Banda
- Anchos de banda: 10,1 cm (6") a 91,4 cm (60")
- Largos: 91,4 cm (36") a 12,19 m (40')
- Velocidad de la correa: máximo 71 m/min (328 pies/min)
- Rodillo impulsor de 89 mm (3,5") de diámetro con aislamiento de uretano moldeado
- Tira de desgaste UHMW de la placa base
- Estructura de acero inoxidable 304 soldada continuamente con TIG
- Material del cojinete Acero inoxidable 400
- Modelos de transportador recto de banda plana y de banda con empujador
- Modelos de transportador de banda plana con armazón en Z y banda con empujador (0 a más de 60°)

- El husillo de transmisión es recubrimiento de uretano fundido para una mayor capacidad de carga.

Funcionamiento

Al igual que cualquier cinta transportadora esta se acciona a través de unos actuadores y se mueve en una dirección.

Esta cinta ha sido diseñada para facilitar el mantenimiento y la reparación. Sus componentes son estandarizados y de fácil acceso, lo que simplifica el proceso de mantenimiento y reduce el tiempo de inactividad. También tiene un ajuste y reemplazo rápido de piezas, lo que hace que se note menos su inactividad en caso de que se necesite un reemplazo.

4.3.1.7. Robot Industrial

Descripción

El ABB IRB 4600-20/2.50 es una variante del robot IRB 4600 con una capacidad de carga nominal de 20 kg y un alcance de 2.50 metros. Este robot en particular puede manejar cargas más pesadas en comparación con otras variantes y tiene un alcance que permite realizar tareas en áreas más alejadas. Estas especificaciones pueden ser importantes consideraciones al elegir el robot adecuado para una aplicación específica en la industria.



Ilustración 67. Robot Industrial - IRB 4600-20/2.5 (ABB Robotics, 2023)

Desarrollo

Especificaciones técnicas

Alcance: 2.50 m

Número de ejes: 6 + 3 external (más de 36 MultiMove)

Protección: Standard IP67

Supply voltaje: 200-600 V, 50-60 Hz

Base del robot: 1922 mm (altura); 430 kg

Environment during operation: +5° C (41° F) to + 45°C (113°F)

Funcionamiento

El IRB 4600 cuenta con un sistema de control integrado compuesto por controladores y software especializado. Los controladores del robot reciben las instrucciones del programa y traducen estas instrucciones en comandos de movimiento para los actuadores.

El software de programación de ABB, como el RobotStudio, permite a los operadores programar y simular las tareas que el robot debe realizar.

También facilita la configuración de parámetros, la monitorización del estado del robot y la gestión de la seguridad.

Se programa el robot utilizando RAPID que (Robot Application Programming Interface and Data), que es un lenguaje de programación específico que permite la programación de secuencias más complejas y el uso de lógica y variables.

Cada una de las articulaciones del brazo del robot está equipada con actuadores, que son dispositivos responsables de generar los movimientos de las juntas. Estos actuadores pueden ser motores eléctricos o hidráulicos, dependiendo de la configuración específica del IRB 4600.

Además, el robot está equipado con una variedad de sensores, como encoders y sensores de fuerza, que permiten al robot monitorear y ajustar sus movimientos en tiempo real.

Tiene una estructura articulada compuesta por varios segmentos unidos por juntas. Estas juntas permiten el movimiento del brazo en seis grados de libertad: rotación alrededor de los ejes de la base, hombro, codo, muñeca y dos ejes adicionales en la muñeca para el movimiento del efector final. El brazo del robot está diseñado para ser liviano pero resistente, utilizando materiales duraderos que permiten una manipulación eficiente de cargas.

4.3.2. Sensores

4.3.2.1. Capacitivo

Descripción

El sensor capacitivo ifm electronic KI6000 - KI-3250NFPKG es un sensor utilizado en aplicaciones industriales para detectar la presencia o ausencia de objetos no conductores, como plástico, papel, líquidos y materiales a granel.



Ilustración 68. Sensor capacitivo (Automation24, s. f.)

Especificaciones técnicas

- Sensor capacitivo M30 x 1,5
- NA/NC seleccionable
- PNP
- tensión de trabajo: 10...30 V DC
- alcance: $S_n = 25$ mm
- seleccionable 0,5...40 mm
- [no enrasable]
- protección: IP65/IP67/IP69k
- temperatura del medio: -25...110 °C
- conector M12
- IO-Link 1.1

Funcionamiento

Funciona mediante el principio de medición de cambios en la capacitancia. Cuando un objeto no conductor se acerca al sensor, se

Desarrollo

produce un cambio en el campo eléctrico y, por lo tanto, en la capacitancia del sensor. Esto permite al sensor detectar la presencia o ausencia del objeto.

4.3.2.2. De nivel

Descripción

El sensor de nivel capacitivo TrueCap MK2, MK2e es un dispositivo utilizado para medir y controlar el nivel de líquidos y sólidos en aplicaciones industriales. Estos sensores utilizan la tecnología de medición capacitiva para detectar cambios en la capacitancia causados por la presencia o ausencia de un medio en su área de detección.



Ilustración 69. Sensor de nivel capacitivo (TrueCap, s. f.)

Especificaciones técnicas

- Power: 8-240 VAC $\pm 10\%$, 50/60Hz; 24-48VDC $\pm 10\%$, 3W
- Altitude: 6562 ft (2000 m) max
- Ambient Op Temp: -40°F (-40°C) to $+150^{\circ}\text{F}$ ($+65^{\circ}\text{C}$)
- Time Delay: 0.25 to 15 sec single-turn adj. for delay to activate & delay to de-activate

Funcionamiento

funcionan midiendo los cambios en la capacitancia entre el electrodo del sensor y el medio circundante. Cuando un líquido o sólido entra en contacto con el electrodo del sensor, se produce un cambio en la capacitancia, lo que indica la presencia del medio y, por lo tanto, el nivel del mismo.

funcionan midiendo los cambios en la capacitancia entre el electrodo del sensor y el medio circundante. Cuando un líquido o sólido entra en contacto con el electrodo del sensor, se produce un cambio en la capacitancia, lo que indica la presencia del medio y, por lo tanto, el nivel del mismo.

4.3.2.3. Flujo de aire

Descripción

D6F-W es un tipo de sensor de flujo de aire fabricado por OMRON. Este sensor se utiliza para medir la velocidad y la dirección del flujo de aire en una amplia gama de aplicaciones industriales.

De los modelos que hay yo escojo el D6F-W10A1 ya que permite medir caudales de aire a velocidades más altas.



Ilustración 70. Sensor Flujo de aire (Farnell, s. f.)

Especificaciones técnicas

- Flow Range: 0 to 10 m/s
- Calibration Gas: Air
- Power Supply: 10.8 to 26.4 VDC
- Accuracy: $\pm 5\%$ FS (25°C characteristic)
- Repeatability: $\pm 0.4\%$ FS

Desarrollo

- Temperature Characteristics: $\pm 5\%$ FS for 25°C characteristic at an ambient temperature of -10 to 60°C

Funcionamiento

D6F-W utiliza el principio de medición de flujo de calor para determinar la velocidad y la dirección del flujo de aire. El sensor consta de un elemento de detección de temperatura y un circuito de acondicionamiento de señal. Cuando el flujo de aire pasa sobre el elemento de detección, la transferencia de calor desde el elemento cambia y se detecta como una variación en la temperatura. Esto permite al sensor calcular la velocidad y la dirección del flujo de aire.

Este sensor proporciona mediciones precisas de la velocidad del flujo de aire con una precisión de hasta $\pm 3\%$ de la medición. Esto asegura una monitorización confiable del flujo de aire en diversas aplicaciones.

Los rangos de medición pueden cubrir desde velocidades de flujo bajas hasta velocidades de flujo más altas.

4.3.2.4. Focélulas

4.3.2.4.1. Largo alcance

Descripción

RS PRO Retroreflective es un dispositivo utilizado para detectar la presencia o ausencia de objetos en aplicaciones industriales. Este tipo de sensor utiliza luz emitida por una fuente de luz incorporada y mide la cantidad de luz reflejada o interrumpida para determinar la presencia de un objeto.



Ilustración 71. Focélula de largo alcance (RS PRO, s. f.-a)

Especificaciones técnicas

- Estilo de Sensor: Cilíndrico
- Tipo de Detección: Retroreflective
- Rango de Detección: 50 mm → 7 m
- Tipo de Salida: PNP
- Conexión Eléctrica: Cable de 4 hilos de 2 m
- Tensión DC Máxima: 30V
- Fuente de la luz: LED
- Índice de Protección IP: IP67
- Tiempo de Respuesta: <500 μ s
- Temperatura de Funcionamiento Mínima/Máx: -25°C/55°C

Funcionamiento

El sensor fotoeléctrico retroreflectante utiliza un sistema de reflexión para detectar objetos. Consiste en tres componentes principales: una fuente de luz, un receptor de luz y un reflector. La fuente de luz emite un haz de luz que es reflejado por el reflector hacia el receptor de luz. Cuando un objeto se interpone en el camino entre el sensor y el reflector, el haz de luz se interrumpe y el sensor detecta esta interrupción como la presencia de un objeto.

Permite ajustar la distancia de detección, lo que significa que puedes configurar la distancia a la que el sensor puede detectar un objeto.

4.3.2.4.2. Corto alcance

Descripción

RS PRO Sistema de Supresión de Fondo es un dispositivo utilizado para detectar objetos en aplicaciones industriales al suprimir o ignorar el fondo o fondo de la máquina. Este tipo de sensor utiliza luz emitida por una fuente de luz incorporada y mide la cantidad de luz reflejada o interrumpida para determinar la presencia de un objeto.



Ilustración 72. Fotocélula corto alcance (RS PRO, s. f.-b)

Especificaciones técnicas

- Estilo de Sensor: Cilíndrico
- Tipo de Detección: Supresión de fondo
- Rango de Detección: 1mm -> 140mm
- Tipo de Salida: NPN
- Conexión Eléctrica: Cable de 4 hilos de 2m
- Tensión DC Máxima: 30V
- Fuente de la luz: LED
- Índice de Protección IP: IP67
- Corriente Máxima: 100mA
- Tiempo de Respuesta: <500 μ s
- Temperatura de Funcionamiento Mínima/Máx: -25°C/55°C

Funcionamiento

El sensor fotoeléctrico de supresión de fondo funciona mediante el uso de un método óptico especial para ignorar el fondo y detectar solo los objetos que se encuentran frente al sensor.

Utiliza un haz de luz que se emite desde el sensor hacia el objeto y se refleja de vuelta al sensor.

El sensor está diseñado para detectar solo los objetos que interrumpen el haz de luz reflejada por el objeto, mientras que ignora el fondo.

4.3.3. Distribución de componentes en la nave

La distribución de la maquinaria según los procesos de elaboración y acondicionamiento de fármacos en las distintas naves queda de la siguiente forma:

Nave de elaboración de comprimidos y cápsulas rígidas o Nave 1

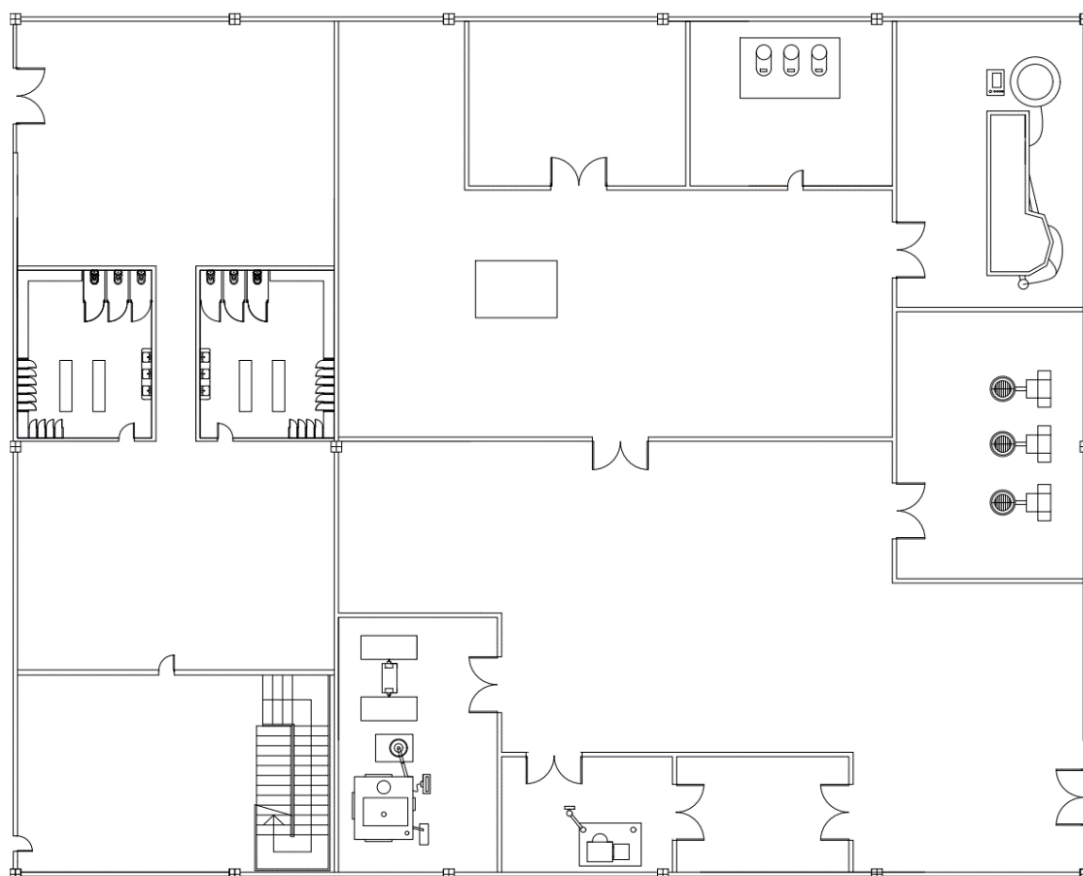


Ilustración 73. Distribución maquinaria Nave 1

Nave de acondicionamiento de medicamentos o Nave 2

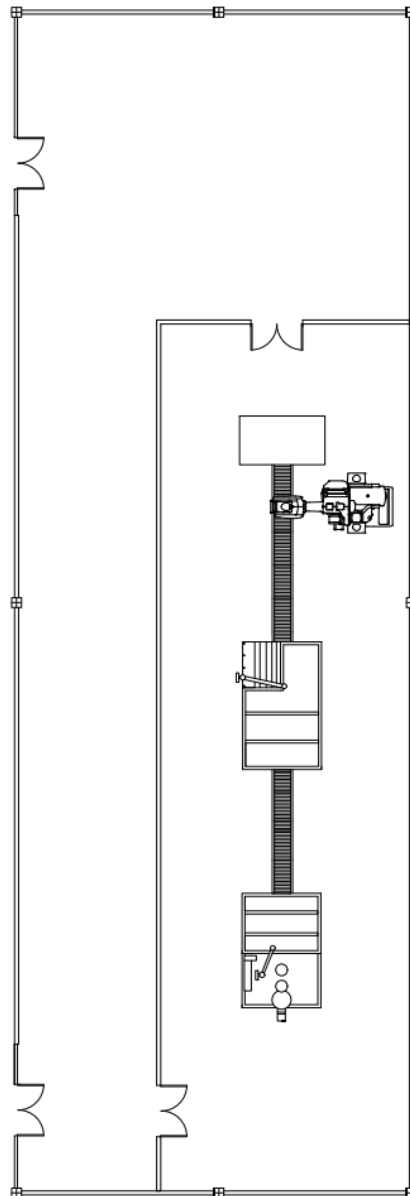


Ilustración 74. Distribución maquinaria Nave 2

4.4. CONTROL AUTOMATIZADO DE LA LÍNEA

4.4.1. Selección de elementos

Normalmente la maquinaria que se emplea en este tipo de instalaciones lleva incorporadas su propio cuadro, de tal forma que también llevan su propia programación en su autómata programable.

En mi caso voy a realizar una automatización centralizada del cuadro general y su respectivo módulo, desde los cuales se mandarían las ordenes necesarias para el correcto funcionamiento general de la línea. De forma que el control específico de cada uno de los componentes de cada máquina está asumido en los cuadros de mando de cada una de ellas.

Para realizar este control general utilizaré el autómata programable S7 314C-2 PN/DP que, dentro del cuadro general, el cual se situará en la nave principal o nave 1.

Se le incorporará una estación de trabajo descentralizada para optimizar el control y no tener tanto cableado dentro de la planta. Este módulo será el ET-200B se situará en la nave 2 y será el encargado del control. He escogido este módulo ya que tiene entradas y salidas suficientes, y la relación de simplicidad y practicidad es óptima para el control de la línea.

El autómata principal y el módulo descentralizado se conectarán entre sí mediante el protocolo PROFIBUS-DP del autómata, el cual es idóneo ya que es un sistema de comunicación maestro esclavo que permite una comunicación muy rápida del hardware.

Tanto el CPU 314C-2 PN/DP como el ET-200B se les asignará una serie de entradas y salidas de PLC las cuales se conectan a una fuente de alimentación de 24VC. Los dos elementos de control tienen que estar conectados entre fase y neutro.

En la siguiente tabla se presenta la maquinaria conectada a cada unidad lógica de control.

Tabla 1. Maquinaria por unidad lógica control

CPU 314C-2 PN/DP	ET-200B
Granuladora/Secadora	Blisteadora 1
Tamizadora	Cinta transportadora 1
Mezcladora compresión	Blisteadora 2

Desarrollo

Prensa de comprimidos	Cinta transportadora 2
Encapsuladora	Robot Industrial

La referencia del autómatas es 6ES7 314-6EH04-0AB0 y según la información de SIMATIC esta CPU tiene 24DI (Digital Inputs) y 16 DO (Digital Outputs) por lo que las tablas de las misma quedarían de la siguiente forma.

Tabla 2. Entradas digitales CPU 314C-2 PN/DP

Número	Dirección	Símbolo
0	E 130.0	0. Seta_Automatico_Nave1
1	E 130.1	0.Seta_Automatico_Nave2
2	E 130.2	0. Seta_Paracetamol
3	E 130.3	0. Seta_Nolotil
4	E 130.4	1. Granulado_SensorNivel
5	E 130.5	2. Secado_FlujoAire
6	E 130.6	2. Secado_SensorNivel
7	E 130.7	3. Mezclado_SensorNivel
8	E 131.0	4. Tamizado_SensorNivel
9	E 131.1	6. Prensa_Sen.Nivel
10	E 131.2	7. Encapsuladora_SenNive
11	E 131.3	
12	E 131.4	
13	E 131.5	
14	E 131.6	
15	E 131.7	
16	E 132.0	
17	E 132.1	
18	E 132.2	
19	E 132.3	
20	E 132.4	
21	E 132.5	
22	E 132.6	

23	E 132.7	
----	---------	--

Tabla 3. Salidas digitales CPU 314C-2 PN/DP

Número	Dirección	Símbolo
0	A 130.0	1. Granulado_Actuadores
1	A 130.1	2. Secado_Actuadores
2	A 130.2	3. Mezclado_Actuadores
3	A 130.3	4. Tamizado_Actuadores
4	A 130.4	6. Prensa_Actuadores
5	A 130.5	7. Encapsuladora_Act.
6	A 130.6	0. Led_Automatico_Nave1
7	A 130.7	0.Led_Automatico_Nave2
8	A 131.0	0. Led_Nolotil
9	A 131.1	0. Señal_TªOK
10	A 131.2	
11	A 131.3	
12	A 131.4	
13	A 131.5	
14	A 131.6	
15	A 131.7	

La estación periférica que he seleccionado es un ET-200B cuya referencia es 6ES7 133-0BH0.-0XB0 la cual nos dice que tiene 8 DI y 8DO alimentados a 24VDC.

Tabla 4. Entradas digitales ET-200B

Número	Dirección	Símbolo
0	E 3.0	8. Blisteadora1_SensCap.
1	E 3.1	9. Blisteadora2_SensCap.
2	E 3.2	9. CintaTransp1_SensCap.
3	E 3.3	9. CintaTransp2_SenCapa.
4	E 3.4	9.RobotIndustrial_Sens.
5	E 3.5	9. Seta_ParoEmergencia

Desarrollo

6	E 3.6	
7	E 3.7	

Tabla 5. Salidas digitales ET-200B

Número	Dirección	Símbolo
0	A 3.0	8. Blisteadora1_Act.
1	A 3.1	9. Blisteadora2_Actuado.
2	A 3.2	9. CintaTransport1_Act.
3	A 3.3	9. CintaTransport2_Act.
4	A 3.4	9. RobotIndustrial_Act.
5	A 3.5	0.Led_ Paro_Emergencia
6	A 3.6	
7	A 3.7	

En la realización de la programación lo primero que habrá que hacer es realizar la conexión maestro esclavo dentro del hardware del CPU 314C-2 PN/DP. Para ello primero añadiremos los módulos a los slots correspondientes.

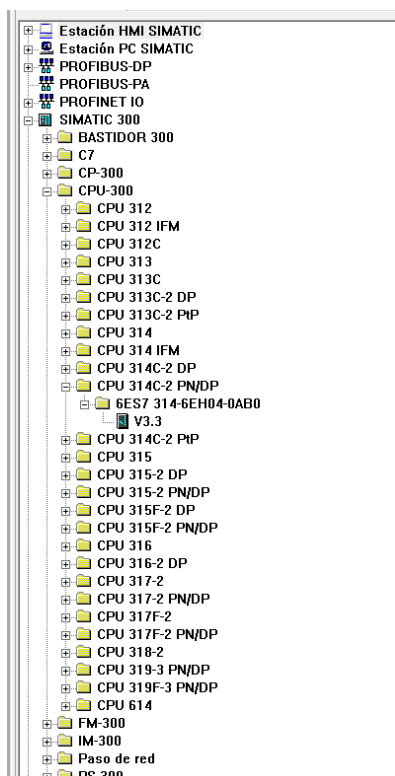


Ilustración 75. Unidad lógica control automática programable

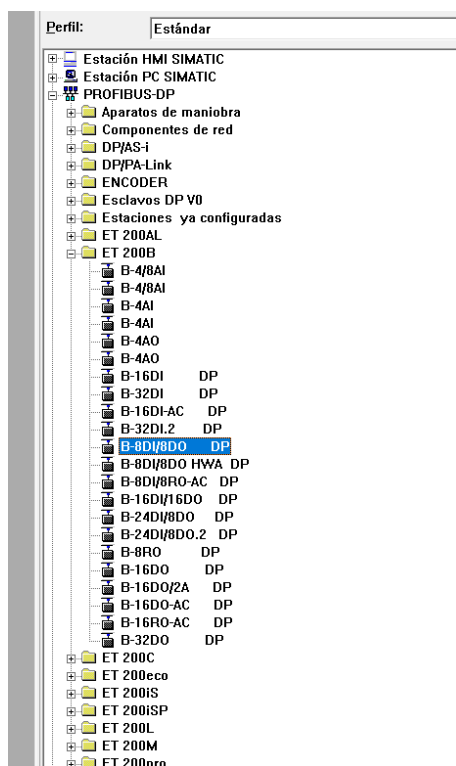


Ilustración 76. Ilustración 36. Unidad lógica control periferia descentralizada

Una vez seleccionados pasamos a realizar la conexión maestro esclavo a través del protocolo de comunicación PROFIBUS-DP

Desarrollo

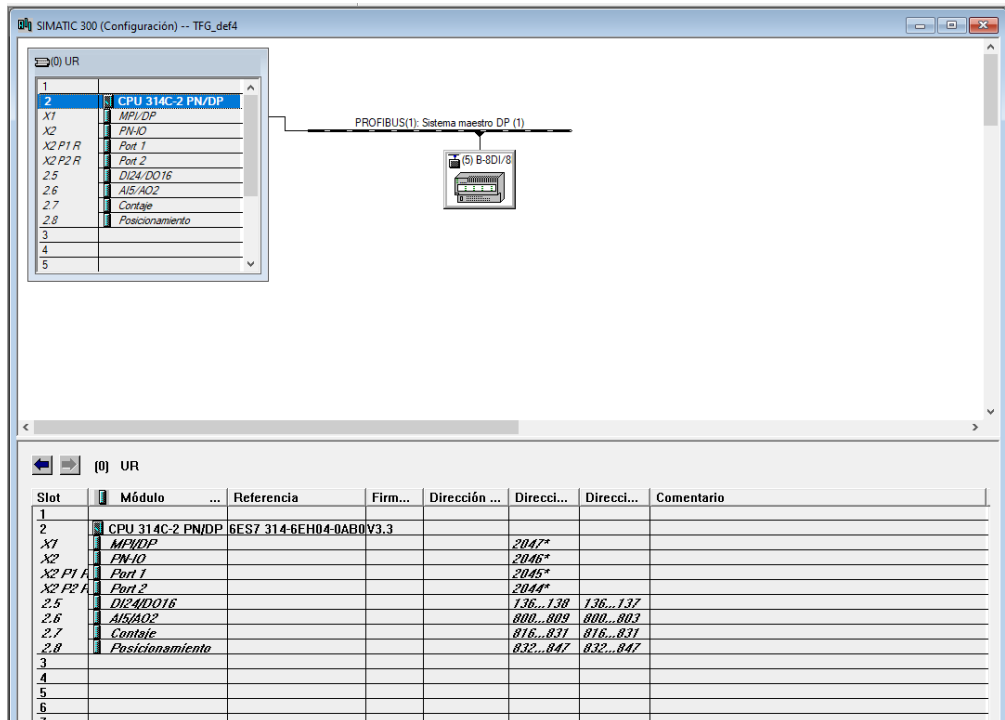


Ilustración 77. Conexión maestro-esclavo PROFIBUS-DP

Una vez tenemos la conexión realizada pasamos a insertar la estación SIMATIC y su configuración en la red PROFIBUS

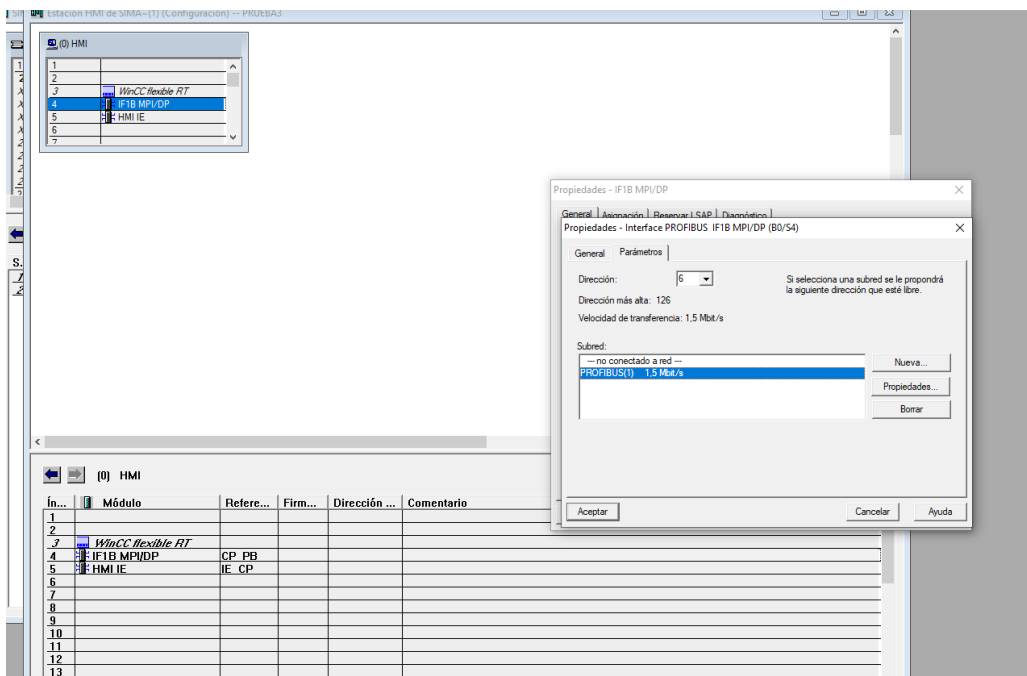


Ilustración 78. Conexión estación-HMI en la red PROFIBUS

A continuación, iremos al apartado de redes y nos aseguraremos que todos los elementos están correctamente conectados en dicha red

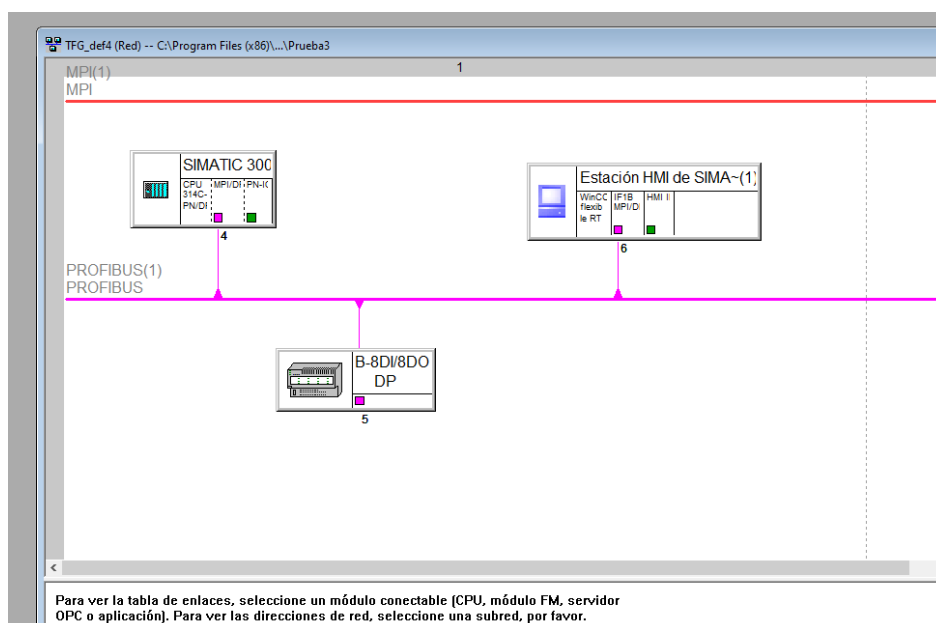


Ilustración 79. Configuración redes SIMATIC

Para terminar esta configuración inicial tenemos que asegurarnos que los valores asignados en la tabla de símbolos sean los mismos que los asignados en la tabla de variables de la estación HMI.

Una vez que tenemos el hardware configurado realizamos el SCADA de la planta a través de la pantalla MP 277 10" Touch de Siemens asignando direcciones a los objetos empleados para el usuario de la misma.

4.4.2. Simulación SIMATIC STEP 7

A continuación, voy a explicar el funcionamiento de la simulación a través del diseño SCADA realizado.

Antes de empezar hay que asegurarse que hemos cargado el hardware de la CPU correctamente para que no haya problemas con las marcas de ciclo (usadas posteriormente para el conteo de medicamentos).

También habrá que cargar cada uno de los bloques para que empiece a funcionar el sistema, OB1, FC1, FC2, FC3, FC4, FC5, FC6, FC7, FC8 para poder utilizar el programa creado en la simulación.

Al arrancar la simulación la primera pantalla que nos aparece es el menú principal en el que vamos a tener acceso a tres menús diferentes. Los dos primeros son los que hay que utilizar para hacer funcionar el

Desarrollo

programa y el último es informativo en el que aparecerá las instrucciones en las que se basa dicho programa.



Ilustración 80. Menú principal SCADA

Dentro de los primeros apartados, nos encontramos con el menú formulación en la que se nos indicará que tipo de materia prima para empezar a funcionar y el menú naves en el que seleccionaremos en que nave queremos empezar a trabajar.



Ilustración 81. Formulación SCADA

Las entradas se activarán cuando activemos las entradas correspondientes en PLCSIM que en un caso real se activaría cuando un operario seleccionase manualmente la entrada a través de la seta correspondiente.

En S7-PLCSIM hay que asegurarse que estamos conectados a la red configurada, en mi caso PROFIBUS-DP. También hay que tener en cuenta que esta activado RUN-P.

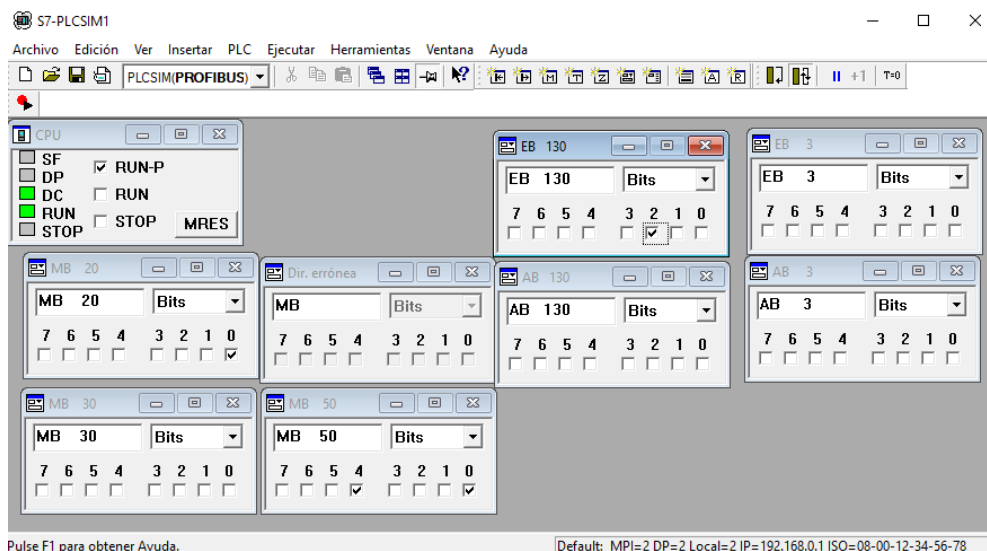


Ilustración 82. PLCSIM Entradas/Salidas

Al activar la entrada EB 130.2 activamos la entrada digital para la formulación de los comprimidos. Se indica en luz verde en el SCADA que la activación de la formulación. En caso de activar la formulación de Nolotil, nos aparecerá en luz verde esta última. También existe la opción de usar ambas formulaciones al mismo tiempo.



Ilustración 83. Activación formulación SCADA

Desarrollo

Dentro de la pantalla de Naves vamos a encontrar de forma gráfica el plano de la planta en el que se sitúan ambas naves. Nos aparecen dos botones para seleccionar una de ellas. A la izquierda de la pantalla tenemos un botón de formulación por si queremos ir directamente a esa pantalla sin pasar por menú de inicio.

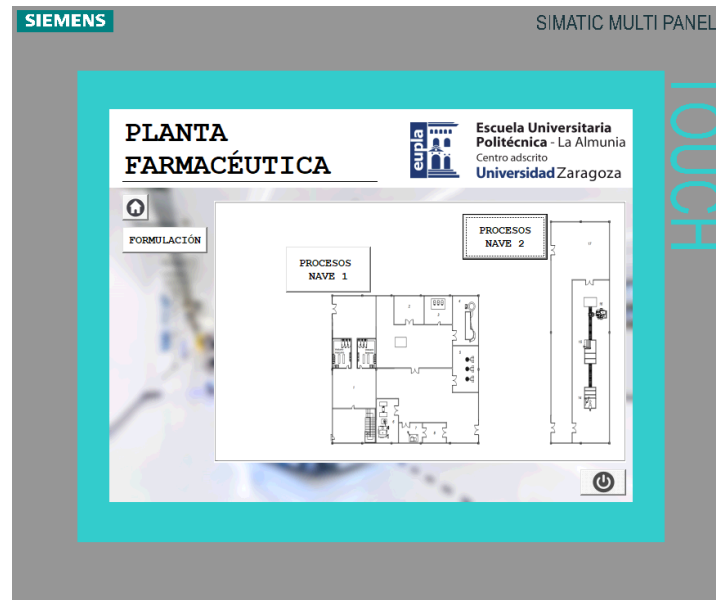


Ilustración 84. Naves SCADA

Lo primero de todo es que los procesos no van a empezar a funcionar hasta que las condiciones iniciales de selección de formulación, activación de la entrada automática de la nave y el rango de temperaturas estén preparados y bien configurados.

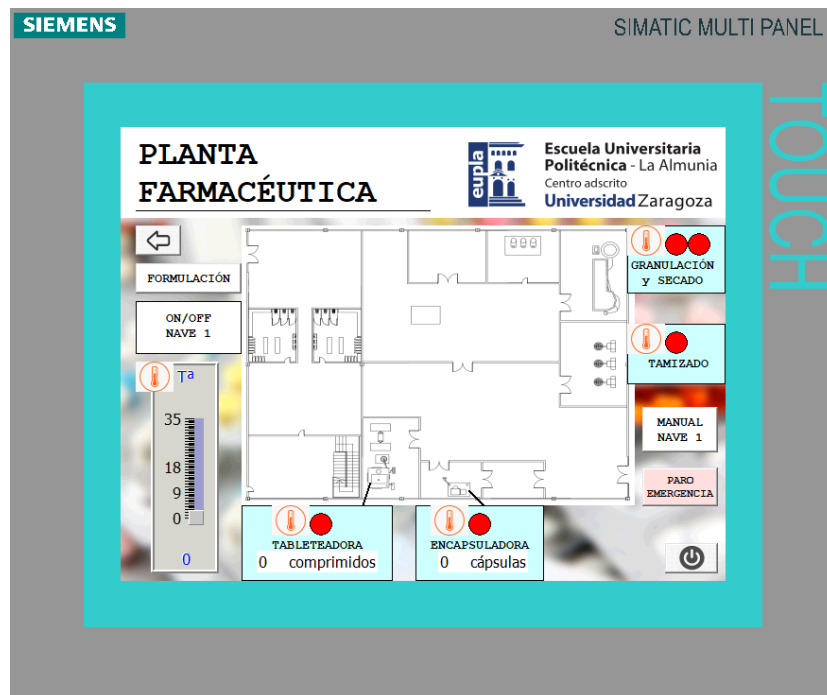


Ilustración 85. Pantalla Nave 1 SCADA

La temperatura de las salas se establece a través de un deslizador en el que seleccionaremos la Tª ambiente general, actuando así como un termostato. Esta temperatura tiene que estar entre un rango de 15°C a 25°C, en caso contrario aparecerá un símbolo de Tª en naranja tal y como se puede observar en la ilustración anterior.

En los procesos se encontrará un círculo verde que nos indicará si la máquina de dicho proceso de encuentra en funcionamiento o no, a través de luz verde o luz roja. Dentro de los procesos de compresión de comprimidos (tableteadora) y encapsulamiento (encapsuladora) hay un contador de los medicamentos fabricados.

También hay un indicador de paro de emergencia que empezará a parpadear cuando pulsemos la seta de emergencia.

Este paro de emergencia afectará la maquinaria de las dos naves de la planta y no únicamente a una nave, por lo que se realizará un paro automático de toda la maquinaria de la planta.

Desarrollo

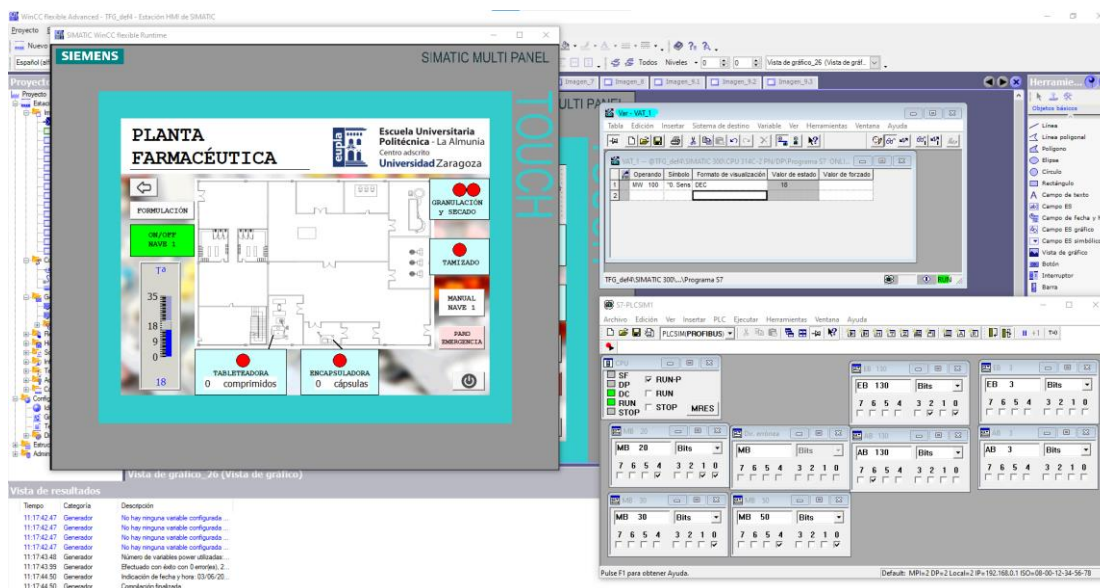


Ilustración 86. Activación funcionamiento automático Nave 1 SCADA

Una vez explicado esta pantalla, vamos a poner a punto las condiciones iniciales para posteriormente poder empezar a trabajar en los procesos. Activando la formulación, EB 130.2, la setá para inicio automático de la Nave 1, EB 130.0, y comprobar que la Tª está en rango (aviso naranja Tª desaparece de SCADA).

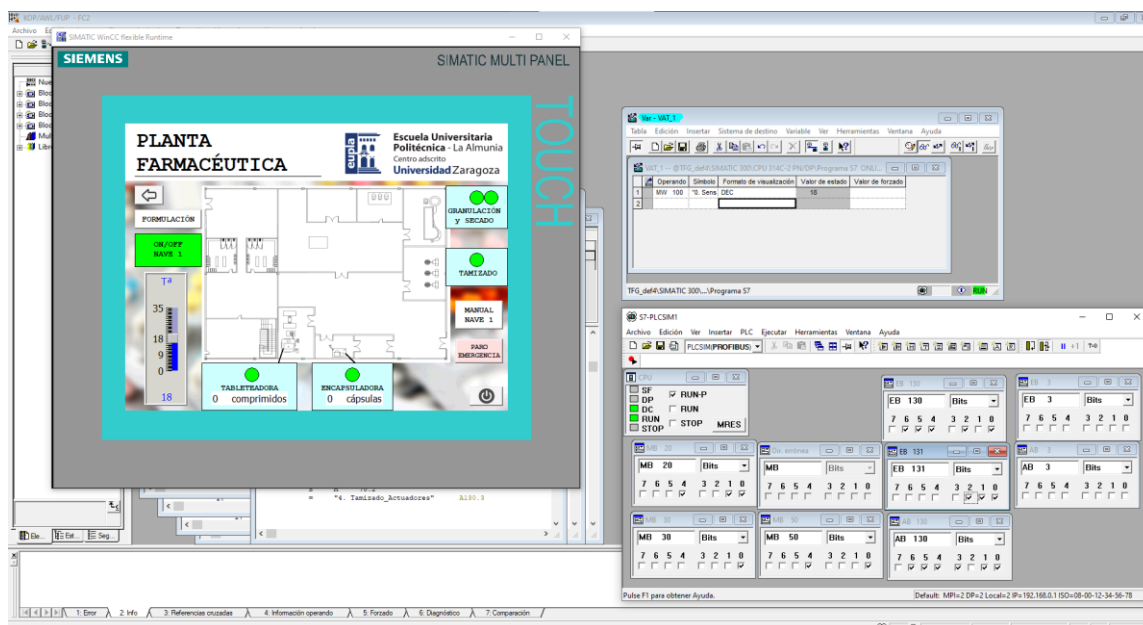


Ilustración 87. Funcionamiento automático Nave 1 SCADA

Al activar las entradas de los sensores de la maquinaria se activan automáticamente los actuadores de estas y por ende el indicador se pone en luz verde.

Ahora vamos a pasar al control manual, en el que el operario podrá modificar la señal de entrada del sensor, controlando así la activación o desactivación de la maquinaria del proceso.

Al pulsar el botón manual encima del paro de emergencia nos aparece una pantalla con las tres opciones de procesos.

El primero de ellos es el proceso común de granulado, secado y tamizado, que genera los gránulos de la materia prima seleccionada.

Los dos siguientes son los procesos específicos. Para los comprimidos tendremos el mezclado y compresión a través de la mezcladora y tableteadora, mientras que para las cápsulas rígidas tenemos la encapsuladora.



Ilustración 88. Selección procesos Nave 1 SCADA

Al seleccionar el proceso de granulado/secado/tamizado, nos aparece a la izquierda de la pantalla SCADA los indicadores de T^a y activación Nave 1. Se puede ver la temperatura específica a través del termómetro a la izquierda de la pantalla.

En la granulación aparece la máquina comercial de granulado y secado GMA 600 & BFS 240, en cuyo interior tenemos la granuladora de alto cizallamiento y el secador de lecho fluidizado.

La activación de los sensores se realiza mediante un indicador LED en luz verde al lado de la imagen de cada máquina. En el caso del BFS 240 hay dos sensores necesarios para su activación, el sensor de nivel capacitivo TrueCap MK2 y el sensor de flujo de aire D6F-W. De forma que, aunque uno de ellos este activado, los actuadores de esta máquina no se activarán hasta que ambos sensores estén activados.

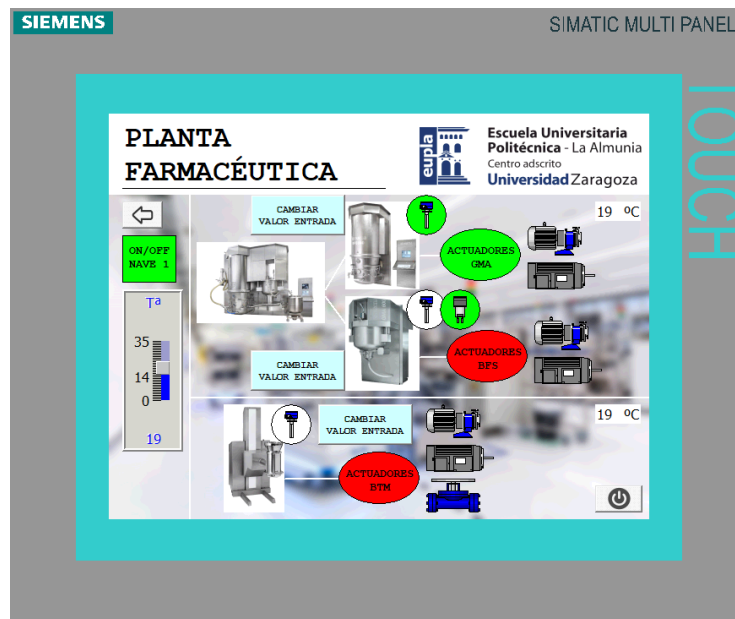


Ilustración 89. Control manual primer proceso Nave 1 SCADA

El control manual reside en que el operario tiene la opción de cambiar el valor de estado del sensor a través de un botón azul encima de cada máquina.



Ilustración 90. Control manual creación comprimidos Nave 1 SCADA

En el proceso de mezclado/compresión hay una mezcladora y una prensa de comprimidos. En la prensa de comprimidos (tableteadora) tenemos un deslizador con el cual vamos a poder seleccionar la velocidad de creación de comprimidos por minuto.

Esta velocidad viene dado por el fabricante, en el caso de la prensa de comprimidos Fette Compacting 2200i puede hacer un máximo de comprimidos de 324000 comp/h y un mínimo de 40500/h, lo que equivale a 5400 comp/min y 675 comp/min. Una vez seleccionada una velocidad dentro del rango, se van a empezar a generar estos comprimidos.

Para poder realizar un conteo tenemos un contador en la zona inferior de la pantalla. Este contador irá más despacio o más rápido dependiendo del valor introducido en el deslizador. Cuando el conteo supera cierta velocidad en ocasiones suma varios dígitos de golpe teniendo un pequeño delay con la tabla de variables. Esto no supone un problema ya que el conteo sí que está sincronizado con la tabla de variables, tal y como se puede ver en la ilustración anterior.

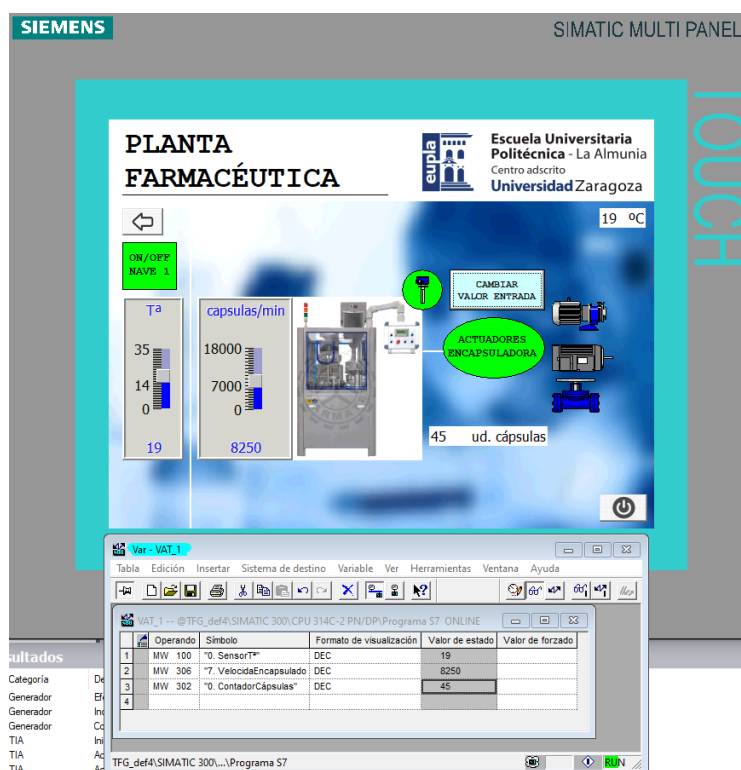


Ilustración 91. Control manual creación cápsulas SCADA

Al igual que con la prensa de comprimidos en este proceso también hay un deslizador que nos indica la velocidad en cápsulas/min. La encapsuladora es UAF-2500C de United Pharmatek y según las características técnicas, la velocidad de producción es de 2500

Desarrollo

cápsulas/min, siendo el rango máximo y mínimo de 1000 a 10000 cápsulas/min.

Introducido el valor deseado para la fabricación de estas cápsulas, se comprueba con la tabla de variables la sincronización entre el conteo del SCADA y la tabla de variables.

En la nave de acondicionamiento existe una única línea que está conectada a través de tramos de cinta transportadora AquaPruf 7600. Primero se realizará el acondicionamiento primario a través de la blisteadora DPH260 y después el acondicionamiento secundario a través de la ZH300. Una vez que los medicamentos estén en sus respectivas cajas transportan hasta el robot industrial IRB 4600-20/2.50 de ABB Robotics que se encargará del paletizado de estas cajas a los pallets.

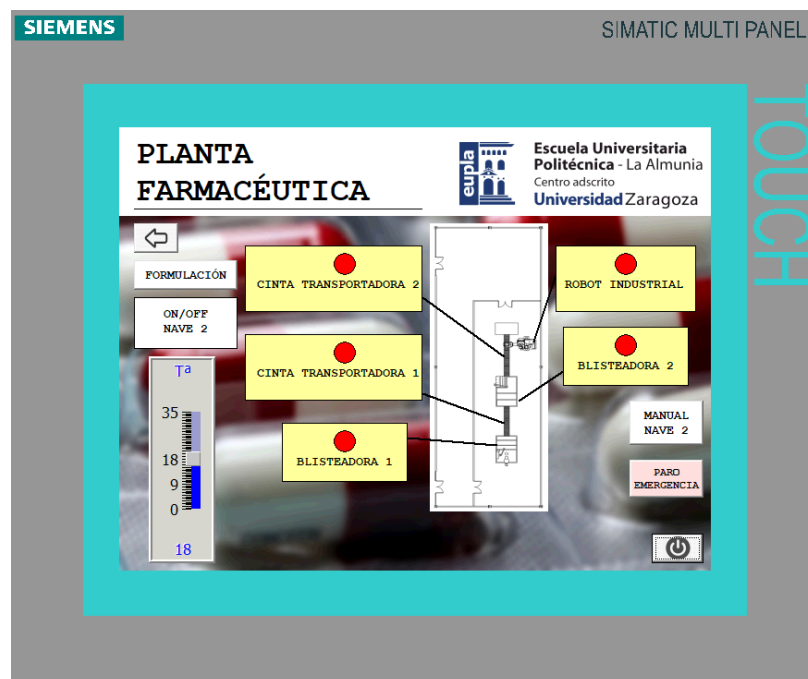


Ilustración 92. Pantalla Nave 2 SCADA

Esta pantalla tiene el mismo principio de funcionamiento que en la nave anterior, de forma que, para poder empezar a funcionar tanto de forma automática como manual, primero tienen que estar en orden los elementos iniciales; activación botón inicio nave 2, que la Tª este en un rango de 15°C a 25°C y haya formulación seleccionada.

En la pantalla de control manual de esta nave está la opción de elegir entre acondicionamiento primario y acondicionamiento secundario.



Ilustración 93. Selección proceso Nave 2 SCADA

En el acondicionamiento primario se encuentra la blisteadora DPH260 y el primer tramo de cinta AquaPruf 7600. Los actuadores de ambas máquinas se activarán cuando los sensores den la señal de activación.



Ilustración 94. Acondicionamiento primario Nave 2 SCADA

En la pantalla de acondicionamiento secundario se encuentra la encartonadora o estuchadora ZH300, el segundo tramo de cinta transportadora AquaPruf 7600 y el robot industrial IRB 4600-20/2.50.



Ilustración 95. Acondicionamiento secundario Nave 2 SCADA

Es importante destacar que la señal de entrada del sensor del robot industrial, es la entrada de botón en Marcha que vamos a utilizar en RobotStudio para empezar la simulación.

Si activamos el paro de emergencia toda la maquinaria se desactiva, señalizando en las pantallas de naves a través de un botón intermitente. La maquinaria se volverá activar una vez desactivado el paro de EMERGENCIA.

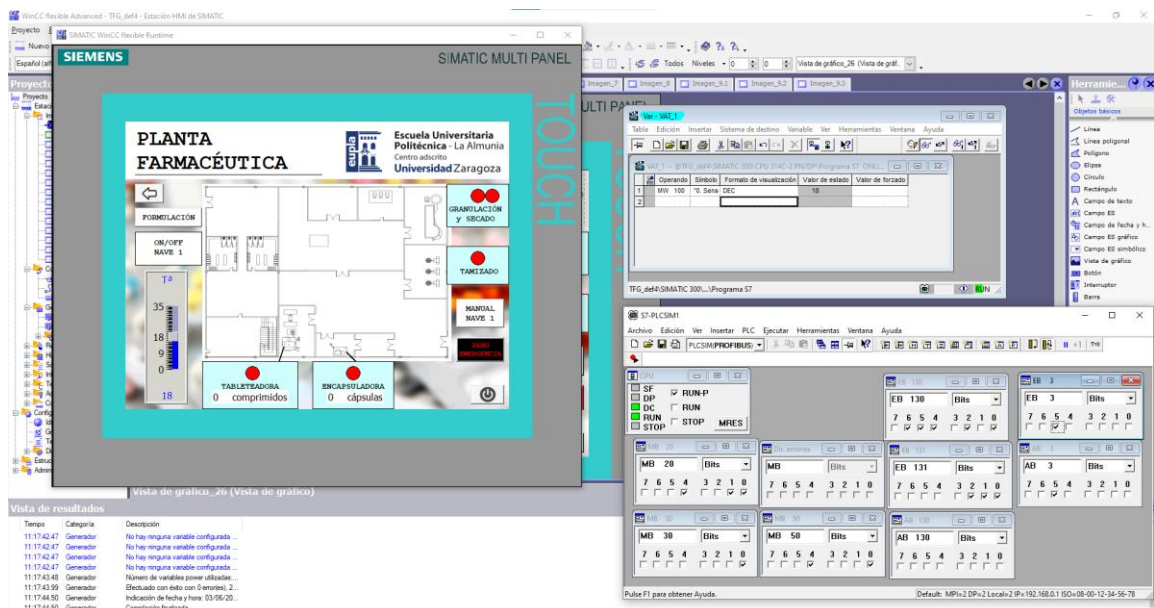


Ilustración 96. Activación paro emergencia SCADA

4.5. SIMULACIÓN PALETIZADO

4.5.1. Análisis DAFOS

Tabla 6. Análisis DAFO COBOTS

Fortalezas	Debilidades
Colaboración Flexibilidad Eficiencia Seguridad	Costo inicial Limitaciones en tareas complejas Integración y capacitación
Oportunidades	Amenazas
Automatización colaborativa Aplicaciones en diversos sectores Aumento de la demanda	Competencia Cambios tecnológicos Preocupaciones laborales

Tabla 7. Análisis DAFO Robots Industriales

Fortalezas	Debilidades
Automatización eficiente Capacidad de carga y alcance Mejora de la calidad Velocidad de producción Seguridad	Costo inicial y mantenimiento Reemplazo limitado de habilidades humanas Programación y adaptabilidad
Oportunidades	Amenazas
Personalización y flexibilidad Colaboración humano-robot Aplicaciones en diversos sectores	Riesgo de desempleo Cambios normativos y legales Competencia y avances tecnológicos

Al realizar un análisis DAFO del COBOT y robot industrial vemos como ambas opciones se pueden ajustar bien a la línea de producción, aunque la que más se adecua para esta labor es el robot industrial ya que tiene una capacidad productiva mayor que la del COBOT.

Otro factor a destacar es que el robot industrial trabaja de forma autónoma orientado a procesos repetitivos que no requieran de una gran adaptabilidad, como es el caso de una estación de paletizado.

4.5.2. Proceso simulación Robot Industrial

Para realizar la simulación de esta estación de paletizado he descargado el software RobotStudio de ABB Robotics que es uno de los más conocidos y usados en el mercado.

El aprendizaje de esta herramienta RobotStudio lo he realizado consultando información de las siguientes referencias:

(Matos Agudo, 2017)

(REEA, 2021)

(Martínez, 2008)

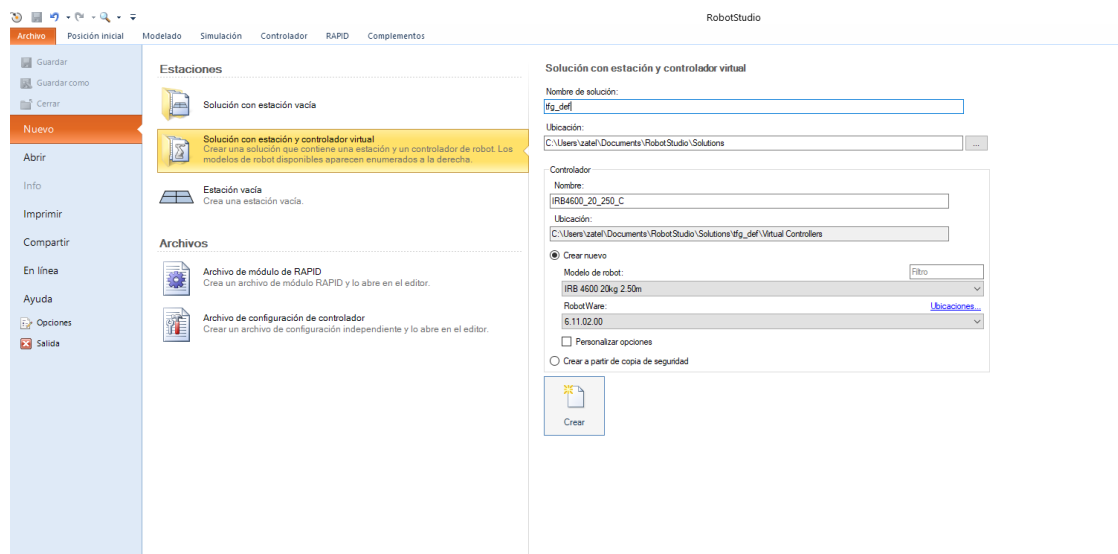


Ilustración 97. Proceso Simulación RI - Menú de Inicio

Lo primero es crear una estación con el robot que queremos utilizar y el controlador para utilizar dicho robot y poder hacer modificaciones en el código.

Al principio opté por elegir un 7600 pero como tuve muchos problemas para descargar el controlador del mismo, me decanté por el IRB 4600 que es otra opción válida y sirve perfectamente para el propósito de paletizado.

Tal y como se ve en la imagen anterior he seleccionado un IRB 4600-20.0/2,5, es decir, tiene una capacidad de carga de 20 kg y un

alcance de 2,5 metros, lo cual es suficiente para el paletizado de las cajas.

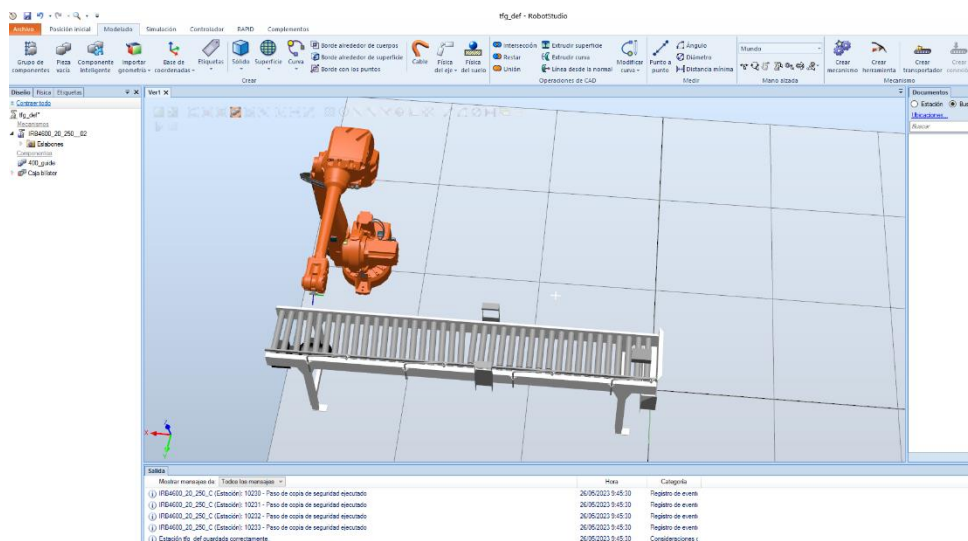


Ilustración 98. Proceso Simulación RI - Elementos de inicio

Lo siguiente es añadir los elementos que voy a necesitar para la estación de paletizado y la colocación de los mismos. Los primeros elementos son la cinta transportadora, el robot industrial y la caja de blíster a paletizar al principio de la cinta. Para este último habrá que añadir un tetraedro y aplicar las dimensiones de la caja que en mi caso las he puesto de 150 x 100 x 50 mm.

Relacionando los elementos escogidos en RobotStudio con la maquinaria escogida en el trabajo, la cinta transportadora sería la AquaPruf 7600.

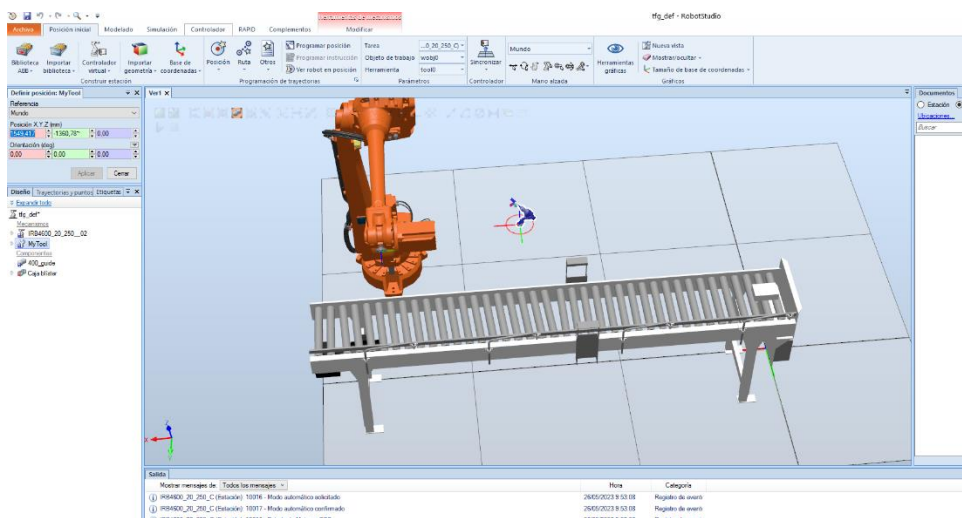


Ilustración 99. Proceso Simulación RI - Herramienta MyTool

Desarrollo

A continuación, hay que agregar la herramienta que actúe como ventosa y sea capaz de coger y soltar las cajas en cuestión. Para ello hay que añadir la herramienta Mytool y acoplarla al robot.

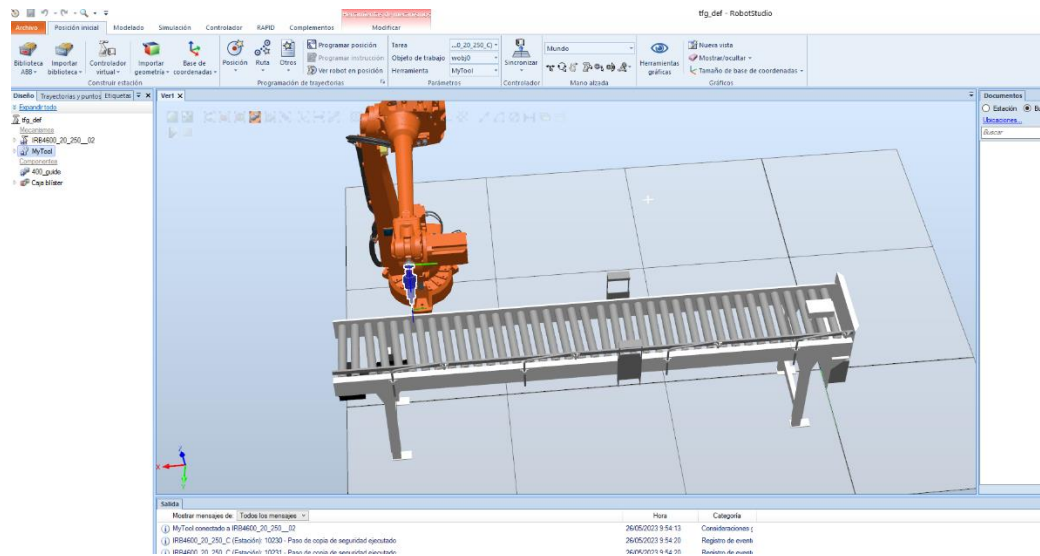


Ilustración 100. Proceso Simulación RI - Colocación MyTool en robot

Una vez hecho esto lo siguiente es fijar la posición por la que se va a empezar a paletizar, para ello se crea una caja referencia con las mismas dimensiones que la caja blíster original y se fija la posición en el punto que queremos que se empiece a paletizar. En mi caso tiene que ser en un extremo del palé a una altura de 650mm para que la caja quede en la superficie del palé y no traspase el mismo.

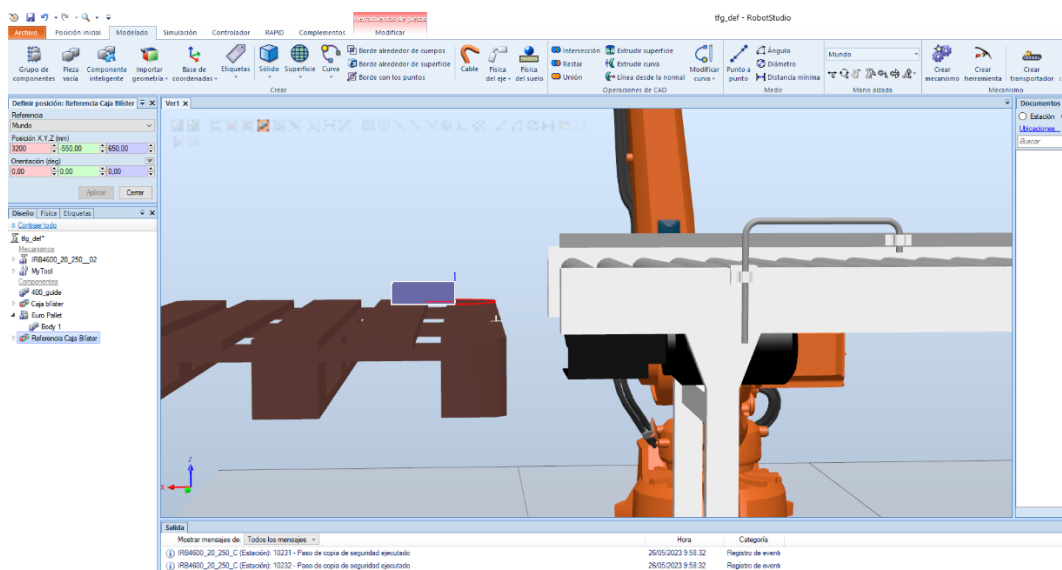


Ilustración 101. Proceso Simulación RI - Caja referencia blíster

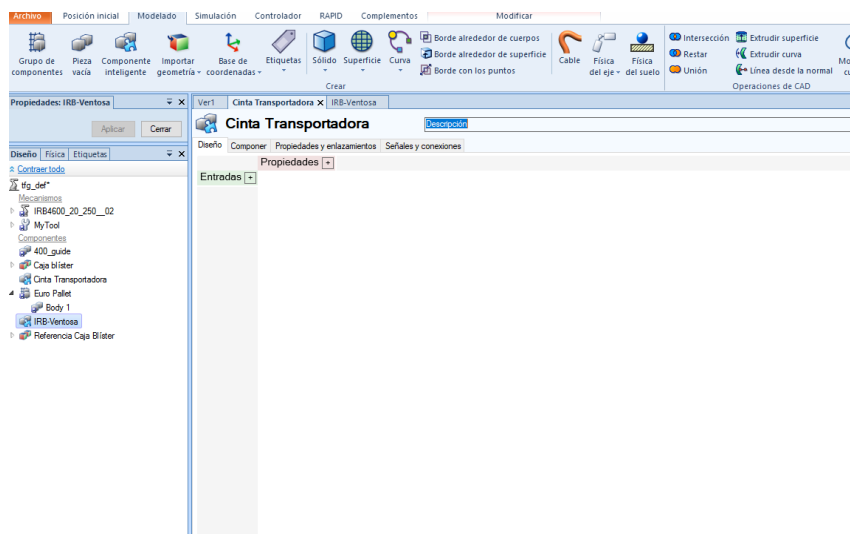


Ilustración 102. Proceso Simulación RI – Creación objetos inteligentes

Lo siguiente es crear objetos inteligentes con entradas y salidas y poder interrelacionarlos más adelante. Estos elementos van a ser los elementos de acción, y son: la cinta transportadora Aquapruv 7600, el accesorio del robot de ventosa MyTool y el propio robot IRB-4600 que realiza el movimiento.

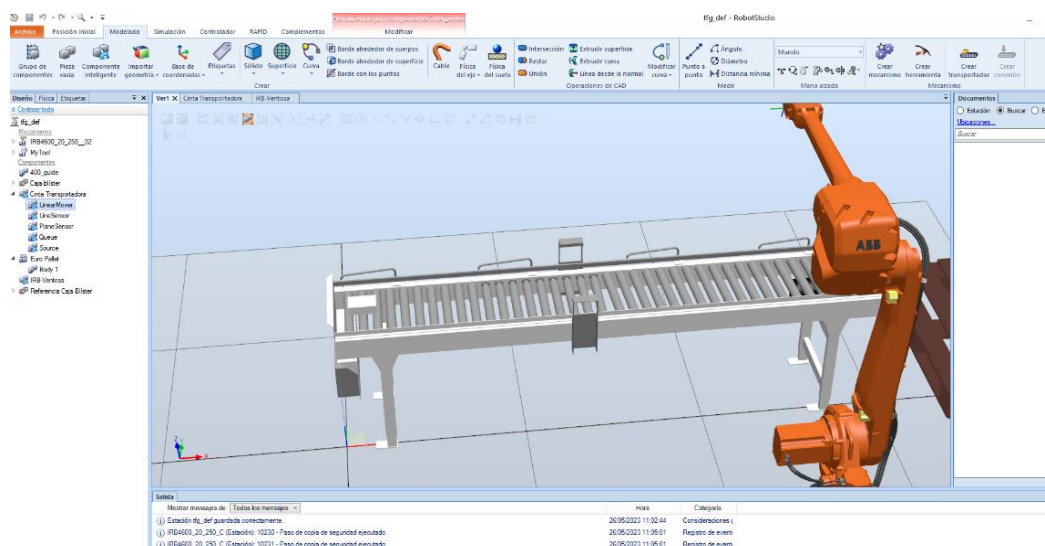


Ilustración 103. Proceso Simulación RI - Añadir sensores

Lo siguiente es añadir los sensores y elementos necesarios para la lógica estación de cada objeto inteligente.

En el caso de la cinta voy a necesitar un linear mover, encargado de mover los elementos encima de la cinta a una velocidad determinada, un line sensor al cual vincularemos con el sensor fotoeléctrico de largo alcance RS PRO Retroreflective para detectar

Desarrollo

presencia de elementos encima de la cinta, y un plane sensor que será el sensor capacitivo IFM Electronic KI6000, cuyo fin es detectar presencia de caja cuando pasen a una distancia del rango detectable. De forma que llegados a este punto determinado se mandará una señal para parar el movimiento de la cinta transportadora y que se pueda proceder al paletizado.

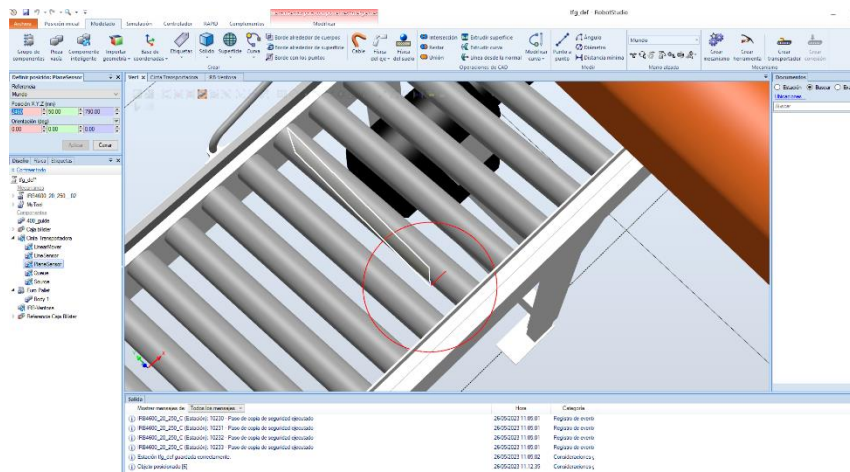


Ilustración 104. Proceso Simulación RI - Plane sensor ajuste

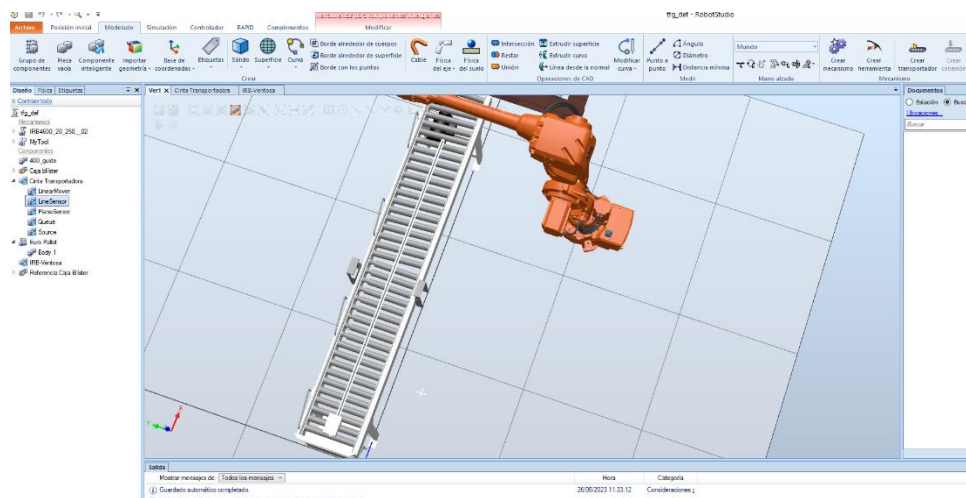


Ilustración 105. Proceso Simulación RI - Linear sensor cinta

Una vez añadidos los sensores necesarios y la relación de la lógica estación de entradas y salidas (explicada en el siguiente apartado del trabajo). Se hace el mismo procedimiento para la herramienta MyTool actuando como ventosa. En este caso se crea otro line sensor que sería el sensor fotoeléctrico de corto alcance RS PRO Sistema de Supresión de Fondo, de pequeñas dimensiones el cual se acoplará a la herramienta. De esta forma podremos vincular el coger/soltar de la herramienta con la detección de presencia de la caja.

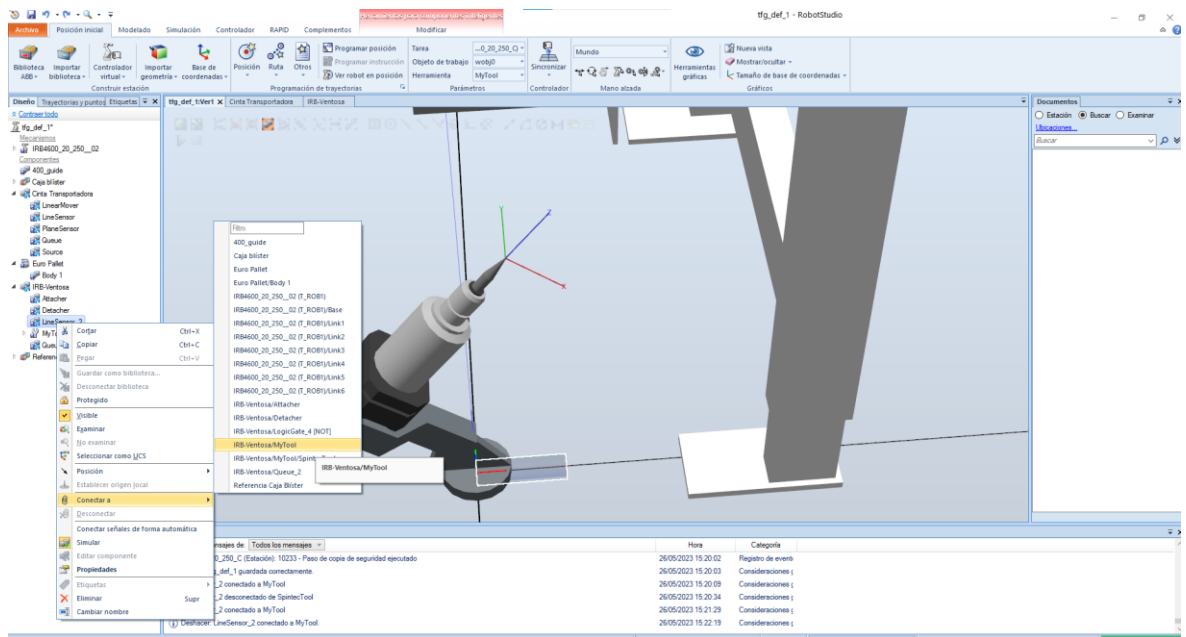


Ilustración 106. Proceso Simulación RI – Linear sensor acoplar MyTool

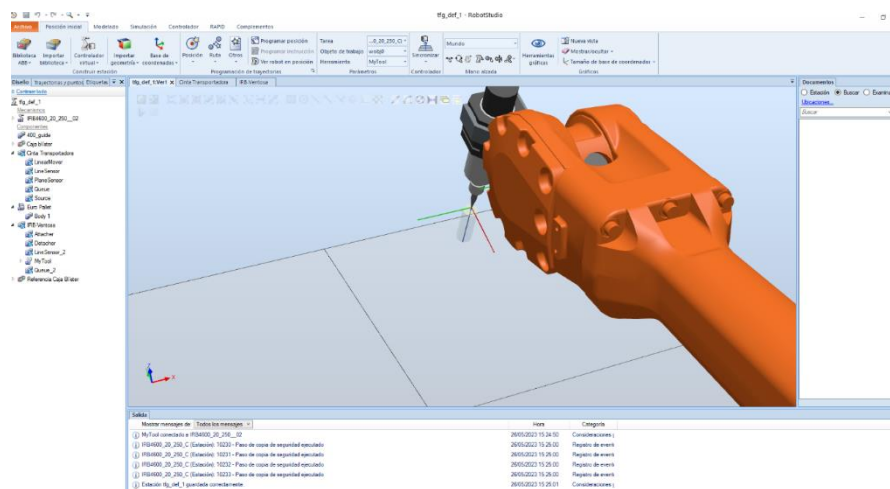


Ilustración 107. Proceso Simulación RI – MyTool acoplado robot

En el caso de la ventosa los sensores y elementos para la lógica estación van a ser un attacher, para coger caja, un detacher, para soltar caja, el segundo line sensor o sensor fotoeléctrico de corto alcance RS PRO Sistema de Supresión de Fondo, vinculando con la herramienta MyTool y un elemento Queue que actué como cola de los elementos recibidos.

Lo siguiente será añadir las entradas y salidas digitales del propio robot. Primero como entradas está el botón de marcha de la estación que será la señal manual controlada a través del SCADA por el operario, la detección del plane sensor o sensor capacitivo ifm electronic KI6000

Desarrollo

de la cinta que hará que se active el inicio del movimiento del robot. Como salidas digitales las nuevas cajas, el coger o soltar de la herramienta del robot, el arranque de la simulación para indicar si está activo el robot y el reseteo de paletizado una vez que hayamos completado la carga de cajas de blísters en el pallet.

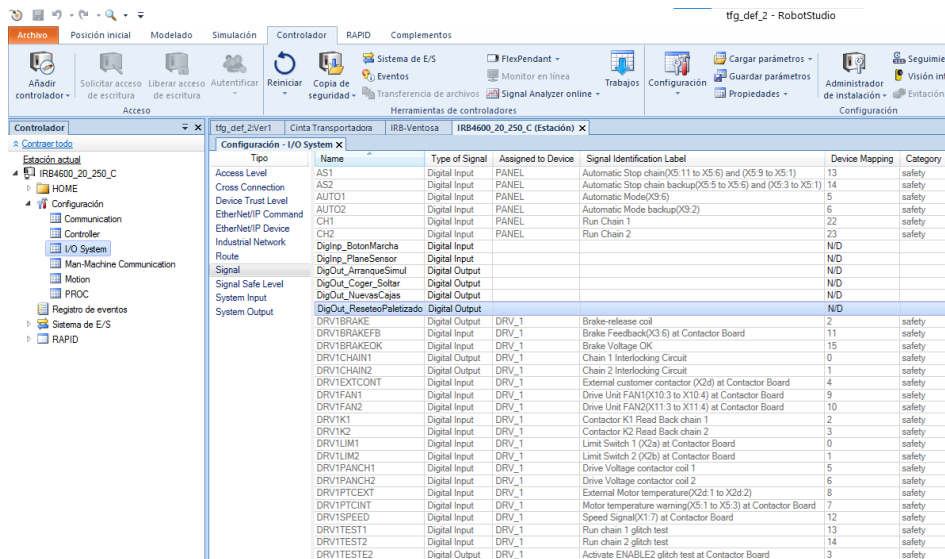


Ilustración 108. Proceso Simulación RI – Entradas y salidas digitales IRB

Las modificaciones de entradas y salidas o de código hay que sincronizarlas con la estación para que se aplique la modificación.

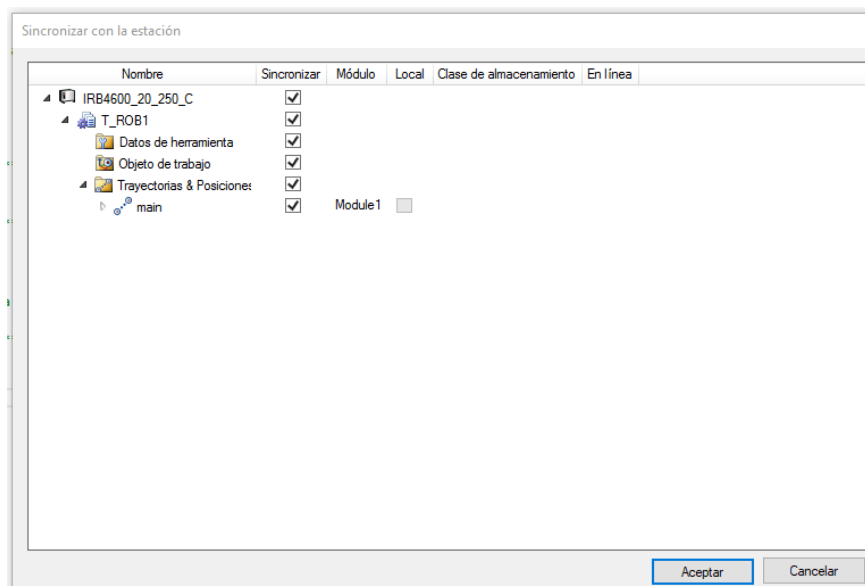


Ilustración 109. Proceso Simulación RI – Sincronización con estación

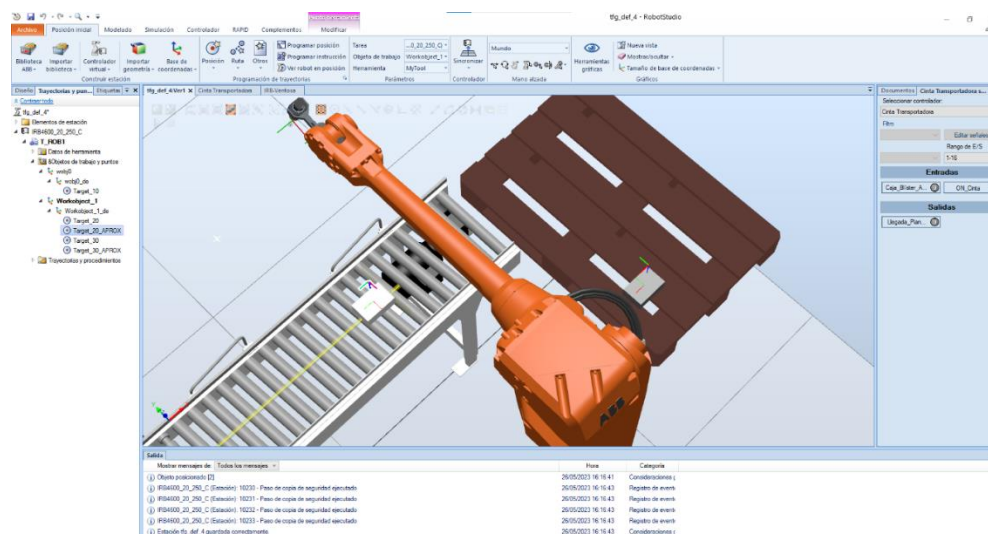


Ilustración 110. Punto de actuación movimiento paletizado

Se crean unos targets dentro de trayectorias y puntos que son los puntos esenciales para el movimiento del robot.

El target 20 es el punto en el que se procede al attach de la caja y el 20 APROX el punto de aproximación a este target para que no haya problemas de movimiento.

La importancia de la caja de referencia es ahora ya que nos sirve como base para determinar el punto de soltar la caja o target 30.

El punto del target 30 y target 30 APROX lo modifico posteriormente a otro punto más lejano del palé para que sea más orgánico el movimiento del robot.

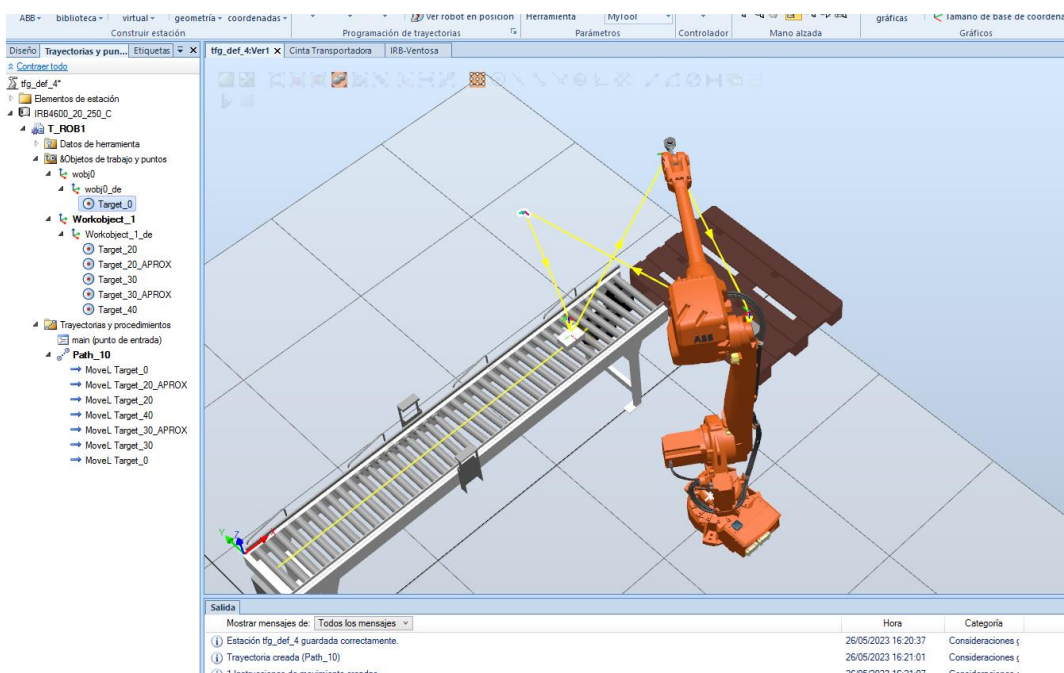


Ilustración 111. Path del movimiento del RI

4.5.3. Explicación de la lógica estación y programación RAPID

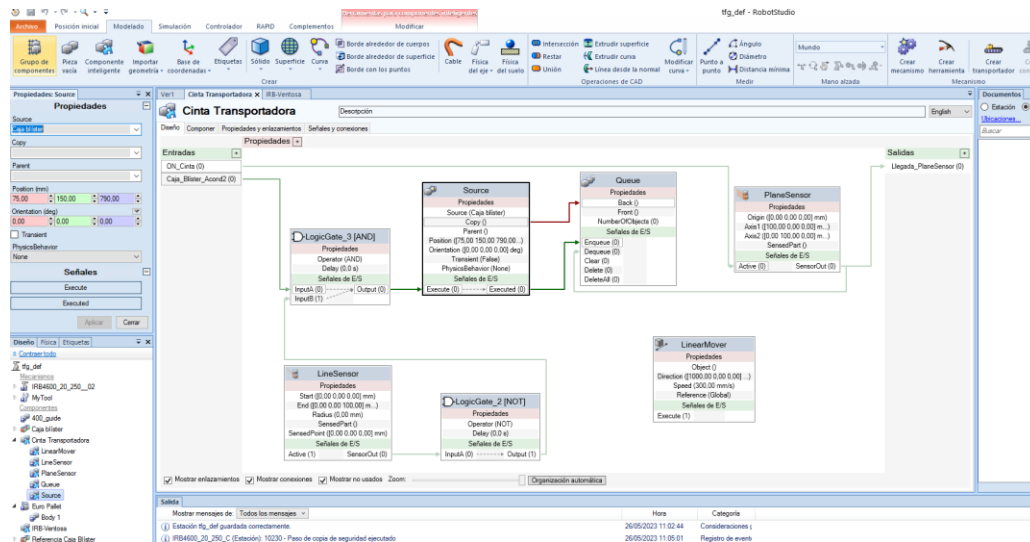


Ilustración 112. Proceso Simulación RI - Lógica estación cinta transportadora

Para empezar la lógica estación de la cinta transportadora primero tenemos que activar las entradas. La entrada ON_Cinta se activa cuando pulsamos el botón en marcha del sistema, y la entrada de Caja_Blister_Acond2 detecte una nueva caja. El input de nueva caja vendrá programado en RAPID para que aparezca una nueva caja cuando pulsemos el botón en marcha y cuando la secuencia de paletizado de la caja anterior comience.

Tal y como se ve en el esquema una vez que las entradas están en 1 lógico (activadas), se pondrá en marcha el plane sensor, y la activación de una puerta AND. Esta puerta tendrá dos inputs de entradas, nuevas cajas y el line sensor, cuando este último no detecte pieza mandará un 0 que después se convertirá en un uno con una puerta NOT. Al tener dos 1 en la puerta AND se activará Source que creará una copia del elemento configurado que en nuestro caso es la caja blíster. Una vez tenemos la copia la ponemos en cola de la copia en Queue, y el Linear Mover será el encargado de mover los elementos en cola en el x positivo hasta que el Plane Sensor activado previamente la detecte y la sacará de la cola de Queue, por lo que el Linear Mover ya no moverá nada porque no tendrá elementos en cola y la caja se quedará quieta. Este Plane Sensor aparte de sacarla de la cola también

mandará la señal de salida de Llegada_PlaneSensor, que será utilizada posteriormente para la siguiente acción.

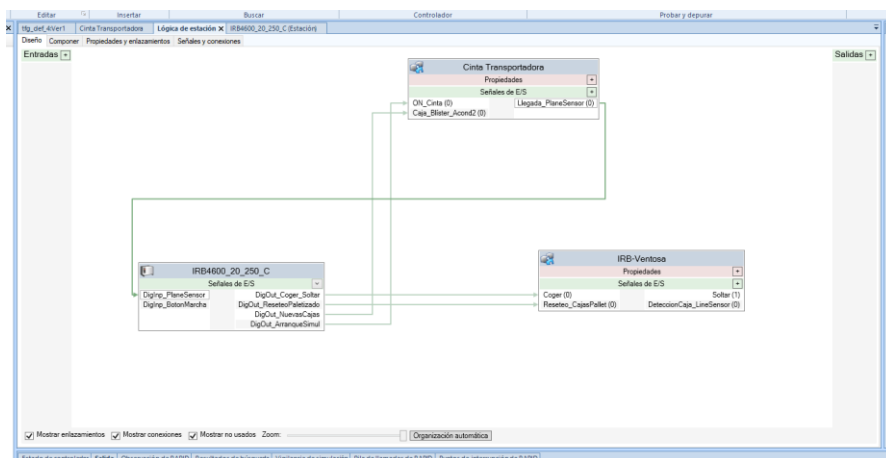


Ilustración 113. Lógica estación final

Tal y como se ve en la anterior imagen la Llegada_PlaneSensor se encarga de activar el input DigIn_PlaneSensor en el IRB4600 cuya entrada nos permitirá realizar el programa de paletizado explicado a continuación.

En el apartado anterior hemos visto como asignar los puntos de paletizado y creación de movimientos, y con estos puntos he creado un procedimiento (acción) creando un path.

Una vez hecho esto hay que sincronizar dicho path con el código RAPID. Una vez hecho esto se crearán las siguientes líneas de código:

```

1  MODULE Module1
2  CONST robtarget Target_0:=[[1662.088995348,0,1580.14730631],[0,1908
3  CONST robtarget Target_20_APROX:=[[1200,110.8,1040],[0,0,1,0],[0,-1
4  CONST robtarget Target_20:=[[1200,110.8,840],[0,0,1,0],[0,-1,0,0],[
5  CONST robtarget Target_40:=[[1366.054343301,-946.802703633,1580.147
6  CONST robtarget Target_30_APROX:=[[350,-1275,900],[0,0.707106781,0.
7  CONST robtarget Target_30:=[[350,-1275,700],[0,0.707106781,0.707106
8
9  PROC main()
10
11
12  ENDPROC
13
14  PROC Path_REPOSO() !procedimiento reposo (actúa como función)
15  MoveL Target_0,v1000,z100,MyTool\WObj:=wobj0;
16  ENDPROC
17
18  PROC Path_10() !procedimiento de paletizado cajas blisters
19  MoveL Target_20_APROX,v1000,z100,MyTool\WObj:=Workobject_1;
20  MoveL Target_20,v1000,z100,MyTool\WObj:=Workobject_1;
21  MoveL Target_20_APROX,v1000,z100,MyTool\WObj:=Workobject_1;
22  MoveL Target_40,v1000,z100,MyTool\WObj:=Workobject_1;
23  MoveL Target_30_APROX,v1000,z100,MyTool\WObj:=Workobject_1;
24  MoveL Target_30,v1000,z100,MyTool\WObj:=Workobject_1;
25  MoveL Target_30_APROX,v1000,z100,MyTool\WObj:=Workobject_1;
26
27  ENDPROC

```

Ilustración 114. Sincronización RAPID del Path Paletizado y Reposo

Desarrollo

En las cuales se manifiesta los puntos creados y asignados en los targets del robot y el procedimiento Path_10 que he creado previamente.

En el main habrá que designar el código necesario para que después se pueda vincular con la lógica estación:

```
VAR num OffsetX;
VAR num OffsetY;
VAR num OffsetZ;

VAR num countX;
VAR num countY;
VAR num countZ;
VAR num aux;

PROC main() !ejecucion en orden del main

    setdo DigOut_ArranqueSimul,0; !cambia valor señal digital
    setdo DigOut_NuevasCajas,0;
    setdo DigOut_Coger_Soltar,0;

    IF DigInp_BotonMarcha=0 THEN
        Path_REPOSO; !accion procedimiento reposo
        setdo DigOut_ReseteoPaletizado,0;
    ENDIF

    IF DigInp_BotonMarcha=1 THEN
        setdo DigOut_ArranqueSimul,1;
        SetDO DigOut_NuevasCajas,1;
    ENDIF

    waitdi DigInp_PlaneSensor,1; !esperar que caja llegue al sensor plano para iniciar caja
```

Ilustración 115. Main RAPID 1

Primero hay que crear las variables numéricas y después asignar los valores a 0 de los digital Outputs. Cuando el botón de marcha este apagado se activará el procedimiento reposo. Y cuando el botón de marcha se inicie, las salidas digitales de arranque simulación y nuevas cajas se pondrán en 1 lógico.

Lo siguiente es activar la salida digital cuando el robot llegue al punto de coger y de soltar por lo que en el path de RAPID hay que añadir lo siguiente:

```
PROC Path_10() !procedimiento de paletizado cajas blisters
MoveL Target_20_APROX,v1000,z100,MyTool\WObj:=Workobject_1;
MoveLDO Target_20,v1000,z100,MyTool\WObj:=Workobject_1,DigOut_Coger_Soltar,1;
MoveL Target_20_APROX,v1000,z100,MyTool\WObj:=Workobject_1;
MoveL Target_40,v1000,z100,MyTool\WObj:=Workobject_1;
MoveL Target_30_APROX,v1000,z100,MyTool\WObj:=Workobject_1;
MoveLDO Target_30,v1000,z100,MyTool\WObj:=Workobject_1,DigOut_Coger_Soltar,0;
MoveL Target_30_APROX,v1000,z100,MyTool\WObj:=Workobject_1;

ENDPROC
```

Ilustración 116. Modificación Path Paletizado

Al tener la señal digital DigOut_Coger_Soltar activada cuando llega al target 20 que es el punto de agarrar la caja, activamos el input coger en la ventosa de la herramienta.

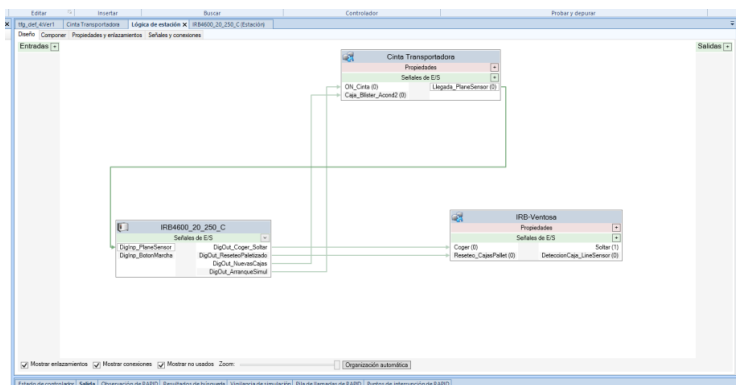


Ilustración 117. Lógica estación final

Lo siguiente que ocurrirá es que la señal digital Coger active el LineSensor vinculado a Mytool.

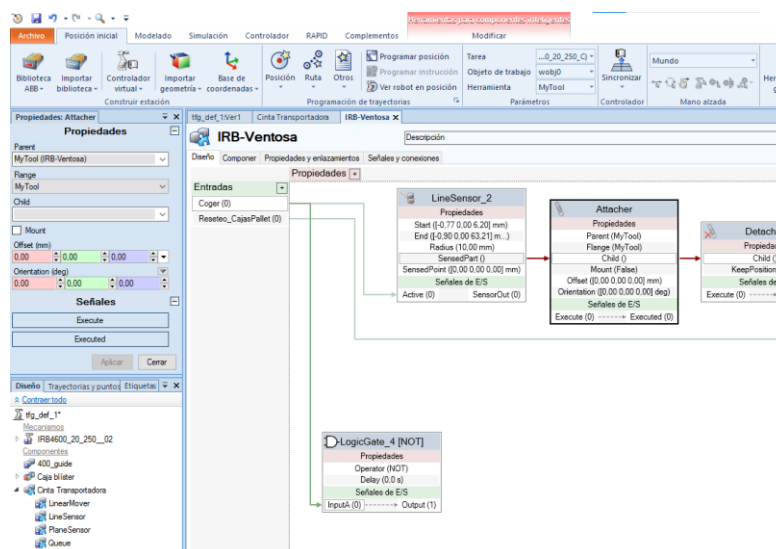


Ilustración 118. Lógica estación Ventosa

Este LineSensor activará el Attacher para coger el elemento detectado en LineSensor. La acción Dettacher se vinculará a Attacher pero solo se activará cuando el DigOut_Coger_Soltar sea 0 y por ende a

Desarrollo

través de la puerta NOT de la lógica estación active la ejecución del Dettacher. Este último Dettacher acumulará la caja en un Queue 2. Los elementos de Queue 2 se eliminarán cuando la señal ReseteoPaletizado se active.

Después hay que determinar los offsets en el procedimiento de paletizado para que no se monten siempre en la misma posición y varié respecto al paletizado anterior y según las dimensiones de la caja, para aprovechar al máximo el espacio del pallet.

```
PROC Path_10() !procedimiento de paletizado cajas blisters
MoveL Target_20_APROX,v1000,z100,MyTool\WObj:=Workobject_1;
MoveLDO Target_20,v1000,fine,MyTool\WObj:=Workobject_1,DigOut_Coger_Soltar,1;
MoveL Target_20_APROX,v1000,z100,MyTool\WObj:=Workobject_1;
MoveL Target_40,v1000,z100,MyTool\WObj:=Workobject_1;
MoveL offs(Target_30_APROX,OffsetX,OffsetY,OffsetZ),v1000,z100,MyTool\WObj:=Workobject_1;
MoveLDO offs(Target_30,OffsetX,OffsetY,OffsetZ),v1000,fine,MyTool\WObj:=Workobject_1,DigOut_Coger_Soltar,0;
MoveL offs(Target_30_APROX,OffsetX,OffsetY,OffsetZ),v1000,z100,MyTool\WObj:=Workobject_1;
ENDPROC
```

Ilustración 119.Offset RAPID Path Paletizado

Para el control de estos offsets y el reseteo del paletizado he realizado la siguiente secuencia en la cual hay un contador auxiliar para que los offsets de los diferentes ejes de coordenadas no superen el límite del pallet.

En la siguiente imagen se muestra el proceso de paso del Offset y reseteo de paletizado.

Cuando llegue al total de 3 pisos de 42 cajas está activará el reseteo paletizado del Robot, que a su vez activará la señal de entrada de reseteo en la lógica estación de la ventosa y eliminará el Queue 2 de esta y por ende se eliminarán todas las cajas paletizadas.


```

IF aux=3 THEN
  OffsetX:=0;
  OffsetY:=0;
  OffsetZ:=0;
  setdo DigOut_ReseteoPaletizado,1;
  countY:=0;
  CountX:=0;
  aux:=0;
ENDIF

IF countY<6 AND aux=0 THEN
  waitdi DigInp_PlaneSensor,1;
  Path_10;
  OffsetY:=OffsetY+105; !5 de espacio mas para que no haya problemas y no se monten encima
  path_REPOS0;
  waittime 1; !para que no haya problemas al depositar las cajasAA
  countY:=countY+1;
ENDIF

IF countY=6 THEN
  aux:=1;
  countY:=0;
ENDIF

IF aux=1 THEN
  OffsetY:=0;
  OffsetX:=OffsetX+155;
  aux:=0;
  CountX:=countX+1;
ENDIF

IF countX=7 THEN
  aux:=2;
  countX:=0;
ENDIF

IF aux=2 THEN
  OffsetY:=0;
  OffsetX:=0;
  OffsetZ:=OffsetZ+55;
  aux:=0;
  CountZ:=countZ+1;
ENDIF

IF countZ=3 THEN
  aux:=3;
  countZ:=0;
ENDIF

```

Ilustración 120. Main RAPID 2

Desarrollo

4.5.4. Simulación final Robot Industrial IRB-4600

Realizada todo el proceso de configuración y programación, se procede a la simulación final:

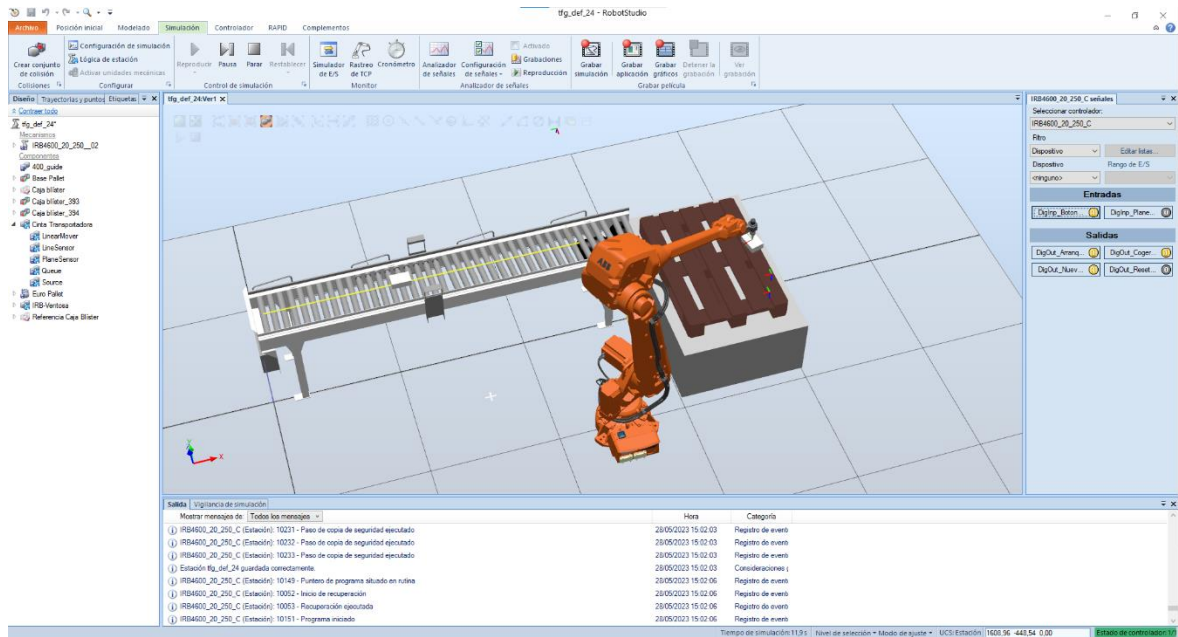


Ilustración 121. Simulación estación paletizado 1

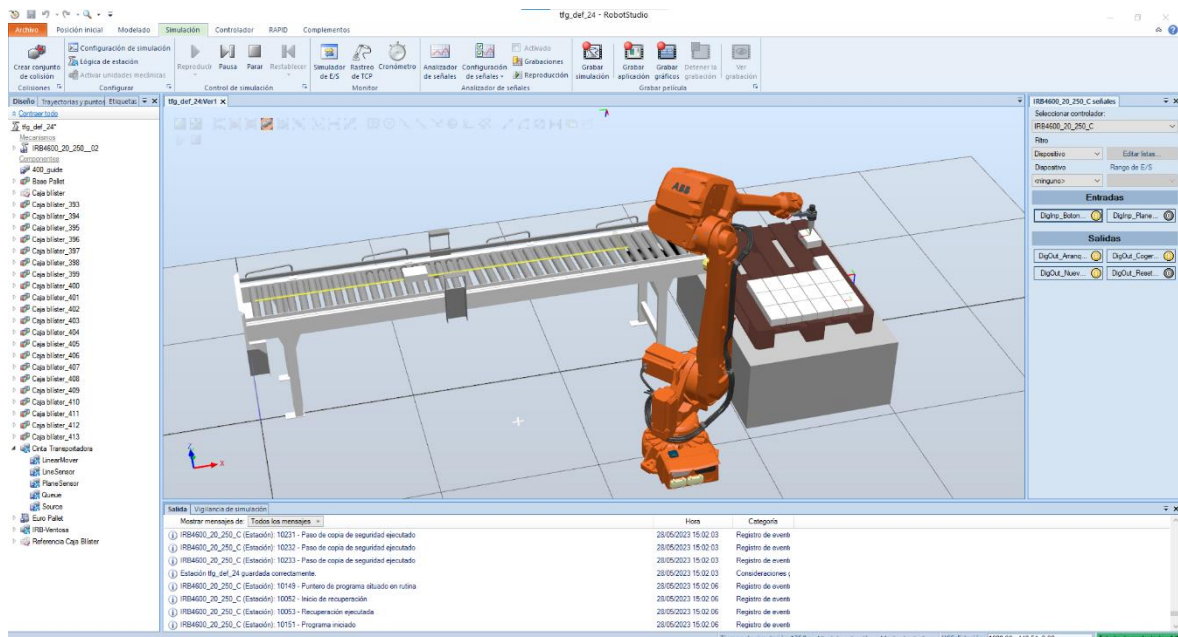


Ilustración 122. Simulación estación paletizado 2

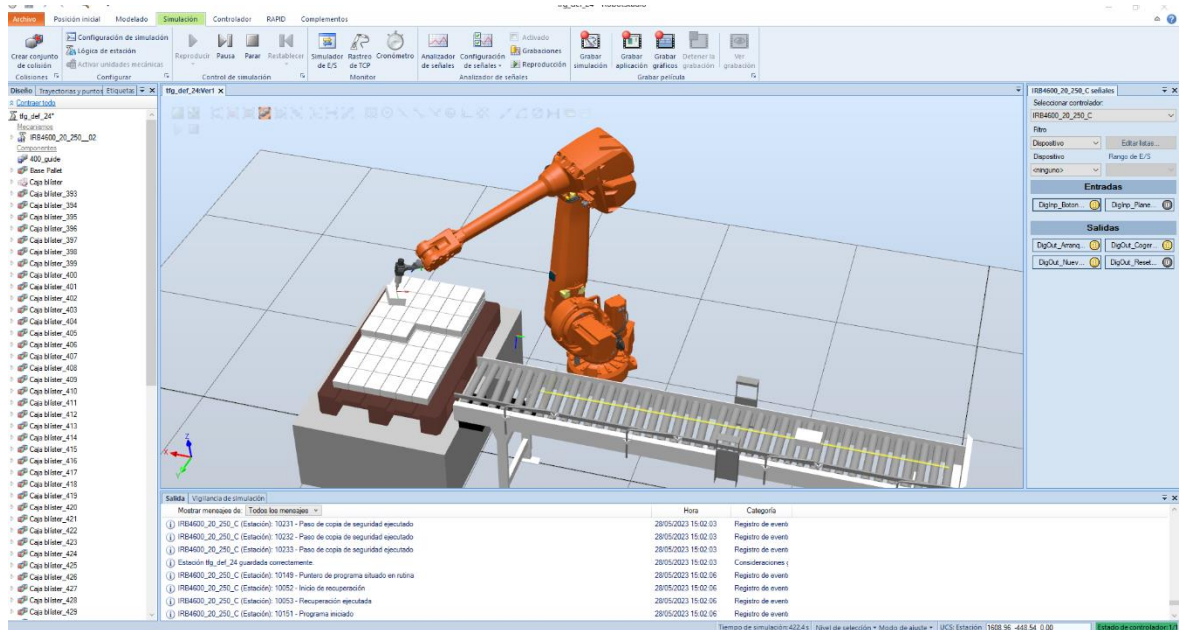


Ilustración 123. Simulación estación paletizado 3

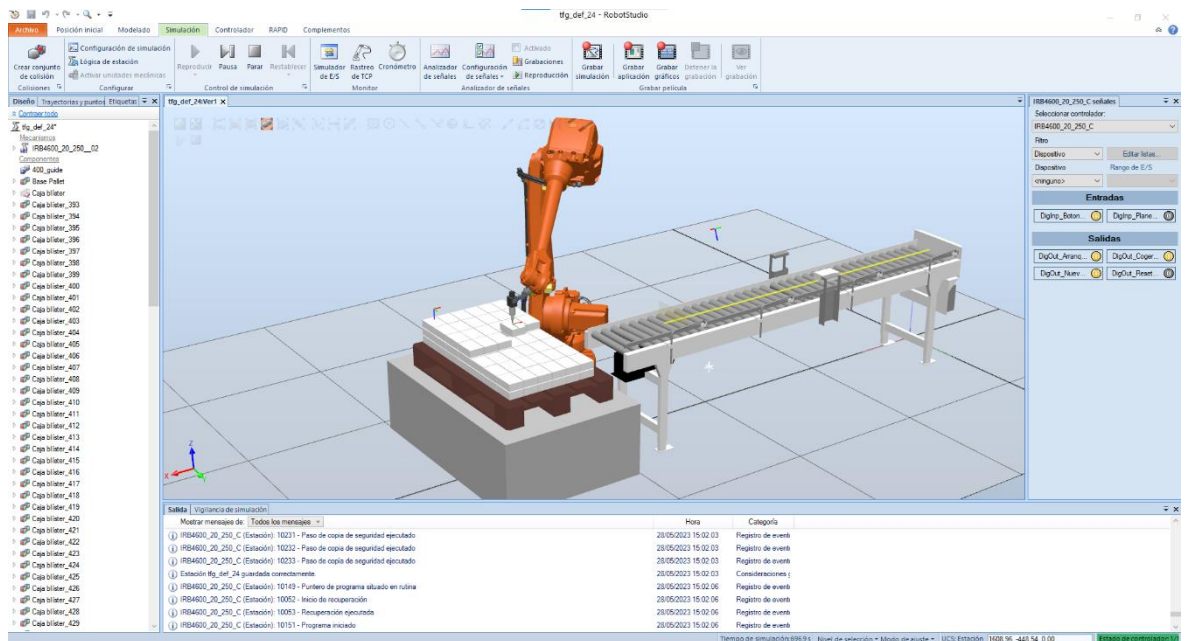


Ilustración 124. Simulación estación paletizado 4

Desarrollo

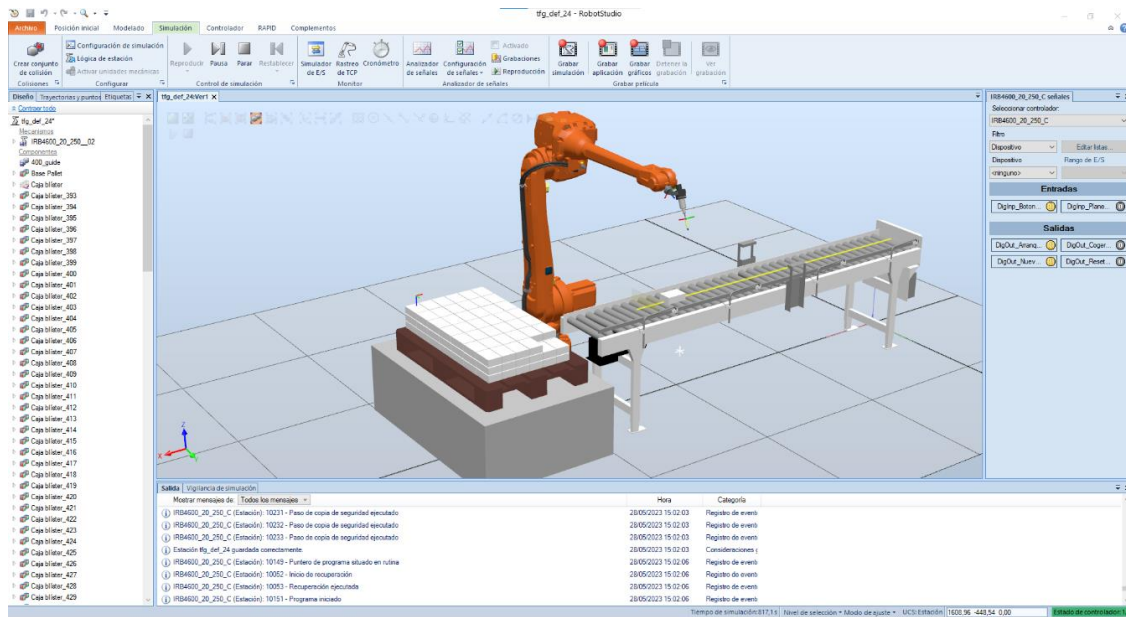


Ilustración 125. Simulación estación paletizado 5

Según el programa creado podremos paletizar hasta un total de 126 cajas (42 por piso) y una vez llegados a este punto mandar la señal de reseteo de paletizado para volver a realizar la operación.

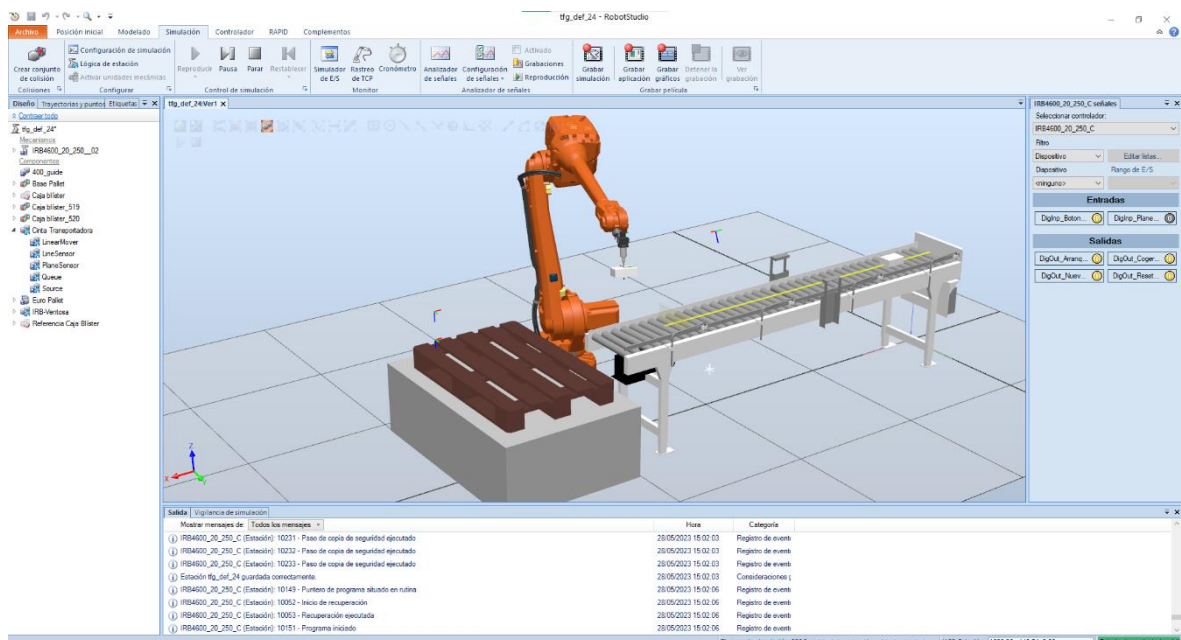


Ilustración 126. Reseteo simulación estación paletizado

5. CONCLUSIONES

Este trabajo se ha realizado de forma que abarque diferentes campos de estudio y poder entender su conexión en un sistema automatizado.

Existe mucha información acerca de la industria farmacéutica y siempre está en constante evolución, por lo que es importante saber filtrar información fiable.

Lo primero ha sido realizar el diseño de planos. Para ello se ha utilizado el software Autocad, con el que se ha dimensionado la planta y se ha distribuido la maquinaria.

El dimensionamiento de planta se ha realizado según el Plan General de Urbanismo de Cuarte de Huerva. Para el diseño de la nave de elaboración de fármacos, o nave 1, y la nave de acondicionamiento de fármacos, o nave 2, se ha tenido en cuenta los espacios de la parcela según las dimensiones escogidas, la disposición de las naves en ella y la distribución de salas según los procesos de elaboración y acondicionamiento, de forma que sea lo más eficiente posible para los trabajadores.

Una parte relevante del proyecto ha sido vincular los diferentes apartados. En este caso los planos han sido utilizados posteriormente en la simulación de SIMATIC STEP 7.

Una vez localizada y diseñada las naves, lo siguiente ha sido la selección de componentes de la línea, tanto la maquinaria como los elementos de control.

Había que tener presente las condiciones previas antes de empezar la fabricación, ya que, al ser una planta industrial de fabricación de comprimidos y cápsulas rígidas, las condiciones atmosféricas e higiénicas son cruciales para el proceso.

Los factores principales para la selección de la maquinaria han sido que la maquinaria sea compatible entre sí y no haya problemas en el desarrollo de la fabricación de gránulos. Esta compatibilidad se ve dada en la capacidad de tratar con un tamaño de gránulo, la sincronización en la velocidad de producción y que la maquinaria se adecue a los espacios industriales farmacéuticos de higiene y limpieza. También se ha tenido en cuenta que el presupuesto final no sea demasiado excesivo.

Para el sistema de control se ha optado por un protocolo de comunicación PROFIBUS-DP entre el autómatas principal y la periferia descentralizada ET-200B porque es un protocolo de comunicación

Conclusiones

rápido, flexible y compatible con la periferia descentralizada. El módulo periférico escogido es un ET-200B de 8 entradas y salidas digitales.

El programa generado en SIMATIC STEP 7 ha sido diseñado para que el autómatas principal se encargue de las funciones principales del sistema y de la parte de elaboración de fármacos de la línea, mientras que el módulo descentralizado se encarga del acondicionamiento primario y secundario.

El diseño del SCADA ha sido pensado para que sea lo más fácil y práctico para el operario. Mostrando de forma visual las naves y sus procesos, los sensores e indicadores y la maquinaria.

Al realizar un análisis DAFO del COBOT y robot industrial vemos como ambas opciones se pueden ajustar bien a la línea de producción, aunque la que más se adecua para esta labor es el robot industrial ya que tiene una capacidad productiva mayor que la del COBOT.

Otro factor a destacar es que el robot industrial trabaja de forma autónoma orientado a procesos repetitivos que no requieran de una gran adaptabilidad, como es el caso de una estación de paletizado.

Para el paletizado había ciertas dudas entre usar un COBOT o un Robot Industrial por lo que se han realizado unos análisis DAFOS para valorar la mejor opción. Finalmente se ha optado por el robot industrial ya que tiene una capacidad productiva mayor que la del COBOT y está orientado a procesos repetitivos que no requieran de una gran adaptabilidad para poder trabajar de forma autónoma, como es el caso de una estación de paletizado.

Por último, se ha diseñado la estación de paletizado final utilizando el software RobotStudio de ABB Robotics. Esta parte ha tenido diferentes inconvenientes. El primero ha sido el período de prueba del programa para utilizar todas las funciones de dicha estación. También la importación de los controladores del robot ya que la primera opción con la que se iba a trabajar era el robot IRB-7600, pero como daba todo tipo de problemas de compatibilidad se optó por utilizar otro robot que cumpliera las condiciones para el paletizado. El nuevo robot elegido fue el IRB-4600 de 2,50 metros de alcance y 20 kg de capacidad de carga resultando ser una mejor opción que la anterior al ser más manejable por su menor tamaño y con suficiente alcance y capacidad de carga para poder paletizar las cajas blíster.

Los dos procesos de simulación se han vinculado con los elementos escogidos en la selección de componentes conectando así los diferentes apartados y dando una cohesión general al proyecto.

6. BIBLIOGRAFÍA

ABB Robotics. (2023). *IRB 4600*.

<https://new.abb.com/products/robotics/robots/articulated-robots/irb-4600>

Agudelo, N. (2013). *Historia de la automatización*.

AIU. (s. f.). 4. *ACTUADORES*.

<https://cursos.aiu.edu/sistemas%20hidraulicas%20y%20neumaticos/pdf/tema%204.pdf>

Automation24. (s. f.). *Sensor capacitivo ifm electronic KI6000—KI-3250NFPKG*.

<https://www.automation24.es/sensor-capacitivo-ifm-electronic-ki6000-ki-3250nfpkg-pl-2p-us-io>

Ayto Cuarte de Huerva. (2007). *Plano Plan General de Ordenacion Urbana Cuarte de Huerva*. <https://cuartedehuerva.es/ayuntamiento/urbanismo/planos>

Ayuntamiento Cuarte de Huerva. (s. f.). *Normativa Plan General Ordenacion Urbana Cuarte de Huerva*.

<https://cuartedehuerva.es/ayuntamiento/urbanismo/memoria>

Balash, V. (2019). *Estudio de las etapas de automatización de un proceso industrial y sus implicaciones en la gestión de la producción*.

https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/173798/Memoria_fitxer%20de%20consulta%20.pdf?sequence=6&isAllowed=y

Caler, D. R. (2015). *Análisis y estudio de comunicaciones industriales para implementar arquitectura de comunicaciones estándar en Planta Estándar de Ciclo Combinado*.

<https://ebuah.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/29059/TFM-Caler-Rubio-2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CIMA. (2022a). *PROSPECTO NOLOTIL 575 mg CAPSULAS DURAS*.

https://cima.aemps.es/cima/dochtml/p/47633/P_47633.html

CIMA. (2022b). *PROSPECTO PARACETAMOL CINFA 1 g COMPRIMIDOS EFG*.

https://cima.aemps.es/cima/dochtml/p/70310/Prospecto_70310.html

CinfaSalud. (2015a). *Cómo se fabrica un medicamento*.

<https://cinfasalud.cinfa.com/p/como-se-fabrica-un-medicamento/>

CinfaSalud. (2015b). *Fabricación e Instalaciones*. <https://www.cinfa.com/sobre-cinfa/plantas-produccion/>

Bibliografía

- Direct Industry. (2023). *DirectIndustry*. <https://www.directindustry.com/>
- Dorner. (2023). *Transportadores AquaPruf 7600*.
<https://www.dornerconveyors.com/europe/es/productos/transportadores-sanitarios-de-acero-inoxidable/aquapruf-7600>
- EDS Robotics. (2020a). *Robótica Industrial*. <https://www.edsrobotics.com/robots-industriales/>
- EDS Robotics. (2020b). *Tipos de robots industriales y sus usos*.
<https://www.edsrobotics.com/blog/tipos-robots-industriales-usos/>
- Efraín, F. (2007). *Diseño e Implementación de un Sistema HMI-SCADA para el Proceso de Anodización de Naturales de la Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A.* <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3401/1/T-ESPEL-0406.pdf>
- ETITUDELA. (s. f.). *Periferia Descentralizada*.
- eudim.uta. (s. f.). *Sensores y transductores*.
http://www.eudim.uta.cl/files/5813/2069/8949/fm_Ch03_mfuentesm.pdf
- Farnell. (s. f.). *D6F-W MEMS Flow Sensor*.
<https://www.farnell.com/datasheets/2340351.pdf>
- Fette Compacting. (s. f.). *Entry to high-performance tableting 2200i*.
- Hernández, A. (2012a). *CAPSULAS*.
<https://www.uv.mx/personal/izcamacho/files/2012/02/capsulas.pdf>
- Hernández, A. (2012b). *TABLETAS*.
<https://www.uv.mx/personal/izcamacho/files/2012/02/tabletas.pdf>
- Jornen. (2018a). *Blister Machine DPH260*. <https://www.jornen.com/products/blister-machine-dph260/>
- Jornen. (2018b). *Cartoning Machine ZH300*.
<https://www.jornen.com/products/cartoning-machine-zh300/>
- Lab-Volt. (2001). *Sensores*.
<http://biblio3.url.edu.gt/Publi/Libros/2013/ManualesIng/FluidosySensores-O.pdf>
- L.B.Bohle. (2023a). *Compact Granulation System – BFS and GMA*.
<https://lbbohle.com/machines-processes/granulation-pharma/compact-granulation-system-bfs-and-gma/>

- L.B.Bohle. (2023b). *Fluidized Bed Granulator & Fluidized Bed Dryer BFS*.
<https://lbbohle.com/machines-processes/granulation-pharma/fluidized-bed-system-bfs/>
- L.B.Bohle. (2023c). *High-Shear Granulation GMA*. <https://lbbohle.com/machines-processes/granulation-pharma/high-shear-granulation-gma/>
- L.B.Bohle. (2023d). *Sieving Machines – BTS*. <https://lbbohle.com/machines-processes/grinding-sieving/>
- Lozano, M. del C. (2021). *Manual de tecnología farmacéutica*.
- Martínez, V. (2008). *SIMULACIÓN DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN ROBOTIZADOS MEDIANTE EL PROGRAMA ROBOTSTUDIO*. <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/10332>
- Mateos, F. (2001). *Sistema automatizado (PLC's)*.
<http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/plc.pdf>
- Matos Agudo, B. (2017). *TFM MODELADO, PROGRAMACION Y SIMULACIÓN DEL ROBOT IRB 120 DE ABB CON ROBOTSTUDIO*.
<https://idus.us.es/handle//11441/70530>
- Medical Expo. (2023). *MedicalExpo*. <https://www.medicalexpo.es/>
- Pérez Cabezas, M. C. (2015). *Sistemas SCADA y pantallas HMI*.
- Provedores.com. (2023). *Provedores de Maquinaria para la Industria Farmacéutica*.
<https://www.provedores.com/maquinaria-para-la-industria-farmaceutica/>
- REEA. (2021). *RobotStudio (ABB)*. <http://reea-blog.blogspot.com/p/robotstudio-abb.html>
- RobotStudio, A. (2022). *RobotStudio*.
<https://new.abb.com/products/robotics/es/robotstudio>
- Rodavigo. (s. f.). *Válvulas y electroválvulas*.
<https://rodavigo.net/catalogos/PNEUMAX/01%20Introducci%C3%B3n/04%20Informaci%C3%B3n%20t%C3%A9cnica%20III.pdf>
- RS PRO. (s. f.-a). *Fotocélula de cuerpo cilíndrico Retroreflective*. <https://es.rs-online.com/web/p/fotocelulas/7295117>
- RS PRO. (s. f.-b). *Fotocélula de cuerpo cilíndrico Sistema Supresión de Fondo*.
<https://es.rs-online.com/web/p/fotocelulas/7295094>

Bibliografía

- SEAS. (2018). *¿La lógica cableada es inferior a la programada?*
<https://www.seas.es/blog/automatizacion/la-logica-cableada-es-inferior-a-la-programada/>
- Tait, K. (2012). *INDUSTRIA FARMACEUTICA*.
- TrueCap. (s. f.). *RF Capacitance Level Sensor Model MK-2*.
<https://www.monitortech.com/RefMan/434.pdf>
- ULA. (s. f.). *Capítulo III - Controladores Lógicos Programables*.
http://bdigital.ula.ve/storage/pdfthesis/pregrado/tde_arquivos/9/TDE-2006-09-15T11:58:12Z-197/Publico/Yimhen%20Garrido%20Parte%20II.pdf
- Uniovi. (s. f.). *Actuadores para Domótica e Inmótica*.
<http://isa.uniovi.es/docencia/AutomEdificios/transparencias/actuadores.pdf>
- United Pharmatek. (2022a). *Mezclador Tipo V*.
<http://unitedpharmatek.com.es/Processing/Mixing/Blenders-V-Mixers.html>
- United Pharmatek. (2022b). *UAF-2500C Encapsuladora de Alta Velocidad*.
<http://unitedpharmatek.com.es/Solid-Dosage/Capsule-Filling/Capsule-Filling-Machine-High-Speed.html>
- Universal Robots. (2018). *Universal Robots e-Series*. <https://www.universal-robots.com/es/e-series/>
- Universal Robots. (2020). *COBOT vs INDUSTRIAL ROBOT*. <https://www.universal-robots.com/es/blog/diferencias-cobot-y-robot-industrial/>
- UniversalRobots. (2022). *Universal Robots*. <https://www.universal-robots.com/es/>
- Uvigo. (s. f.). *Sensores y Actuadores Industriales*.
https://tv.uvigo.es/uploads/material/Video/1709/ISAD_Tema7_2.pdf
- Vázquez, F. (2017). *Sensores y actuadores*.
https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/141046/12/PLA3_Sensores%20y%20actuadores.pdf

Relación de documentos

(X) Memoria	124	páginas
(_) Anexos	175	páginas

La Almunia, a 06 de junio de 2023



Firmado: Juan Martínez Martínez